

УЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ  
ВА ЎҚРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ  
Низомий номидаги  
Тошкент давлат педагогика университети  
Тошкент давлат авиация институти

**Пятаев А.В.,  
Мухамеджанов Б.К.**

# **Машина деталлари**

ОЎҚУ механик ихтисосликлари учун  
таълим қўлланма

Тошкент – 2005

Мазкур щыув ыщлланма техника ва педагогика ОЩЮ щыув режаларига мос келади.

“Машина деталлари” фани бўйича ёзилган щыув кулланма умуммуъандислик курсига мос келади.

Шунинг учун бу щыув ыщлланма олий техника ўйув юртларида “Машина деталлари”, “Амалий механика”, “Техникавий механика” бўйича маъруза ыилишда ыўлланилиши мумкин.

Тавсия ыилинаётган щыув ыщлланма 3 ыисмдан иборат:

- механик узатмаларнинг тузилишлари ва мустаъкамликка ыисоблаш;

- подшипниклар, валлар ва муфталар;

- машина деталларининг ыщъалмас бирикмалари;

Мавжуд ўйув адабиётлардан фарылироы, машина деталларининг ыщъалмас бирикмалари бщлими (резбали, парчин михли ва пайванд) матни охирида, механик узатмалар эса, бошланъич ыисмига кўчирилган. Бундай ўрин алмаштиришлар замонавий ўйув режага ва ишчи дастурга мос келади, чунки машина деталлари машина ва механизмлар назариясининг давоми бщлиб ыисобланади. Бундан ташыари, машина деталлари фанидан курс ишини яхши ўзлаштиришга имкон беради. Маълумки кўпгина ўйув режаларда бу фанни ўрганиш ва курс ишини бажариши бир семестрга мўлжалланган.

Щыув ыщлланма Низоми номидаги ТДПУ Илмий кенгашининг 28 январ 2005 йил ыарорига биноан нашрга тавсия этилган.

Таъризчилар:

Шаабидов Ш.А. – т.ф.д, профессор, ТДТУ «Машин деталлари» кафедра мудири.

Ёдиров Р.Х. – т.ф.н., доцент, ТАЙИ «Машина ва механизмлар назарияси ва машина деталлари» кафедра мудири.

## Мундарижа

|                                                                                                                       | бет |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Сўз боши .....                                                                                                        | 8   |
| Ўириш .....                                                                                                           | 9   |
| <u>1 боб. Машина (узел) ыисм ва деталларини мустаъ-</u><br><u>камликка ыисоблаш ва лойиъалашнинг умумий ыолатлари</u> |     |
| §1.1. Машина ыисм ва деталларига ыуйиладиган<br>асосий талаблар .....                                                 | 10  |
| §1.2. Машина деталларининг ишлаш ыобилиятини<br>белгиловчи мезонлар ва уларни ыисоблаш .....                          | 11  |
| §1.3. Машина деталларни мустаъкамликка<br>ыисоблаш хусусиятлари .....                                                 | 13  |
| §1.4. Таянч сщз ва иборалар .....                                                                                     | 16  |
| §1.5. Назорат саволлари .....                                                                                         | 17  |
| <b>I ыисм. Механик узатмалар</b>                                                                                      |     |
| <u>2 боб. Тўъри тишли цилиндрсимон узатмаларни</u>                                                                    |     |
| §2.1. Лойиъалаш ыисоби ва параметрларни<br>аниылаш учун дастлабки маълумотлар .....                                   | 18  |
| §2.2. Тишли ыилдираклар учун материаллар<br>ва термик ишлов бериш .....                                               | 23  |
| §2.3. Узатма иш жараёнида тишлардаги<br>кучланишларни турлари .....                                                   | 24  |
| §2.4. Ишлаш ыобилиятини мезонлари ва ыисоби .....                                                                     | 25  |
| §2.5. Тишларнинг контакт кучланишлар бўйича<br>ыисоблаш асослари .....                                                | 28  |
| §2.6. Тишларнинг эгувчи кучланишлар бўйича<br>ыисоблаш асослари .....                                                 | 30  |
| §2.7. Ёисобий юклама ва аниыловчи коэффициентлар .....                                                                | 32  |
| §2.8. Мустаъкамликка лойихалаш ыисоби .....                                                                           | 35  |
| §2.9. Контакт кучланиш бщйича текширув ыисоби .....                                                                   | 42  |
| §2.10. Эгувчи кучланиш бщйича текширув ыисоби .....                                                                   | 43  |
| §2.11. Ёисобнинг мисоли .....                                                                                         | 46  |
| §2.12. Таянч сщз ва иборалар .....                                                                                    | 51  |
| §2.13. Назорат саволлари .....                                                                                        | 52  |
| <u>3 боб. Ёия тишли цилиндрсимон узатмалар</u>                                                                        |     |
| §3.1. Кия тишли цилиндрсимон узатмаларнинг<br>геометрик щлчамлари ва эквивалент тщъри тишли узатма .....              | 54  |
| §3.2. Ёия тишли узатмаларни эгувчи<br>ва контакт мустаъкамликка ыисоблаш .....                                        | 57  |
| §3.3. Ёисобнинг мисоли .....                                                                                          | 59  |
| §3.4. Таянч сщз ва иборалар .....                                                                                     | 63  |
| §3.5. Назорат саволлари .....                                                                                         | 63  |

|                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <u>4 боб. Тщъри тишли конуссимон узатмалар</u>                                                  |     |
| §4.1. Конуссимон узатмаларни геометрик щлчамлари<br>ва эквивалент цилиндрсимон узатма . . . . . | 64  |
| §4.2. Конуссимон ьилдиракли узатмаларни эгувчи<br>ва контакт мустаъкамликка ьисоблаш . . . . .  | 67  |
| §4.3. Ёисобнинг мисоли . . . . .                                                                | 69  |
| §4.4. Таянч сщз ва иборалар . . . . .                                                           | 75  |
| §4.5. Назорат саволлари . . . . .                                                               | 75  |
| <u>5 боб. Червякли узатмалар</u>                                                                |     |
| §5.1. Червякли узатмани геометрик щлчамлари . . . . .                                           | 76  |
| §5.2. Червякли узатмада ишыаланиш.<br>Щз-щзидан тшхталиши . . . . .                             | 78  |
| §5.3. Червякли узатмани ишлатиш соъаси . . . . .                                                | 81  |
| §5.4. Червякли узатмаларга материаллар . . . . .                                                | 82  |
| §5.5. Червякли узатмани мойлаш ва совитиш. . . . .                                              | 82  |
| §5.6. Контакт кучланиш бщйича ьисоблаш . . . . .                                                | 83  |
| §5.7. Ёисобнинг мисоли . . . . .                                                                | 85  |
| §5.8. Таянч сщз ва иборалар . . . . .                                                           | 88  |
| §5.9. Назорат саволлари . . . . .                                                               | 89  |
| <u>6 боб. Тишли узатмаларнинг тузилиши</u>                                                      |     |
| §6.1. Цилиндрсимон тишли ьилдирагининг<br>ва цилиндрсимон редукторларнинг тузилиши . . . . .    | 90  |
| §6.2. Конуссимон тишли ьилдирагининг<br>ва конуссимон редукторларнинг тузилиши . . . . .        | 95  |
| §6.3. Червяк, червяк ьилдирагини<br>ва червякли редукторларни тузилиши . . . . .                | 98  |
| §6.4. Таянч сщз ва иборалар . . . . .                                                           | 100 |
| §6.5. Назорат саволлари . . . . .                                                               | 100 |
| <u>7 боб. Занжирли узатма</u>                                                                   |     |
| §7.1. Занжирли узатма турлари ва тузилиши . . . . .                                             | 101 |
| §7.2. Втулка-роликли узатманинг геометрик,<br>кинематик ва куч параметрлари . . . . .           | 103 |
| §7.3. Ишлаш ьюбиялятини мезонлари<br>ва мустаъкамликка ьисоблаш . . . . .                       | 104 |
| §7.4. Узатмани геометрик, кинематик<br>ва мустаъкамликка ьисоблаш йщллари . . . . .             | 108 |
| §7.5. Ёисобнинг мисоли . . . . .                                                                | 109 |
| §7.6. Таянч сщз ва иборалар . . . . .                                                           | 112 |
| §7.7. Назорат саволлари . . . . .                                                               | 113 |
| <u>8 боб. Тасмали узатмалар</u>                                                                 |     |
| §8.1. Тасмали узатмаларнинг турлари ва ишлатиш сохаси                                           | 114 |
| §8.2. Тасмали узатмаларнинг мустаъкамликка<br>ьисоблаш асослари ва ишлаш лаёьати . . . . .      | 115 |
| §8.3. Тасмали узатмалар сирпаниши ва ФИК . . . . .                                              | 122 |

|                                                          |     |
|----------------------------------------------------------|-----|
| §8.4. Понасимон тасмали узатмалар.                       |     |
| Понасимон тасма турлари ва шлчамлари . . . . .           | 123 |
| §8.5. Понасимон тасмали узатманинг геометрик             |     |
| ва кинематик параметрлари . . . . .                      | 126 |
| §8.6. Понасимон тасмали узатмани ʻисоблаш усули. . . . . | 129 |
| §8.7. ʻисобнинг мисоли . . . . .                         | 132 |
| §8.8. Таянч сщз ва иборалар . . . . .                    | 134 |
| §8.9. Назорат саволлари . . . . .                        | 135 |
| <b>II ʻисм. Подшипниклар, валлар, щылар ва муфталар</b>  |     |
| <u>9 боб. Сирпаниш подшипниклари</u>                     |     |
| §9.1. Умумий маолумотлар . . . . .                       | 136 |
| §9.2. Сирпаниш подшипникларининг                         |     |
| ишлаш шароити ва емирилиши . . . . .                     | 137 |
| §9.3. Сирпаниш подшипникларининг                         |     |
| ишчаланиши ва мойлаш . . . . .                           | 138 |
| §9.4. Сирпаниш подшипникларининг тузилиши                |     |
| ва ишлатиладиган материаллар . . . . .                   | 142 |
| §9.5. Сирпаниш подшипникларининг ʻисоблаш . . . . .      | 144 |
| §9.6. Таянч сщз ва иборалар . . . . .                    | 145 |
| §9.7. Назорат саволлари . . . . .                        | 146 |
| <u>10 боб. Думалаш подшипниклари</u>                     |     |
| §10.1. Думалаш подшипникларининг турлари                 |     |
| ва умумий маолумотлар . . . . .                          | 147 |
| §10.2. Думалаш подшипникларининг шартли белгилари .      | 150 |
| §10.3. Ишлаш лаёяти асосий мезонлари ва ʻисоблаш .       | 151 |
| §10.4. Подшипникларнинг динамик юк                       |     |
| кщтарувчанлик бщйча танлаш . . . . .                     | 152 |
| §10.5. Подшипникларнинг статик юк                        |     |
| кщтарувчанлик бщйча танлаш . . . . .                     | 153 |
| §10.6. Таянч сщз ва иборалар . . . . .                   | 154 |
| §10.7. Назорат саволлари . . . . .                       | 154 |
| <u>11 боб. Валлар ва щылар</u>                           |     |
| §11.1. Умумий маолумотлар . . . . .                      | 155 |
| §11.2. Валларнинг лойиʻалаш ʻисоби . . . . .             | 156 |
| §11.3. Валларнинг текшириш ʻисоби . . . . .              | 158 |
| §11.4. Таянч сщз ва иборалар . . . . .                   | 162 |
| §11.5. Назорат саволлари . . . . .                       | 163 |
| <u>12 боб. Шпонкали ва шлицли бирикмалар</u>             |     |
| §12.1. Шпонкали бирикмаларнинг тузилишлари . . . . .     | 164 |
| §12.2. Шпонкали бирикмаларни мустаъкамликка              |     |
| ʻисоблаш . . . . .                                       | 168 |
| §12.3. Шлицли бирикмалар ва уларни турлари . . . . .     | 170 |
| §12.4. Шлицли бирикмаларни мустаъкамликка ʻисоблаш .     | 173 |
| §12.5. ʻисобнинг мисоли . . . . .                        | 174 |

|                                                                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| §12.6. Таянч сщз ва иборалар . . . . .                                                                                                       | 175 |
| §12.7. Назорат саволлари . . . . .                                                                                                           | 175 |
| <u>13 боб. Валларнинг бириктириш муфтлари</u>                                                                                                |     |
| §13.1. Муфта турлари . . . . .                                                                                                               | 176 |
| §13.2. Доимий бириктирилган муфтлар . . . . .                                                                                                | 176 |
| §13.3. Компенсацияловчи ыаттиы муфтлар . . . . .                                                                                             | 178 |
| §13.4. Эластик муфтлар . . . . .                                                                                                             | 183 |
| §13.5. Саылагич муфтлар . . . . .                                                                                                            | 187 |
| §13.6. Бошыариладиган ёки илашиш муфтлари . . . . .                                                                                          | 189 |
| §13.7. Эркин ыаракатлануви ёки щзувчи муфтлар . . . . .                                                                                      | 193 |
| §13.8. Ёисобнинг мисоли . . . . .                                                                                                            | 197 |
| §13.9. Таянч сщз ва иборалар . . . . .                                                                                                       | 198 |
| §13.10. Назорат саволлари . . . . .                                                                                                          | 199 |
| <b>III <sup>3</sup>исм. Машина деталларини ыщзыалмас усулда бириктириш</b>                                                                   |     |
| <b>200</b>                                                                                                                                   |     |
| <u>14 боб. Резбали бирикмалар</u>                                                                                                            |     |
| §14.1. Резба турлари ва тайёрлаш усуллари . . . . .                                                                                          | 201 |
| §14.2. Бириктирувчи метрик резбанинг<br>геометрик параметрлари . . . . .                                                                     | 204 |
| §14.3. Деталларнинг бириктириш турлари<br>ва резбали бирикмаларнинг маъкамлаш усуллари . . . . .                                             | 206 |
| §14.4. Резбали бирикма деталларидаги кучлар<br>ва моментлар . . . . .                                                                        | 208 |
| §14.5. Резба щрамлари бщйича бщйлама<br>юкланишни таысимланиши . . . . .                                                                     | 210 |
| §14.6. Бириктирувчи резбаларнинг<br>мустаъкамликка ыисоблаш асослари . . . . .                                                               | 212 |
| §14.7. Чщзувчи ташыи куч таъсирида зщриытирилмаган<br>ъолатдаги болтли бирикмаларнинг мустаъкамликка ыисоблаш .                              | 214 |
| §14.8. Ташыи юкланиш таъсир этилмаган ъолда сириб<br>тортилган болтли бирикмаларнинг мустаъкамликка ыисоблаш                                 | 215 |
| §14.9. Ыщйилган кучлар таъсиридан деталларни<br>туташган жойидан силжитувчи болтли (винтли)<br>бирикманинг мустаъкамликка ыисоблаш . . . . . | 217 |
| §14.10. Сириб тортилган болтли бирикмаларнинг<br>мустаъкамликка ыисоблаш, йщналтирилган кучлар<br>туташган сиртларни ажратади . . . . .      | 220 |
| §14.11. Ёисобнинг мисоли . . . . .                                                                                                           | 221 |
| §14.12. Таянч сщз ва иборалар . . . . .                                                                                                      | 223 |
| §14.13. Назорат саволлари . . . . .                                                                                                          | 224 |
| <u>15 боб. Бир нечта болтли бирикмаларни ыисоблаш</u>                                                                                        |     |
| §15.1. Юкланиш туташган текисликка<br>тик йщналган бщлиб, унинг марказидан щтади . . . . .                                                   | 226 |
| §15.2. Бирикмани юкланиши деталларни                                                                                                         |     |

|                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------|-----|
| туташган жойидан силжитади . . . . .                        | 227 |
| §15.3. Бирикмани юкланиши деталларнинг                      |     |
| туташган жойини очади ва туташган жойидан силжитади . . . . | 230 |
| §15.4. Ёисобнинг мисоли . . . . .                           | 232 |
| §15.5. Таянч сщз ва иборалар . . . . .                      | 233 |
| §15.6. Назорат саволлари . . . . .                          | 234 |
| <u>16 боб. Парчин михли бирикмалар</u>                      |     |
| §16.1. Умумий малумотлар . . . . .                          | 235 |
| §16.2. Парчин михли бирикмаларнинг турлари . . . . .        | 236 |
| §16.3. Парчин михли бирикмаларнинг                          |     |
| мустаъкамликка ёисоблаш . . . . .                           | 239 |
| §16.4. Таянч сщз ва иборалар . . . . .                      | 241 |
| §16.5. Назорат саволлари . . . . .                          | 242 |
| <u>17 боб. Пайванд бирикмаларнинг</u>                       |     |
| §17.1. Умумий маълумотлар . . . . .                         | 243 |
| §17.2. Пайвандлашнинг асосий турлари . . . . .              | 244 |
| §17.3. Пайванд бирикмаларнинг ва чокларнинг турлари .       | 246 |
| §17.4. Пайванд бирикмаларнинг                               |     |
| мустаъкамликка ёисоблаш . . . . .                           | 248 |
| §17.5. Таянч сщз ва иборалар . . . . .                      | 250 |
| §17.6. Назорат саволлари . . . . .                          | 251 |
| <u>Тавсия этилган адабиётлар</u> . . . . .                  | 252 |

## Сўз боши

Машина деталлари олий техника ўйув юртлари механик йўналишидаги 3-4 курс талабалари учун ўйитиладиган фанлардан бири ҳисобланади.

ТДПУ да бу фан умумқасбий фанларнинг якунловчиси ҳисобланади. Қасбий йўналишдаги бакалавр ва магистрларни тайёрлашда машина деталлари фанининг аъамияти ҳеч қанча қамаймайди. Лекин янги ўйув режаларига асосан унинг ҳажми йилдан-йилга қамайиб бормоёда, бу ҳолатни ҳаётий зарурият ҳисобланган гуманитар, иттисоод, информатика, экология фанларининг кириб келиши билан тушунтириш мумкин. Ваъоланки, ҳозирги ваътда фан ва техниканинг янги ланиши ва ривожланиши машина деталлари фанининг ҳажмини ва мазмунини қайта кўриб чиқиш талаб қилинаётган ваътда ўз аъамиятини йўқотиб қўймаслигига ва салбий таъсирини курсатмаслиги керак.

Машина деталлари шартли равишда 3 қисмга бўлинади:

1. Механик узатмаларнинг тузилмалари ва мустаҳкамликка ҳисоблаш.

2. Подшипниклар, валлар, ўйлар ва муфталар.

3. Машина деталларини қўзғалмас бирикмаларига баъишланган.

Машина деталлари фанини анъанавий усулда ёритилишга нисбатан бобларнинг жойини алмаштириш ҳозирги ўйув режаларининг моъиятига боълиы. Машина деталлари фанини ўзлаштиришда талабаларни мустақил фикрлаш, деталларни статик ва динамик юкланишлар таъсирида мустаҳкамликка ҳисоблаш, ҳисоб усулларини тўри танлаш ва деталларни лойиҳалашга ўргатади.

Ундан ташқари айрим масалаларни ечишда ва машина деталларининг тузилмаларини яратишда компьютер техникасидан тўри фойдаланишга ўргатади.

Бу фандан ёзилган маърузалар матни машина деталлари ва бошқа техник фанлардан курс лойиҳасини бажаришда услубий қўлланма сифатида ишлатилиши мумкин.

## Ыириш

Машина деталлари умуммуъандислик фани ыисобланиб, хамма машинасозлик олийгоъларида ихтисослаштирилган даражада ёки ыажми ўзгартирилган ыолда ўйитилади. Бизнинг институтда бу фан 2-курсда ўйитилади. Маъруза хажми 46 соат, амалий ва лаборатория машъулотлари 36 соат, ундан ташыари учувчи аппаратлар ёки уларни ишлаб чиыариш учун хизмат ыиладиган технологик машиналарнинг ыисм тузилмалари буйича курс лойиъасы бажарилади.

Маъруза ва амалиётлар буйича машъулотларни ихтисослаштиришни айрим тузилмаларини ыисоблаш ва унинг хусусиятлари мисол тариыасида учувчи аппаратлар ёки уларни ишлаб чиыариш учун ишлатиладиган воситалардан олиб берилади. Машина деталлари фани мустаъкамликка ыисоблаш ва машина деталларни лойихалаш асосларини ўргатади.

Детал – машинанинг айрим бўлакларга ажралмайдиган ыисми бўлиб, оддий (болт, гайка, вал, шкив, шпонка) ва мураккаб (корпуслар ва бошыа) деталларга бщлиш мумкин.

Узел (ыисм) – йиъма бирикмадан ташкил топган деталлар йиъиндиси бўлиб, бирор функционал ишни бажариш хусусиятига эга. Ыисмлар оддий, масалан, думалаш подшипниклари, муфталар эса мураккаб, масалан, редукторларга бўлинади.

Мураккаб ыисмлар ичида оддий ыисмлар жойлашган бўлиши мумкин, буларни ыисм бўлаклари дейилади.

Умумий ыисм ва деталлар гурухини ўрганиб чиыамиз, яъни:

- механик узатмалар;
- подшипниклар;
- валлар, ўылар;
- муфталар;
- машина деталларининг ыщъыалувчан ва ыўзыалмас бирикмалари: резъбали, парчин михли, пайвандли.

# **1 боб. Машина (узел) ыисм ва деталларини** **муस्ताъкамликка ыисоблаш ва лойиъалашнинг** **умумий ыолатлари**

## **§1.1. Машина ыисм ва деталларига ыуйиладиган асосий талаблар**

Ишлаш ыобилияти – машина, механизм ва ыисмларни асосий белгиловчи параметрларининг ыолати техник хужжатларда кўрсатилганга мослигидир. Мисол, машина двигатели зарур бўлган ыувватни содир ыилмаса ёки редуктор иш жараёнида ыизиб кетса, бу ыолларда машина ишлаш ыобилиятини йщыотган ыисобланади.

Умрбобыйлик – белгиланган ваыт ичида машина ва механизмлар ишлаш ыобилиятини йўютмаслик, техник имконияти (ресурс) етарли даражада бўлиши керак. Шу ваыт ичида ыисмларда техник хизмат ёки таъмирлаш ишлари олиб борилади.

Ишончлилик – техник воситаларни (объект) тўхтаб ыолмасдан ишлаш эътимоллиги. Бузилиш (отказ) – ишлаш ыобилиятини йўютиш. Узилиш (сбой) – бузилишни енгил усулда тузатиш. Маъсулияти юыори бўлган ыолларда машинани ишлаш ыобилиятини кўтариш маъсадида заъира, эътиёт ыилиб ишлатилади (резервирование). Бу усул асосан электрик, гидравлик системаларга тегишли бўлиб, айрим холларда механик системаларни заъиралаш ыам вужудга келтирилади.

Таъмирлашга яроыилик – техник воситалар ёрдамида бузилишларни аниылаш ва тузатиш. Яъни, тузилмалар ажратиш ва йиыишга нисбатан оддий бўлиши керак.

Технологик ыулайлик – детал ыисмларини ишлаб чиыариш ва фойдаланишга ыўйилган талабларга мослиги. Техник воситаларни яратувчи конструктор шу объектни ишлатиш, фойдаланиш жараёнларни хисобга олиш лозим.

Тежамлилик – ишлаб чиыариш, фойдаланиш, ишлатиш ва материалнинг таннархи билан белгиланади. Шароит ыандай бўлишидан ыатъи назар бу таннарх минимал ыийматга эга бўлиши керак. Яъни, агар иккита бир хил тавсифга эга бўлган машинани, ишлаш ыобилияти, ишончлилиги, таъмирлашга яроыилиги тенг бўлса, буларни ичи-

дан, арзон материалдан тайёрланган, ишлаб чиқариши ва фойдаланиши одий бўлган машина яхши деб топилади.

## **§1.2. Машина деталларни ишлаш ыюбиятини белгиловчи мезонлар ва уларни ыисоблаш**

Шундай мезонларга мустаъкамлик, бикрлик, ейилишга чидамлик, иссиыбардошлик ва титрашга чидамлик киради.

Мустаъкамлик – ыўйилган юкланишга бардош бериб иш жараида синмай ва бенуысон ишлай олиш хусусияти. Статик мустаъкамлик ва толиыишга ыаршилик хусусиятларини йўютиши деталларни синишга олиб келади.

Статик мустаъкамлик шрти:

$$\sigma < \sigma_B$$

бу ерда:  $\sigma$  – деталдаги кучланишлар;

$\sigma_B$  – детал материалыни мустаъкамлик чегараси.

Иш жараёнида агар деталга таъсир ыилаётган юкламанинг ыиймати ва йўналиши ўзгариб турса, ваыт ўтиши билан толиыишга ыаршилик хусусияти йўюлиб детални синишга олиб келади. Кучланиш цикллари сони бирор ыийматига эга бўлганидан сўнг, детални айрим жойларида тўпланган кучланиш таъсирида майда ёриычалар пайдо бўлади. Деталларнинг кучланишлар тцпланишлари унинг сиртларининг цзгаришига олиб келадиган элементлардир, масалан, вал ва щыдаги ариычалар ва галтеллар, шпонка учун мщлжалланган ариычалар. Ундан ташыари, микроёриылар деталларнинг контакт юкламалар таъсир этаётган силлиы сиртларида содир булиши мумкин. (Шестерня тишларининг сиртлари, думалаш подшипниклар ыалыаларининг ишчи сиртларида). Бу ыолларда кучланишлар тцпланишлари материал нуксонлари ыисобланиб – каваклар ёки сиртларга механик ишлов бериш натижасида ыосил бщладиган чизиычалардир.

Толиыишга ыаршилик шрти:

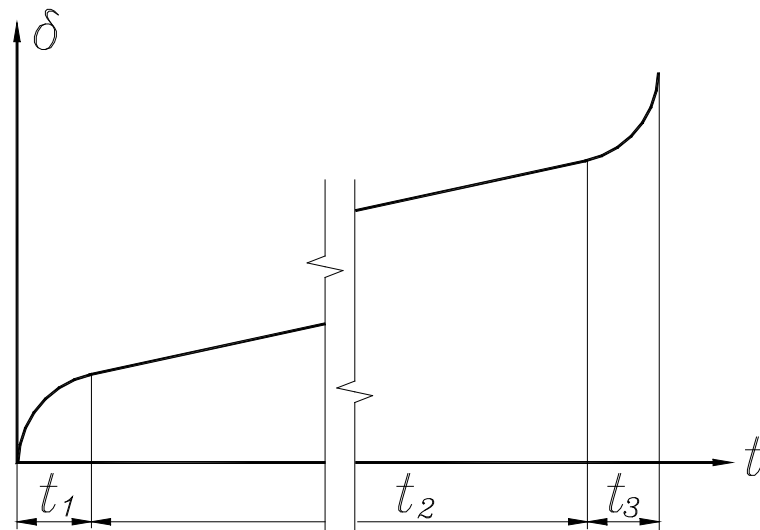
$$\sigma < \sigma_{-1}$$

бу ерда  $\sigma_{-1}$  – детал материалыни чидамлик чегараси.

Бикрлик – юклама таъсирида деформацияга ыаршилик кўрсатиш ыюбияти. Бикрликни ыуйидаги ыолларини учратиш мумкин: статик бикрлик ва титраш бикрлик, яъни юкланиш цикллариининг ўзгарган ыолда ыосил бўлган деформацияга ыаршилик кўрсатиш ыюбияти.

Ейилишга чидамлик – ейилишга ыаршилик кўрсатиш ыоби-  
лияти. Ейилиш – деталларни ўзаро ишыаланиши туфайли содир  
бўладиган жараён бўлиб, деталлар ўз ўлчамларини аста-секин  
ўзгартиради. Ишыаланиш – бу шак-шубхасиз юз берадиган шундай  
жараёнки, машина деталларини замонавий мойлаш системасини иш-  
латишдан ыатъий назар ўамма турдаги машиналарда ўосил бўлади.  
Бирор муддат орасида деталларда ўосил бўладиган ейилишни ыуйида-  
ги графикда мисол тариыасида кўрсатиш мумкин. 1.1-расм, бу ерда  $\delta$   
– туташган сиртларни ейилиш ыиймати,  $t$  – ишлаш муддати.

Бу шаклда  $t_1$  – текислаштириш муддати: машинани янги детал-  
ларида ишыаланиш жараёни ваытида сиртлардаги кам (оз) миыдорга  
эга бўлган нотекисликлар силлиыланади.



1.1-расм.

Бу жараёндан кейин машиналар нормал ўолатда иш бажаради.  
Туташган деталлар сиртида ўосил бўлган ейилиш жараени нормалла-  
шиб  $t_2$  ваытга тенг бўлади (1.1-расм). Бу ыиймат ( $t_2$ ) тўъри лойиъалан-  
ган машинада бир неча ўн минг соатга тенг бўлиши мумкин. Маши-  
надаги деталларни умумий иш соати текислаш учун ва нормал ейи-  
лишга кетган ваытлар йиыиндисидан катта бўлмаслиги керак ( $t_1+t_2$ ),  
бундан кейин тикланиш таъмирлари бажарилади ёки деталлар алмаш-  
тирилади. Акс ўолда, деталларда хавфли ейилиш пайдо бўлади, бу-  
нинг ыиймати  $t_3$  – бўлиб катта ыийматга тенг эмас, лекин машина де-  
талларини ишлаш лаёыатини йўыотишга ёки ишдан чикишга бутун-  
лай бузулишига олиб келади. Деталларни ишлаш муддатини ошириш  
маысадида, ўзаро ишыаланувчи юзалар орасига чанг, намлик, ўар хил  
заррачалар тушишидан саыланиши зарур, чунки, занглаш ейилиш да-  
ражасини тезлаштиради.

Иссиыбардошлик – белгиланган тартибда ыисм ва деталларни  
ишлаш ыобилияти. Иссиыликни ошиб кетиши ыуйидаги салбий оыи-  
батларга олиб келиши мумкин:

1. Мустаъкамликни камайтиради ва оыувчанлик пойдо бўлади. Тажриба асосида ыуйидаги иссиылик чегаралари белгиланган:

- конструкцион пўлатлар учун  $(300 \div 400)^{\circ}\text{C}$
- алюмин ыопламалари учун  $(150 \div 200)^{\circ}\text{C}$
- метал ыотишмалар учун  $(450 \div 500)^{\circ}\text{C}$
- иссиыбардош пўлатлар учун  $1000^{\circ}\text{C}$

2. Мойланиш тартибини бузилиши натижасида ейилиш даражасининг тезлашуви. Мойнинг зичлик даражаси камайиб ўзаро ишыаланувчи юзаларида контакт кучланиш ўосил бўлади, натижада деталлар ишлаш ыобилиятини йўыота бошлайди.

3. Кинематик жуфтлардаги тирыйишнинг кўпайиб ёки камайиб кетиши зарблар ёки ишкालанишни катталанишига олиб келади.

4. Иссиыликдан ўосил бўлган кучланиш рухсат этилган ыйматдан ошиб кетишига олиб келиши мумкин.

Титрашга чидамлилиқ – машиналар белгиланган бурчак тезлик ва бурчак частотаси орасида ишлаши учун ыисм ва деталларни ишлаш ыобилияти. Машина ва механизмлар назариясидан маълумки ўар ыандай машина тебранишни жадаллаштириш манбаи ўисобланади, яъни ўар ыандай машинани ўаракати тебраниш ўолатини келтириб чиыаради. Бундай ўолат деталлар ва уларнинг бирикмаларини лойиъалашда ўисобга олинади. Бунга яыыол учувчи аппаратлар мисол бўла олади, ыайсики аллюминийдан тайёрланган корпусни ва уни ыопловчи деталлар ажралмас бирикмалар ёрдамида бажарилиб пайванд усулида эмас, балки, парчин мих бирикмаси ишлатилган. Тебраниш ваытида ўосил бўлган майда ёриычалар пайванд аллюминийли чокда тез ривожланиб бутун чок узунлиги буйича тарыалиши мумкин. Парчин михли бирикма ишончли ишлайди, чунки чокда хосил бўлган майда ёриычалар фаыат парчин мих атрофидаги чокда бўлади, яъни чокнинг бутун узунлигига таъсир ыилмайди, натижада конструкциянинг ишлаш ыобилияти саылаб ыолинади.

### **§1.3. Машина деталларини мустаъкамликка ўисоблаш хусусиятлари**

Динамикавий ўисоблашларга ўхшаб ўаыиый машина уни динамика модули билан алмаштирилганидек, мустаъкамликка ўисоблашда детални тузилиши ва унга ыўйилган юкланиш детални модели ва ўисоблаш учун зарур бўлган шакл билан алмаштирилади. Айрим ўолларда деталлни тузилишларида шундай элементлар бўлиши мумкин, мутлаыо мустаъкамлик ўусусиятига таъсир кўрсатмай, ишлаб чиыариш технологияси, ишлаш жараёни ёки уни ташыи кўриниши билан боълик бўлиши мумкин.

Моделлаштиришда деталларни тузилиши ва унга ыўйилган юклама шакллари имкон борича содалаштирилади. Бундай ўолларда

асосий ва иккинчи даражали таъсирларни аниё ажрата олиб, энг зарурини ёолдириб, ёолганини ёисобга олмаслик керак. Бу масалани ечишда орттирилган тажриба машина деталлари адабиётларида келтирилган махсус маслаъатлар, тавсиялар нормаларини тўри танлаб олишда ёрдам беради. Лекин ёабул ёилинган соддалаштиришлар, ихчамлашлар мухандислик ёисоблашда тахминий усулга олиб келади ва ёисоблашда йўл ёўйилган ноаниёликлар хавфсизлик коёфициенти билан ёътиборга олинади (муштаъкамлик ёътиёт коёффициенти). Ёисоблашда бундай коёффициентларни танлаб олиш маъсул ёисобланади, айниёса, учувчи аппарат деталларини тузилишини лойиъалашда. Вазифасига кўра муштаъкамликка ёисоблашни икки усули бор: лойиъалаш ёисоби ва текширув ёисоби.

Лойиъалаш ёисобидан маёсад, детални асосий ўлчамларини аниёлаб олишдир. Бунинг учун детал материали ва унга таъсир ёилувчи юкланишни ёиймати маълум бўлиши керак.

Текширув ёисобидан маёсад, деталда ташыи юкланишдан ёосил бўлган кучланишни аниёлашдир. Бу ёолда детални ўлчамлари материални тури аниё бўлиши керак, аъамиятга сазоворлиги шундаки, аниёланган кучланиш рухсат этилгандан катта бўлмаслиги керак. Бундан шундай хулоса ёилиш мумкин: лойиъалаш ёисоби деталнинг тузилишини келтириб чиёаради, текширув ёисоби эса детални лойиъасидан кейин бажарилади.

Текширув ёисобида детални ёаёиёий ва асосий ўлчамлари инобатга олинади. Чунки лойиъадан сўнг уни параметрлари таёилий усулда топилганидан фараз ёилиш мумкин. Мисол тариёасида думалоб кесимга эга бўлган стержень чўзилиш, эгилиш, буралиш ёолларини текширув ва лойиъалаш ёисобида кўриб чиёамиз.

Чўзилиш (1.2а-расм).

Муштаъкамлик шарти:

$$F \leq s[\sigma] \quad (\text{Н})$$

бу ерда:  $F$  – чўзувчи куч  $H$  да;

$$s \text{ – таёичани кўндаланг кесими – мм}^2; s = \frac{\pi d^2}{4}$$

( $d$  – стержень диаметри – мм);

$[\sigma]$  – чўзилиш буйича рухсат этилган кучланиш МПа.

Лойиъалаш ёисоби:

$$d / \sqrt{\frac{4F}{\pi[\sigma]}} \quad (\text{мм})$$

Текшириш ёисоби:

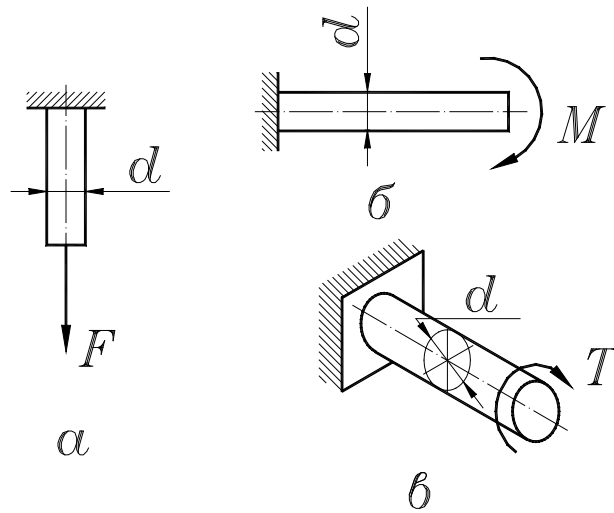
$$\sigma = \frac{4F}{\pi d^2} \leq [\sigma] \text{ (МПа)}$$

Эгилиш (1.2б-расм)

Мустаъкамлик шarti

$$M \leq 10^{-3} W [\sigma_{\text{э}}] \text{ (Нм)}$$

бу ерда: М – эгувчи момент, Нм;



1.2-расм.

W – стержень кесимини бўйлама ыаршилик моменти – мм<sup>3</sup>;

$$W = \frac{\pi d^3}{32}$$

$[\sigma_{\text{э}}]$  – рухсат этилган эгувчи кучланиш – МПа.

Лойиъалаш ыисоби:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 10^3 M}{\pi [\sigma_{\text{э}}]}} \text{ (мм)}$$

Текшириш ыисоби:

$$\sigma = \frac{32 \cdot 10^3 M}{\pi d^3} \leq [\sigma_{\text{э}}] \text{ (МПа)}$$

Буралиш (1.2в-расм).

Мустаъкамлик шarti:

$$T \leq 10^{-3} W_0 [\tau] \text{ (Нм)}$$

бу ерда: Т – буровчи момент, Нм;

$W_0$  – стержень кесимини поляр ыаршилик моменти – мм<sup>3</sup>;

$$W_0 = \frac{\pi d^3}{16}$$

$[\tau]$  – буралиш бўйича жоиз кучланиш, МПа.

Лойиъалаш ыисоби:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 10^3 T}{\pi [\tau]}} \text{ (мм)}$$

Текшириш ыисоби:

$$\tau = \frac{16 \cdot 10^3 T}{\pi d^3} \leq [\tau] \text{ (МПа)}$$

### §1.4. Таянч сўз ва иборалар

1. Детал – йиъма операциясиз бажарилган машина бўлаги.
2. Ёисм – йиъма бирликдан иборат бўлган деталлар бирикмаси бўлиб, бирор функционал иш бажаришга мўлжалланган.
3. Ишлаш ёубилияти – машина, ыисмларни параметрларини ёолати, техник хужжатларда кўрсатилганга мослигидир.
4. Ишончлилик – техник воситаларни тўхтаб ёолмасдан ишлаш ёътимоллиги.
5. Бузилиш – ишлаш ёубилиятини йщьютиш.
6. Узилиш – бузилишни енгил усулда тузатиш.
7. Таомирлашга яроблилик – мосланган техник воситалар ёрдамида бузилишларни аниёлаш ва тузатиш.
8. Тежамлилик – ишлаб чиёариш, фойдаланиш ва материални тан нархи билан белгиланади.
9. Технологик ёулайлик – детал ва ыисмларни ишлаб чиёариш ва фойдаланишга ёщйилган талабларга мослилиги.
10. Мустаъкамлик – ёщйилган юкламага бардош бериб синмай ишлаши.
11. Бикрлик – юклама натижасида деформацияга ыаршилик кщрсатиши.
12. Ёйилишгача чидамлилик – ёйилишга ыаршилик кщрсатиш ёубилияти.
13. Ёйилиш – ишыаланиш жараёнида секин аста щлчамларнинг щзгариши.
14. Иссиыбардошлик – белгиланган иссиылик тартибида ыисм ва деталларни ишлаш ёубилияти.

15. Тебранишга чидамлилиқ – машиналар талаб этилган бурчак тезлик ва бурчак тезланиш частотасида ишлаши учун ыисм ва деталларнинг ыобилияти.

16. Лойиъалаш ыисоби – ыуклама ыийматига ва детал материали ыараб шлчамларини аниылаш.

17. Текширув ыисобидан маысад, ташыи ыукламани, детал материали ва шлчамларини аниылигини назарга олиб деталдаги кучланишни аниылаш.

### **§1.5. Назорат саволлари**

1. «Машина деталлари» фани нимани шргатади?
2. Машина деталларига ыандай талаблар ышйилган?
3. Машина деталлари ишлаш ыобилияти ва ыисоблаш омиллари нимадан иборат?
4. Мустаъкамликка ыисоблашда моделлаштириш ва ыисобий шаклларни ишлатишдан маысад нима?
5. Деталларни лойиъалаш усулда ыисоби ыандай маысадда бажарилади?
6. Нима учун деталларни текшириш усулида ыисобланади?

## **I ыисм. Механик узатмалар**

Механик узатмаларни лойиъалаш ва мустахкамликка ыисоблаш бщлимида техникада энг кщп ишлатиладиган, тишли, занжирли ва тасмали узатмалар тщърисида сщз боради. Тишли узатмалардан бошлаймиз.

### **2 боб. Тўъри тишли цилиндрсимон узатмаларни**

#### **§2.1. Лойиъалаш ыисоби ва параметрларни аниылаш учун дастлабки маълумотлар**

Лойиъа ыисобини бошланъич маълумотлари тишли узатмаларни белгиловчи ва ыисоблаб аниыланадиган параметрларни мисолда кщриб чиыйш маъуул бщлади. Бундай бошланъич маълумотлар шартли равишда асосий ва иккинчи даражали бщлиши мумкин. Асосий бошланъич маълумотга етакловчи ылдиракнинг узатишлар сони, буровчи моменти ва фойдали иш коэффиценти киради.

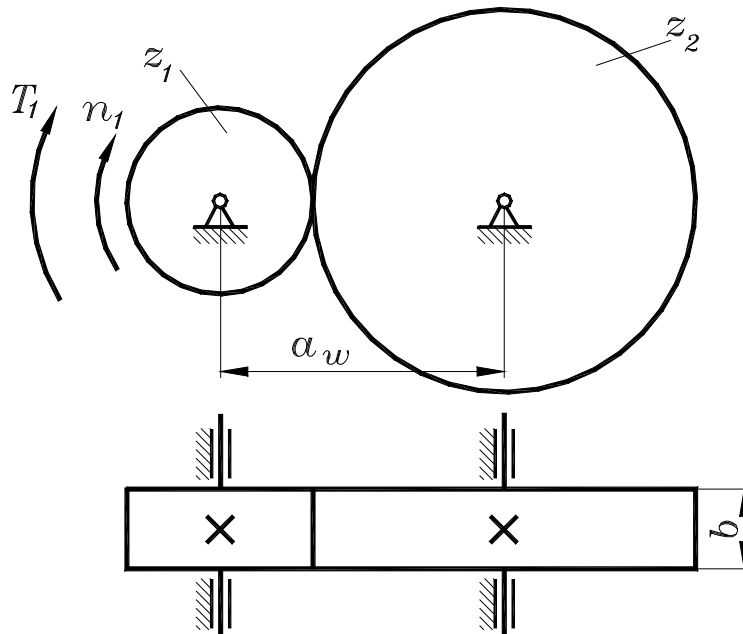
Узатишлар нисбати бирдан катта (секинлашувчи узатмалар) ёки бирдан кичик (тезлаштирувчи узатмалар) бщлиши мумкин, лекин узатишлар сони доим бирдан катта бщлиб, ылдиракнинг етакловчи ёки етакланувчи бщлишидан ыатъий назар, катта ылдиракни тишлар сонини, кичик ылдирак тишлар сонига нисбати билан аниыланади (2.1-расм). Узатишлар сони  $u$  – харфи билан белгиланади.

Узатишлар сони  $u$ , биринчи ылдиракдаги буровчи моменти  $T_1$  (2.1-расм) ва фойдали иш коэффиценти  $\eta$  маълум бщлса, иккинчи ылдиракни буровчи моментини аниылаш мумкин, бу ым бошланъич маълумот деб ыисобланади:

$$T_2 = T_1 u \eta$$

Иккинчи даражали бошланъич маълумотларга узатманинг ишлаш шароити, етакловчи ылдиракни айланишлар частотаси ва техник имкониятлари киради. Ёисоблаш орыали топиладиган узатмани пара-

метрларига: тишли ылдиракни материали, шлчамларига эса марказлар аро масофа –  $a_w$  (2.1-расм), ылдирак тишини эни –  $b$  ва тишлар модули –  $m$  киради. Бу параметрлар ва узатмалар нисбати (бошланьич маълумотлардан) орыали тишли ылдирак диаметрларини аниылаш мумкин.



2.1-расм.

Иккинчи даражали ыисобланган бошланьич маълумотларга тццлароы тццхталиб щтамыз, чунки бу ыйыматлар ыисоблаш усуллари ва унинг ыйыматига таъсир кщрсатиши мумкин. Бу ишлаш шароити, айланишлар частотаси ва техник имкониятларидир.

#### Ишлаш шароити.

Ишлаш шароитига ыараб узатмалар очии ва ёпиы бщблиши мумкин. Очии узатмалар – бу корпуссиз ишлайдиган узатмалардир. Бундай узатмаларни мойлаш асосан ваыти-ваыти билан ёки тасодифандир. Иш жараёнида абразив элементларни, муъитларни (чанглар, мойлар ва бошыа) тушиш эхтимали бор. Асосан ыишлоы хщжалик машиналарда, юк кццтариш кранлар ва бошыа секин харакатланувчи механизмларида ишлатилади. Корпусни ичига жойлашган ёпиы узатмалар яхши бир меъёрда мойланиб турилади. Мойлаш ыуйидагича амалга оширилиши мумкин:

- мойли ваннада: иш жараёнида катта ылдиракни тишларига мой сачратилади;
- ёъли туман билан: ёъ форсункаси ёрдамида корпус ичида мой сачратилади;
- босим остида: туташган юзаларга мой корпус ва узатма деталларидаги махсус йщлакчалар орыали юборилади.

### Айланишлар частотаси.

Тишларни айлана тезлиги узатмани ишлаш жараёнига таъсир кўрсатувчи энг асосий параметрларидан бири ʔисобланади. Унинг ʔиймати ʔилдирак тишларининг бʔлувчи диаметри орыали топилади. Хозирча бу диаметрлар аниʔи эмас, шунинг учун айлана тезлик тахминан белгиланиб, текширув ʔисобидан сʔинг аниʔиликланади. Лекин шу тахминий усулда топилган ʔийматни шʔзи лойиʔаланаётган узатмани аниʔилик даражасини белгилаб, уни танлашга имкон беради.

Узатманинг аниʔилик даражаси айлана тезликка пропорционал, яʔни айлана тезлиги ʔанча катта бʔдса, аниʔилик даражаси шунча юʔори бʔдлиши керак.

Бу ʔолат узатманинг ишлашида тишларинг шʔзаро ʔопланиши билан, бир жуфтлик ва икки жуфтлик илашишлар алмашуви билан, тишларнинг контакт юзаларининг сирпаниши, динамик юкламалар ва ʔоказо билан боʔлик.

Узатмани аниʔилик даражси, уни ишлаб чиʔариши, яʔни тайёрлаш технологиясига боʔлийдир. Технологияни ʔандай усулини танламай доим камчиликлар бʔдлиши муʔаррардир. Тайёрлашда ʔуйидаги асосий хатоликлар мавжуд: тиш ʔадами, профили ва тишлар йʔцналишидаги ʔатолик.

ʔадамдаги ва тишларни профилидаги ʔатоликлар узатманинг кинематика аниʔилик даражасини, равон ва шовыинсиз ишлашини бузилишига, ʔшщимча динамик юкланишларни келтириб чиʔаришга сабаб бʔдлади. Тишлар йʔцналишидаги ʔатолик асосан, тишли ʔилдиракларнинг эни (тиш узунлиги) бʔййича шʔзаро жойланиши билан боʔланган: тʔъри тишли узатма ʔилдирак тишларини туташган юзаларини параллел эмаслиги ва ʔия тишли узатмани ʔиялик бурчагини ноаниʔилиги натижасида юкланиш тиш узунлиги бʔййича нотекис таʔсимланади.

Тишли узатмани ʔилдираклари стандартга (ГОСТ 1643-88 ва ГОСТ 1758-88), асосан 12 та аниʔилик даражаси билан тайёрланади (1-даража – энг юʔори, 12-даража энг паст кʔрсаткич). Бундан ташʔари, ʔар бир аниʔилик даражаси учун 3 хил кʔрсаткич белгиланган:

- кинематика аниʔилик (бир айланишада узатишлар сонининг ʔатолиги) нормаси;
- равон ва бир текис ишлашни нормаси (бир марта айланганда узатишлар сонининг ʔатолиги);
- тиш сиртининг контактда бʔдладиган нормаси (тайёрлаш ва ййиш, контакт доʔи билан текширилади).

Юʔорида келтирилган узатма кʔрсаткичлари махсус мосланган стендларда текширилади.

ʔозирги ваʔтда машинасозликда асосан 6, 7 ва 8 аниʔилик даражаси билан тайёрланаган ʔилдираклар ишлатилади.

2.1-жадвалда рухсат этилган айлана тезликлар ва ʔар хил аниылик даражадаги тишли узатмаларни ыщлланиши келтирилган.

«Машина ва механизмлар назарияси» фанида тирыйишсиз (зазорсиз) тишли узатмалар щрганилган эди, яъни битта ылдирак тишлари туташган ылдирак ботиыларига ён томонида тирыйишсиз илашади.

2.1-жадвал.

| Узатмани аниылик даражаси  | Айлана тезлик<br>м/с |          | Ишлатилиши                                                       |
|----------------------------|----------------------|----------|------------------------------------------------------------------|
|                            | Тщъри тиш            | Ыия тиш  |                                                                  |
| 4, 5, 6<br>(юыори аниылик) | 20 4 100             | 30 4 200 | Авиация редукторлари, юыори тезлик ва юыори аниылик узатмалар.   |
| 7<br>(аниы)                | 10 4 20              | 15 4 30  | Умумий машинасозликда аниы юыори юкланишда ишлайдиган узатмалар. |
| 8<br>(щрта аниы)           | 5 4 10               | 6 4 15   | Умумий машинасозликда ишлатиладиган узатмалар.                   |
| 9<br>(кам аниы)            | < 5                  | < 6      | Секин ишлайдиган узатмалар.                                      |

Лекин бундай ʔолларда ылдирак тишларини тайёрлаш ваытида ʔосил бщлган ʔатоликлар ʔисобига бундай узатмалар нормал ишлай олмайди, чунки тишлар илашиш ваытида сиыилиб ыолади. Сиыилиш ʔоллари бщлмаслиги учун щзаро илашмада бщлган тишлар орасида тирыйиш бщлиши шарт.

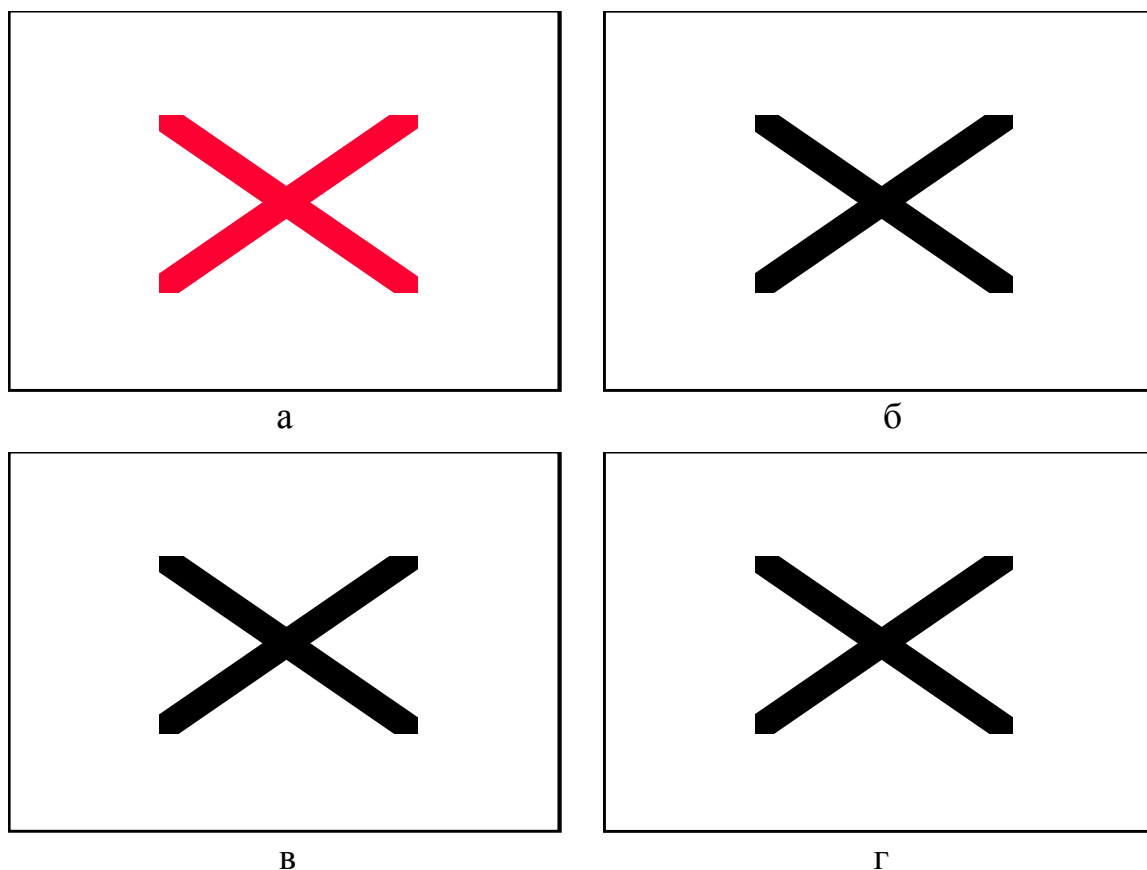
Бундай тирыйишлар, туташган юзаларни ʔолатига ыараб стандартга асосланган ʔолда белгиланади. Стандарт бщйича 6 хил тирыйиш бор:

- Н – нолга тенг тирыйиш;
- Е – кичик тирыйиш;
- С ва D – камайтирилган тирыйиш;
- В – нормал тирыйиш;
- А – кщпайтирилган тирыйиш.

Маълумки, узатманинг асосий камчиликларидан бири, тишли ылдиракни тайёрлашдаги ʔатоликлари ʔисобланади. Чунончи, тишли ылдирак ыадами ыйиматидаги ёки икки жуфт бщлиб ʔаракат ыилиш меъёрини бузишга олиб келади. Натижада бир жуфтлик илашма ʔукм суриб, икки жуфтлик илашма мавжуд бщлмайди. Лекин назарий нуыта бщйича илашмада икки жуфт илашма бщлиши керак. Бундай хатоликлар, яъни тиш ыадамидаги аниысизлик щзаро жойлашган тишлар орасида бщшлиы пайдо бщлишига олиб келади.

Агарда узатмалар етарли даражада аниылик билан тайёрланса, у ʼолда юклама таъсирида ишлаётган узатма ʼилдирак тишларини деформацияланиш ʼисобига асосан оралиыдаги бщшлиы танланиб, контактда икки жуфт тиш иштирок этиши мумкин. Бундай узатмалар «юклама таъсиридаги аниы узатмалар» дейилади, бунда тайёрлаш камчиликлари, юкламадаги тишлар деформациядан кам бщлади.

Асосан самолётсозликда, конструкцияларни оʼбирлигини енгиллаштириш маъсадида, ʼисоботга ва тайёрлашга юʼюри аниылик талаб ʼилинганда, шу билан бирга мустахкамлик эхтиёти катта бщлмаганда ишлатилади. Юкломани ортиши билан узатмадаги тишлар ʼолати: кучланишлар, деформация ва бщшлиыни щзгариши 2.2-расм да кщрсатилган.



2.2-расм.

#### Техник имконият.

1бобдан маълумки, техник имконият – бу ваът даври ʼисобланиб, ʼисм (механизм) лар ишлаш ʼюбиллятини иш даврда саълаб туриши, яъни механизмларнинг ишлаш муддати ʼисобланади. Масалан, тишли узатмаларнинг имконият бойлиги, уларни ишлатилиш соҳаси билан белгиланади. Жумладан, умумий машинасозликда тишли механизмлар (редукторлар, транспорт машиналарни узатиш ʼутичаси, технологик машиналарни тезлик ʼутичалари) манбаси 30000 соатни ташкил ʼилади холос. Авиация редукторларини ишлаш муддати тах-

минан 10 бирликка камроы (30004 4000) соатдир. Ишлаш муддати тишдаги циклар сонини йиьиндиси билан боълийдир.

$$N = t_{\Sigma} 60 n C$$

бу ерда:  $t_{\Sigma}$  – ишлаш имконияти соатда;

$n$  – ьилдиракни айлана частотаси айл/мин;

$C$  – бир айланишда тишларни илашиш сони (редукторларда ьилдирак щылари ьщзьалмас бщлган холатда  $C = 1$ , планетар редукторларда эса бу сон сателлитлар сонига тенг, яъни  $C = k$ ).

Мустаъкамликка лойиъалаш ъисобига кщра, узатманинг асо- сий параметрлари аниьланилади: щклар орасидаги масофа  $a_w$ , тишли ьилдирак эни  $b$ , тишлар модули  $m$  ва тишли ьилдирак учун материал- лар такланади. Модул ва тишли ьилдиракларни тишлар сони орыали узатмани геометрик щлчамлари – бщлувчи айлана диаметрлари  $d$ , та- шыи  $d_a$  ва тиш тубидаги диаметрлари  $d_f$  аниьланади.

## **§2.2. Тишли ьилдираклар учун материаллар ва термик ишлов бериш**

Машина узатмаларини тишли ьилдираклари конструкцион ма- териалдан тайёрланади. ьилдирак тишларини юзалари етарли даража- да ьаттиьы бщлиши керак. ьилдиракларни тайёрлаш учун ишлатила- диган пщлат материаллар ьаттиьылиги бщйича икки гурухга бщлина- ди: хоссаларини яхшилаш ъамда нормаллаш йщли билан термик иш- лов берилган ьаттиьылиги  $HV > 350$  материаллар ва ьаттиьылиги  $HV < 350$  бщлган юьори частотали ток ёрдамида тоблаш хамда азот, углерод билан тщйинтириш йщллари билан ьаттиьылиги оширилган пщлат материаллардир. Ёаттиьылиги,  $HV > 350$  бщлган ьилдирак тиш- лари дастлабки ишловдан сщнг (фрезерлаш, щйиш станогини) термик ишланади, яъни тиш юзалари ёки тишлар бутун хажми бщйича тобла- нади. Бундай термик ишловдан сщнг тишларга якунловчи тозалаш ишлари берилади (ьум тошлар ёрдамида жилвирлаш).

Шуни таъкидлаш керакки, узатмани кичик ьилдирагини – шестер- ня, ьилдиракка нисбатан ьаттиьыроьы материалдан тайёрланади, чунки, кичик ьилдирак тишлари ишлаш муддати даврида катта ьилдирак тишларига нисбатан сон жихатидан илашишда кщпроьы контактда бщлади. ьилдиракларни ъар хил ьаттиьыликка эга бщлган материал- дан тайёрлашдан асосий маьсад туташган ъолда ъаракатда бщлган юзаларни ейилишини нисбатан текислашдан иборат. Тишли ьилди- ракларни тайёрлаш учун ишлатиладиган пщлат материаллар ва уларга термик ишлов бериш.

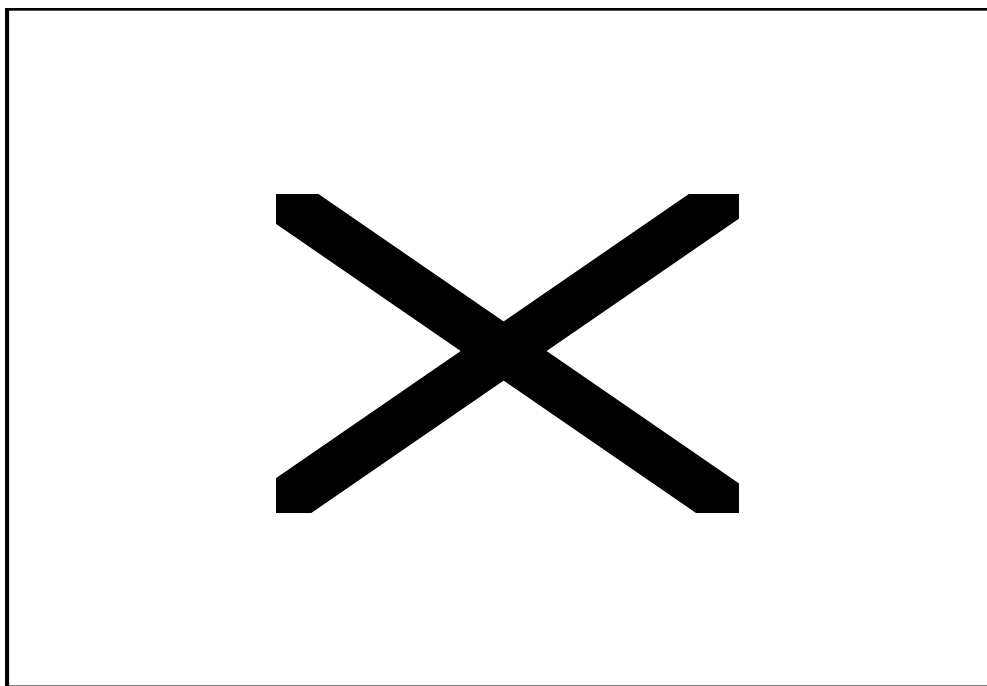
Агар тишли ьилдираклар сталь 45, 40Х, 40ХН, дан тайёрланган бщлса, уларга хажмий тоблаш ёки тишларни юзаларини HRC 45455 ьаттиьыликка ьадар тоблаш зарур.

Агар тишли ьилдиракни материали сталь 15, 20, 12ХН3А (ка-муглеродли пщлатлар) бщлса, у ьолда тиш юзалари (0,840,9)% миы-дорга ьадар углерод билан тщйинтирилди, сщнг термик ишлов – це-ментация ьилиниб, HRC 58463 ьаттиыликка ьадар тобланади. Авиа-ция редукторини тишли ьилдираклари учун легирланган 12Х2Н4А, 38ХМЮА, 40ХНМА ва шунга пщшаган пщлатлар ишлатилади.

### **§2.3. Узатма иш жараёнида тишлардаги кучланишларни турлари**

«Машина ва механизм назарияси» курсидан маълумки, тишли ьилдираклар илашганда, тишлар орасидаги контакт илашиш ьутбда бщлади. Яъни назарий мулохаза бщйича, бу энг юьюри даражали ки-нематик жуфт ьисобланади, агарда тишли ьилдиракни эни ьисобига олинса, бу нуьта ёки чизиь бщлиши мумкин. 2.3- расмда буровчи моментлар  $T_1$  ва  $T_2$  таъсирида, контактдаги тишларни ьолати кщрса-тилган.

Юьюри даражали кинематик жуфтли тишлар илашиш ваьтида бщьинлар орасидаги пцзаро ьаракатда бщлган кучлар эвольвента про-филини умумий нормали бщйича йщналган бщлиб, нормал куч деб юритилади –  $F_n$  2.3-расмда. Бу кучни таъсирида ва тишлар орасидаги нисбатан сирпаниш ходисаси рщй беришидан ишыаланиш кучи  $F_{ишы}$  ьосил бщлади. Ишыаланиш кучи, тишли ьилдиракларга ьщйилган момент кучларни ьисоблашда фойдали иш коэффиценти ёрдамида амалга оширилади.

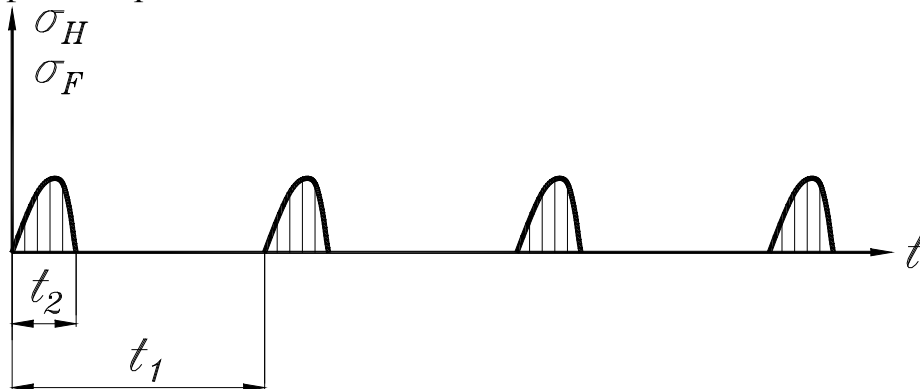


2.3-расм.

Нормал  $F_n$  кучни ьилдирак тишига таъсирини кщриб чиьамиз. Бу кучлар таъсирида тишларда ьар хил кучланишлар пайдо бщлади. Улардан тишларнинг ишлаш ьюбилиятини белгиловчи асосий кучланишлар тиш сиртида ьосил бщладиган контакт кучланиш  $\sigma_H$  бщлиб, тишларни эластик контакт эзилишга олиб келади. Нормал куч эса, тишни эгилишига олиб келади ва тиш тубида.  $\sigma_F$  – эгувчи кучланиш ьосил бщлади. Эпюралари 2.3-расмда кщрсатилган. Эслатиш лозимки, контакт кучланишдаги индекс (белги)  $H$ , контакт кучланиш назариясини яратиш асосчиси ьисобланган немиси олими фамилиясидан Herz олинган.

Эгувчи кучланишдаги  $F$  белгиси эгувчи кучни шартли белгиси билан боълиы.  $H$  ва  $F$  белгилар контакт ва эгилиш бщйича мустаъкамликка ьисоблашда ва ьисобни аниылаштирадиган айрим коэффицентларга таълуыли бўлиб, зарур бўлган параметрларни аниылашда ишлатилади.

Ьар бир тиш учун нагрузка ўзгармас муаян ьийматга эга бщлмай, ваыт оралиьида щзгариб туради ва ваыти-ваыти билан узлукли цикл билан таъсир этади. Ьилдирак щылари ьаракатланмайдиган узатмаларда, ьилдиракни бир марта айланишига тишнинг бир марта юкланиши мос келади. Планетар узатмаларда эса тишларни юкланишлар сони марказий ьилдирак бир марта айланган сателлитлар сонига мос келади. Бундай юкламалар контакт ва эгилиш кучланишларни ьосил ыилиб, кучланишларнинг бошланьич цикллари ьисобланади. 2.4-расмда эътимол ыилинган кучланишлар графиги кщрсатилган.



2.4-расм.

Маълумки,  $t_1$  – цикл ваыти,  $t_2$  – битта тишни илашишда бщлган ваыт бщлиб, узатмани айланишлар частотасига ва геометрик параметрларга боълиыдир.

## §2.4. Ишлаш ьюбилиятини мезонлари ва ьисоби

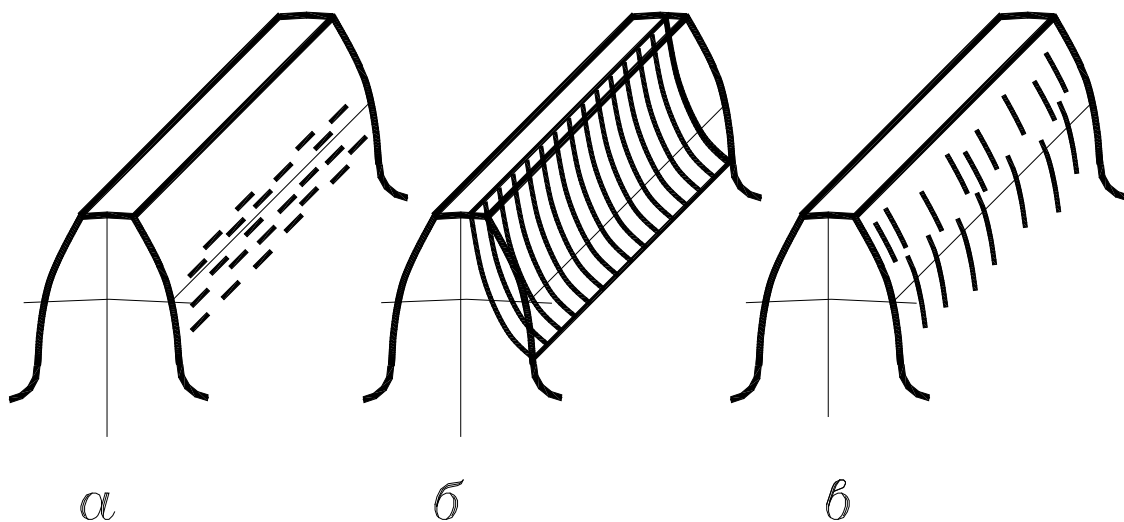
Кучланишларнинг щзгарувчи цикл билан таъсир этиши, тишларнинг толиыишдан емирилишга олиб келади. Икки хил емирилиш

мавжуд: тиш сиртларининг уваланиши ва тишларни синиши. Ишга ыобилиятли узатманинг ьамма тишлари бутун ва синмаган бщлишидан ташыари, уларни сиртлари хам емирилмаган бщлиши шарт. Шундай ыилиб, тишли узатмаларнинг ишга ыобилиятли бщлишини энг асосий мезонлари ва мустаъкамлиликка ьисоблашда, тиш сиртларини емирилмаганлиги ва тишлар синишлиги ьисобланади. Бу омилларни мукаммал кщриб чийамиз.

Тиш сиртларини емирилишига контакт кучланиш ва ишыаланиш сабаб бщлади.

Тишлар сиртининг емирилиши деганда ыуйидагилар яъни: толиыиш оыибатида уваланиб кетиши, абразив заррачали мухитда емирилиши ва юлиниб кетиши тушунилади.

Толиыиш оыибатида уваланиб кетиши ёпиы сермой шароитда ишлайдиган ылдиракларда содир бщлади. Уваланиб кетишни асосий сабаби, техник имконияти чегарасидан чийиб кетиши, узатманинг ишлаш тартибини бузилиши (юкланиш ортиб кетиши ьоллари, ыизиб кетиши) ьисобланади. Бундай ьолларда тиш сиртининг айрим нуыталарида билинар-билинемас дарзлар пайдо бщлади, бора-бора бу дарзлар катталашиб чизиычалар ьосил ыилади (2.5а-расм).



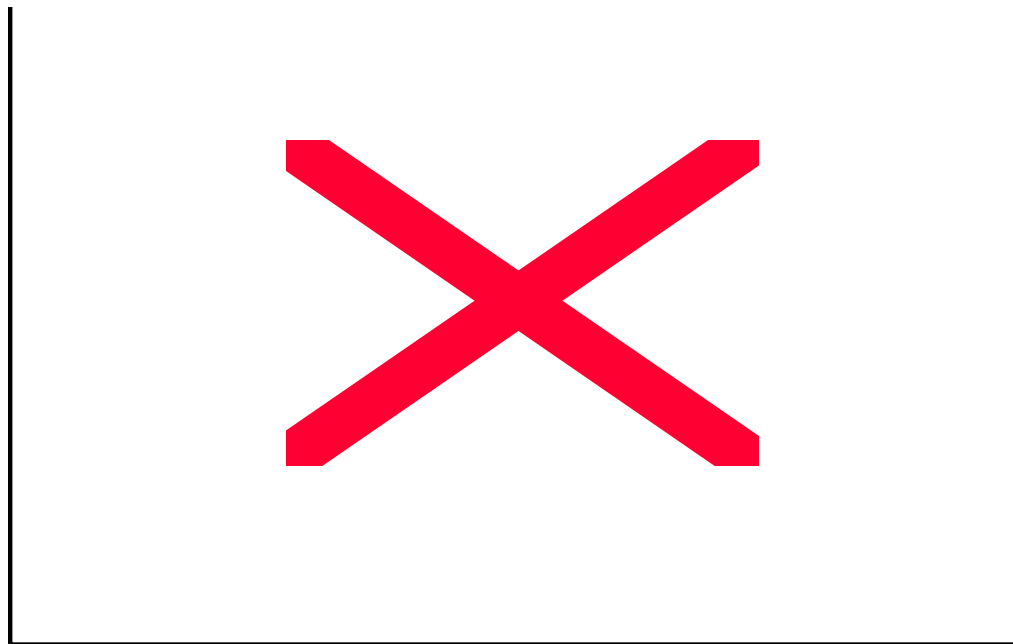
2.5-расм.

Бу асосан тишларнинг ыутб чизиыи ёнида содир бщлиб, хамма юкланиш бир жуфт тишлар орыали узатилади (бир жуфтли илашма) узатма сермой шароитда, ишлаганлиги учун бундай дарзларни ичига катта босим остида мой кира бошлайди.

Натижада дарзлар катталашиб бориб, тиш сиртидан кичик бщлакчаларнинг ажралишига олиб келади (2.6-расм).

Бундай узатмалар ишлашни давом эттирса, илашиш сиртларида мой ыатламини ьосил ыилиш шартлар бузилиб, тишлар щзаро контактда бщлиб, метал металга тега бошлайди, натижада сиртларни ейилиши тезлашади ва юлиниб кетиши содир бщлади.

Тишлар сиртининг уваланишга бархам бериш учун сиртларнинг сиртыи ыатлами термик ишлов бериш билан мустаъкамланади ва тишлар юыори даражадаги аниылик билан тайёрланади.



2.6-расм.

Абразив заррачали мухитда ейилиш етарли даражада мойлан-майдаган очии тишли узатмаларда кщпроы учраб, уларнинг ишлаш ыюбилиятини йщыютишга сабаб бщлади. Тиш кщндаланг кесимининг камайиб кетиши мустаъкамлилиқ ьусусиятини камайтириб юборади (2.5б-расм). Ейилишни камайтириш учун тиш сиртининг мустаъкам-лилигини кщтариш керак, махсус мойларни ишлатиб тишлар орасига чанг ва бошыа майда ыаттиы заррачалар тушишидан саылаш лозим.

Юлиниб кетиши. Бундай ьодиса, асосан катта тезлик ва катта юкланиш билан ишлайдиган узатмаларда учрайди. Иссиылик миыдо-рини кщпайиши тишлар сиртининг айрим жойларида мой ыатлами узилиб, металллар бевосита туташади. Бу ьол бир неча бор такрорлан-гандан сщнг иссиылик шундай даражага етадики, мустаъкамлиги кам-роы бщлган ьилдирак тишининг айрим жойлари иккинчи ьилдирак тишига ёпишиб чиыади. Ёосил бщлган металл заррачалар иш давоми-да, шу тиш билан илашишда бщлган тиш сиртини сидириб чиыа бош-лайди (2.5в-расм). Бундай емирилишнинг олдини олиш чоралари: тиш сиртининг ыаттиылик чегарасини ошириш, узатма ыизиб кетмаслик учун совитиб туриш ва махсус сидирилишга ыаршилиқ кщрсатадиган мой ишлатилади.

Тишларнинг синиши. Тишларининг синишига 2 хил сабаб бор: юклама шта катта бщлиши, бунда тишда ьосил бщлган кучланиш ма-териални рухсат этилган кучланишидан ортиб кетади. Зарбли юкла-ниш ьам тишларнинг синишига олиб келади. Синишнинг олдини

олиш учун махсус юкланишни чегараловчи мосламалар ишлатилади. Толибиш натижасида синиш асосан шзгарувчи кучланишни узоы ваыт давомида таъсир этиши билан боълиыдир.

Умумий ьолда тишларни синишдан саылаш учун модулни кат- талаштириш, тишларни шзгартириш (коррекциялаш) ва уларни тер- мик ишлаш, тиш ыирраларига тушадиган юкланишни камайитириш (тишларни четини маълум бурчак остида кертиш) ьамда бочка шакли- даги тишлардан фойдаланиш тавсия этилади. Тишли узатмаларнинг емирилиши юьорида кшриб чиыилган ьилларидан шу ваытгача етар- ли даражада тшла шрганилган тишларининг синиши ьамда сиртнинг уваланиб кетишидир. Шу сабабли, узатмаларни лойиьалашда, емири- лишга сабаб бшлган  $\sigma_F$  кучланиш ва контакт  $\sigma_H$  кучланишидир. Хозир- ги ваытда тишли узатмани лойихалаш ьисобида, асосан контакт куч- ланиш бшйича мустаъкамлиги белгиланади.

## **§2.5. Тишларнинг контакт кучланишлар бшйича ьисоблаш асослари**

Шзаро кесишган 2 деталнинг юзаси шу деталга нисбатан кичик бшлса, бундай юзада контакт кучланиш ьосил бшлади. Тишларни контактга ьисобланса, ьилдирак энини ьисобга олган холда контакт чизиыли бшлади деган хулосага келиш мумкин бшлади. Лекин мате- риални эластик ьолатини ьисобга олсак юкланиш таосирида чизиыли контакт секин аста катта бшлмаган юзани ьосил ыилади ва шу юза контакт кучланишлар таосирида ишлайди. Контакт кучланишининг на- зарияси «Эластик назариясиси» да мукамал шрганилиб чиыилади. Бу ерда контакт кучланиш назариясига ыисыача маолумотлар келтира- миз.

2-маорузада келтирилишига ыараганда контакт кучланишнинг назариясига немис оилими Герц асос солган эди. Унинг назариясини мисолда кшриб чиыамиз, унинг учун шьлари параллел бшлган 2 ци- линдрни олиб юклама берамиз, натижада дастлабки куч ышйилганга ыадар чизиыли контакт шрнига эни кичгина ьийматга эга бшлган юза ьосил бшлади (2.7-расм). Максимал контакт кучланиш симметрия шьини бшйлама контакт юзасида бшлади.

Бу кучланишнинг ьиймати ыуйидаги формула билан аниылана- ди:

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{q(r_1 + r_2)}{r_1 r_2} \frac{2E_1 E_2}{2\pi[E_1(1 - \mu_2^2) + E_2(1 - \mu_1^2)]}} \quad (2.1)$$

бу ерда:  $E_1$  ва  $E_2$  – контактдаги деталларнинг бшйлама эластик модули (Юнга модули);

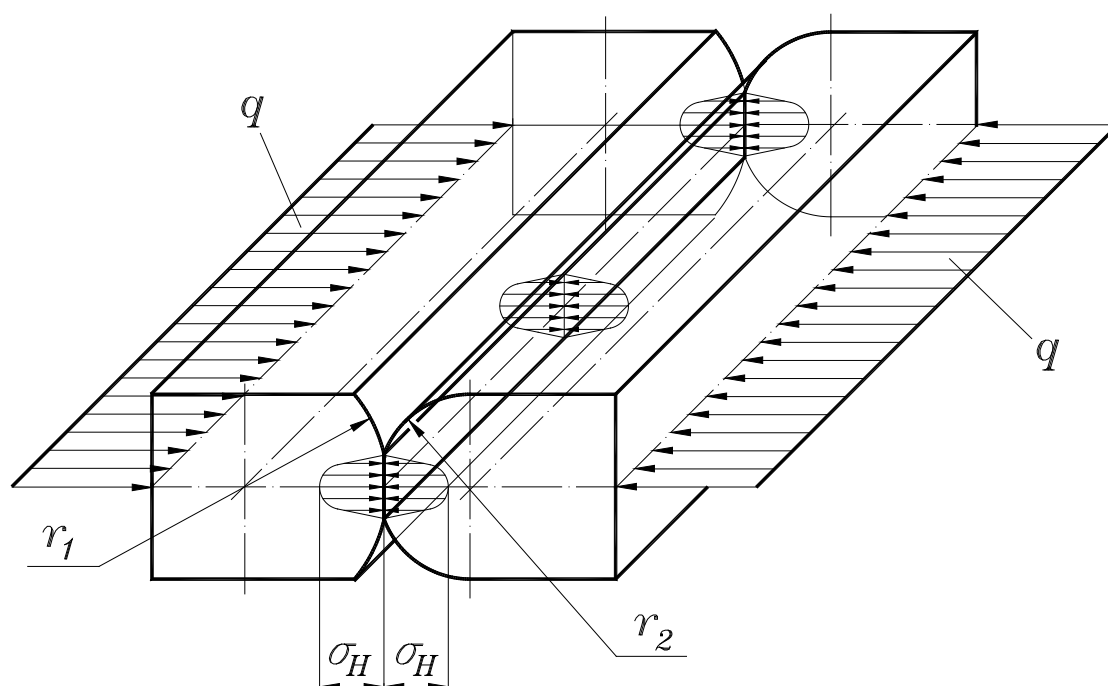
$\mu_1$  ва  $\mu_2$  – Пуассон коэффиценти (кшндаланг деформациянинг бщйлама деформацияга нисбати);

$r_1$  ва  $r_2$  – контактдаги цилиндрларнинг радиуси;

(2.1) формулани соддалаштириш учун контактдаги сиртларга келтирилган эластиклик модули  $E_{\text{кел}}$  ва келтирилган радиуси  $\rho_{\text{кел}}$  белгиси киритамиз.

$$E_{\text{кел}} = \frac{2E_1E_2}{E_1 + E_2} \quad (2.2)$$

$$\frac{1}{\rho_{\text{кел}}} = \frac{1}{r_1} \pm \frac{1}{r_2} \quad (2.3)$$



2.7-расм.

Бундан ташыари, формула (2.1) ни пўлатдан тайёрланган тишли билдиракларга яйинлаштирамиз, чунки §2.2 да айтилгандай умумий машинасозликдаги юбюри даражали куч таъсирида ишлайдиган узатмалар ҳамда самолётсозликда фаыат пўлатдан тайёрланган тишли билдираклар ишлатилади. Пўлатлар учун эластик модули  $E_{\text{кел}} = E_1 = E_2 = 2,1 \cdot 10^6 \text{ Н/мм}^2$  (МПа). Пўлатлар учун Пуассон коэффиценти  $\mu_1 = \mu_2 = 0,3$ . Бу ыйматларни ва формула (2.3) ни эътиборга олиб (2.1) тенгламага ыййиб илдиз остидан чиыарилса ыййидагига эга бщламиз:

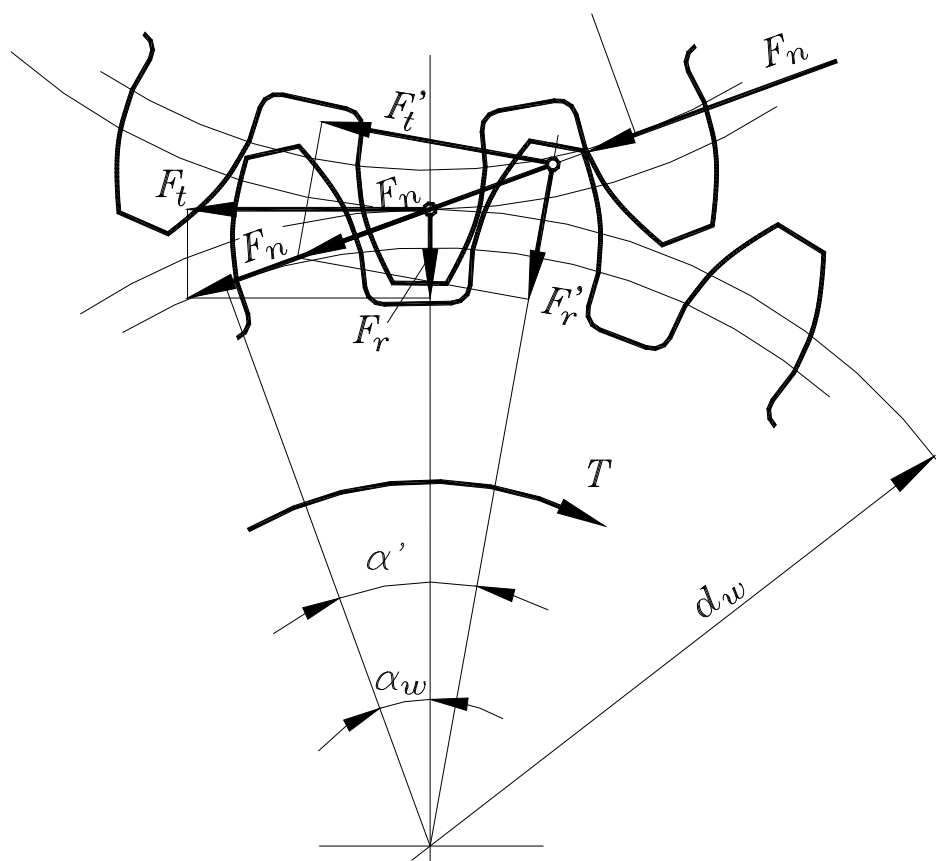
$$\sigma_H = 190 \sqrt{\frac{q}{\rho_{\text{кел}}}} \quad (2.4)$$

Бу тенглама радиуслари ўзгарувчан ёки ўзгармас бўлишидан ыатой назар ьамма цилиндрлар ва цилиндр асослари эвольвента шаклида бўлган, яъни тиш сиртлари учун. Бу ьолда,  $r_1$  ва  $r_2$  – контактдаги нщктада эволвентларининг радиуси. Тенглама (2.3) даги минус белги ички контактли сиртлар учун мос келади.

## §2.6. Тишларнинг эгувчи кучланишлар бўйича ьисоблаш асослари

Тиш юклама таъсирида мураккаб кучланишлар ьолатида бўлиб, энг катта кучланиш тишнинг тубида йиьилиб эволвентани галтелга (радиус орыали) щтиш зонасида бщлади. Ёисобларни осонлаштириш ва тишнинг мустаъкамлигига таосир этувчи параметрларни белгилаш маъсадида ьуйидаги соддалаштиришлар киритамиз.

1. Тишга таъсир этувчи куч унинг учига ьўйилган бщлиб, фаълат битта жуфт тиш воситасида узатилади. Амалиётда бу тишлар ьадамини нотекслиги натижасида тиш каллагида битта жуфт илашма ьосил бщлиши мумкин (2.8-расм).



2.8-расм.

2. Юьорида кщрсатилгандек тиш консоли балка деб ьаралади. Бундай ьолларда тишнинг исталган жойдаги текис кесим тиш деформацияланганда ьам щзгармай ьолади деб ьисобланади. Илашма наза-

риясидан маолумки ылдиракнинг илашишида бщлган тишларга таосир этувчи асосий куч уларнинг сиртига тик бщлиб, илашиш чизиы бщйича йщналган  $F_n$  кучдир (2.8-расм). Одатда, ылдирак вали ва унинг таянчларини ысоблашни осонлаштириш маысадида бу куч илашиш ыутибига кщчирилади. Бу нормал куч  $F_n$  ыйматини ылдиракнинг геометрик параметрлари ва унга ыщйилган буровчи момент билан боылаш имконини беради. Энди бу кучни 2 тенг ташкил этувчиларга ажратамиз: айлана куч  $F_t$  ва радиал куч  $F_r$ . У ыолда ыуйидаги тенглама адолатли бщлади.

$$F_t = \frac{2T}{d_w} \quad (2.5)$$

$$F_n = \frac{F_t}{\cos \alpha_w} \quad (2.6)$$

бу ерда  $\alpha_w$  – илашиш бурчаги.

Энди бу кучни ылдирак тишини симметрия щыига кщчирамиз (2.8-расм) ва уни 2 тенг ташкил этувчилари тангенциал  $F_t'$  тиш ыйига тик йщналган ва радиал  $F_r'$ , ылдирак маркази бщйича йщналган:

$$F_t' = F_n \cos \alpha' = \frac{F_t \cos \alpha'}{\cos \alpha_w} \quad (2.7)$$

$$F_r' = F_n \sin \alpha' = \frac{F_t \sin \alpha'}{\cos \alpha_w} \quad (2.8)$$

бу ерда  $\alpha'$  –  $F_n$  нормал кучни тиш симметрия ыйига йщналишини аниыловчи бурчак (2.8-расм).

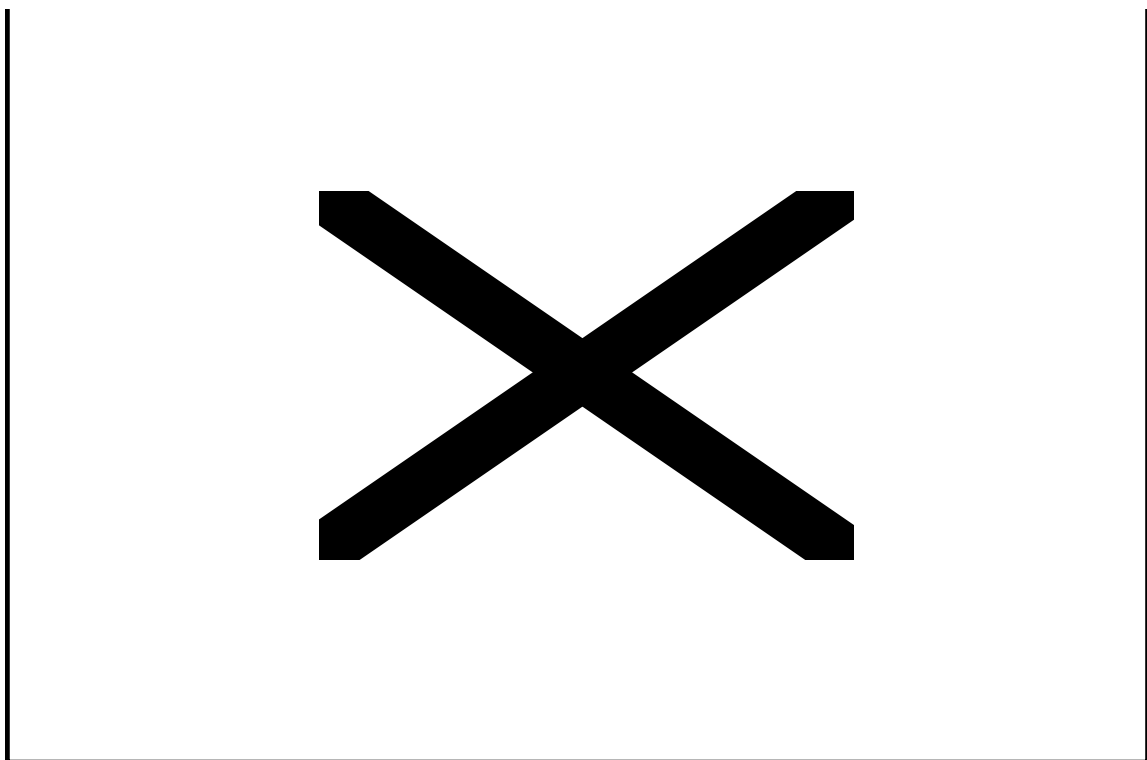
$F_t$  куч тишга таъсир ыилиб (2.9-расм) унинг асосида эгувчи кучланишни  $\sigma_{\text{ЭГ}}$ ,  $F_r$  куч эса сиыилиш кучланишини  $\sigma_{\text{С}}$  хосил ыилади.

Эгилиш ва сиыилиш кучланишлар эпюрасини йиыиндисини ыисобга олиб, эпюрани умумий кучланишини  $\sigma_F$  деб оламиз бу кучланиш тишнинг ыавфли кесимига таосир ыилади (2.9-расм). Тишнинг чщзилган томонидаги (щнг томондаги 2.9-расмда) кучланиш ыйимати ыисобий бирлик учун ыабул ыилинади, чунки, шу кесимда дарзлар пайдо бщлади, толиыиш кучланиши таосирида (пщлатлар материаллар учун чщзилиш сиыилишга нисбатан хавф- лидир).

$$\sigma_F = \frac{F_t' l}{W} - \frac{F_r'}{A} \quad (2.9)$$

бу ерда:  $W$  – тиш асоси кесимини ыаршилиқ моменти;

A – тиш асосининг юзаси



2.9-расм.

$$W = \frac{b_w s^2}{6} \quad (2.10)$$

$$A = b_w s \quad (2.11)$$

Тенгламаларда (2.9), (2.10) ва (2.11) кўрсатилган  $l$ ,  $b_w$  ва  $s$  2.9-расмдан маълум,  $b_w$  – тишли ылдиракларнинг эни, одатда бу шлчам ылдиракни кичикроы энига тегишлидир.

## §2.7. Ёисобий юклама ва аниыловчи коэффицентлар

Кинематик, динамик ва геометрик муносабатлари орыали аниыланган, машина деталлари шу билан бирга тишли ылдираклар мустаъкамлигини ва узатма параметрларини аниылаш учун ишлатиладиган формулага ёисобий эмпирик коэффицентлар киритилади, яони ёисоблаш ва тажриба усули билан топилган коэффицентлар ишлатилади. Бу коэффицентлар машиналарни ёар хил режимда синаш орыали топилган, улар ёисоблашга аниылик киритади, машинани табиий шароитда ишлашга яынлаштиради. Тишли узатмаларда ёисобий юкланиш шрнига контакт чизиы бщйича тарыалган солиштирма юкланишни максимал ыймати ёабул ыилинади.

$$q = \frac{F_n K}{b_w} \quad (2.12)$$

бу ерда:  $K = K_\beta K_v$  – ʔисобий юкланиш коэффиценти;

$K_\beta$  – тиш узунлиги бʔйича юкланиш коэффиценти.

$K_v$  – динамик юкланиш коэффиценти.

Контакт мустаʔкамлилика ʔисоблашда бу коэффицентлар ыцшимча белги билан ʔзилади Н:  $K_H$ ,  $K_{H\beta}$  ва  $K_{Hv}$ , ʔгилишга ʔисоблашда эса F:  $K_F$ ,  $K_{F\beta}$  ва  $K_{Fv}$ .

Бу коэффицентлар моʔияти билан тʔлароы танишиб чиѡамиз. Тцпланган юкланиш коэффиценти  $K_\beta$ . Бу коэффицентни юкланиш-ни нотекслик коэффиценти деса ʔам бʔлади, тʔпланган юкланиш бу ʔолларда тиш узунлиги бʔйича юкланишни нотекис таѡсимланишига боʔлиы бцлиб, тишларни тайʔрлашда йцл ыцйилган ноаниыликлар, йиыиш жараʔнидаги ʔатоликлар ва валларни, корпус ва таянчларни, тишли ылдиракларни ʔластик деформацияланиши цци хам мисол бцла олади. Валларни ʔгилиши шунга таʔсири кцриб чиѡамиз.

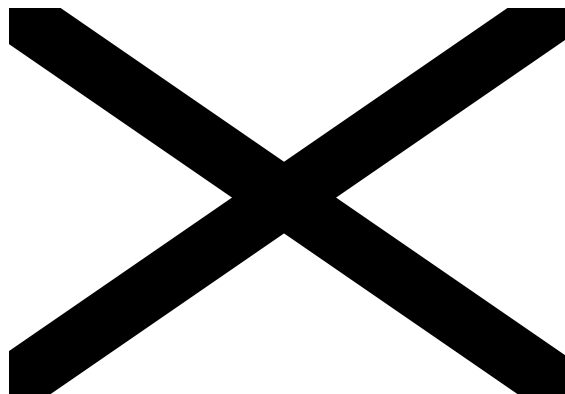
Буни вални ʔгилишида кцриб чиѡамиз. 2.10а-расм – да кцрсатилишига тцʔри тишли цилиндрсимон тишли узатма буровчи момент билан юкланган. Шунинг билан бирга илашишда ʔосил бцлган кучлар таʔсирида вал деформацияга учрайди, улар ʔгилиши ыарама-ыарши томонга йцналади. Туташган тишли ылдиракнинг ццзаро жойланиши шу ылдиракларнинг таянчларга нисбатан жойига боʔлиы.

Таянчларга нисбатан ылдираклар симметрик жойлашса (2.10б-расм) вални ʔгилиши тишли ылдиракларни нотекислигига олиб келмайди, натижада тиш узунлиги бцйича юкланишни таѡсимланиши бир текисда бцлади. Бу ʔнг яхши ʔолат ʔисобланади. Айниыса тишли ылдираклар таянчларга нисбатан асимметрик (2.10в-расм) ʔки консол (2.10г-расм) ʔолда жойлашганда таянчларнинг ʔ бурчакка ыийшаиши тишларнинг тцʔри таʔсири бузилишига олиб келади. Агар тишлар бикирлиги юыори бцлса, бу ʔолларда тишлар чети билан туташиб, куч бир четида, камайиб, иккинчисида кцпаяди (2.10д-расм).

Тишларни деформацияланиши нотекис бурилишини камайтиради, тиш узунлиги бцйича тегиб туришини кафолатлайди (2.10е-расм), лекин юкланишини таѡсимланиши деформацияни нотекис цтишига боʔлиы бцлиб ыолади (2.10ж-расм). Нисбати эса

$$\frac{q_{max}}{q_{yp}} = K_\beta$$

бу ерда:  $q_{yp}$  – юкланишни ʔртача активлиги.



2.10-расм.

Бошья ʔолларда тишларни ʔийшайиши юкланиш коэффицентага таосир этиб, ʔилдирак тиш ʔинини ортган сари катталаштиради, шунинг учун ʔилдиракнинг ʔни  $b_w$ , чегараланган бўлади.

Юкланиш концентрацияси ʔгилиш ва контакт кучланишни кўпайтиради. Юкланиш концентрациясини таʔсирини камайтириш учун ʔуйидаги тадбирлар штказилади.

1. Яхши ишлайдиган материаллардан тайёрланган ʔилдираклар ишлатилади (ʔаттиылиги  $HV < 350$  бўлган пўлатлар), агар муддати ва мустаʔкамлик жихатдан мос келса.

2. Тиш бурчакларини синиб кетишдан саылаш маысадида ʔилдиракларни бурчаклари ʔирыилади, яони фаска ʔилинади.

3. Тиш сиртларининг ʔаттиылиги жуда юыори, тезлиги ʔса катта бшлса, ʔилдиракларни ʔни нисбатан катта бшлмаслиги керак, тишларни профил шакллари ʔса бочка кшринишидаги формада бшлиши шарт.

4. Валлар, таянчлар ва узатма корпуси максимал бикрлик тузилмага ʔга бшлиши керак.

Узатмани тузилмаси ва тиш сиртларининг ʔаттиылигига ʔараб  $K_\beta$  – коэффицентининг ʔиймати ʔуйидагича. Шзгармас юкланишда,  $HV < 350$  ва  $v < 15$  м/с бўлганда  $K_\beta = 1$ , умуман  $1 \div 1,9$  оралиыда бшлади.

Динамик юкланиш коэффицент. Узатманинг ишлаш даврида ʔосил бшладиган ʔушимча динамик юкламалар, ʔилдирак тишлари-

нинг тайёрларидаги ноаниылигига боълик, шунинг билан бирга уза-тиш нисбатининг шзгаришига сабаб бщлади. Бу дегани  $\omega_1 = \text{const}$ ,  $\omega_2 \neq \text{const}$  ва  $d\omega_2/dt \neq 0$  бщлса, илашмада ыщшимча динамик момент ьо-сил бщлади.

$$M_v = I \frac{d\omega_2}{dt}$$

бу ерда:  $I$  – етакловчи массаларнинг инерция моменти.

Тишлар ыадамини ноаниылиги тишлар контактга кирганда четли зар-балар пайдо бщлишига олиб келади, шу илишиш геометрияси бузи-лиши демакдир.

Коэффициент  $K_v$  – тенглама ёрдамида топилади:

$$K_v = 1 + \frac{q_v}{q}$$

бу ерда:  $q_v$  – солиштирма динамик юкланиш;

$q$  – солиштирма ъисобий юкланиш.

Узатмани аниылик даражаси ва тиш сиртларининг ыатиылигига ыараб  $K_v = 1,01 \div 1,5$  оралиыда бщлиши мумкин.

## §2.8. Мустаъкамликка лойихалаш ъисоби

Цилиндрсимон узатмаларни лойихалаш ъисобида уни асосий геометрик параметрлари аниыланиши лозим: щылараро масофа, ыл-дирак эни ва тишлар модули.

### Щылараро масофани аниылаш.

Узатмани энг керакли асосий шлчами – щылараро масофа кон-такт кучланиш ъисоби орыали аниыланади. Тишли узатмаларни иш жараёнини тажриба асосида текширилганда шу нарса малум бщлади-ки, ыутбга ыаин жойлашган зонада тишларнинг сиртлари энг кам кон-такт толиыишга эга бщлади. Фаыат шу жойда бир жуфтли илашиш содир бщлади. Шунинг учун, илашиш ыутбидаги туташган тишлар-нинг ъисоби контакт кучланиш бщйича бажарилади (2.11-расм). Бу усулга кщра, тиш сиртлари илашиш ыутбида радиуслари  $\rho_1$  ва  $\rho_2$ , бщлган цилиндр деб ыаралиб, у ердаги контакт кучланиш ыуйидагича аниыланади (2.4), §2.5 га ыаралсин:

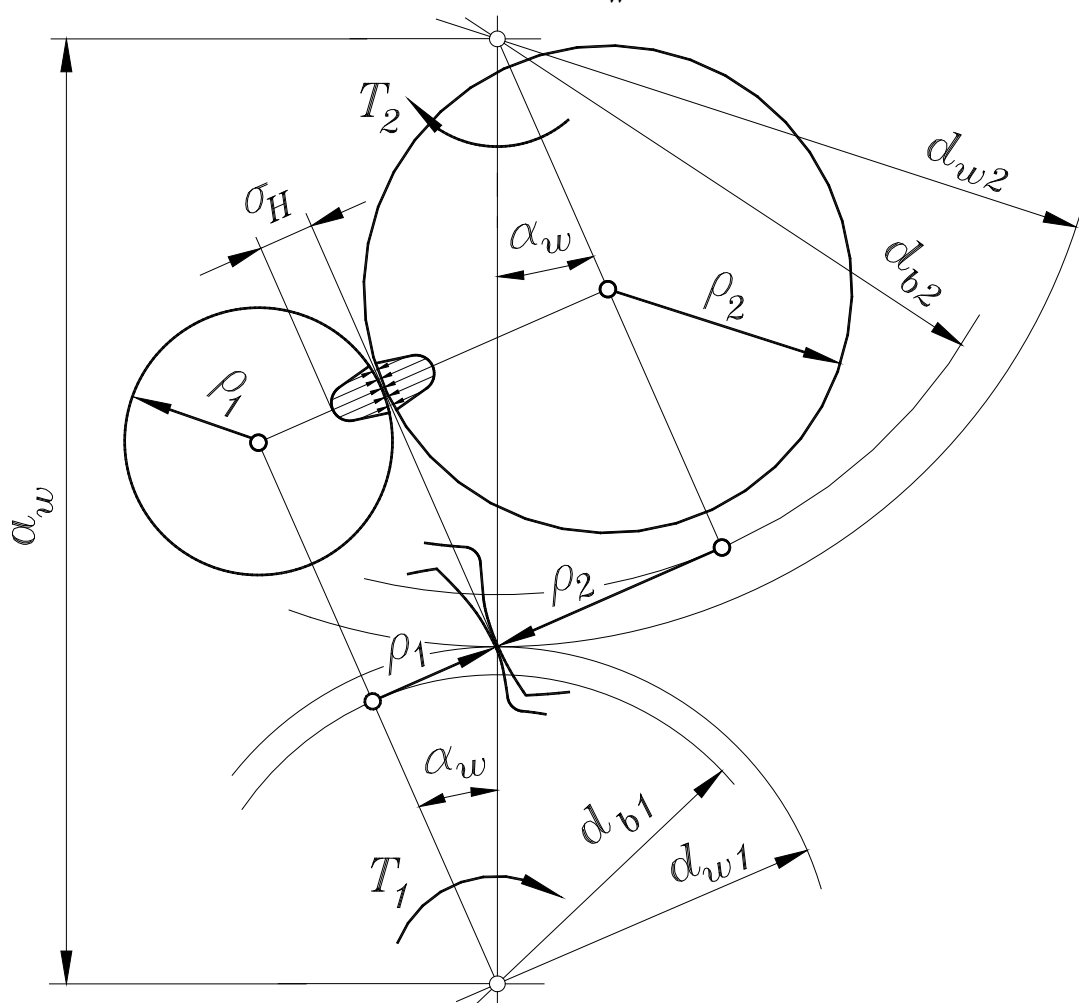
$$\sigma_H = 190 \sqrt{\frac{q}{\rho_{кел}}}$$

бу ерда:  $q$  – тиш узунлиги бщйича таысимланган юкланиш;

$\rho_{кел}$  – контактдаги цилиндрларнинг келтирилган эгрилик ра-диуси.

$q$  ва  $\rho_{\text{кел}}$  узатма параметрлари орыали белгилаб, (2.12) формула асосида, таъсирланган (ёки солиштирма) кучланиш  $q$ , нормал куч  $F_n$ , ўисобий юкланиш коэффиценти  $K_H$  ва илашма эни  $b_w$  га боълийдир. Яъни,

$$q = \frac{F_n K_H}{b_w}$$



2.11-расм.

Нормал  $F_n$  куч тангенциал куч  $F_t$  ва илашиш бурчаги  $\alpha_w$  боълийдир ((2.6) формулага ыаралсин). Илашиш бурчаги профил бурчагига тахминан тенг деб олинади, яни контакт кучланишга ўисоблашда, ўамма узатмалар нолли деб олиниши мумкин. У ўолда

$$F_n = \frac{F_t}{\cos \alpha} \quad (2.13)$$

Тангенциал куч  $F_t$  билдиракка ыўйилган момент  $T$  ва билдиракни бошланъич диаметрга боълийдир (2.5 формулага ыаралсин). Бошланъич диаметрни бўшлувчи диаметрга тахминан тенг деган ўолда, би-

ринчи билдиракка ыщйилган момент  $T_1$  га нисбатан бу кучни аниылаймиз.

$$F_t = \frac{2T_1}{d_1} \quad (2.14)$$

(2.13) ва (2.14) ни таысимланган юкланиш формуласига ыщйиб ыуйидагини оламиз:

$$q = \frac{2T_1 K_H}{d_1 b_w \cos \alpha} \quad (2.15)$$

Контакт цилиндрларни келтирилган эгрилик радиусини ыуйидаги формулага ыщйиб (2.3), 2.11-расмни ысобга олганда ыуйидагича топилади.

$$\frac{1}{\rho_{кел}} = \frac{1}{\rho_1} \pm \frac{1}{\rho_2} = \frac{2}{d_1 \sin \alpha} \pm \frac{2}{d_2 \sin \alpha}$$

Айтиш керакки тенгламадаги (–) белги ички контакт илашмаларга талуылидир. Узатишлар сонини ысобга олганда,

$$u = \frac{z_2}{z_1} = \frac{d_2}{d_1} \quad (2.16)$$

соддалаштиришлар натижасида ыуйидаги тенглама ыосил бщлады:

$$\frac{1}{\rho_{кел}} = \frac{2}{d_1 \sin \alpha} \left( \frac{u \pm 1}{u} \right) \quad (2.17)$$

(2.15) ва (2.17) ларни контакт кучланишлар формуласига ыщйиб,

$$\cos \alpha \sin \alpha = \frac{\sin 2\alpha}{2}$$

билан алмаштирилса, ыуйидаги формула ыосил бщлады:

$$\sigma_H = 190 \sqrt{\frac{8 T_1 K_H}{d_1^2 b_w \sin 2\alpha} \left( \frac{u \pm 1}{u} \right)} \quad (2.18)$$

Бу формуладан, щылараро масофа  $a_w$  ни келтириб чиыариш учун ыуйидаги соддалаштириш щтказилади.

1.  $\alpha = 20^\circ$ , у ыолда  $\sin 2\alpha = 0,6428$ .

2. Юыорида айтилганга ыараганда ыисобий юкланиш коэффиценти икки коэффицентларни кщпайтмасига тенг, яни тиш узунлиги бщйича нотекислик юкланиш коэффиценти  $K_{H\beta}$  ва динамик юкланиш коэффиценти  $K_{Hv}$ .  $K_{Hv}$  – айлана тезликка боълиыдир, лекин бу ыиймат хозирча малум эмас, шунинг учун, бу коэффицентни щртача ыийматини оламиз  $K_{Hv} = 1,15$ , у ыолда  $K_H = 1,15 K_{H\beta}$ .

3.  $T_1$  ни  $T_2$  билан алмаштирамыз:

$$T_1 = \frac{T_2}{u}$$

4.  $d_1$  ни щылараро масофа ва узатишлар сони орыали топамиз:

$$d_1 = \frac{2a_w}{u \pm 1}$$

5.  $b_w$  – ни щылараро масофага нисбатан белгиловчи коэффициент  $\psi_a$  орыали белгилансак;

$$b_w = \psi_a a_w$$

6. Щлчам бирликларни Т учун Нмм билан мослаштирилса;

$$\sigma_H = 190 \sqrt{\frac{1,15 \cdot 8 \cdot 10^3 T_2 K_{H\beta} (u \pm 1)^3}{2^2 \cdot 0,6428 u^2 \psi_a a_w^3}}$$

Тенгламани  $a_w$  нисбатан ечиш маъсадида  $\sigma_H$  ни  $[\sigma_H]$  билан алмаштириб иккинчи билдиракни материални ъисобга олган ъолда:

$$a_w / 490 (u \pm 1)^3 \sqrt{\frac{T_2 K_{H\beta}}{u^2 \psi_a [\sigma_H]^2}} \quad (\text{мм}) \quad (2.19)$$

Катта ёки тенг белги шуни курсатадики, щылараро масофа лойиъаланаётган узатмаларда (2.19) формула ёрдамида аниыланган ыйматдан кичик бщлмаслиги керак, манфий (–) белги ички илашмаларга талуылилигини кщрсатади. Келтирилган тщъри тишли цилиндрсимон узатмаларни лойиълаш ъисоби формуласи бошыа кщринишда бщлиши ъам мумкин, мисол диаметрларни аниылаш формуласи. Лекин (2.19) да келтирилган тенглама тишли (ьилдираклар стандартлари) ГОСТ 21354-85 га мос келади.

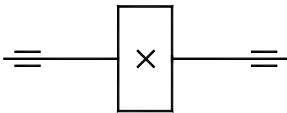
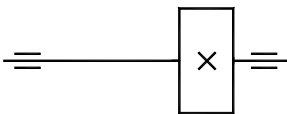
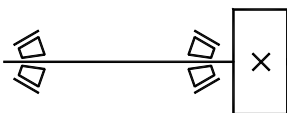
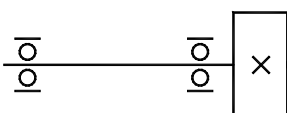
Билдиракларни таянчларга нисбатан жойлашишига ыараб, махсус малумотномалардан  $K_{H\beta}$  коэффициенти танлади, шу билан тиш сиртларнинг ыатиылиги ва илашма эни ъисобга олинади. Бу параметрлар бирлашган бщлиб, жадвалларда щз аксини топиши мумкин (2.2-жадвал).

Бу жадвалда келтирилган  $\psi_a$  диаметр бщйича ьилдирак энини аниыловчи коэффициенти дейилади, унинг ыймати 0,2 дан 1,6 гача бщлиши мумкин. Лойиъа ъисоблашда шуни унутмаслик керакки, коэффициентни ыймати ыанчалик катта бщлса, тиш узунлиги бщйича юкланиш концентрацияси шунчалик ортади, яни  $K_{H\beta}$  ыймати ортиб боради. Жадвалдан кщриниб турибдики, консол жайлашган эни катта бщлган ьилдирак тишларининг ыаттиылиги ортиб боради.

$\psi_a$  коэффициенти (2.19) формулада щылараро масофаси бщйича ьилдирак энини аниыловчи коэффициент:

$$\psi_a = \frac{b_w}{a_w} \quad (2.20)$$

2.2-жадвал.

| K <sub>HB</sub> – коэффициентни танлаш.                                             |                             |                          |              |              |              |              |              |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Вал таянчларга<br>нисбатан ылдирак-<br>ларни жойланиши                              | Тиш<br>сирт.<br>ыатт.<br>HB | $\psi_d = \frac{b_w}{d}$ |              |              |              |              |              |
|                                                                                     |                             | 0,2                      | 0,4          | 0,6          | 0,8          | 1,2          | 1,6          |
|    | $\leq 350$<br>$>350$        | 1,01<br>1,01             | 1,02<br>1,02 | 1,03<br>1,04 | 1,04<br>1,07 | 1,07<br>1,16 | 1,11<br>1,26 |
|    | $\leq 350$<br>$>350$        | 1,03<br>1,06             | 1,05<br>1,12 | 1,07<br>1,2  | 1,12<br>1,29 | 1,19<br>1,48 | 1,28         |
|   | $\leq 350$<br>$>350$        | 1,06<br>1,11             | 1,12<br>1,25 | 1,19<br>1,45 | 1,27         |              |              |
|  | $\leq 350$<br>$>350$        | 1,08<br>1,22             | 1,17<br>1,44 | 1,28         |              |              |              |

Таянчга нисбатан ылдираклар жойланганига ыараб бу коэффициентни ыйймати:

- симметрик ьолда:  $\psi_a = 0,3 \text{ 4 } 0,5$ ;
- симметрик бщлмаганда:  $\psi_a = 0,2 \text{ 4 } 0,4$ ;
- консол (осма):  $\psi_a = 0,2 \text{ 4 } 0,25$ .

$[\sigma_H]$  – рухсат этилган кучланиш аниыланади:

$$[\sigma_H] = \frac{\sigma_{H0}}{S_H} K_{HL} \text{ (МПа)} \quad (2.21)$$

бу ерда:  $\sigma_{H0}$  – тишли ылдиракни чидамлилик чегараси нормал лаш-  
ган ва яхшиланган пщлатлар учун

$$\sigma_{H0} = 2HB + 70 \text{ (МПа)}$$

тобланган пщлатлар учун:

$$\sigma_{H0} = 17 HRC + 200 \text{ (МПа)}$$

$s_H$  – хавфсизлик коэффиценти; нормаллашган, яхшиланган пщлатлар учун (хажми бщйича таркиби бир хил бщлган пщлатлар)  $s_H = 1,1$ ; сиртлари тобланган пщлатлар учун (таркиби бир хил бщлмаган)  $s_H = 1,2$ ;

$K_{HL}$  – ишлаш муддати узозлигини билдирувчи коэффици-

$$\text{ент: } K_{HL} = 6 \sqrt{\frac{N_{H0}}{N}}$$

бу ерда:  $N_{H0}$  – кучланиш цикллар сони, чидамлик чегарасига мос келади; тиш сиртларининг ыаттиылигига боълиы; масалан,

$$HB = 350 \text{ учун } N_{H0} = 35 \cdot 10^6;$$

$$HRC = 50 \text{ учун } N_{H0} = 85 \cdot 10^6;$$

$$HRC = 55 \text{ учун } N_{H0} = 110 \cdot 10^6.$$

$N$  – ишлаш муддатида кучланиш цикллар сони. Агар  $N > N_{H0}$ ,  $K_{HL} = 1$ .

(2.19) формула орыали ыисобланган  $a_w$  нинг ыйймати стандартдаги ыйймати билан таыыосланиб энг яын ыйймати олинади. Тавсия этилган ыаторлар: 40 дан 110 гача 5 мм оралиыыа, кейин 120; 125; 130, сщнг оралиыи 10мм дан 250 мм гача, кейин оралиыи 20мм дан 420 мм гача.

#### Тиш ылдирак энини ыисоблаш ва модулни танлаш.

Эслатамиз: узатмани лойиха усулда контакт кучланишга ыисоблаш щылараро масофани ыуи чегарасини белгилашга имкон беради, лекин ылдирак тиши энини тщъридан-тщъри аниылаб бщлмайди. Шунинг учун (2.19) формуладан тахминий аниыланган  $\psi_a$  орыали илашиш энини топамиз (одатда илашиш эни учун, узатмани катта тишли ылдираги олиниди):

$$b_w = \psi_a a_w \text{ (мм)} \quad (2.22)$$

Тишнинг модули лойиъалаш ыисобидаги формуласида тщъридан тщъри иштирок этмайди бу формулада контакт нуытани эволвент эгувчи радиуси асосий ыисобланади. Бу радиуслар модулга боълиы бщлмай, узатма ва ылдирак щлчамларига асосланган. Модул лойиъа ыисоблаш формуласида бевосита ыисобланиб, щылараро масофа, узатишлар сони ва ылдирак тишлар сонига боълиыдир.

Шундан маълумки, контакт кучланишни ыйймати модулга боълиы бщлмай, узатма щлчамлари орыали аниыланади, яни туташган ылдираклар тишлар сонинг йиындисини модулга кщпайтмасидир. Шундай ыилиб, контакт мустаъкамлик нуытай назардан, тишлар модули хоълаган ыййматда кичик бир щлчамга эга бщлиши мумкин.

Модулнинг камайтириш билан ылдирак тишлар сонинг йиьиндисини саылаб ыулиш мумкин. (2.9) формулани ыисобга олган ыолда, тишнинг эгилишдаги мустаъкамлик шартига асосан модулни рухсат этилган энг кичик ыийматини аниылаш мумкин. Лекин, ыисобнинг бу усулини ыщллаш узатмадаги тишларнинг модулини жуда кичиклаштириб юборади. Натижада, уларни амалда ыщллаш чегараланиб ыолади. Шунинг учун тишнинг модули тавсияга асосан танланади ва ылдирак тишларини эгилиш бщйича мустаъкамликка текширилади.

Майда модул тишли узатмаларни айрим афзалликларига ыарамай (ыоплаш коэффицентини катталики ыисобига юыори равонликда ишлайди) уларни ишлатилиши щлчов системалари ва бош- ыарув механизмларини мосламалари билан чегараланган. Катта куч тасирида ишлайдиган узатмаларда асосан катта модули ылдираклар ишлатиладди, бундай ылдираклар узоы ишлаш ыюбиллятига эга, тиш сиртларининг емирилиши ва толиыиш натижасида уваланиши кам бщлади. Бундай узатмалар учун  $m > 1,5$  мм тавсия этилади.

Тиш модулини аниылашда, ылдирак энинг модуллер бщйича коэффицентининг ыийматларига амал ыилинади:

$$\psi_m = \frac{b_w}{m} \quad (2.23)$$

$\psi_m$  – танлаш 2.3-жадвалда келтирилган.

2.3-жадвал.

| Узатма турлари                                                                                                                                                                 | $\psi_m$ |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Юыори юкланган аниы узатмаларнинг валлари, таянчлари ва корпуслари юыори бикрликка эга бщлган ыолда.                                                                           | 30 4 20  |
| Айрим корпусда жойлашган оддий узатмаларни редуктор турлари.                                                                                                                   | 20 4 15  |
| Ыщпол узатмаларни таянчлари пщлатдан ясалган тузилмаларда (масалан, кранли), очии узатмалар, узатмаларни валлар консол жойлашган, ыаракатланувчи ылдиракларни тезлик ыутичаси. | 15 4 10  |

Бу коэффицент танлангандан сщнг модулнинг ыиймати (2.22) формуладан ыуйидагича ыисобланади:

$$m = \frac{b_w}{\psi_m} \text{ (мм)} \quad (2.24)$$

Топилган ыиймат стандарт ыатори бщйича яхлитлаб олинади. Мана бу ыаторга мос келган ыийматлар:

1; 1,25; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 16; 20; 25.

Аниыланган модул, берилган узатишлар сони ва (2.19) формула бщйича аниыланган щылараро масофага нисбатан, узатмани геомет-

рик параметрлари аниъланиб тавсия ыилинган ыаторга ыараб чегараланади.

Биринчи ылдиракни бщлувчи диаметри (олдиндан):

$$d_1 = \frac{2 a_w}{u \pm 1}$$

Биринчи ылдирак тишлар сони (бутун сонга чегараланади):

$$z_1 = \frac{d_1}{m}$$

Биринчи ылдиракни бщлувчи диаметри (ниъояда):

$$d_1 = m z_1$$

Иккинчи ылдирак тишлар сони (бутун сонга ыадар чегараланади):

$$z_2 = z_1 u$$

Иккинчи ылдиракнинг бщлувчи диаметри:

$$d_2 = m z_2$$

Марказлараро масофа (ниъояда):

$$a_w = 0,5(d_2 \pm d_1)$$

Бундай ыисобларда  $z_1 > z_{\min}$  бщлиши керак. ММН дан маълумки, ылдирак тишлар сонинг минимал ыйимати  $z_{\min} = 17$ , бу тиш шаклига тузатиш киритилмаган ыолига мос келади. Амалда, равон ишлашни ошириш ва шовыинни камайтириш маысадида  $z_1 > 20$  олишни тавсия этилади.

Агарда аниы усулда топилган щылараро масофа ыйимати, контакт мустаъкамлик шарти асосида (2.19) топилган ыйиматдан кам чиыйиб ыолса, у ыолда модул ва тишлар сонини кщпайтириш керак. Ёисобда ыандай йщналиш бщлмасин, бир факторга аъамият бериш керак, яни щылараро масофани аниы ыйимати контакт мустаъкамлик шартига асосан топилаи ыйиматдан катта бщлиши керак.

## §2.9. Контакт кучланиш бщйича текширув ыисоби

Тишли узатманинг текширув хисоби, узатманинг лойиъа ва асосий геометрик щлчамлари аниылангандан сщнг бажарилади. Бундан асосий маысад, хаыйый аниыланган контакт кучланишни ыйиматини рухсат этилган билан солиштиришдир. Бундан ташыари, текширув ыисоблашга, эхтимол ыилинган максимал юкламанинг ыйиматини аниылаш учун мавжуд узатмалар тавсия ыилинади. Текширув ыисоби формуласи (2.18) асосида, ыуйидаги алмаштириш натижасида келтириб чиыарилади.

1. (2.5) формуладан:

$$T_1 = \frac{F_t d_1}{2}$$

2. (2.7) формуладан:

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

3.  $\sin 2\alpha = 0,6428$ .

Ҳисыартиришдан кейин:

$$\sigma_H = 190 \sqrt{\frac{8 F_t K_H (u \pm 1)}{2 \cdot 0,6428 d_2 b_w}}$$

$K_H = K_{H\beta} K_{Hv}$  ыисобга олиб ыуидаги ифодани оламиз:

$$\sigma_H = 436 \sqrt{\frac{F_t (u \pm 1)}{d_2 b_w}} K_{H\beta} K_{Hv} \leq [\sigma_H] \quad (2.25)$$

Узатмани аниылик даражаси нисбатан тиш сиртининг ыаттиылиги ва айлана тезликка ыараб, малумот манбааларидан динамик юкланиш коэффиценти танлаб олинади. 2.4-жадвалда, тиш сиртининг ыаттиылиги HRC 45 ва ундан ортиы бщлган узатмалар учун мисол тариыасида кщрсатилган.

2.4-жадвал.

| Динамик юкланиш коэффиценти $K_{Hv}$ танлаш |                    |      |      |
|---------------------------------------------|--------------------|------|------|
| Узатма аниы-<br>лик даражаси                | Айлана тезлик, м/с |      |      |
|                                             | 2                  | 6    | 10   |
| 6                                           | 1,04               | 1,10 | 1,18 |
| 8                                           | 1,06               | 1,16 | 1,26 |

## §2.10. Эгувчи кучланиш бщйича текширув ыисоби

Лойиъаланган узатма контакт кучланиш бщйича ыониыарли текширилгандан сщнг эгувчи кучланиш бщйича текширув ыисобига тавсия ыилиниши мумкин. Бу формулани келтириб чиыаришда §2.6 даги (2.9) ифодадан фойдаланилади:

$$\sigma_F = \frac{F_t' l}{W} - \frac{F_r'}{A}$$

бу ерда:  $W$  – тиш асосининг ыаршилиқ моменти;

$A$  – тиш асосининг юзаси.

$$W = \frac{b_w s^2}{6}$$

$$A = b_w s$$

$l$  ва  $s$  ыйматлар ысоблаш учун ноыулай ысобланади, шунинг учун модулга боълиы бщлган щлчовсиз коэффицентлар билан ал-маштирилади:

$$l' = \frac{l}{m} ; s' = \frac{s}{m}$$

$F_t'$  ва  $F_r'$  кучлар (2.5) ва (2.6) формула билан аниыланади.

$$F_t' = \frac{F_t \cos \alpha'}{\cos \alpha_w}$$

$$F_r' = \frac{F_t \sin \alpha'}{\cos \alpha_w}$$

Бошланьич ифодаларга ысоблаш коэффицентларини киритиб ыуйидаги тенгламани оламиз:

$$\sigma_F = \frac{F_t K_F}{b_w m} \left[ \frac{6 l' \cos \alpha'}{(s')^2 \cos \alpha'} - \frac{\sin \alpha'}{s' \cos \alpha_w} \right] K_T$$

бу ерда:  $K_F$  – ысоблаш юкланиш коэффиценти;

$K_T$  – кучланишнинг тцпланишини ысобга олувчи назарий коэффицент.

Тиш шаклининг коэффиценти киришиб ыуйидагини ёзишимиз мумкин:

$$Y_F = \left[ \frac{6 l' \cos \alpha'}{(s')^2 \cos \alpha'} - \frac{\sin \alpha'}{s' \cos \alpha_w} \right] K_T \quad (2.26)$$

натижада текширув ысоблаш учун ыуйидаги муносабат ысил бщлади:

$$\sigma_F = Y_F \frac{F_t}{b_w m} K_F \leq [\sigma_F] \quad (2.27)$$

(2.26) формуладаги  $Y_F$  – щлчовсиз коэффицент ысобланиб, унинг ыймати ысобланаётган ылдирак тишларининг сони ва сил-житиш коэффицентининг миьдорига боълиы равишда махсус жад-валлардан фойдаланилади. Нормал ылатда тайёрланган тиш шаклини коэффиценти 2.5-жадвалда кщрсатилган.

2.5-жадвал.

|       |      |      |      |      |     |      |      |     |      |      |
|-------|------|------|------|------|-----|------|------|-----|------|------|
| z     | 17   | 20   | 22   | 24   | 25  | 26   | 28   | 30  | 32   | 35   |
| $Y_F$ | 4,27 | 4,07 | 3,98 | 3,92 | 3,9 | 3,88 | 3,81 | 3,8 | 3,78 | 3,75 |

|       |     |      |      |      |      |      |      |     |     |
|-------|-----|------|------|------|------|------|------|-----|-----|
| z     | 40  | 45   | 50   | 60   | 65   | 70   | 80   | 90  | 100 |
| $Y_F$ | 3,7 | 3,66 | 3,65 | 3,62 | 3,62 | 3,61 | 3,61 | 3,6 | 3,6 |

Мусбат ва манфий ылдиракларни тишлар шакли нормал ʼолатда тайёрланган ылдираклардан фары ыиладй. Мусбат тайёрланган ылдирак тишлари, кенгроы бщлиб мустаъкам бщлады. Манфий ылдираклар тиши эса, нормал ʼолатдагидан мустаъкамлиги камроы бщлады. Бу ʼолларда эса тиш шаклини коэффицент ыйимати цзгариб туради [6].

Ъисобий юкланиш коэффиценти:

$$K_F = K_{F\beta} K_{Fv}$$

Юкланиш тиш узунлиги бщййча нотекис таъисимланишини ʼисобга олувчи коэффицент  $K_{F\beta}$ ,  $K_{H\beta}$  – сингари график ёки малумотномаларда келтирилган жадваллардан танлаб олинадй. Лекин, кщпинча айрим ʼатоликларни ʼисобга олиб  $K_{F\beta} = 1,15K_{H\beta}$  ыабул ыилинадй.

Ыщшимча динамик юкланишларни ʼисобга олувчи коэффицент  $K_{Fv}$ , асосан узатмани аниылик даражаси, тиш сиртларининг ыаттиылиги ва айлана тезликларига боълиыдир. 2.6-жадвалда тиш сиртларининг ыаттиылиги HRC 45 ва ундан ортиы бщлган узатмалар учун коэффицент  $K_{Fv}$  ыйиматлари кщрсатилган.

2.6-жадвал.

| Динамик юкланиш коэффиценти́ни танлаш $K_{Fv}$ |                    |      |      |
|------------------------------------------------|--------------------|------|------|
| Узатмани<br>аниылик дара-<br>жаси              | Айлана тезлик, м/с |      |      |
|                                                | 2                  | 6    | 10   |
| 6                                              | 1,04               | 1,11 | 1,17 |
| 8                                              | 1,06               | 1,16 | 1,26 |

Рухсат этилган эгувчи кучланиш МПа ёки Н/мм<sup>2</sup>:

$$[\sigma_F] = \frac{\sigma_{F0}}{S_F} K_{Fc} K_{Fl} \quad (2.28)$$

бу ерда:  $\sigma_{F0}$  – эгувчи кучланишлар бщййча чидамлили́к:

$$\sigma_{F0} = 0,6\sigma_{\sigma} \quad (2.29)$$

Бу формулада  $\sigma_{\sigma}$  – легирланган конструкцион пщлатларни мустахкамлиги  $\sigma_{\sigma} = (1000 \div 1200)$  МПа.

$S_F$  – хавфсизлик коэффиценти, нормаллашган, яхшиланган ва тобланган пщлатлар учун  $S_F = 1,55$ .

$K_{Fc}$  – икки ёылама юкланишни тасирини кщрсатувчи коэффицент. Планетар редукторнинг сателлит тишлари икки ёылама юкланишга учрайди, бунда  $K_{Fc} = 0,7 \div 0,8$ . Бир томонлама юкланганда эса  $K_{Fc} = 1$ .

$K_{F1}$  – ишлаш муддати билдирувчи коэффициент уни аниылаш усули  $K_{H1}$  га шхшаш икки ўолда бщлади.

Формула (2.27) бщйича ьисобланган эгувчи кучланиш  $\sigma_F$  ьиймати рухсат этилган  $[\sigma_F]$  дан бир ьанча кам бщлиши мумкин, чунки кщп узатмаларнинг юкланиш ьобилияти эгувчи контакт кучланиш билан эмас, балки мустаькамлик билан чегараланган.

## §2.11. Ёисобнинг мисоли

Ёуйидаги берилганларга асосан бир поьонали умумий машиносозлик редукторининг тишли узатмаси ьисоблансин.

Редуктор кириш валини ьуватти  $P_1 = 100$  кВт.

Редуктор кириш валининг айланиш частотаси  $n_1 = 710$  айл/мин.

Редуктор чиьиш валининг айланиш частотаси  $n_2 = 355$  айл/мин.

Редуктор мойли ваннаи алоьида корпусга эга.

Ишлаш муддати  $t_\Sigma = 30$  минг соат.

### Тишли узатма мустаькамлигининг лойиьавий ьисоби

#### 1. Марказларо масофани аниылаш

Узатманинг минимал марказларо масофаси лойиьалаш ьисоби формула (2.19) орыали аниыланади. Бунинг учун валлардаги буровчи моментни аниылаш, тишли ьилдирак учун материал белгилаш ва рухсат этилган контакт кучланиш ьийматини ьамда тузатиш коэффициенти аниылаг керак.

1. Редукторнинг узатиш сони:

$$u = \frac{n_2}{n_1} = \frac{710}{355} = 2$$

2. Узатманининг ф.и.к.  $\eta = 0,98$  ни ьисобга олган ўолда чиьиш валидаги буровчи моменти аниыланади:

$$T_2 = \frac{30000 P_1 \eta}{\pi n_2} = \frac{30000 \cdot 100 \cdot 0,98}{3,14 \cdot 355} = 2637,48 \text{ Нм}$$

3. Тишли ьилдирак учун материал танланади – сталь 40Х маркали пщлат; тиш юзасининг ьаттиьлиги тоблаш йщли билан  $48 \div 52$  HRC га етказилган (24-бет).

4. Рухсат этилган кучланишни эмпирик формула (2.21) орыали аниыланади, бунинг учун олиндан чидамлилик чегараси, хавфсизлик коэффициенти ва узатманинг ишлаш муддати ьисобга олувчи коэффициент аниыланади. Тобланган пщлатнинг чидамлилик чегараси тишлар сиртининг щртача ьаттиьлиги бщйича аниыланади (40-бет):

$$\sigma_{H0} = 17 HRC + 200 = 17 \cdot 50 + 200 = 1050 \text{ МПа}$$

Тобланган пщлат учун тиш сиртининг хавфсизлик коэффициентни  $s_H = 1,2$  (40-бет).

$K_{HL}$  – узатманинг ишлаш муддати ва ишлаш тарзини ыисобга олувчи коэффициентни аниылашда тиш сиртининг ыаттиылигига тщъри келувчи юкланиш цикллар сони ыамда чидамлилиик чегараси ва хизмат муддатидаги цикллари сони аниыланади. Тиш сиртининг ыаттиылиги  $HRC = 50$  га тенг бщлган сталь 45 учун тщъри келувчи юкланиш цикллари сони (40-бет):

$$N_{H0} = 85 \cdot 10^6$$

Узатманинг хизмат муддатидаги юкланиш цикллари сони:

$$N = t_{\Sigma} 60 n_2 = 30000 \cdot 60 \cdot 355 = 63,9 \cdot 10^7$$

Узатманинг ишлаш муддати ыамда ишлаиш тарзини ыисобга олувчи коэффициент  $K_{HL} = 1$ , чунки  $N > N_{H0}$  (40-бет).

Рухсат этилган контакт кучланиш (2.21):

$$[\sigma_H] = \frac{\sigma_{H0}}{s_H} K_{HL} = \frac{1050}{1,2} = 875 \text{ МПа}$$

5. 2.2-жадвалдан юкланишнинг тиш сиртида нотекис таксимланишини ыисобга олувчи коэффициент  $K_{H\beta}$  олинади; ыисоблана-етган редуктор учун тишли ылдиракнинг таянчга нисбатан жойлашиши симметрик ыолатда. Тишларнинг ыаттиылиги юыори бщлгани учун, тавсияларга биноан тишли ылдирак энини диаметр коэффициентни  $\psi_d = 0,6$  танланади. Ыаттиылик  $HВ > 350$  бщлгандаги  $K_{H\beta} = 1,04$ .

6. 39-бетда тавсияларга биноан ылдирак энининг коэффициентни марказлараро масофа бщйича ыабул ыиламиз: ылдирак таянчга нисбатан симметрик жойлашган бщлса  $\psi_a = 0,4$ .

Марказлараро масофа (2.19):

$$\begin{aligned} a_w / 490 (u + 1) \sqrt[3]{\frac{T_2 K_{H\beta}}{u^2 \psi_a [\sigma_H]^2}} = \\ = 490 (2 + 1) \sqrt[3]{\frac{2637,48 \cdot 1,04}{2^2 \cdot 0,5 \cdot 875^2}} = 192,31 \text{ мм} \end{aligned}$$

Эслатма: формуладаги буровчи момент  $N_m$  да, рухсат этилган кучланиш МПа да; 490 коэффициент эса уларни тенглаштиради.

Олинган натижа контакт муастыкамлик бщйича ыисобланган марказлараро масофанинг рухсат этилган минимал ыийматидир. Марказлараро масофанинг хаыиый ыиймати эса тиш модули аниылангандаги ыийматдан катта бщлади, аммо у конструкциянинг мини-

мал шлчамлар шартини саълаган ҳолда юкоридаги ыйматига яин ҳам бшлиши мумкин.

## 2. Тишли билдирак эини аниылаш

Тишли билдиракнинг эни ыуйидагича, яъни  $\psi_a = 0,4$  бшлган ҳолда ыуйидагича аниыланади (2.20):

$$b_W = b_2 = \psi_a a_W = 0,4 \cdot 192,31 = 76,92 \text{ мм}$$

$b = 78$  мм деб ыабул ыиламиз. Бу ыймат охирги ыймат ыисобланади.

## 3. Тишли билдирак модулини аниылаш

Тишли билдирак эини модул буйича коэффицентини  $\psi_m = 17$  деб ыабул ыилиб 2.3-жадвални тавсиясига биноан модул ыуйидаги формула (2.24) орыали топилади:

$$m = \frac{b_W}{\psi_m} = \frac{78}{17} = 4,59$$

Олинган ыймат стандарт миыдорлар ыаторидан яинроқ каттасига яхлитланади ва  $m = 5$  мм ыабул ыилинади.

## 4. Узатма билдираги тишлари сонини ыисоблаш

Маълумки, марказлараро масофа:

$$a_W = \frac{m(z_1 + z_2)}{2},$$

Узатма тишлари сонининг йиындиси ыуйидагича аниыланади:

$$z_\Sigma = \frac{2 a_W}{m} = \frac{2 \cdot 192,31}{5} = 76,92$$

$z_\Sigma = 77$  деб ыабул ыиламиз.

Узатиш сонини ыисобга олиб етакчи билдиракнинг тишлари сони:

$$z_1 = \frac{z_\Sigma}{u + 1} = \frac{77}{2 + 1} = 25,67$$

$z_1 = 26$  деб ыабул ыиламиз.

Етакланувчи билдиракнинг тишлари сони:

$$z_2 = z_\Sigma - z_1 = 77 - 26 = 51$$

Редукторнинг ыаиыйй узатиш сони:

$$u = \frac{z_2}{z_1} = \frac{51}{26} = 1,96$$

Ъаъиый узатиш сонинг берилганидан фары:

$$\Delta = \frac{2 - 1,96}{2} 100 = 2\%$$

Фарыланиш 5 % гача рухсат этилади.

### 5. Узатманинг ъаъиый геометрик параметрлари.

Етакчи билдирак:

$$d_1 = m z_1 = 5 \cdot 26 = 130 \text{ мм}$$

$$d_{a1} = d_1 + 2m = 130 + 2 \cdot 5 = 140 \text{ мм}$$

$$d_{f1} = d_1 - 2,5m = 130 - 2,5 \cdot 5 = 117,5 \text{ мм}$$

Етакланувчи билдирак:

$$d_2 = m z_2 = 5 \cdot 51 = 255 \text{ мм}$$

$$d_{a2} = d_2 + 2m = 255 + 2 \cdot 5 = 265 \text{ мм}$$

$$d_{f2} = d_2 - 2,5m = 255 - 2,5 \cdot 5 = 242,5 \text{ мм}$$

Марказларо масофа:

$$a_w = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{130 + 255}{2} = 192,5 \text{ мм}$$

### **Тишлар мустаъкамлигини контакт кучланишлар бщйича текширув ъисоби**

Бундай ъисоблаш ыуйидаги формула (2.25) бщйича. Яъни айланма куч  $F_t$  ва юкланишнинг динамик коэффиценти  $K_{Hv}$  ни аниылашдан башланади.

Билдиракдаги айланма куч (билдирак диаметри м да):

$$F_t = \frac{2 T_2}{d_2} = \frac{2 \cdot 2637,48 \cdot 10^3}{255} = 20686,12 \text{ Н}$$

Аниылик даражасига ва айланма тезликка боълик ъолда 2.4-жадвалдан узатманинг динамикавий юкланиш коэффиценти ыймати аниыланади.

Масаланинг шартига кщра ъисобланаётган редуктор умумий машинасозлик редуктори бщлгани учун 8-даражали аниыликда тайёрлашни белгиланади (2.4- жадвал).

Айланма тезлик (билдирак диаметри м да):

$$v = \frac{\pi d_2 n_2}{60} = \frac{3,14 \cdot 255 \cdot 355}{60 \cdot 10^3} = 4,74 \text{ м/с}$$

2.4-жадвалдан интерполяциялаш йшли билан  $K_{Hv} = 1,11$  топилади.

Контакт кучланиш (2.25):

$$\sigma_H = 436 \sqrt{\frac{F_t(u+1)}{d_2 b_w} K_{H\beta} K_{Hv}} =$$

$$= 436 \sqrt{\frac{20686,12 (1,96 + 1)}{255 \cdot 78} 1,04 \cdot 1,11} = 821,93 \text{ МПа}$$

Текшириш ыониыарли, чунки  $\sigma_H < [\sigma_H] = 875 \text{ МПа}$ .

### **Эгувчи кучланиш бщйича мустаъкамликка текширув ыисоби**

Ыисоблаш ыуйидаги формула (2.27) бщйича бажарилади: олдин тиш шакли коэффицентининг ыйимати  $Y_F$  ва ыисобий юклама коэффиценти  $K_F$  ыамда рухсат этилган эгувчи кучланиш ыйимати  $[\sigma_F]$  аникланади.

$[\sigma_F]/Y_F$  нисбат ыайси ылдирак учун кичик бщлса, ыисоблаш пща ылдирак учун бажарилади.

2.5-жадвалдан тиш шаклининг коэффиценти танланади:  $z_1 = 26$  бщлганда  $Y_{F1} = 3,88$ ;  $z_2 = 51$  бщлганда  $Y_{F2} = 3,65$ .

Шестерня ва ылдирак учун рухсат этилган эгувчи кучланишни бир хил деб ыабул ыиламиз; сабаби улар бир хил русумли пщлатдан тайёрланган бщлиб эмпирик формула (2.28) буйича ыисобланади, бунинг учун аввал эгувчи кучланишлар бщйича чидамлилики чегарасининг ыйимати ва коэффицентлар ыйимати топилади.

Эгувчи кучланишлар бщйича чидамлилики чегараси (2.29):

$$\sigma_{F0} = 0,6 \sigma_s = 0,6 \cdot 1100 = 660 \text{ МПа},$$

Легирланган конструкцион пщлатлар учун  $\sigma_s = (1000 \text{ 4 } 1200) \text{ МПа}$ .

Сирти тобланган пщлат учун ыавфсизлик коэффиценти ыйиматини 45-бетда тавсияларга биноан  $S_F = 1,55$  га тенг ыилиб оламиз.

Бир томонлама юкланишда (масала шартига кщра редуктор реверсланмайдиган)  $K_{Fc} = 1$  (45-бет).

Узатманинг узок муддат ишлашини ыисобга олувчи коэффицент ыам контакт кучланишлар бщйича ыисоблашдагидек  $K_{FL} = 1$  бщлади.

Рухсат этилган эгувчи кучланиш (2.28):

$$[\sigma_F] = \frac{\sigma_{F0}}{s_F} K_{Fc} K_{FL} = \frac{660}{1,55} = 425,81 \text{ МПа}$$

Узатманинг етакчи ьилдираги учун:

$$\frac{[\sigma_F]}{Y_{F1}} = \frac{425,81}{3,88} = 109,75$$

Узатманинг етакланувчи ьилдираги учун:

$$\frac{[\sigma_F]}{Y_{F2}} = \frac{425,81}{3,65} = 116,66$$

Бу нисбат етакчи ьилдирак – шестерня учун кам бщлгани учун ьисоблаш шу ьилдирак учун бажарилади

Ъисобий юкланиш коэффиценти аниьланади:

$$K_F = K_{F\beta} K_{Fv}$$

Юкланишнинг тиш узунлиги бщйича таьсимланиш коэффиценти  $K_{F\beta}$  (45-бет):

$$K_{F\beta} = 1,15 K_{H\beta} = 1,15 \cdot 1,04 = 1,2$$

Юкланишнинг динамикавий коэффиценти  $K_{Fv}$  2.6-жадвалдан танланади; 8-даражали аниьликда ва айланма тезлиги 4 м/с бщлганда  $K_{Fv} = 1,11$ .

Демак:

$$K_F = 1,2 \cdot 1,11 = 1,33$$

Шестерня тиши асосидаги эгувчи кучланиш (2.28):

$$\sigma_F = Y_{F1} \frac{F_t}{b_w m} K_F = 3,88 \frac{20686,12}{78 \cdot 5} 1,33 = 273,72 \text{ МПа}$$

Текшириш ьониьарли, чунки  $\sigma_F < [\sigma_F] = 425,81 \text{ МПа}$ .

## §2.12. Таянч сщз ва иборалар

1. Тишли узатмаларни мустаькамликка ьисоблашда бошланьич параметрлар: узатишлар сони, буровчи момент ва фойдали иш коэффиценти.

2. Тишли узатмаларнинг мустаькамликка ьисоблашда икки даражали маьлумотлар: узатмани ишлаш шароити, ьилдиракни айланишлар частотаси ва техник имконияти.

3. Ёисоблаш усулида узатмани параметрларни аниьлаш – тишли ьилдирак учун материал ва асосий щлчамлари: марказлараро масофа, тишли ьилдирак эни, тишлар модули.

4. «Юклама таьсиридаги аниь узатма» – узатмани тайёрлаш но текисликлари тишларнинг юкланиш таьсиридаги деформациядан кам.

5. Тишдаги кучланишларнинг бошланьич цикли. Тишнинг юкланиши узлукли цикл билан белгиланади.

6. Ишлаш юбилеятни омиллари ва тишли узатмаларни мустаъкамликка ьисоблаш – тиш сиртининг емирилиши ва синиши.

1. Контакт кучланиш – жисм ўлчамларига нисбатан контакт юзани ўлчами нисбатан кичгина бщлганда, иккита жисмлар туташган жойида хосил бўладиган кучланишдир.

7. Пуассон коэффиценти – намунани чўзилиш ваьтида кщнда-ланг деформациянинг бщйлама деформацияга нисбатидан иборат.

8. Тишли ьилдиракларни контакт мустаъкамликка ьисоблашда контакт цилиндрлар радиуси – бу тишлар эволвентасининг контакт нуьитасидаги эгрилик радиусига баробар.

9. Тишли узатмада ьисобий юкланиш – тишли ьилдиракларнинг контакт чизиьи бщйича солиштирма юкланишни таьисимланишидан иборат.

10. Тиш узунлигидаги юкланиш коэффиценти – таьисимланган юкланишнинг максимал ьийматининг унинг щртача ьийматига нисбатидир.

11. Лойиьалаш ьисобидан маьсад – узатмани асосий параметрларини аниьлаш: щьлараро масофа, ьилдирак эни, тишлар модули.

12. Узатмани щьлараро масофасини контакт кучланиш бщйича ьисоблаб аниьланади.

13. Бир хил шароитда ишлайдиган эволвента тишли узатмани контакт мустаъкамлилиги, контакт нуьитадаги тишларга юкланишининг таьисимланиши билан аниьланади.

14. Модул бщйича тишли ьилдиракнинг энини коэффиценти – бу илашма энинг тишлар модулига нисбатидан иборат.

15. Ёар хил шароитда ишлайдиган эволвент тишли узатмани эгилиш бщйича мустаъкалиги тишлар модули, тишлар шакли ва илашиш эни билан аниьланади.

16. Тиш шаклини коэффиценти ьилдирак тишлар сони мусбат ва манфий тайёрланган ьилдаракларни силжиш коэффицентида боьлиьдир.

## **§2.13. Назорат саволлари**

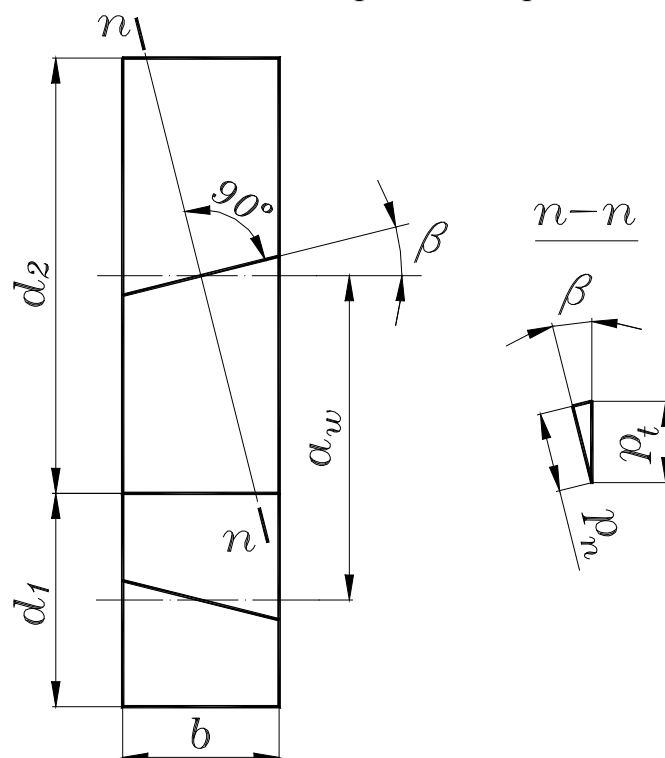
1. Тишли узатмаларнинг лойиьалаш ьисобидан маьсад нима?
2. Тишли узатманинг ьисоблашда асосий ва иккинчи даражали маълумотларни аьамияти нимада?
3. Тиш сиртининг емирилиши нима билан баьоланади?
4. Толиьиш оьибатида уваланиб кетишни ьандай тушинтириш мумкин?
5. Узатма тишларининг юлиниб кетиш сабаблари нимада?

6. Толиийиш натижасида тишларни синишини ыандай изоълаш мумкин?
7. Контакт кучланиш формуласида радиуслар нимани билдиради?
8. Тишларни эгилишга ыисоблашда ыандай соддалаштиришлар киритилган?
9. Эгилишда тишнинг ыайси кесиши хавфли ыисобланади?
10. Тишли ылдиракда ыандай куч сиыувчи кучланишни ыосил ыилади?
11. Тишли ылдиракда ыандай куч эгилишдаги кучланишни келтириб чиыаради?
12. Тишли ылдирак узатмаларда илашма эни нима?
13. Тиш узунлиги кучланиш концентрацияси нима?
14. Узатмани иш жараёнида ыосил бщлган ыщшимча динамик юкланиш сабаблари нимадан иборат?
15. Тишли узатмани щылараро масфасини аниылашда ыандай ыисоблашдан фойдаланилади?
16. Эволвентали тишли узатмани контакт мустаъкамликка ыисоблаш нималарга боълиы?
17. Тишнинг ылдирак эни ыандай аниыланади?
18. Лойиъаланаётган узатмани тиш модулини танлаш нимага боълиы?
19. Тишларни эгилиш мустаъкамлиги нималар билан аниыланади?
20. Тишларнинг шакли ыандай ыилиб ылдирак тишлар сонига боълиы бщлади?

### **3 боб. Ёия тишли цилиндрсимон узатмалар**

#### **§3.1. Кия тишли цилиндрсимон узатмаларнинг геометрик шлчамлари ва эквивалент тшъри тишли узатма**

Ёия тишли ылдиракларда тиш ылдирак шъи билан маълум бурчак  $\beta$  ъосил ылган ъолда, цилиндр бшлувчи диаметрида винт чизии бшйча жойлашган бшлади 3.1-расмда кшрсатилган.



3.1-расм.

Ёия тишли ылдиракларни тайёрлашда тшъри тишли ылдирак учун ишлатилган ыирувчи асбоб ышлланилади. Шунинг учун ёия тишли ылдирак шакли  $n - n$  нормал кесим бшйича тшъри тишли ылдираклар каби бшлади. Бу кесим бшйича модул ыймати стандартлашган бшлиши керак. Узатманинг геометрик шлчамларини аниылашда, асосан ылдирак тишларини ён кесимдан фойдаланилади:

- ён ыадам

$$p_t = \frac{p_n}{\cos \beta}$$

- ён модул

$$m_t = \frac{m_n}{\cos \beta}$$

- бщлувчи диаметр

$$d = m_t z = \frac{m_n z}{\cos \beta}$$

Бу формулаларда  $t$  ва  $n$  индекслар ён ва нормал кесимга мос бщлган щлчамларни тасвирлайди. Ёия тишли узатмаларни Ёисоблаш тщъри тишли узатмаларни Ёисоблаш кабидир. Ёисоблаш тенгламаларини келтириб чиыаришда ёия тишли узатмани эквивалент тщъри тишли узатма билан алмаштирамыз, яъни ёия тишли узатма щрнига тщъри тишли узатмани кщриб, мустаъкамлиги эса унга эквивалент деб Ёисоблаймыз. Ёия тишли узатмани эквивалент тщъри тишли узатмага щзгартирилиши 3.2-расмда кщрсатилган.

Бошланъич ёия тишли узатмани бщлувчи айлана диаметрлар радиуси  $r_1$  ва  $r_2$  контактдаги нормал тишларни  $n$  -  $n$  текислигида кесилса, кесишда ярим щылари  $c$  ва  $e$  тенг бщлган иккита эллипс Ёосил бщлади:

$$c = r \quad \text{ва} \quad e = \frac{r}{\cos \beta}$$

Эллипс геометриясига асосан, кичкина щыда тщъри тишлар ила-шишда бщлиб, унинг кичкина щыини радиуси ёщщимча аниыланади.

$$\rho = \frac{e^2}{c}$$

Эквивалент тщъри тишли Ёилдиракнинг радиуси Ёам, худди шу Ёолда бщлади (3.2-расм):

$$r_\beta = \frac{e^2}{c} = \frac{r}{\cos^2 \beta}$$

У Ёолда, эквивалент тщъри тишли Ёилдирак диаметри:

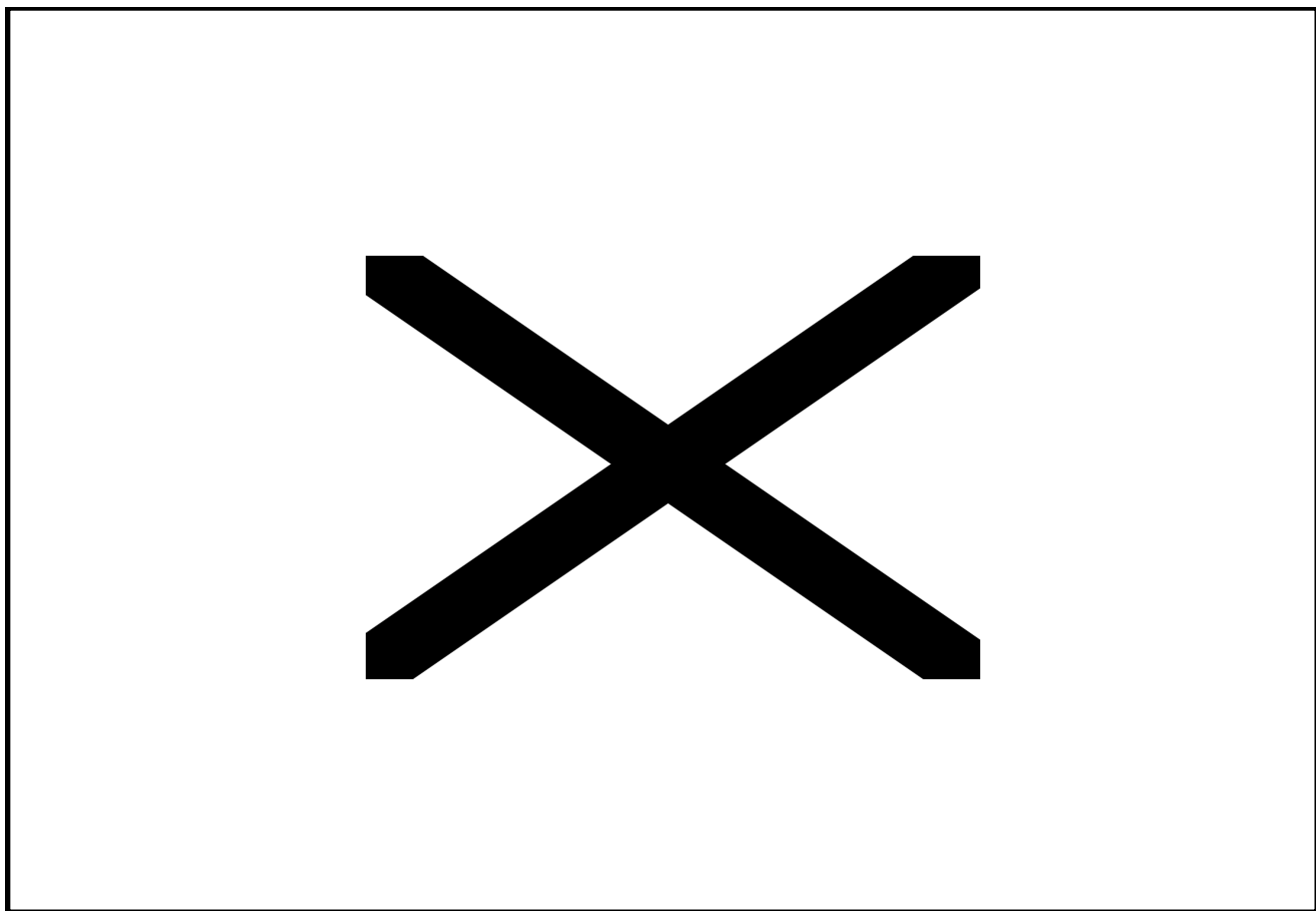
$$d_\beta = \frac{d}{\cos^2 \beta}$$

Бу Ёилдиракнинг тишлар сони:

$$z_\beta = \frac{d_\beta}{m_n} = \frac{d}{m_n \cos^2 \beta}$$

ён кесимдаги ёия тишли Ёилдиракнинг щлчамларини Ёисобга олиб ва Ёисыартиришлар киритиб Ёуйидаги формулани оламиз:

$$z_{\beta} = \frac{z}{\cos^3 \beta}$$



3.2-расм.

Бу формуладан (ва ыурилган 3.2-расм) кщриниб турибдики, эквивалент тщъри тишли узатмани параметрлари бошланьич ыия тишлиникидан каттадир. Маълумки ыиялик бурчак  $\beta$  ни катталашувчи эквивалент щлчамлар  $d_{\beta}$  ва  $z_{\beta}$  ни ошишига олиб келади, бу эса ыия тишли ылдиракнинг юкланишини оширади. Булоса ыилиб айтганда, бир хил тавсифга эга бщлган (узатиш ыуввати ва бошыалар) ыия тишли узатмани асосий щлчамлари тщъри тишлига нисбатан кичик бщлади.  $\beta$  бурчак ыанчалик катта бщлса, юкланиш шунчалик катта бщлади. Лекин ыиялик бурчакни ьаддан ташыари катта бщлиши бщйлама (щы бщйлаб) кучни ошишига олиб келади. Бундай кучни камайтириш маысадида, ыиялик бурчак  $\beta$  ни тажриба асосида кщрсатилган тавсияга биноан  $\beta = (8 \div 20)^{\circ}$  ыабул ыилинади.

Бундан ташыари ыия тишли ылдиракларда тишлар илашишга бир четдан иккинчи четга томон аста-секин киришади. Натижада,

узатма шовыинсиз, текис ва равон ишлайди. Шунинг учун ыия тишли узатмалар хозирги ваытда кенг ыщлланилади.

### §3.2. Ыия тишли узатмаларни эгувчи ва контакт мустаъкамликка ыисоблаш

Эквивалент тщъри тишли узатмани ыисоблаймиз. Бунинг учун, Герц формуласини асос ыилиб оламиз. Маълумки бу тенгликда, уни ташкил этувчи энг асосий ыййматлар: солиштирма юкланиш, контактдаги тишлар профилини эгрилик радиуслари иштирок этади. Ыия тишли ва тщъри тишли ылдирак параметрларини солиштириб ыуйидагиларни оламиз:

$$\left( \frac{q}{\rho_{кел}} \right)_{кия} = \left( \frac{q}{\rho_{кел}} \right)_{тузри} \frac{K_{H\alpha} \cos^2 \beta}{\varepsilon_t}$$

бу ерда:  $K_{H\alpha}$  – бир ваытда илашмадаги жуфт тишларда юкланишни таысимнилаш нотекислигини кщрсатувчи коэффициент;

$\varepsilon_t$  – ён кесим бщйича ыоплаш коэффициентни.

$K_{H\alpha}$  коэффициентини аъамияти ыуйидаги мулохазаларда келтирилган. Ыия тишли ылдиракларда илашмада фаыат битта тиш бщлади, деб ыабул ыилиб бщлмайди, чунки, ыия тишли ылдиракларда ён ыоплаш коэффициентни доимо бирдан катта бщлади. Бу деган сщз, илашишда бщладиган тишлар сони ыамма ваыт биттадан ортиы бщлади демакдир. Лекин илашишда иштирок этадиган жуфт кучлар бир ыл юкланмайди, юкланишни тишлараро таысимланиши нотекис бщлади, бунга асосий сабаб, тайёрлашдаги нотекисликлар, айланишлар тезлиги ва тишлар орасидаги мажбурий бщшлиыидир (§2.1 га ыаралсин). Худди шундай нотекисликларни ыисобга олиш учун формулага  $K_{H\alpha}$  киритилмаган, бщлиб уни ыйймати 1,03 дан 1,15 гача оралиыда бщлади.

Ён ыоплаш коэффициентни  $\varepsilon_t$  ыия тишли ылдиракни ён кесимига нисбатан аниыланади.

Юыюрида кщрсатилган формулани кучланиш орыали ифодалаб ыуйидагини оламиз:

$$(\sigma_H)_{кия} = (\sigma_H)_{тузри} \sqrt{\frac{K_{H\alpha} \cos^2 \beta}{\varepsilon_t}}$$

Ыия тишли узатманинг контакт кучланиш бщйича мустаъкамлигини юыюри эканлигини кщрсатувчи коэффициентни киритиб ыуйидагига эга бщламиз:

$$Z_{H\beta} = \sqrt{\frac{K_{H\alpha} \cos^2 \beta}{\varepsilon_t}} \quad (3.1)$$

Лойиъалаш ыисобида илдиз остидаги параметрлар ноаниы ыисобланади. Шунинг учун  $Z_{H\beta}$  ыйймати тахминий усулда белгиланади. Щрта ыййматга  $\beta = 12^\circ$  эга бщлганда,  $\varepsilon_t = 1,5$  ва  $K_{H\beta} = 1,1$  да  $Z_{H\beta} = 0,85$  бщлади. Формула (2.19) тщъри тишли узатма сонли ыййматни  $\sqrt[3]{0,85^2}$  га кщпайтириб, ыия тишли узатмани контакт кучланиш бщйича лойиъалаш ыисоби тенгламасини келтирамыз:

$$a_w/430(u \pm 1) \sqrt[3]{\frac{T_2 K_{H\beta}}{u^2 \psi_a [\sigma_H]^2}} \quad (\text{мм}) \quad (3.2)$$

Тщъри тишли узатмани текширув ыисоблаш формуласига (2.25)  $Z_{H\beta}$  коэффициент ифодасини киритиб (§2.9), ыия тишли узатмани контакт кучланиш бщйича текширув ыисоби ифодасига эга бщламыз:

$$\sigma_H = 436 \sqrt{\frac{F_t(u \pm 1) \cos^2 \beta}{d_2 b_w \varepsilon_t}} K_{H\alpha} K_{H\beta} K_{H\nu} \leq [\sigma_H] \quad (3.3)$$

Узатмани текширув усулда эгувчи кучланиш бщйича ыисоблашда, албатта ыия тишли узатмани эгувчи кучланишдаги мустаъкамлиги юъюрилигини билдирувчи коэффициент киритилиши лозим:

$$Z_{F\beta} = \frac{K_{F\alpha} Y_\beta}{\varepsilon_t} \quad (3.4)$$

бу ерда:  $K_{F\beta}$  – бир ваыт оралиыида илашишдаги жуфт тишларга тасир этувчи юкланишни нотекис таысимланишини билдирувчи коэффициент. Бу коэффициентни ыйймати контакт кучланиш бщйича ыисоблашга ыараганда бошыа-чадир. Уни ыйймати махсус ыщлланмаларда келтирилган малумотлардан танлаб олинади. Тавсия этилган ыййматлар:  $1,07 \div 1,4$ ;

$Y_\beta$  – ыия тишли ыилдиракни эгувчи кучланиш бщйича мустаъкамлиги тщъри тишлига нисбатан юъюри

$$Y_\beta = 1 - \frac{\beta^\circ}{140}$$

(3.4) фомулани ыисобга олиб, ыия тишли узатма учун эгувчи кучланиш бщйича текширув ыисоби ифодасини келтириб чиыарамыз:

$$\sigma_F = Y_F Y_\beta \frac{F_t}{b_w m_n \varepsilon_t} K_F K_{F\alpha} \leq [\sigma_F] \quad (3.5)$$

Эквивалент ылдирак тишлар сонига ыараб  $Y_F$  коэффициент танлаб олинади.

### §3.3. Ёисобнинг мисоли

Ыуйидаги параметрлар бщйича машинасозликдаги бирпоёналли цилиндрик ыия тишли нореверсив редукторнинг мустаъкамликка текширув ёисоби бажарилсин.

Етакчи валдаги ыувват  $P_1 = 14$  кВт.

Етакчи валнинг айланиш частотаси  $n_1 = 500$  айл/мин.

Марказларо масофа  $a_w = 135$  мм.

Тишли ылдираклар нолавий деб олинсин.

Ылдираклар тишлари сони:  $z_1 = 32$ ;  $z_2 = 96$ .

Нормал кесимдаги тиш модули  $m_n = 2$  мм.

Етакланувчи ылдирак эни  $b_2 = b_w = 50$  мм.

Узатманинг тайёрланиш аниылиги даражаси – 8.

Ылдиракларни таянчга нисбатан жойлашиши симметрик.

Ылдирак материали – сталь 45.

Тиш сиртининг ыаттиылиги HRC 48 ÷ 52.

Редуктор мойли ваннаи корпуси ыилиб тайёрланган.

#### Контакт кучланиш бщйича текширув ёисоби

Ёисоблаш текширув ёисоби (3.3)-формула бщйича олиб борилади, бунинг учун олдиндан ыуйидаги параметр ва коэффициентлар аниыланади.

Редукторнинг узатиш сони:

$$u = \frac{z_2}{z_1} = \frac{96}{32} = 3$$

Марказлараро масофанинг формуласи бщйича ылдирак тишларининг ыиялик бурчаги  $\beta$  топилади:

$$a_w = \frac{m(z_1 + z_2)}{2 \cos \beta}$$

$$\beta = \arccos \frac{m_n(z_1 + z_2)}{2 a_w} = \arccos \frac{2(32 + 96)}{2 \cdot 135} = 18^\circ 31' 53''$$

Ыиялик бурчагининг косинуси:

$$\cos 18^\circ 31' 53'' = 0,9481$$

ГОСТ 16532-80 тавсия этган формула асосида ён ыопланиш коэффициенти  $\varepsilon_t$  ни топамиз:

$$\begin{aligned}\varepsilon_t &= \left[ 1,88 - 3,2 \left( \frac{1}{z_1} + \frac{1}{z_2} \right) \right] \cos \beta = \\ &= \left[ 1,88 - 3,2 \left( \frac{1}{32} + \frac{1}{96} \right) \right] 0,9481 = 1,66\end{aligned}$$

Етакчи ылдирак бщлиш айланасининг диаметри:

$$d_1 = \frac{m z_1}{\cos \beta} = \frac{2 \cdot 32}{0,9481} = 67,5 \text{ мм}$$

Етакланувчи ылдирак бщлиш айланасининг диаметри:

$$d_2 = \frac{m z_2}{\cos \beta} = \frac{2 \cdot 96}{0,9481} = 202,5 \text{ мм}$$

Етакчи валдаги буровчи момент:

$$T_1 = \frac{30000 P_1}{\pi n_1} = \frac{30000 \cdot 14}{3,14 \cdot 500} = 267,52 \text{ Нм}$$

Айланма куч:

$$F_t = \frac{2 T_1}{d_1} = \frac{2 \cdot 267,52 \cdot 10^3}{67,5} = 7926,51 \text{ Н}$$

Айланма тезлик:

$$v = \frac{\pi d_1 n_1}{60} = \frac{3,14 \cdot 67,5 \cdot 500}{60 \cdot 10^3} = 1,77 \text{ м/с}$$

3.1-жадвалдан  $K_{H\alpha}$  коэффиценти танланади. Узатма 8 даража аниыликда ва айланма тезлиги  $v < 5 \text{ м/с}$  бщлганда:  $K_{H\alpha} = 1,07$ .

$K_{H\beta}$  – коэффиценти 2.2-жадвалдан танланади. Агар

$$\psi_d = \frac{b_W}{d_1} = \frac{50}{67,5} = 0,74 \text{ бщлса } K_{H\alpha} = 1,06.$$

2.4-жадвалга биноан  $K_{Hv} = 1,06$ .

Контакт кучланишнинг рухсат этилган ыйиматини аниылаш учун фойдаланилган формула (2.21) да олдин чидамлилик чегараси, хавфсизлик коэффиценти ва ишлаш муддатини белгиловчи коэффиценти топилади. Тобланган пщлат учун чидамлилик чегараси тиш сирти ыаттиылигининг щртача миыдорини эътиборга олган ьолда ьисобланади (40-бет):

$$\sigma_{H0} = 17 HRC + 200 = 17 \cdot 50 + 200 = 1050 \text{ МПа}$$

Юзаси тобланган пщлат учун хавфсизлик коэффиценти  $s_H = 1,2$  (40-бет).

Узатманинг хизмат муддати коэффиценти  $K_{HL}$  ни аниылаш учун чидамлилик чегарасига мос келувчи цикллар сонини ва мцлжалланган ишлиш муддатига тцъри келадиган цикллар сонини аниылаш талаб ыилинади. Чидамлмлик чегарасига мос келувчи кучланиш циклларининг сони  $HRC = 50$  учун (40-бет):

$$N_{H0} = 85 \cdot 10^6$$

Умумий машинасозлик узатмалари ишлаш даврининг ресурси 30000 соат учун кучланиш циклларининг сони:

$$N = t_{\Sigma} 60 n_2 = 30000 \cdot 60 \cdot 355 = 63,9 \cdot 10^7$$

$N > N_{H0}$  бцлгани учун, тажрибавий натижалар асосида узатманинг ишлаш муддатини белгиловчи коэффицент ыймати  $K_{HL} = 1$  (40-бет).

Рухсат этилган контакт кучланиш (2.21):

$$[\sigma_H] = \frac{\sigma_{H0}}{s_H} K_{HL} = \frac{1050}{1,2} = 875 \text{ МПа}$$

Ъисобий контакт кучланиш (3.3):

$$\begin{aligned} \sigma_H &= 436 \sqrt{\frac{F_t (u+1) \cos^2 \beta}{d_2 b_w \varepsilon_t} K_{H\alpha} K_{H\beta} K_{Hv}} = \\ &= 436 \sqrt{\frac{7926,51 (3+1) 0,9481^2}{202,5 \cdot 30 \cdot 1,66}} 1,07 \cdot 1,06 \cdot 1,06 = 602,92 \text{ МПа} \end{aligned}$$

Текширув ыониыарли, сабаби  $\sigma_H < [\sigma_H]$ .

### Эгувчи кучланиш бцйича мустаъкамликка текширув ъисоби

Текширув (3.5)-формуласи бцйича ъисоб бажарилади, бунинг учун олдин коэффицентларнинг ыймати ва рухсат этилган эгувчи кучланиш аниыланади.

$[\sigma_F]/Y_F$  нисбат кам бцлган узатма ылдираги учун ъисоб бажарилади.

2.5-жадвалдан тцъри тишли ылдирак тишлар сонига (55-бет) мос равишда тиш шаклини коэффиценти танланади.

Ъия тишли ылдиракларнинг эквивалент тишлари сони етакчи ылдирак учун:

$$z_{1\beta} = \frac{z_1}{\cos^3 \beta} = \frac{32}{0,9481^3} \approx 38$$

Етакланувчи ылдирак учун:

$$z_{2\beta} = \frac{z_2}{\cos^3 \beta} = \frac{96}{0,9481^3} \approx 113$$

Тиш шаклининг коэффиценти (2.5-жадвал):  $z_{1\beta} = 38$  учун  $Y_{F1} = 3,7$ ,  $z_2 = 113$  бўлганда  $Y_{F2} = 3,6$ .

Рухсат этилган эгувчи кучланиш шестерня ва билдирак тишлари учун бир хил ыабул ыилинади, чунки улар бир хил русумли пщлатдан тайёрланган ва эмпирик формула бщйича ыисобланади Бунинг учун аввал эгувчи кучланиш бщйича чидамлилиқ чегарасининг ва коэффицентиларнинг ыийматлари топилади.

Эгувчи кучланишлар бщйича чидамлилиқ чегараси:

$$\sigma_{F0} = 0,6 \sigma_s = 0,6 \cdot 1100 = 660 \text{ МПа},$$

легирланган конструкцион пщлат учун  $\sigma_s = (1000 \text{ 4 } 1200) \text{ МПа}$ .

Хавфсизлик коэффицентининг ыиймати тавсияга биноан: сирти тобанган пщлат учун  $S_F = 1,55$ .

Бир томонлама юкланишда (масала шартига биноан редуктор нореверсив)  $K_{Fc} = 1$ .

Ишлаш муддатини белгиловчи коэффицент, контакт кучланишларни ыисоблаш каби аниыланади, шунинг учун  $K_{FL} = 1$ .

Рухсат этилган эгувчи кучланиш:

$$[\sigma_F] = \frac{\sigma_{F0}}{S_F} K_{Fc} K_{FL} = \frac{660}{1,55} = 425,81 \text{ МПа}$$

Узатманинг етакчи билдираги учун:

$$\frac{[\sigma_F]}{Y_{F1}} = \frac{425,81}{3,7} = 115,08$$

Узатманинг етакланувчи билдираги учун:

$$\frac{[\sigma_F]}{Y_{F2}} = \frac{425,81}{3,6} = 118,28$$

Ыисоблаш етакчи билдирак учун бажарилади, чунки унинг учун бу нисбат кичик.

Ыисобий юкланиш коэффиценти ыуйидагича аниыланади:

$$K_F = K_{F\beta} K_{Fv}$$

Тиш узунлиги бщйича юкланишнинг таысимланиш коэффиценти  $K_{F\beta}$  ыуйидагича ыисобланади:

$$K_{F\beta} = 1,15 K_{H\beta} = 1,15 \cdot 1,04 = 1,2$$

4.12-жадвал [6] дан юкланишнинг динамикавий коэффиценти  $K_{Fv}$  танланади: 8 даражали аниыликда ва айланма тезлиги 2 м/с бўлганда  $K_{Fv} = 1,06$ .

Демак:

$$K_F = 1,2 \cdot 1,06 = 1,27$$

8.7-жадвал [4] дан  $K_{F\alpha}$  коэффициент танланади. 8 даражали аниыликдаги узатма ва айланма тезлик  $v < 5$  м/с:  $K_{F\alpha} = 1,22$ .

Билдирак тишлари ыиялик бурчагининг эгувчи кучланиш ыйматига таъсирини ыисобга олувчи коэффициентнинг ыйммати эмпирик формула бщйича ыисобланади:

$$Y_\beta = 1 - \frac{\beta}{140} = 1 - \frac{18,5}{140} = 0,868$$

Шестерня тиши асосидаги эгувчи кучланиш:

$$\sigma_F = Y_{F1} Y_\beta \frac{F_t}{b_w m} K_F K_{F\alpha} =$$

$$3,7 \cdot 0,868 \frac{7926,51}{50 \cdot 2} 1,27 \cdot 1,22 = 394,43 \text{ МПа}$$

Текшириш ыониыарли, чунки  $\sigma_F < [\sigma_F] = 425,81$  МПа.

### §3.4. Таянч сщз ва иборалар

1. Эквивалент тщъри тишли узатмаларни айланувчи радиусларни бу ыия тишли эллипсни эгилиш радиусларига тенг бщлади деб алмаштирилган.

2. Эквивалент тщъри тишли узатманинг узатишлар сони дастлабки танланган конуссимон узатмани узатишлар сонини квадратига тенг бщлади.

3. Ыия тишли узатмани мустахкамлигини ошириш сабабларига эквивалент ыисобланаган  $d_\beta$  ва  $z_\beta$  ларни тишнинг ыиялик бурчаги  $\beta$  ошиши билан катталаштиришдадур.

### §3.5. Назорат саволлари

1. Ыия тишли узатмани алмаштирувчи эквивалент тщъри тишли узатмани бщлувчи айлана диаметри ыандай аниыланади?

2. Ыия тишли узатмаларни асосий щлчамлари тщъри тишлига нисбатан кичиклигини ыандай тушунтириш мумкин?

## **4 боб. Тиъри тишли конуссимон узатмалар**

### **§4.1. Конуссимон узатмаларни геометрик шлчамлари ва эквивалент цилиндрсимон узатма**

Конуссимон тишли узатма валларнинг геометрик шлары ихтиёрий равишда кесишган ўлатда фойдаланилади. Кшпинча, валларнинг орасидаги бурчак тиъри бшлган ўолларда ишлатилади, яни тиъри тишли узатмага мос келади. Конуссимон ылдиракларни тайёрлаш цилиндр ылдиракларга нисбатан бирмунча мураккаб бшлиб, тишлар ыириш учун махсус асбоб ва станоклардан фойдаланилади. Конуссимон ылдиракларни талаб этилган аниылик билан йибиш ўам ыйин. Вал шыини шзаро кесишуви уларнинг таянчларини жойлаштиришни ыйинлаштиради, натижада ылдиракларнинг бири осма (фаъат бир томондан таянчга шрнатилади) ўолда бшлади. Бу ўол узатманинг илашишда тишларга тасир этувчи юкланишларни нотекис таысимланишига, динамик кучларни ўосил ыилишига сабаб бшлади. конуссимон узатмаларда вал шыи бшйлаб йшналган кучни ыймати катта бшлиб, таянчларни тузилишини мураккаблаштиради. Бу ўолларни ўаммаси конуссимон узатмани юкланиш ыобилияти цилиндрсимонга нисбатан 0,85 ыйматни ташкил этади, яни 15 фоиш юбюрида келтирилган камчиликлар хисобига камайиб кетаяди.

Бошланьич конуссимон узатмада бшлувчи конуслик бурчаклари  $\delta_1$  ва  $\delta_2$  бшлганда туташган бшлади (4.1-расм). Конусларни ташкил этувчиси, бшлувчи конус ташкил этувчиларга тик бшлса, бундай ўолларда ышшимча конуслар дейилади. Ышшимча конусдаги тиш кесимини тишни ён кесими дейилади.

Ылдирак тишлари уч ён кесимга бшлинади: ички, ташыи ва шрта. 4.1-расмдан малумки, тишларни шлчами (шу билан бирга модуль ўам) конус оралийига нисбатан мутаносиб шзгаради. Ташыи ён кесимни модули стандартга мослаштирилган ўолда олинади.

Мустаъкамликка ўисоблашда шрта ён кесим асосий ўисобланади. Шрта ён кесимга мос келган шлчамлар индекс  $m$  билан белгиланади (4.1-расм):

- $d_{m1}$  ва  $d_{m2}$  – шрта ён кесимга мос келган бшлувчи айлана диаметрлари;
- $m_m$  – шрта ён кесим модули;
- $R_m$  – шртача конуслар оралийи (масофа).

Конуссимон тишли узатмаларни узатишлар сони цилиндрсимон узатмалар каби, диаметрлар нисбати ёки тишлар сонини нисбати орыали аниыланади. Тишлар сонини диаметрлар, конуслар оралийи, конуслар бурчаги  $\delta_1$  ва  $\delta_2$  орыали белгилаб ыуйидаги ифодани оламиз:

$$u = \frac{z_2}{z_1} = \frac{\sin \delta_2}{\sin \delta_1}$$



4.1-расм.

Агарда валларни щии тик бурчак остида бщлса, яни  $\delta_1 + \delta_2 = 90^\circ$  ва  $\sin \delta_1 = \cos \delta_2$ , у ьолда  $u = \operatorname{tg} \delta_2 = \operatorname{ctg} \delta_1$ .

Ташки конуслар оралиьи (4.1-расм):

$$R_e = \frac{0,5 d_{e2}}{\sin \delta_2} = \frac{0,5 d_{e2}}{\cos \delta_1}$$

Лекин  $\cos \delta_1 = \frac{1}{\sqrt{\operatorname{tg}^2 \delta_1 + 1}}$  и  $\operatorname{tg} \delta_1 = \frac{1}{\operatorname{tg} \delta_2}$ . Кейин

$$R_e = \frac{0,5 d_{e2} \sqrt{u^2 + 1}}{u} \quad (4.1)$$

Конуссимон узатмани мустаькамликка ьисоблаш фарьсиз щлароь тщьри тишли цилиндрсимон узатма сингари бажарилади. Ёисобий тенгламани келтириб чиьариш учун конуссимон узатмани эквивалент цилиндрсимон билан алмаштирамиз, яни конуссимон тишли узатма щрнига эквивалент мустаькамликка эга бщлган тщьри тишли узатма олинади. Конуссимон узатмани эквивалент цилиндрсимонга келтириш (4.2-расм) да кщрсатилган.

Ьщщимча конусни щртача ён кесимига уринма ьолда бщлган конуссимон узатмани  $n - n$  текислигида кесилса, конусни параметрла-

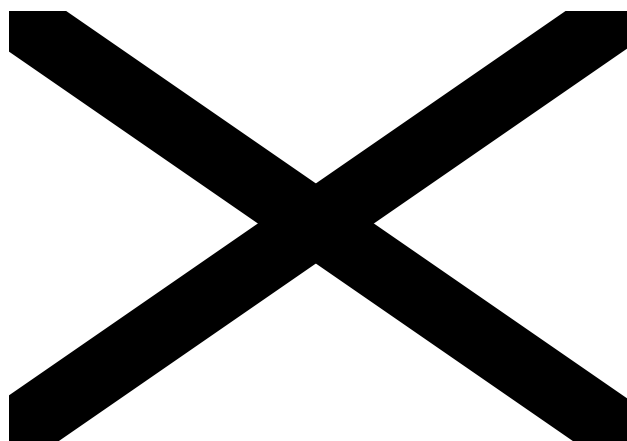
рига ыараб бу ерда ыуйидагича конуссимон кесмалар пайдо бщлады. Эллипс, парабола ёки гипербола тахмин ыиламиз, 4.2-расмда кщрсатилишича бу эллипс ёки гипербола бщлсин, уларда тщъри тишлар бор ( $m_m$  модулга тенг). Улар ёрдамида илашма ьосил ыилинади; уларни туташган нуытадаги эгрилик радиуслари ыуйидагича топилады.

Эллипс учун – катта щыдаги эгрилик радиуси:

$$\rho_1 = \frac{d_{1m}}{2 \cos \delta_1}$$

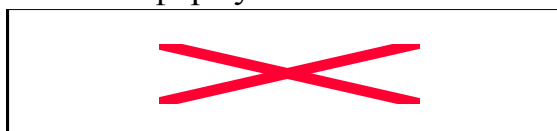
Гипербола учун – ьаыиый щыдаги эгрилик радиуси:

$$\rho_2 = \frac{d_{2m}}{2 \cos \delta_2}$$



4.2-расм.

Эквивалент цилиндрсимон ылдираклар учун ьам шундай бщлады. Диаметрларни аниылаш формуласи:



Эквивалент цилиндрсимон ылдираклар учун:

$$z_{K1} = \frac{z_1}{\cos\delta_1}; \quad z_{K2} = \frac{z_2}{\cos\delta_2}$$

Бу билдиракларни эни конуссимон билдирак тишларини узунлигига тенг ва модули эса шрта ён кесимига мос келган. Конуссимон билдирак тишининг илашиш модулига тенглиги келиб чиыади. Шундай ыилиб белгилаб ыуйидаги

$$u_K = \frac{z_{K2}}{z_{K1}} = \frac{z_2 \cos\delta_1}{z_1 \cos\delta_2}$$

$$\frac{\cos\delta_1}{\cos\delta_2} = \frac{\sin\delta_2}{\sin\delta_1} = u$$

Хулоса ыилиш мумкин, эквивалент цилиндрсимон узатмани узатишлар сони, дастлабки конуссимон узатмани узатишлар сонини квадратига тенг.

#### **§4.2. Конуссимон ыилдиракли узатмаларни эгувчи ва контакт мустаъкамликка ыисоблаш**

Герц формуласидаги тишга тасир ыилувчи солиштирма юкланиш ва контактдаги тишларни эгрилик радиуси эквивалент тцъри тишли ыилдирак диаметри орыали топилади. Шунинг учун бу параметрлар цзгармас ыисобланади лекин танлаб олинган конуссимон узатмани ыисоблаш учун кцрсатиладики ыар хил ён кесимда тишларни эгрилик радиуси цзгариб туради. Бу цзгариш конуслар оралиыига нисбатан мутаносиблик ыолда бщлади, яъни масофа камайса – камаяди, кщпайса – кщпаяди. Солиштирма юкланиш  $q$  хам бу оралиыыа нисбатан шундай ыолда бщлади. Шундай ыилиб  $\rho_{\text{кел}}$  нисбати хам конуслар оралиыига мутаносиб бщлади. Бу ыол тишлар кесимини цзгаришидан ыатий назар юыорида келтирилган нисбатни ыиймати цзгармай ыолади. Бундай тушунча контакт мустаъкамлик бщйича ыисоблашда эквивалент цилиндрсимон узатмаларни ишлатиш мумкинлигини билдиради. Юыорида эслатганимиздек Герц формуласи конуссимон узатмаларни лойиха асосида ыисоблашда асос бщлиб, зарур бщлган параметрлар шундан келтириб чиыарилади. Шуни ыисобга олиш керакки конуссимон узатмалар учун энг асосий шлчам катта ыилдиракни ташыи кесимининг ён томонини бщлувчи диаметридир (расм 4.1). Ташыи конус ясовчисини узунлигини  $R_e$ , юкланиш эса буровчи момент  $T_2$  билан белгиланади.

Ыийматларни шрнига ыщйиб ва соддалаштиришлар киритиб, конуссимон узатмаларнинг контакт кучланиш бщйича мустаъкамликка ыисоблашни лойиъа ифодасини келтириб чиыарамиз:

$$d_{e2}/1000 \sqrt[3]{\frac{T_2 u K_{H\beta}}{\gamma_H [\sigma_H]^2 (1 - K_{be}) K_{be}}} \quad (\text{мм}) \quad (4.2)$$

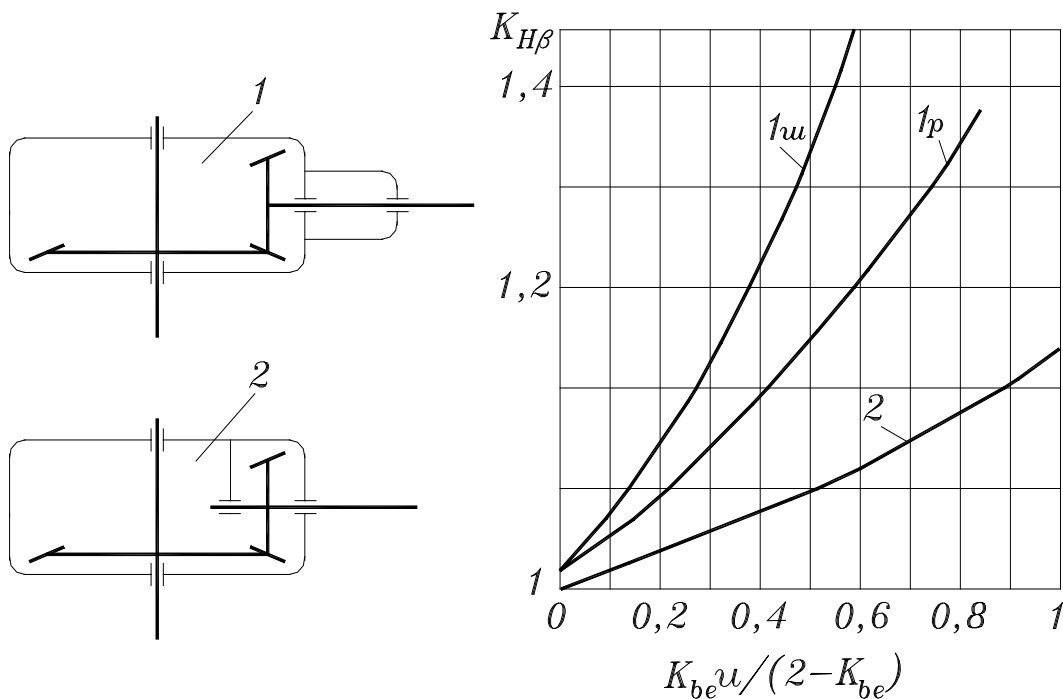
бу ерда:  $\gamma_H$  – конуссимон узатмани юкланиш ыобилятини камайишини ыисобги олувчи коэффициент  $\gamma_H = 0,85$  (ююори) келтирилган малумотга ыаралсин.

$K_{be}$  – ташыи конус масофага нисбатан ылдирак тиш энини белгиловчи коэффициент.

$$K_{be} = \frac{b_w}{R_e} \quad (4.3)$$

Бу коэффициентни тавсия этилган ыйматларини  $0,2 \div 0,3$  оралыыда бщлиб, кичик ыймат  $HV > 350$  ёки  $v > 15$  м/с бщлганда ыабул ыилинади.

$K_{H\beta}$  – тиш узунлиги бййича юкланиш коэффициенти; тиш сиртларининг ыаттиылиги  $HV > 350$  бщлган узатмалар учун бу коэффициентнинг ыйматлари 4.3-расмдаги граяикдан аниыланади; бу графикдаги эгри чизиыларнинг раыамлари графикнинг чоп томонида келтирилган схемаларга тааллуылидир, 1ш – валлар таянчларига зщлдирли. 1р – роликли подшипниклар щрнатилганини билдиради.



4.3-расм.

$d_{e2}$  аниёлангандан кейин конуслик масофа  $R_e$  (4.1) ва тишли гардишининг эни (тиш узунлиги)  $b_w$  аввал ыабул ыилинган ылдирак энининг коэффиценти  $K_{be}$  (4.3) га асосон аниёланади. Модул ыйма-ти ыуйидаги эмпирик формуладан аниёланади:

$$m_e / \frac{b_w}{10} \quad (4.4)$$

ва шзига яын каттароы стандарт миыдорга яхлитланади. Шундан сцнг узатма геометрик шлчамларининг аниылаштирилган ыисоби ба-жарилади.

Пшлатдан тайёрланган илашаш бурчаги  $\alpha = 20^\circ$  бшлган эволь-вента профилли тишли ылдиракларнинг контакт кучланишлар бщйи-ча мустаъкамлигини текшириш формуласи цилиндрик узатмалардаги формула (2.25) каби. Айрим параметрларга тузатиш киритилган ъл-да. Ыуйидагича бшлади:

$$\sigma_H = 436 \sqrt{\frac{F_t \sqrt{u^2 + 1}}{\gamma d_{m2} b_w}} K_{H\beta} K_{Hv} \leq [\sigma_H] \quad (4.5)$$

Эгувчи кучланишлар бщйича текшириш ыисоби ыщйидаги муносабат ёрдамида олиб борилади:

$$\sigma_F = Y_F \frac{F_t}{\gamma b_w m_m} K_{F\beta} K_{Fv} \leq [\sigma_F] \quad (4.6)$$

$K_{Fv}$  ни 2.6 жадвалдан топланади,  $K_{F\beta}$  ни эса  $K_{F\beta} = 1 + 1,5(K_{H\beta} - 1)$  [6] дан ыисоблаб топилади.

Тиш шаклини коэффиценти  $Y_F$  эквивалент ылдирак тишлари сони учун жадвалдан топланади.

### §4.3. Ыисобнинг мисоли

Берилганларга кшра вертолет думидаги редукторнинг тшъри тишли конуссимон узатмаси ыисоблансин.

Етакчи валдаги ыувват  $P_1 = 720$  кВт.

Етакчи валнинг айланиш частотаси  $n_1 = 2000$  об/мин.

Узатиш сони  $u = 2,9$ .

Тишли ылдираклар вал таянчлари орасида жойлашган.

Ыилдирак материали – сталь 40ХНМА, тишларнинг сирти тоб-ланиб ыаттиылиги HRC 52 ÷ 58 га етказилган.

Узатма мажбурий мойланиб редуктор алоъида корпусда бажа-рилган.

Редукторнинг техникавий ресурси  $t_z = 3000$  соат.

## Тишли узатмани мустаъкамликка лойиъалаш ъисоби

### 1. Етакланувчи тишли ылдирак бщлувчи айланасининг диаметрини аниылаш

Ъисоблаш лойиъа ъисоби формула (4.2) бщйича олиб борилади ва ыуйидаги параметрлар олдиндан топилади.

Етакланувчи валдаги буровчи момент (конуссимон узатмани ф.и.к.  $\eta = 0,97$ ):

$$T_2 = \frac{30000 \text{ и } P_1 \eta}{\pi n_1} = \frac{30000 \cdot 2,9 \cdot 720 \cdot 0,97}{3,14 \cdot 2000} = 9675,3 \text{ Нм}$$

$\gamma_H = 0,85$  – конуссимон ылдиракларнинг юкланиш ыобиляти цилиндрик ылдиракларникига ыараганда камлигини ъисобга олувчи юкбардошлик коэффициенти (68-бет).

$K_{be}$  – тиш гардиши энининг конуслик масофасига нисбатини ъисобга олувчи коэффициент:  $K_{be} = 0,25$  (68-бет) ыабул ыиламиз.

$K_{H\beta}$  – тиш узунлиги бщйича кучланиш концентрацияси коэффициенти; шартга кщра тишли ылдираклар вал таянчлари орасида жойлашгани учун бу коэффициентни 4.3-расмдаги графикдан топамиз:

$$\frac{K_{be} \text{ и }}{2 - K_{be}} = \frac{0,25 \cdot 2,9}{2 - 0,25} = 0,41$$

$K_{H\beta} = 1,06$  бщлади.

Рухсат этилган контакт кучланиш  $[\sigma_H]$  цилиндрик ылдиракларники каби топилади (2 боб, (2.21) формуласи).

Тишли ылдирак материалининг чидамлилик чегараси (эмпирик формула бщйича топилади): тобланган пщлат учун ыаттиылик HRC = 55 бщлганда:

$$\sigma_{H0} = 17 HRC + 200 = 17 \cdot 55 + 200 = 1135 \text{ (МПа)}$$

Хавфсизлик коэффициенти: сирти тобланган пщлат учун  $s_H = 1,2$ .

Узатманинг хизмат муддати коэффициенти  $K_H$  ни аниылаш учун чидамлилик чегарасига мос келувчи цикллар сонини ва мщлжалланган ишлиш муддатига тщъри келадиган цикллар сонини аниылаш талаб ыилинади, HRC = 55 учун (40-бет):

$$N_{H0} = 110 \cdot 10^6$$

Узатма етакланувчи ылдирагининг айланиш частотаси:

$$n_2 = \frac{n_1}{\text{и}} = \frac{2000}{2,9} = 689,65 \text{ айл/мин}$$

Хизмат муддатидаги кучланиш цикларининг сони (23-бет):

$$N = t_{\Sigma} 60 n_2 = 3000 \cdot 60 \cdot 689,65 = 12,4 \cdot 10^7$$

$N > N_{H0}$ , бшлгани учун, текширишлар натижасига кшра, хизмат муддати ни ысoбга oлуvчи кoэффициeнтни нг ыймaти  $K_{HL} = 1$ .

Рухсат этилган контакт кучланиш (2.21):

$$[\sigma_H] = \frac{\sigma_{H0}}{s_H} K_{HL} = \frac{1135}{1,2} = 945,8 \text{ (МПа)}$$

Етакланувчи тишли ылдиракнинг бшлувчи айланаси диаметри (4.2):

$$\begin{aligned} d_{e2} / 1010 &= \sqrt[3]{\frac{T_2 u K_{H\beta}}{\gamma_H [\sigma_H]^2 (1 - K_{be}) K_{be}}} = \\ &= 1010 \sqrt[3]{\frac{9675,3 \cdot 2,9 \cdot 1,06}{0,85 \cdot 945,8^2 (1 - 0,25) 0,25}} = 599,2 \text{ мм} \end{aligned}$$

## 2. Тишли гардиш энининг ысoби вa мoдулни тaнлaш.

Конуслик масoфaсининг бoшлaнъич ыймaти (4.1):

$$R_e = \frac{0,5 d_{e2} \sqrt{u^2 + 1}}{u} = \frac{0,5 \cdot 599,2 \sqrt{2,9^2 + 1}}{2,9} = 316,9 \text{ мм}$$

Эмпирик (4.3) формуладан етакланувчи ылдирак тишли гардишининг эни  $K_{be} = 0,25$  учун ышйидагича бшлади:

$$b_w = b_2 = K_{be} R_e = 0,25 \cdot 316,9 = 79,2 \text{ мм}$$

$b_2 = 80$  мм ыабул ыиламиз. Бу ыймат ысoблaшнинг oхиригaчa ыoлaди.

(4.4) формулага бинoан

$$m_e / \frac{b_w}{10}$$

мoдулни нг cтaндaрт ыймaти  $m_e = 8$  мм ыабул ыилинaди.

## 3. Узaтмaнинг ыaбиый гeoмeтpик пaрaмeтpлaри

Етакланувчи ылдирак тишлари сони:

$$z_2 = \frac{d_{e2}}{m_e} = \frac{599,2}{8} = 74,9$$

$z_2 = 75$  ыабул ыиламиз.

Етакчи ылдирак тишлари сони:

$$z_1 = \frac{z_2}{u} = \frac{75}{2,9} = 25,7$$

$z_1 = 26$  яабул ыиламиз.

Редукторнинг узатиш сони (ъисоблаш вергулдан кейин тшртинчи белгигача бажарилади, сабаби шу ыйимат бщйича бщлувчи конуслик бурчаклари аниыланади):

$$u = \frac{z_2}{z_1} = \frac{75}{26} = 2,8846$$

Иккинчи ылдтрак бщлувчи конуслик бурчаги (100 гача аниылик билан):

$$\delta_2 = \arctg u = \arctg 2,8846 = 70^\circ 52' 50''$$

Ташый ён кесим бщйича щлчанган иккинчи ылдирак бщлувчи айланасининг диаметри:

$$d_{e2} = m_e z_2 = 8 \cdot 75 = 600 \text{ мм}$$

Биринчи ылдирак бщлувчи конуслик бурчаги:

$$\delta_1 = 90^\circ - \delta_2 = 90^\circ - 70^\circ 52' 50'' = 19^\circ 7' 10''$$

Ташый ён кесим бщйича щлчанган биринчи ылдирак бщлувчи айланаси диаметри:

$$d_{e1} = m_e z_1 = 8 \cdot 26 = 208 \text{ мм}$$

Ташки конуслик масофаси:

$$R_e = \frac{0,5 d_{e2} \sqrt{u^2 + 1}}{u} = \frac{0,5 \cdot 600 \sqrt{2,8846^2 + 1}}{2,8846} = 317,52 \text{ мм}$$

### **Контакт кучланишлар бщйича текширув хисоби**

Текширув (4.5) формуласи бщйича бу ъисоб бажарилади, бунинг учун дастлаб шртача кесим  $d_{m2}$  даги ъисобий юкланиш коэффицентининг ыйимати ва айланма куч  $F_t$  топилади. Рухсат этилган контакт кучланиш юыорида аниыланган  $[\sigma_H] = 945,8 \text{ МПа}$ .

$K_{H\beta}$  коэффицентини 4.3-расмдаги графикдан топамиз, сабаби масала шартига кшра тишли ылдираклар вал таянчлари орасила жойлашган мазкур графикнинг абсциссасидан талаб ыилинган ыйиматини аниылаймиз:

$$K_{be} = \frac{b_w}{R_e} = \frac{80}{317,52} = 0,25$$

$$\frac{K_{be} u}{2 - K_{be}} = \frac{0,25 \cdot 2,8846}{2 - 0,25} = 0,41$$

Графикдан  $K_{H\beta} = 1,06$ .

2.1-жадвалга кшра вертолет редуктори учун узатманинг аниылик даражасини 6 синф деб белгилаймиз.

Айланма тезликни шртача конуслик масофасига ва иккинчи билдирак шртача бщлувчи айланаси диаметрига мос холда топамиз. Шртача конуслик масофаси (4.1-расм):

$$R_m = R_e - 0,5 b_w = 317,52 - 40 = 277,52 \text{ мм}$$

Иккинчи билдирак бщлувчи айланасининг диаметри:

$$d_{m2} = d_{e2} \frac{R_m}{R_e} = 600 \frac{277,52}{317,52} = 524,41 \text{ мм}$$

Айланма тезликни аниылашда билдирак диаметри м да олинади:

$$v = \frac{\pi d_{2m} n_1}{60 u} = \frac{3,14 \cdot 524,41 \cdot 2000}{60 \cdot 10^3 \cdot 2,8846} = 19 \text{ м/с}$$

2.4-жадвал бщйича  $K_{Hv} = 1,18$ .

Айланма куч:

$$F_t = \frac{2 T_2 10^3}{d_{m2}} = \frac{2 \cdot 9675,3 \cdot 1000}{524,41} = 37840,37 \text{ Н}$$

Контакт кучланиш (4.5):

$$\sigma_H = 436 \sqrt{\frac{F_t \sqrt{u^2 + 1}}{\gamma d_{m2} b_w} K_{H\beta} K_{Hv}} =$$

$$= 436 \sqrt{\frac{37840,37 \cdot \sqrt{2,8846^2 + 1}}{0,85 \cdot 524,41 \cdot 80} 1,06 \cdot 1,18} = 887,4 \text{ МПа}$$

Текширув ыониыарли, чунки  $\sigma_H < [\sigma_H] = 945,8 \text{ МПа}$ .

### **Эгувчи кучланиш бщйича мустаъкамликка текширув ыисоби**

Ыисоблаш текширув (4.6) формуласи буйича олиб борилади, бунинг учун дастлаб коэффицентлар ва шрта кесимдаги модулнинг ыйймати топилади.

Ыайси билдирак учун  $[\sigma_F]/Y_F$  нисбат кичик бщлса, ыисоблаш шу билдирак бщйича бажарилади.

2.5-жадвалдан тщъри тишли билдирак тишларига эквивалент бщлган тиш шаклининг коэффиценти танланади.

Етакчи билдиракка эквивалент тщъри тишли билдирак тишлар сони (66-бет):

$$z_{K1} = \frac{z_1}{\cos \delta_1} = \frac{26}{\cos 19^\circ 7' 10''} = 27,51$$

$z_{K1} = 28$  ыабул ыиламиз.

Етакланувчи ылдиракка эквивалент бщлган тцъри тишли ылдирак тишлари сони:

$$z_{K2} = \frac{z_2}{\cos \delta_2} = \frac{75}{\cos 70^\circ 52' 50''} = 227,27$$

$z_{K2} = 227$  ыабул ыиламиз.

2.5-жадвалдан тиш шаклининг коэффиценти:  $z_{K1} = 28$  бщлганда  $Y_{F1} = 3,81$ ,  $z_{K2} = 227$  бщлганда  $Y_{F2} = 3,6$ .

Шестерня ва ылдирак тишлари учун рухсат этилган эгувчи кучланиш бир хил ыабул ыилинади, сабаби улар бир хил пщлатдан тайёрланган ва цилиндрик ылдираклар каби ыисобланади. Бунинг учун олдин эгувчи кучланишдаги чидамлилик чегараси ва коэффицентилар ыймати топилади.

Эгувчи кучланишлар таъсир этишидаги чидамлилик чегараси (2.29):

$$\sigma_{F0} = 0,6 \sigma_s = 0,6 \cdot 1100 = 660 \text{ МПа},$$

чунки конструкцион легирланган пщлатлар учун  $\sigma_s = (1000 \text{ } 4 \text{ } 1200) \text{ МПа}$ .

Хавфсизлик коэффицентини ыйматини тавсия бщйича ыабул ыилинади: сирти тобланган пщлат учун  $S_F = 1,55$  (45-бет).

Бир томонлама юкланишда  $K_{Fc} = 1$  (45-бет).

Ишлаш муддатини ыисобга элувчи коэффицент контакт кучланишдаги ыисоблаш каби аниыланади, шунинг учун  $K_{FL} = 1$ .

Рухсат этилган эгувчи кучланиш (2.28):

$$[\sigma_F] = \frac{\sigma_{F0}}{S_F} K_{Fc} K_{Fl} = \frac{660}{1,55} = 425,81 \text{ МПа}$$

Узатманинг етакчи ылдираги учун:

$$\frac{[\sigma_F]}{Y_{F1}} = \frac{425,81}{3,81} = 111,76$$

Узатманинг етакланувчи ылдираги учун:

$$\frac{[\sigma_F]}{Y_{F2}} = \frac{425,81}{3,6} = 118,28$$

Бу нисбат етакловчи ылдирак шестерня учун кичик бщлгани учун ыисоблашлар етакловчи ылдирак учун бажарилади.

Тиш узунлиги бщйича юкланишнинг таъсимланишини ыисобга олувчи коэффицент  $K_{F\beta}$  69-бетдаги кщрсатмага биноан ыисобланади:

$$K_{F\beta} = 1 + 1,5(K_{H\beta} - 1) = 1 + 1,5(1,06 - 1) = 1,09$$

Юкланишнинг динамик коэффиценти  $K_{Fv}$  2.6-жадвалдан танланади: олтинчи даражали аниыликдаги ва айланма тезлиги  $v > 10$  м/с да  $K_{Fv} = 1,17$ .

Щртача кесимдаги тиш модули:

$$m_m = m_e \frac{R_m}{R_e} = 8 \frac{277,52}{317,52} = 6,99 \text{ мм}$$

$m_m = 7$  мм ыабул ыиламиз.

Шестерня тишларини эгувчи кучланиш (4.6):

$$\begin{aligned} \sigma_F &= Y_F \frac{F_t}{\gamma b_w m_m} K_{F\beta} K_{Fv} = \\ &= 3,81 \frac{37840,37}{0,85 \cdot 80 \cdot 7} 1,09 \cdot 1,17 = 386,2 \text{ МПа} \end{aligned}$$

Текширув ыониыарли, чунки  $\sigma_F < [\sigma_F] = 825,81 \text{ МПа}$ .

#### §4.4. Таянч сщз ва иборалар

1. Эквивалент тщъри тишли узатманинг узатишлар сони дастлабки танланган конуссимон узатмани узатишлар сонини квадратига тенг бщлади.

2. Эквивалент цилиндрсимон узатмани бщдлувчи айлана радиуслари алмаштирилган конуссимон ылдиракларни туташган нуытадаги эгрилик радиусига тенг деб олинади.

3. Конуссимон узатмани юкланиш ыюбияяти цилиндрсимон узатмага ыараганда кам.

#### §4.5. Назорат саволлари

1. Конуссимонга алмашган эквивалент цилиндрсимон узатмани узатишлар сони нимага тенг?

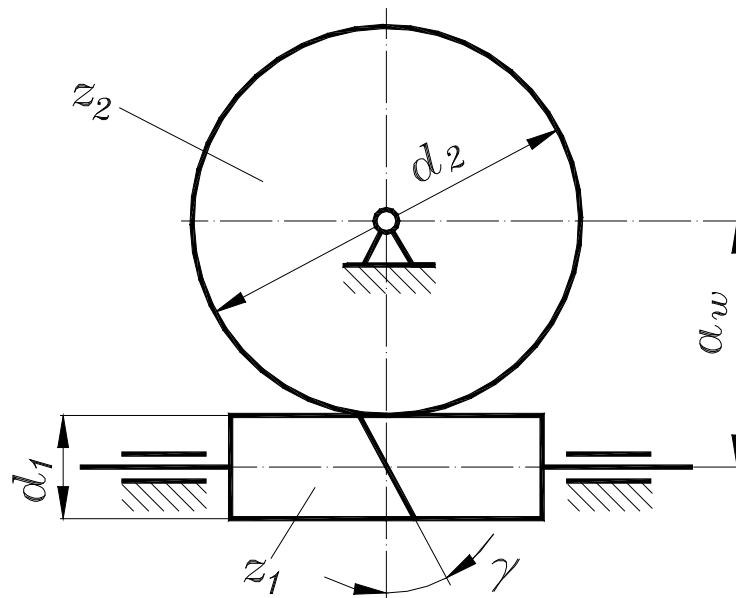
2. Конуссимон узатмаларни юкланиш ыюбияятини цилиндрсимон узатмаларга нисбатан камчилигини ыандай тушунтириш мумкин?

## **5 боб. Червякли узатмалар**

### **§5.1. Червякли узатмани геометрик шлчамлари**

Червякли узатма бу юьюри даражали кинематик жуфт бщлиб, червяк ва червякли ьилдираклардан тузилган, щылари эса щзаро айыаш ьолатда жойлашган. Айыашлик бурчаги амалда  $90^\circ$  га тенг.

Червякли узатмалар глобоидли [6] ва цилиндрсимон (яони червяк цилиндрсимон) бщлиши мумкин (5.1-расм).



5.1-расм.

Червяк бу резбали бирикма бщлиб, цилиндрик (архимед), конволута, эволвента ёки глобоид шаклида бщлиши мумкин. Мисол тариьасида, хозирги техникада кщпроь ишлатиладиган архимед червякдан тузилган червякли узатмани щрганиб чиьамиз. Агар червяк щз щьига тик текислик билан кесилганда ьосил бщлган из тщьри бочка-ли трапецияга щхшаш, яони ён томондан ьаралганда, щрамлар архимед щрамига щхшайдиган бщлса, архимед червяк дейилади. Бунлай червякни профил бурчаги  $\alpha = 20^\circ$  га (5.2-расм) тенг бщлади.

Бундай узатмаларни червяк ьилдираги, червякли фреза (ьиркувчи асбоб) ёрдамида механик ишлов бериб тайёрланади. Бунда червякли фреза, червякнинг нусхаси бщлиб, ьирыиш хусусиятига эга бщлган, четки ьирраларидан иборат ва ташьи диаметри асосий червякникидан каттароь бщлади. Червякни геометрик шлчамлари 5.1-расм ва 5.2-расмда кщрсатилган. Червякни кйримлар сони  $z_1$  стандарт бщйича  $z_1 = 1; 2; 4$ .



5.2-расм.

Умуман олганда, бир киримли червяклар қшп ишлатилади, икки ёки тшрт киримли червяклар узатишлар нисбати кам бшлганда ишлатиш тавсия этилади. Червякни бшлувчи диаметри, модул ва червякни нисбий диаметри  $q$  (червякни диаметр коэффициент) билан боълийдир:

$$d_1 = qm \quad (5.1)$$

$m$  ва  $q$  ыйматлар стандартлашган бшлиб, ыуйидаги ьолатда қшриш мумкин:

$$m = 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5 \text{ мм}$$

$$q = 8; 10; 12,5; 16; 20.$$

Балинлиги кам бшлган (юпыа) червяклардан холис бшлиши учун  $m$  ни камайиши билан  $q$  ни ошириш керак. Тавсия этилади  $q / 0,25z_2$ .

$$d_{a1} = d_1 + 2m; d_{f1} = d_1 - 2,4m \quad (5.2)$$

Червякни ташыи ва тубидаги диаметри (5.2-расм) червяк шрамининг узунлиги  $b_1$  бир ваытда контактда бшладиган ылдирак тишларининг энг қшп сонини белгилаб беришга имкон беради. Дастлабки узатмалар учун ыуйидаги тенглик тавсия этилади:

$$b_1 / (11 + 0,06 z_2) m \quad (6.3)$$

Бшлувчи диаметр бшйича винтли чизиыни қштарилиш бурчаги:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{\pi m z_1}{\pi d_1} = \frac{m z_1}{d_1} = \frac{z_1}{q} \quad (5.4)$$

Билдиракни геометрик шлчамлари (расм 5.2) дастлабки узатмада:

$$\begin{aligned} d_2 &= z_2 m; d_{a2} = d_2 + 2m; d_{f2} = d_2 - 2,4m; \\ a_w &= 0,5(q + z_2)m \end{aligned} \quad (5.5)$$

Тиш асосидаги эвольвент ыисмини ыирыилишдан саылаш учун  $z_2 / 28$  бщлиши керак. Ыувват узатадиган узатмалар учун червяк билан ылдирак орасидаги ыамров бурчаги  $2\delta \approx 100^\circ$  бщлиши керак. Бир кимли узатма учун ылдирак эни  $b_2 \leq 0,75d_{a1}$ . Билдиракни максимал диметри  $d_{aM2} \leq d_{a2} + 2m$ .

Юкланиш тартибида червяк етакловчи звено ыисобланиб узатишлар нисбати ыуйидагича аниыланади:

$$u = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} \quad (5.6)$$

бу ерда  $n_1$  ва  $n_2$  – червяк ва ылдиракларни айланиш частотаси.

Ыщп ыолларда  $z_1 = 1$  бщлгани учун узатмада катта миыдорга тенг бщлган узатишлар нисбатини олиш мумкин. Умуман  $u = 20 \div 60$  узатма кщп ишлатилади.

## **§5.2. Червякли узатмада ишыаланиш.**

### **Щз-щзидан тщхталиши**

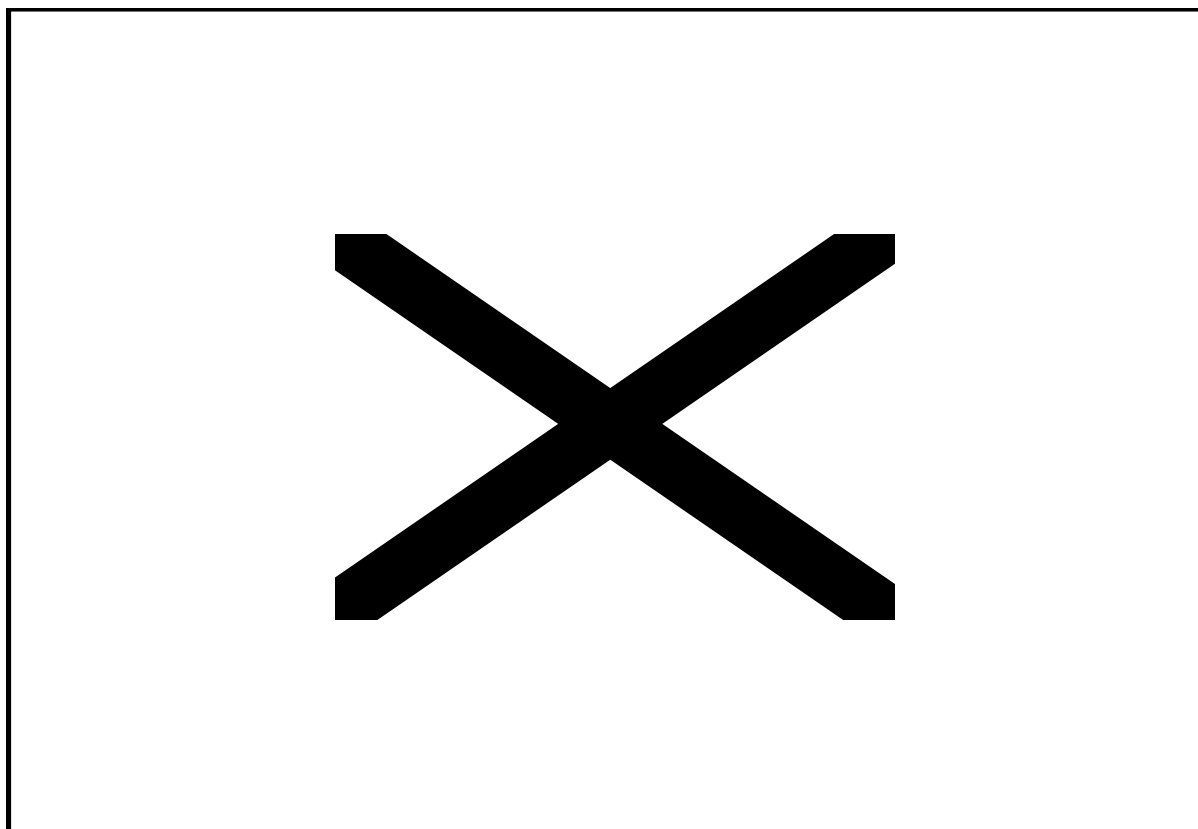
Червякли узатмаларда ыаракат червяк щрамларининг червякли билдирак бщйича винтли жуфтдек сирпаниш натижасида амалга ошадди, «винт-гайка» узатма сингари. Лекин «винт-гайка» узатмадаги энг ыуйи кинематик жуфтлар иштирокида бщлса, червякли узатмада эса энг юыори кинематик жуфт орыали амалга оширилади, чунки ылдирак тишлари червяк тармоылари билан контакт чизиыда юз беради. 5.3а-расмда ылдирак тишининг кщндаланг кесими червякнинг бщлувчи цилиндр текислигига уринма ыолда щтгани кщрсатилган, бунда сирпаниш тезлиги червякни винт чизиыига уринма равишда йщналган бщлади:

$$v_S = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = \frac{v_1}{\cos \gamma} \quad (5.7)$$

бу ерда:  $v_1$  ва  $v_2$  – червяк ва ылдиракнинг бщлувчи диаметрлари бщйича айлана тезлиги ыисобланади:

$$v_1 = \frac{\pi d_1 n_1}{60}; v_2 = \frac{\pi d_2 n_2}{60}$$

$\gamma$  – червяк винт чизиъини кцтарилиш бурчаги  $tg\gamma = \frac{v_2}{v_1}$



5.3-расм.

Юъоридаги формуладан ва 5.3-расмдан кцтриниб турибдики,  $v_1$  ва  $v_2$  айлана тезликлар цилиндрсимон ва конуссимон узатмалардан фарыли равишда мос келмайди. Червякни айлана тезлиги червяк ьилдирагини айлана тезлигидан анчагина катта, шунинг учун червякли узатмаларда сирпаниш тезлик катта ыйиматларга эга бщлиб, ишыаланишни тезлаштиради, ейилишни жадаллаштиради, сиртларни юлиниб чиьишига ва натижада фойдали иш коэффицентини камайиб кетишига сабаб бщлади.

Сиртларни юлиниши контакт чизиъига нисбатан сирпаниш тезликни ноъулай йщналишига боълиы. Бу икки жисмни бир-бирига нисбатан мойланган жараёнда ьаракати 5.3-расмда кцрсатилган. Жисмларни мойланиш назариясидан маолумки суюыликда ишыаланишида ьосил ыилиш учун сирпаниш тезликни йщналиши контакт чизиъига тик бщлиши (яони  $\chi = 90^\circ$ ) имконини яратиб бериш лозим. Бу ьолда суюылик ьаракатланаётган жисмни ичига тортилиб, у ерда

мой ыатлами ыосил бщлады, натижада ыуруы ишыаланиш суюы ишыаланиш билан алмашади. Акс ыолда сирпаниш тезлик контакт чизии бщйича йщналган ыолда  $\chi = 0$  контакт зонада мой ыатлами юзага келмай ыуруы ярим ыуруы ишыаланиш ыукм суради. Ыанчалик,  $\chi$  бурчак кам бщлса, шунчаки суюылик ишыаланиш ыосил бщлишига ыййинлашади. Червякли узатмада тишларнинг сирпаниши шундай даражадаки ыутб зонасига яшин ыолатда сирпаниш тезлигини йщналиши билан мослашиб ыолади. Бу ыолларда мойлаш жараёнини ыосил ыилиш ыййинлаша боради. Катта юкланиш билан ишлаш ваытида бу зонада сиртларнинг юлиниб чииш ыоллари бщлады, металл заррачалари тиш сиртларига бирлашиб, сщнг улардан ажралиб чииа бошлайди.

Юлиниб чииишни олдини олиш учун юкланиш ыййматлари чегараланади, червяк ва ылдирак учун антифрикцион материаллар ишлатилади. Червякли узатмани илашиши натижасида ишыаланишга сарфланган миыдор ФИК билан аниыланади. Бунда червяк етакловчи, червяк ылдираги етакланувчи бщлганда ФИК ыуйидагича топилади:

$$\eta_{12} = \frac{tg\gamma}{tg(\gamma + \varphi)} \quad (5.8)$$

бу ерда  $\omega$  – ишыаланиш бурчаги.

Формула (5.8) дан кщриниб турибдики червяк щрамини кщтарилиш бурчаги ыанчалик катта бщлса, ФИК ыйймати шунчалик ошади ( $q$  ни камайиши (5.4-рasm) ёки червякни киримлар сони ошириш билан) ва ишыаланиш коэффиценти ёки ишыаланиш бурчаги камаяди. Червяк ылдираги етакловчи бщлса, яони харакат ылдирак 2 дан червяк 1 га узатилса, харакат йщналишини щзгариши ыисобига ыуйидаги ифодани оламиз:

$$\eta_{21} = \frac{tg(\gamma - \varphi)}{tg\gamma} \quad (5.9)$$

Агар винтли чизиини кщтарилиш бурчаги кичик ёки ишыаланиш бурчагига тенг бщлса,  $\gamma \leq \omega$ , у ыолда  $\eta_{21} \leq 0$  бщлады. Бу деган сщз ыаракатни тескари йщналишда, яони ылдиракдан червяк узатиб бериш мумкин бщлмай ыолади. Узатма щз-щзидан тщхтаб ыолади, бу уни ишончлилигидан дарак беради. Щз-щзини ишончли тщхтатиш учун  $\gamma \leq 0,5\omega$  бщлиши керак. Червякли узатмада щз-щзини тщхтатиш хусусиятини юк кщтариш механизмлари ва бошыа зарур бщлган жойларда, кщриш мумкин.

Назарий томондан (5.8) формулага асосан ФИК ыйймати щз-щзини тщхтатиш червякли узатмаларда доим 0,5 дан кичик бщлиши керак, лекин бу амалиётда жуда кичик сирпаниш тезликда учратиш мумкин, чунки тезлик ошиши билан ишыаланиш коэффиценти ва ишыаланиш бурчаги камайиб кетади, натижада щз-щзини тщхтатиш

узатмаларда ФИК ни ыймати 0,5 дан ошиб кетади. Тажрибага асосланган ғолда, 5.1-жадвалда сирпаниш тезлигига нисбатан ыониыарли мойланиш жараёнидаги ишыаланиш коэффиценти ва бурчагини ыйматлари келтирилган (червяк – пщлатдан, ылдирак – бронза ыотишмасидан).

5.1-жадвал.

| $V_s$ , м/с | $f$                | $\omega$           |
|-------------|--------------------|--------------------|
| 0,1         | $0,08 \div 0,09$   | $48349 \div 58099$ |
| 1           | $0,045 \div 0,055$ | $28359 \div 38099$ |
| 4           | $0,023 \div 0,03$  | $18269 \div 18439$ |
| 15          | $0,014 \div 0,02$  | $08489 \div 18099$ |

Бир киримли червяк учун ФИК тавсия этилади:  $\eta = 0,7 \div 0,75$ .

### §5.3. Червякли узатмани ишлатиш соъаси

Червякли узатмаларни ишлатиш соъасини белгилаш билан бир ыаторда унинг ва афзаллик ва камчиликларини билиш ғам зарур.

#### Афзалликлари.

1. Узатишлар нисбатини нисбатан катталиги.

2. Шовынсиз ва равон ишлайди.

3. Кинематик аниыликка эга. Цилиндрсимон ёки конуссимон тишли узатмаларга нисбатан червякли узатмани юыори даражада кинематик аниыликка эга бщлишини ыуйидаги факторлар билан боълаш мумкин: Червяк тиш ыадамини хатолари 0 га тенг ёки минимал ыйматга эга. Агарда уни тишли ылдирак деб фараз ыилсак, мисол, бир киримли червяк тишли ылдиракни тишлар сони бирга тенг демакдир.

4. Щз-щзини тщхтатиш имконияти бор.

#### Камчиликлари.

1. ФИК кам.

2. Ейилишнинг юыорилиги ва емирилишга оъишлиги.

3. Ыилдирак учун ымматбаъо материаллар ишлатилади.

4. Ыилдирак билан червякни йиыиш учун ыщйилган юыори талаблар, червяк билан ылдирак текисликлари мос келиши лозим.

Червякли узатма ыммат ва тишли узатмаларга нисбатан мураккабдир, шунинг учун уни зарур бщлган ғолда, валлар щыи айыаш жойлашган ваытда, катта узатишлар нисбати керак бщлган механизмларда юыори кинематик аниылик зарур бщлганда ва щз-щзини тщхтатиш лозим бщлганда ишлатилади. Буларга бщлувчи мосламалар механизмларни айлантириш, тщхтатиш воситалари юк кщтариш меха-

низм ва бошыалар киради. Шунинг бир ыаторда червякли узатмалар, станокларда, автомобил созликда, юк кцтариш механизм ва бошыаларда щз щрнини топган.

Червякли узатмани ФИК камлиги, юлиниб ишлашига ёндошлиги кам ёки щрта ыувватли циклли алмашиниб ишлайдиган соъаларда чегараланган. Умуман олганда узатиб бериш ыуввати  $50 \div 60$  кВт дан ошмайди. Катта ыувватларда ва тцхтовсиз узоы ваыт ишлаганда сарфланадиган энергия ишыаланиш натижасида ыизиб кетиши червякли узатмаларни ишлатиш фойда бермай ыцяди.

#### §5.4. Червякли узатмаларга материаллар

Узатма сирпаниш тезлигининг ыйимати нисбатан катталиги учун червяк ва унинг ылдираги учун ишлатиладиган материаллар антифрикцион хусусиятга, чидамлиликка эга ва емрилишга оыишлиги кам бщлиши керак. Одатда, замонавий узатмаларда червяк углеродли ёки легирланган пщлатлардан тайёрланиб, уни винтли щрамларига термик ишлов берилиб, ыаттиылиги юыори бщлиши, сиртлари эса силлиыланиши керак. Червяк учун ишлатиладиган пщлатларни айрим механик хусусиятлари 5.2-жадвал да кщрсатилган.

5.2-жадвал.

| Пщлат турлари | Мустаъкамлик чегараси $\sigma_B$ , МПа | Оыувчанлик чегараси $\sigma_T$ , МПа |
|---------------|----------------------------------------|--------------------------------------|
| Сталь 45      | 700                                    | 400                                  |
| Сталь 40ХНМА  | 1100                                   | 900                                  |

Червякли ылдирак учун асосан бронза, камроы чщян ва латун ишлатилади. Ёнг яхши антифрикцион хусусиятга эга бщлган ыалайли бронза ыисобланади, уни механик хусусияти БрОЦС 6-6- 3 учун мустаъкамлик чегараси  $\sigma_B = 370$  МПа, оыувчанлик чегараси  $\sigma_T = 290$  МПа га тенг.

#### §5.5. Червякли узатмани мойлаш ва совитиш

Механизмларда иш жараёнида механик энергиянинг бир ыисми иссиылик энергиясига айланиб узатмани ыизитади, агарда иссиыликни ташыарига узатиш етарли бщлмаса, у ьолда узатма ыизиб ишдан чиыади. Шундай ьол юз бермаслиги учун иссиылик мувозанати керак, яони узатмадан ажралиб чиыаётган иссиылик ва муъитга узатиладиган иссиылик миыдори бир хил бщлиши керак. Агарда ажралиб чиыаётган иссиылик миыдори катта бщлса, у ьолда табиий усулда иссиы-

ликни узатиш етарли бўлмайд, суноий йшл билан иссиылик ташыи мухитга узатилади ва совитилади.

Совитиш учун ыуидаги суноий йшллар ишлатилади:

1. Вентилятор ёрдамида узатма корпуси ьаво билан совитилади. Иссиыликни ташыарига узатиб бериш учун асосан, редуктор корпуслари орыали бажарилади. Агар юзалар иссиыликни тшла узатиб бера олмаса, у ьолда редуктор ыовурьалар билан таъминланиши лозим.

2. Редуктор корпусларини сув билан совитиш учун букилган ыувирлар жойлаштирилади.

3. Махсус ёъни айлантйрувчи ва совитувчи мосламалар шрнатилади.

Табиий усулда совутиш ёки юьоридаги 1 ва 2 усулларни ышллада узатмани мойлаш асосан ылдиракни ёки червякни мойли ваннага ыисман чщктириш орыали бажарилади.

Чщктириш чуьурлиги ылдирак тишларининг ёки червяк шрамлар баландлигидан ошиб кетмаслиги керак, бу ьол тез харакатланадиган узатмалар учун таалуыли, секин юрар узатмалар учун эса ылдирак радиусини 3 дан бир ыисми ёьга чщктирилиши лозим. Циркуляциялаштириш усулида мойлаш насос ёрдамида контакт сиртларга етыизиб берилади, сщнг ваннага тушириб совитилади. Узатманинг айлана тезлигига ыараб ва юкланиш ыюбиятига ыараб мойни тури танланади [6], [11].

## §5.6. Контакт кучланиш бщйича ьисоблаш

Червякли узатмаларда сирпаниш тезлигининг катталиги ейишни тезлаштиришга олиб келади, бунга асосий сабаб контакт кучланишдир, шунинг учун контакт кучланиш бщйича ьисоблаш червякни узатмаларда асосий ьисобланади. Бунинг асосий манбаи тишли узатмаларни контакт кучланишга ьисоблаш формуласи бщлади (2.4):

$$\sigma_H = 190 \sqrt{\frac{q}{\rho_{кел}}}$$

Лекин, шуни ьисобга олиш керакки, бу формула фаьатгина пщлатдан тайёрланган тишли ылдиракларга мос келади. Чунки, Герц формуласидаги келтирилган эластик модул илдиз остидан чиьарилган бшлиб, сонли коэффицент вазифасини бажаради. Чунки червякли ылдирак бронза ёки чуьандан тайёрланган бщлгани учун эластик модул  $E_{кел}$  бошыа ыийматга эга бщлади, уни илдиз остига киргизиш зарур. Ундан ташыари тишга таосир ыилаётган солиштирма кучланишни червяк диаметри коэффицентдан ажратиш маьсадида  $q_ч$  белгиси билан ифодалаймиз. У ьолда дастлабки формула ыуидаги кщринишда бщлади:

$$\sigma_H = 0,418 \sqrt{\frac{q_{\text{ч}} E_{\text{кел}}}{\rho_{\text{кел}}}} \quad (5.10)$$

Бу формулани цилиндрик узатмаларга таъйюслаб, соддлаштириш киритсак шртача ыйматга эга бщлган геометрик, кинематик параметрларни ва юкланиш коэффицентини ысобга олиб, лойиъалаш ысобига мослаштирган ылда ыуйидаги ифодани олиш мумкин:

$$a_w / 0,625 \left( \frac{q}{z_2} + 1 \right)^3 \sqrt{\frac{E_{np} T_2}{[\sigma_H]^2 \left( \frac{q}{z} \right)}} \quad (\text{мм}) \quad (5.11)$$

бунда:  $q/z_2$  – червяк диаметри коэффицентини червяк ылдиракгини тишлар сонига нисбати. Ыувватли узатмалар учун  $q/z_2 = 0,22 \div 0,4$ ;

$E_{\text{кел}}$  – червяк ва ылдиракларнинг келтирилган эластик модули:

$$E_{\text{кел}} = \frac{2 E_1 E_2}{E_1 + E_2}$$

- пщлат учун эластик модули  $E_1 = 2,1 \cdot 10^5$  МПа;

- бронза ёки щян учун эластик модули  $E_2 = 0,9 \cdot 10^5$  МПа;

$T_2$  – червяк ылдиракни буровчи моменти, Нм;

$[\sigma_H]$  – рухсат этилган контакт кучланиш. Ылдирак материали учун; бронза ыотишмаси:  $[\sigma_H] = (0,85 \div 0,9) \sigma_B$ .

Контакт кучланиш бщйича текширув ысоби формуласи:

$$\sigma_H = 1,18 \sqrt{\frac{E_{np} T_2 K_H \cos^2 \gamma}{d_1 d_2^2 \delta \varepsilon_\alpha \xi \cos 2\alpha}} \leq [\sigma_H] \quad (5.12)$$

бу ерда:  $K_H = K_v K_\beta$ ;  $K_v$  – динамик кучланиш коэффицентини; ровон ишлагани учун динамик юкланиш катта эмас  $v_2 > 3$  м/с бщлса  $K_v = 1 \div 1,2$  бщлади.

$K_\beta$  – тщпланган юкланиш коэффицентини червякли жуфтларни материали яхши ишланадиган бщлганда, контакт чизиъи бщйича юкланишни нотекис таъсимланишини камайтиради:  $K_\beta = 1 \div 1,2$ ;

$\gamma$  – червяк щрамини кщтарилиш бурчаги (5.4);

$d_1$  ва  $d_2$  – червяк ва червяк ылдиргини бщлувчи диаметрлари;

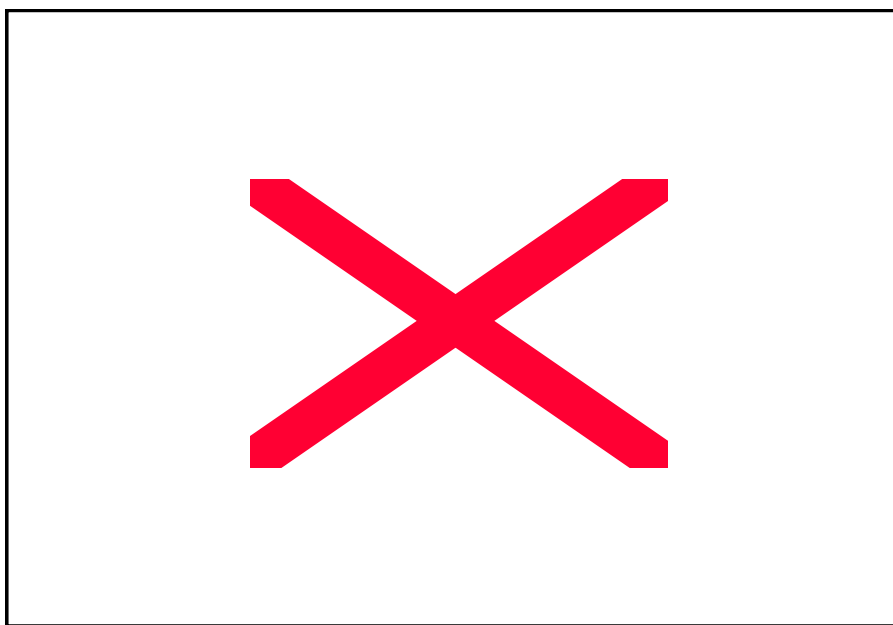
$\delta$  – ылдирак ва червякни ярим ыамров бурчаги;

$\alpha$  – профил бурчаги;  $\alpha = 208$ ;

$\varepsilon_\alpha$  – щы бщйича олинган ыамраш коэффициенти, червяк ылдирагини щртача текислигига мос келган ъолда дастлабки нормал узатма учун  $\alpha = 20^\circ$

$$\varepsilon_\alpha = \frac{\sqrt{0,03 z_2^2 + z_2 + 1} - 0,17 z_2 + 2,9}{2,95}$$

$\xi = 0,75$  – ылдирак тиш сиртининг червяк щрами сиртига тщлиы тегиб турмаслиги натижасида контакт чизьи узунлиги кичрайишини ъисобга олувчи коэффициент (5.4-расм). Бунда тщлиы тегиб туриш  $2\delta$  га тенг бщдлиши керак эди (тишларни ыопланиши).



5.4-расм.

Червяк ылдирагини эгувчи кучланиш бщйича текширув ъисоби ыия тишли узатма сингари тузилишларини ва хусусиятларини ъисобга олган ъолда бажарилади.

## §5.7. Ёисобнинг мисоли

Ыуйидаги берилганларга асосан доимий юкланишдаги умумий машинасозлик червякли редуктори ъисоблансин.

Червяк валидаги ыувват  $P_1 = 25$  кВт.

Червякнинг айланиш частотаси  $n_1 = 1200$  об/мин.

Червяк ылдирагининг айланиш частотаси  $n_2 = 30$  об/мин.

Редуктор алоъида мойли ваннаи корпусли ыилиб тайёрланган.

### Лойиъалаш ыисоби

§5.4 даги тавсияга биноан червяк материали – сталь 45, червяк билдирагининг материали – мустаъкамлик чегараси  $\sigma_B = 370$  МПа бшлган ыалайли бронза Бр ОЦС 6-6-3 (§5.4).

Узатманинг марказлараро масофасини лойиъалаш (5.11) формуласи бщйича ыисобланади, шунинг учун олдиндан ыуйидаги параметрлар аниыланади.

Червяк диаметри коэффициентининг червяк билдираги тишлар сонига нисбати: куч узатувчи узатмалар учун  $q/z_2 = 0,22$  4 0,4 (77-бет); тавсия этилади шртача ыйимат  $q/z_2 = 0,31$  ыабул ыилинади.

Пщлат учун эластиклик модули  $E_1 = 2,1 \cdot 10^5$  МПа.

Бронза учун эластиклик модули  $E_2 = 0,9 \cdot 10^5$  МПа.

Келтирилган эластиклик модули (Юнг модули) червяк ва билдирак материали учун (84-бет):

$$E_{кел} = \frac{2 E_1 E_2}{E_1 + E_2} = \frac{2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 0,9 \cdot 10^5}{2,1 \cdot 10^5 + 0,9 \cdot 10^5} = 1,26 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Узатмани ф.и.к.  $\eta = 0,72$  ни ыисобга олган холда етакланувчи валдаги буровчи момент (81-бет):

$$T_2 = \frac{30000 \cdot P_1 \cdot \eta}{\pi \cdot n_2} = \frac{30000 \cdot 25 \cdot 0,72}{3,14 \cdot 30} = 5732,48 \text{ Нм}$$

Билдирак материали учун  $[\sigma_H] = (0,85 \text{ 4 } 0,9)\sigma_B$  (82-бет). Ыабул ыиламиз:

$$[\sigma_H] = 0,87 \cdot 370 = 321,9 \text{ МПа}$$

Марказларо масофа (5.11):

$$a_w / 6,25 \left( \frac{q}{z_2} + 1 \right) \sqrt[3]{\frac{E_{кел} T_2}{[\sigma_H]^2 \left( \frac{q}{z_2} \right)}} =$$

$$= 6,25 (0,31 + 1) \sqrt[3]{\frac{1,26 \cdot 10^5 \cdot 5732,48}{321,9^2 \cdot 0,31}} = 231,09 \text{ мм}$$

Дастлаби аниыланган марказлараро масофанинг ыйимати бщйича узатмани геометрик параметрлари аниыланади. Бир киримли червяк ыабул ыилинади:  $z_1 = 1$ . Чунки узатиш сони:

$$u = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1200}{30} = 40 ,$$

у ыолда  $z_2 = 40$ .

Ыабул ыилинган  $q/z_2 = 0,31$  учун  $q = 0,31 \cdot 40 = 12,4$ . Тавсия этилаётган ыйиматни стандартдан  $q = 12,5$  ыабул ыиламиз.

(5.5) формуладан модуль аниёланади:

$$m = \frac{2 a_W}{(q + z_2)} = \frac{2 \cdot 231,09}{(12,5 + 40)} = 8,8 \text{ мм}$$

Стандартдан  $m = 10$  мм ыабул ыиламиз (77-бет).

Червякнинг диаметрал шлчамлари (5.1), (5.2):

$$d_1 = q m = 12,5 \cdot 10 = 125 \text{ мм}$$

$$d_{a1} = d_1 + 2 m = 125 + 2 \cdot 10 = 145 \text{ мм}$$

$$d_{f1} = d_1 - 2,4 m = 125 - 2,4 \cdot 10 = 101 \text{ мм}$$

Червякнинг шрамлар ыирылган ыисми узунлиги (5.3):

$$b_1 / (11 + 0,06 z_2) m = (11 + 0,06 \cdot 40) 10 = 134 \text{ мм}$$

Червяк ылдирагининг диаметрал шлчамлари (5.5):

$$d_2 = z_2 m = 40 \cdot 10 = 400 \text{ мм}$$

$$d_{a2} = d_2 + 2 m = 400 + 2 \cdot 10 = 420 \text{ мм}$$

$$d_{f2} = d_2 - 2,4 m = 400 - 2,4 \cdot 10 = 376 \text{ мм}$$

Червяк ылдирагининг энг катта ташыи диаметри (78-бет):

$$d_{aM2} = d_{a2} + 2 m = 420 + 2 \cdot 10 = 440 \text{ мм}$$

Червяк ылдирагининг эни (78-бет):

$$b_2 \leq 0,75 d_{a1} = 0,75 \cdot 145 = 108,75 \text{ мм}$$

$b_2 = 108$  мм ыабул ыиламиз.

Узатманинг маркаслараро масофаси (5.5):

$$a_W = 0,5 m (q + z_2) = 0,5 \cdot 10 (12,5 + 40) = 262,5 \text{ мм}$$

### **Контакт кучланиш бщйича текширув ыисоби**

Ыисоблар текширув (5.12) формуласи бщйича бажарилади, бунинг учун дастлаб ыуйидаги параметрларни топиш зарур.

Юкланишнинг динамикавий коэффиценти  $K_v$ . 84-бетда бу коэффицентиинг ыийматлари ылдиракдаги айланма тезликка боъликлиги келтирилган. Ылдиракдаги айланма тезликни хисоблаймиз (ылдиракнинг диаметри  $m$  да):

$$v_2 = \frac{\pi d_2 n_2}{60} = \frac{3,14 \cdot 400 \cdot 30}{60 \cdot 10^3} = 0,628 \text{ м/с}$$

Демак  $K_v = 1$ .

Юкланишнинг концентрация коэффиценти  $K_\beta$ ; юкланиш шзгармас бщлганда  $K_\beta = 1$  (84-бет).

Юкланиш коэффиценти:

$$K_H = K_v K_\beta = 1$$

Червяк винт чизиѣнини кштарилиш бурчаги (5.4):

$$\gamma = \operatorname{arctg} \frac{z_1}{q} = \operatorname{arctg} \frac{1}{12,5} = 4^\circ 34' 26''$$

Червяк ылдираги ыамров бурчагининг ярми (78-бет)  $\delta = 50^\circ = 0,8727$  рад.

$\alpha$  – тишининг профил бурчаги;  $\alpha = 208$ ;

$\varepsilon_\alpha$  – червяк ылдираги шртача текислигидги ён ыопланиш коэф-фициенти; узатма нолавий бшлса  $\alpha = 20^\circ$  десак (85-бет):

$$\begin{aligned} \varepsilon_\alpha &= \frac{\sqrt{0,03 z_2^2 + z_2 + 1 - 0,17 z_2 + 2,9}}{2,95} = \\ &= \frac{\sqrt{0,03 \cdot 40^2 + 40 + 1 - 0,17 \cdot 40 + 2,9}}{2,95} = 1,87 \end{aligned}$$

$\varphi$  – контакт чизиѣи узунлигининг камаѣишини ѣисобга олувчи коэффициент, сабаби контакт тшлик ёй бшйича булмайди;  $\xi = 0,75$ .

Узатмадаги контакт кучланиш:

$$\begin{aligned} \sigma_H &= 37,3 \sqrt{\frac{E_{\text{кел}} T_2 K_H \cos^2 \gamma}{d_1 d_2^2 \delta \varepsilon_\alpha \xi \sin 2\alpha}} = \\ &= 37,3 \sqrt{\frac{1,26 \cdot 10^5 \cdot 5732,48 \cos^2 4^\circ 34' 26''}{125 \cdot 400^2 \cdot 0,8727 \cdot 1,87 \cdot 0,75 \sin 40^\circ}} = 251,92 \text{ Нм} \end{aligned}$$

Текшириш ыониыарли, чунки  $\sigma_H < [\sigma_H] = 321,9$  МПа.

## §5.8. Таянч сшз ва иборалар

1. Архимед червяк – бу трапедия резбали юргизувчи винт, унинг шрамлари ён кесимида Архимед спирали бшйича чизилган.

2. Шз-шзини тшхтатадиган червякли узатмада ьаракат ылди-ракдан червякка узатиш мумкин эмас.

3. Шз-шзидан тшхтайдиган узатманинг червякни шрамлар чи-зиѣини кштариш бурчаги ишыаланиш бурчагидан кам.

4. Шз-шзидан тшътамайдиган червякли узатмани ФИК назарий жихатдан 0,5 дан кам.

5. Червякли узатмани максимал ыуввати  $50 \div 60$  КВт дан ош-маслиги керак.

6. Червякли узатмани контакт кучланиш бшйича ѣисоблаш узатмани мустаъкамлигини белгиловчи асоси ѣисобланади.

### §5.9. Назорат саволлари

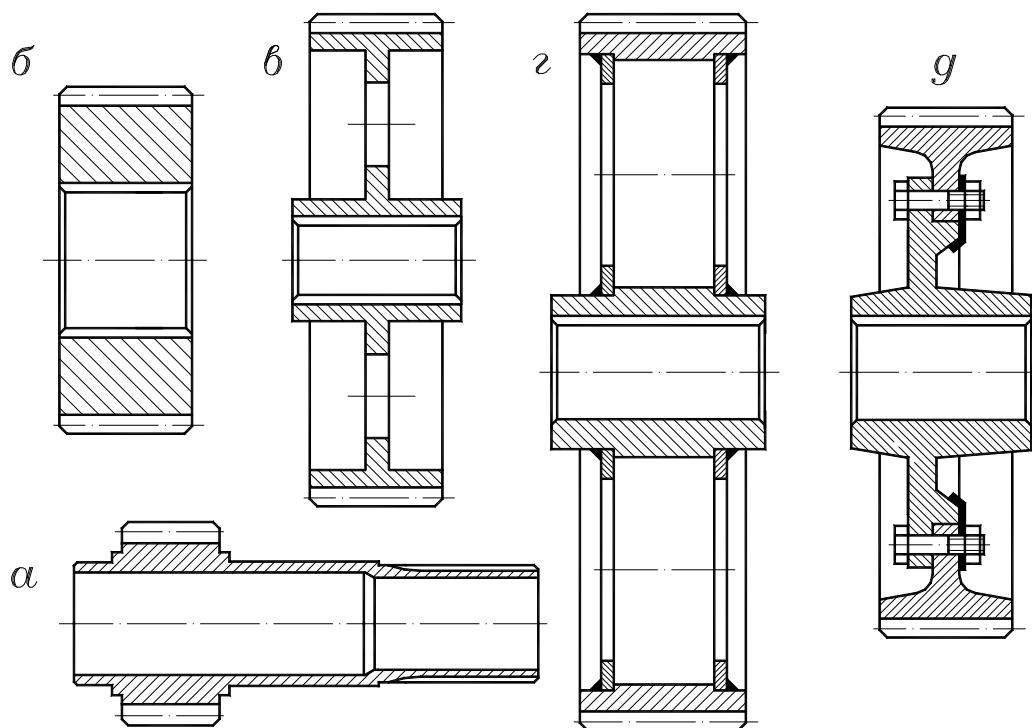
1. Червякли узатма турлари ыандай?
2. Архимед червяк деб нимага айтилади?
3. Ёувватли узатмаларда червякни ылдирак билан ёопланиш бурчаги нимага тенг?
4. Червякли узатмаларда ьаракат ыандай узатилади?
5. Щз-щзидан тщхтайдиган червякли узатмаларнинг хусусиятлари нимада?
6. Червяк – винт чизиьини кщтарилиш бурчаги щз-щзидан тщхтайдиган узатмада нимага тенг?
7. Щз-щзидан тщхтайдиган червякли узатмада ФИК ни назарий ыйймати нимага тенг?
8. Нима учун катта ёувватли узатмаларда червякли узатма ишлатилмайди?
9. Червякли узатмада сиртларини юлиниб кетишини ыандай туншунтириш мумкин?
10. Червяк ылдираги учун ыандай материал ишлатилади?
11. Червякли узатмаларни суной ьолда совутиш усуллари ыандай?

## **6 боб. Тишли узатмаларнинг тузилиши**

### **§6.1. Цилиндрсимон тишли ылдирагининг ва цилиндрсимон редукторларнинг тузилиши**

Цилиндрсимон тишли ылдиракларнинг тузилишига ыараб ыуйидаги турларга ажратиш мумкин; яхлит, пайвандланган ва йиылган.

Агарда тишли ылдиракни диаметр шлчамлари вални диаметридан кам фары ыилса уни валл билан биргаликда тайёрлаш мумкин, натижада вал-шестерня ыосил бщлади. 6.1а-расмда самолётни планетар редукторини вал-шестерняси кщрсатилган. Тишли ылдиракни диаметрлари нисбатан катта бщлса уни муаян ыолатда маъкамлаб ыщядиган деталлар, мосламалар керак, масалан шлицлар (6.1б-расм ва 6.1в-расм), шпонкалар (6.1г-расм ва 761д-расм) ёки бошыалар.



6.1-расм.

Агар тишли ылдиракнинг диаметрлари унчалик катта бщлмаса, яони вал диаметридан икки мартадан ошмаса, оддий цилиндр шаклида тузилади (6.1б-расм) тишли ылдиракни диаметрлари нисбатан катта бщлса тишли ылдирак тузилмасига ыщшимча тишли гардиш диск (тешикли бщлган) ва гупчакли ыилиб ясалади (6.1в-расм).

Гупчак узунлиги тишли гардишни энидан катта ёки тенг бщлиши мумкин, лекин албатта вал диаметридан катта бщлиши керак (бир ярим – икки марта). Бундай тузилмани ыилишдан маъсад, йиыиш ва

ишлаш ваътида уни ыйшайиб кетмаслиги учун дискни ыалинлиги тишли гардиш энини  $(20 \div 30)\%$  ташкил этиши керак. Тщын ва гупчакни ыалинлиги тишли ылдирак хомашёсини тайёрлаш технологиясига боълиы (ыуйма, ыолиплаш, больалаб ясаш, йщниш) бщлиб, махсус формулалар билан топилади [4].

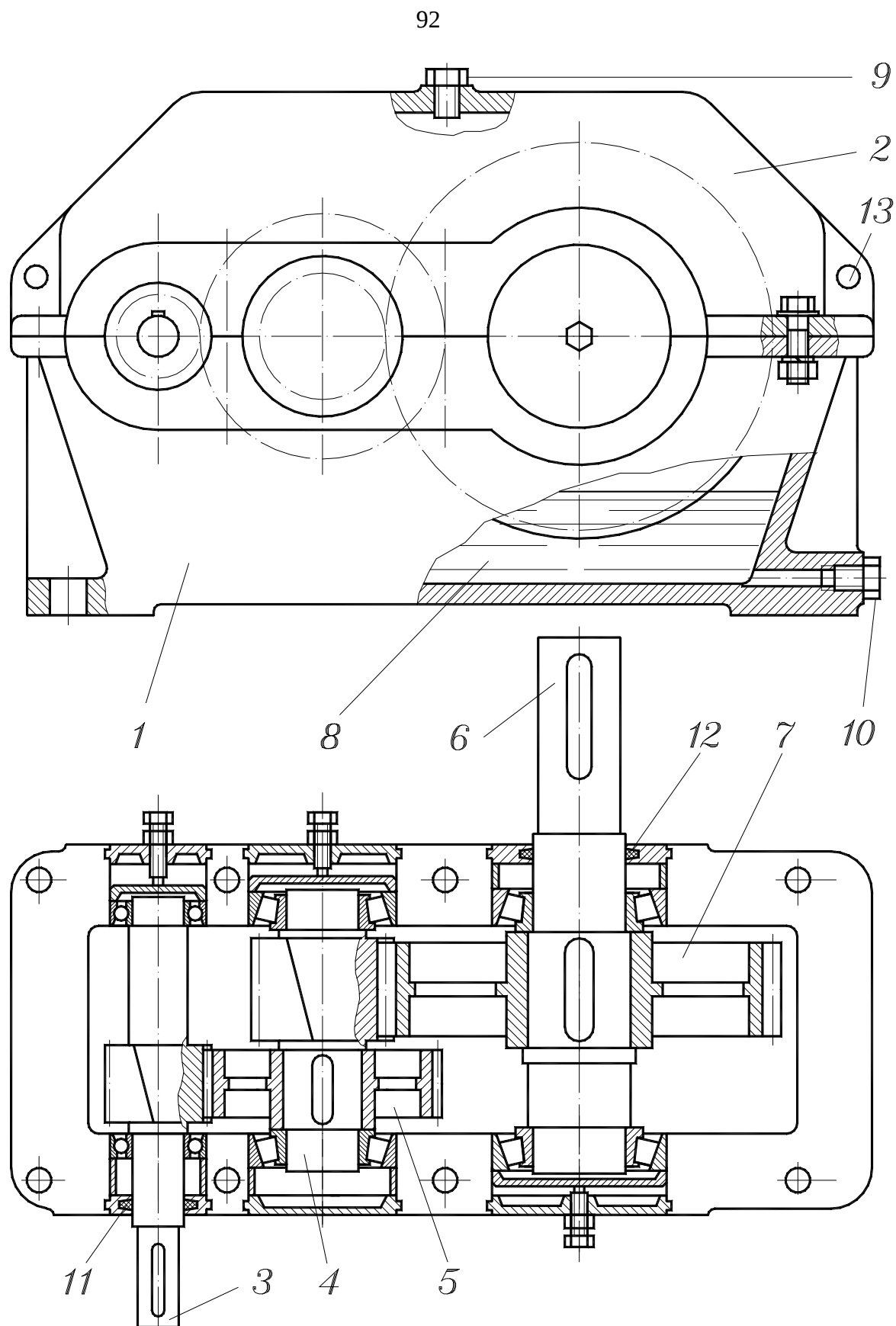
Пайванд тишли ылдираклар 6.1г-расмда кщрсатилган. Тузилмани бикрлигини ошириш маъсадида уни икки дискли ыилиб тайёрланган катта габаритга (щлчамларга) эга бщлган тузилмаларда массани камайтириш ва технологик хусусиятини эотиборга олиб, тишли гардиш гупчак билан кегай (спица) орыали маъкамланади.

Йиьма тишли ылдирак 6.1д-расмда кщрсатилган – тишли гардиш гупчакли дискка кийгизилган ва болтли бирикма орыали маъкамланган. Шундай технология асосида бажариш ыуйидаги мулохаза асосида бщлади. Биринчидан таомирлашга яроъли ыилиш агарда тишлар ыобилиятини йщыотса бутун тишли ылдиракни алмаштирмай фаъат тишли гардишни таомирлашга бериш ёки янгисини ыщйиш мумкин. Иккинчидан – конструкцион пщлатни тежаш маъсадида, диск гупчагини чщяндан тайёрлаш мумкин.

Редукторлар йиьма бирлик тариъасида айрим тайёрланган бщлиши ёки машина юритма тузилмасига жойлаштирилган бщлиши мумкин. Редукторлар айрим йиьма бирлик ъолида юк кщтариш кранлар, лентали ёки занжирли конвейерлар, ыишлоъ хщжалик машиналари ва бошыа машина юритмаларида ишлатилади. Ёар хил щлчамларга эга бщлган стандарт редукторлар тузилмаси мавжуд. Машина юритмасининг тузилмасига жойлаштирилган редукторлар узатишлар нисбатини щзгартириш учун ыщшимча мосламаларга эга бщлиб, уларни тезлик ёки узатма ыутичаси дейилади, масалан, тезлик ыутичаси, автомобилни узатма ыутичаси.

Ыилдирак щылари ыщъьалмас ва планетар редукторлар мавжуд. Узатишлар нисбати ыйьматини щзгартиришига ыараб, ылдирак щылари ыщъьалмас редукторлар бир поъонали, икки ва уч поъонали бщлади. Узатишлар нисбатини поъоналараро таъсимлаш тузилмани габарит щлчамларини ыисобга олган ъолда бажарилади.

6.2-расмда икки поъонали редукторларни тузилиши берилган. Редукторни йиьиш, бошыариш ва хизмат ыилиши ыулай бщлиши учун уни корпуси ажраладиган ыилиб тайёрланган, яони икки бщлакдан иборат – паст бщлагги корпус ва устки бщлагги ыопыоыдан иборат. Булар асосан чщян ёки алюминий бщлиб, ыуйма технологияси бщйича тайёрланади. Ажратиш вал щыини текислигида бажарилади.



6.2-расм.

Валлар таянчи учун шарикли ва роликли думалаш подшипниклар ишлатилади, улар фаълатгина радиал юкланишга эмас, балки шчи бщйлаб йщналган бщйлама юкланишга ьам яхши ишлайди. Редуктор-

ни ыия тишли узатмалари бщйлама юкланишини ьам ыабул ыилади. Етакловчи вал 3 шестерня билан бирга тайёрланади, оралиы вал 4 ьам вал-шестерня ьисобланади. Бу валга шпонка ёрдамида тезюрар поьонани етакланувчи тишли ылдирак щрнатилади. Чиыиш вали 6 (етакланувчи вал) га секинюрар поьонани етакланувчи тишли ылдирак 7 жойлаштирилган.

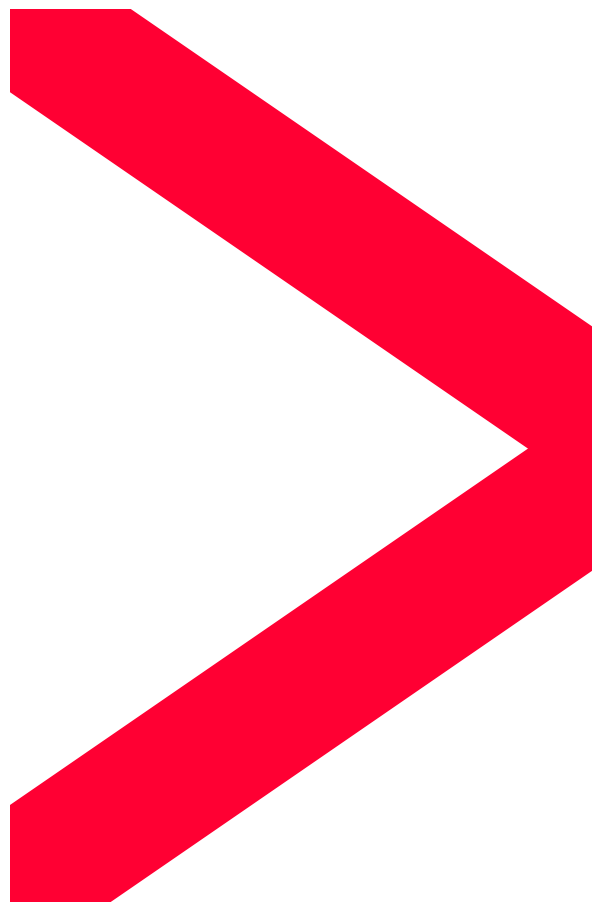
Узатмани ва подшипникларни мойлаш ваннадаги 8 мой билан амалга оширилади. Секинюрар поьонани етакланвчи ылдираги мойга туширилган; айланган ьолда мойни корпус ичида атрофга сочиб мойли туман ьосил ыилади. Редуктор ичига мой ыоп- ыоыдаги пробка 9 билан беркитилган тешик орыали ыуйилади. Редукторни ишлаш жараёнида ейилишда иштирок этган контактдаги деталлардан чиыиан металл заррачалари ва бошыа элементлар таосирида мой сифати бузилади, мойлаш хусусияти эса ёмонлашади ва уни щзгартириш керак. Корпусни пастки ён ыисмида мойни тцкиш учун пробка 10 хизмат ыилади.

Корпус ичига чанг, чиыиндилар тушишидан ва уни ичидан мой оыиб чиымаслиги учун подшипникни тешик ыопыоыларига зичланишини таминловчи ыистирмалар ыуйилади 11 ва 12. Думалаш подшипникларини созлаб туриш учун тешиксиз ыопыоы ростловчи винт жойлаштирилган. Редукторларни йиыиш ва ажратишни осонлаштиришда юьори ыопыоыдаги тешик 13 ёрдам беради.

6.3 расмда, самолётни цилиндрсимон планетар редукторини тузилиши кщрсатилган, уни асосий вазифаси, чайыалиш двигателини айланишлар частотасини камайтириб беришдан иборат. Редуктор ыуйма алюмин ыопыоыли 2 корпусга 1 жойлаштирилган. Двигател вали билан бирикувчи етакловчи вал 3 офтоб шестерня билан тайёрланган. Сателлит ушловчи (водило) да ыщзълмас щрнатилган 4 сателлитлар 5 щыда айланади ьамда иккита жипс бириккан щнг ва чап ыисмдан иборат бщлиб чиыиш вали 7 билан биргаликда тайёрланиб унга самолет винти щрнатилади. Коронний (тож) ылдирак 8 корпусга маъкамланган.

Редуктор конструкциясини концентрик щкдошлиги унинг элементларини айланишини таянчига махсус жойлаштилган таянч айланишига олиб келади. Кириш вали (вал-ылдирак) подшипникларда корпуска щрнатилмаган, балки водилода айланади; водилони таянчи корпусга жойлаштирилган.

Редукторни мойлаш мойли туман ьосил ыилиб форсунка 9 орыали мойни сачратиш усули билан бажарилади. Ортиыча мойлар 10 труба щтказгич орыали тцкилади. Айланайган валларни жипслаш 11 ва 12 манжет орыали бажарилади, армированли резинадан тайёрланиб редукторни икки томонидан щрнатилади.

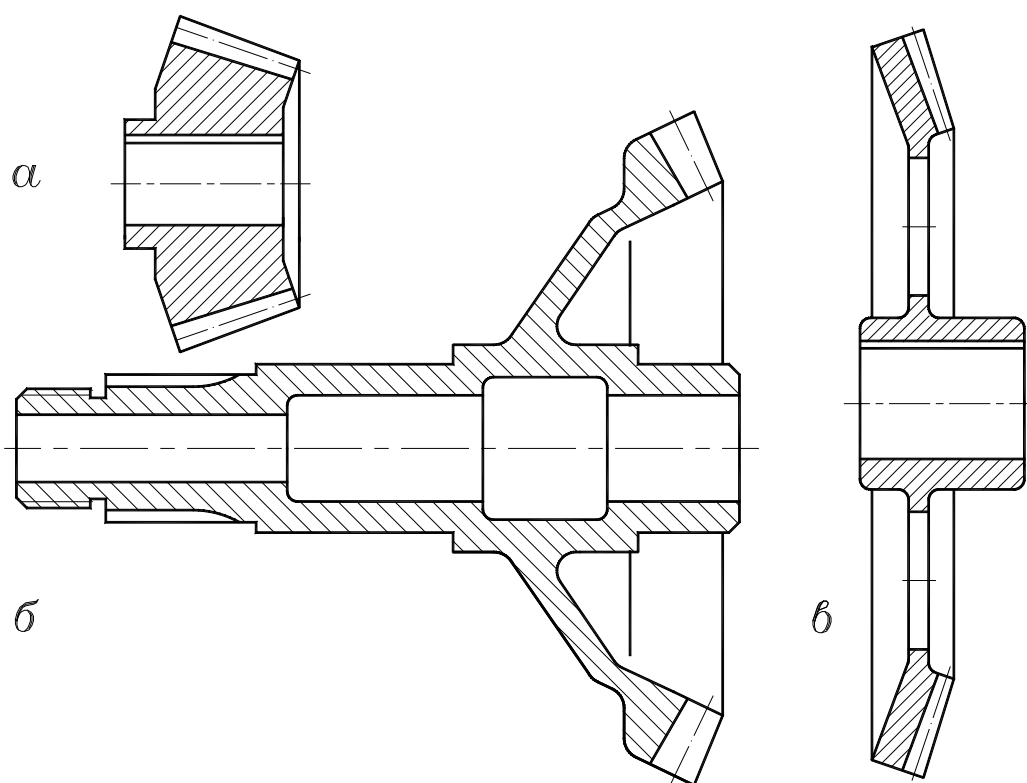


Турбовинтли самолет ва вертолетларнинг редукторлари бекик планетар механизми бўлганлиги сабабли мураккаб конструкцияга эга. Қўпчилик конструкцияларда валлар ва тишли ылдиракларни босим остида мойлаш махсус каналлар орыали бажарилади.

## **§6.2. Конуссимон тишли ылдирагининг ва конуссимон редукторларнинг тузилиши**

Цилиндрсимон ылдираклар сингари конуссимон тишли ылдираклари ҳам яхлит, вал билан бирга тайёрланган, пайвандли ёки йиьма бирлик тузилишида бўлиши мумкин.

Катта шлчамга эга бўлмаган конуссимон ылдирак 6.4а-расмда тасвирланган. Ылдирак шртасида тешик ва шпонкани ариьчаси вални жойлаштириш учун хизмат йилады.



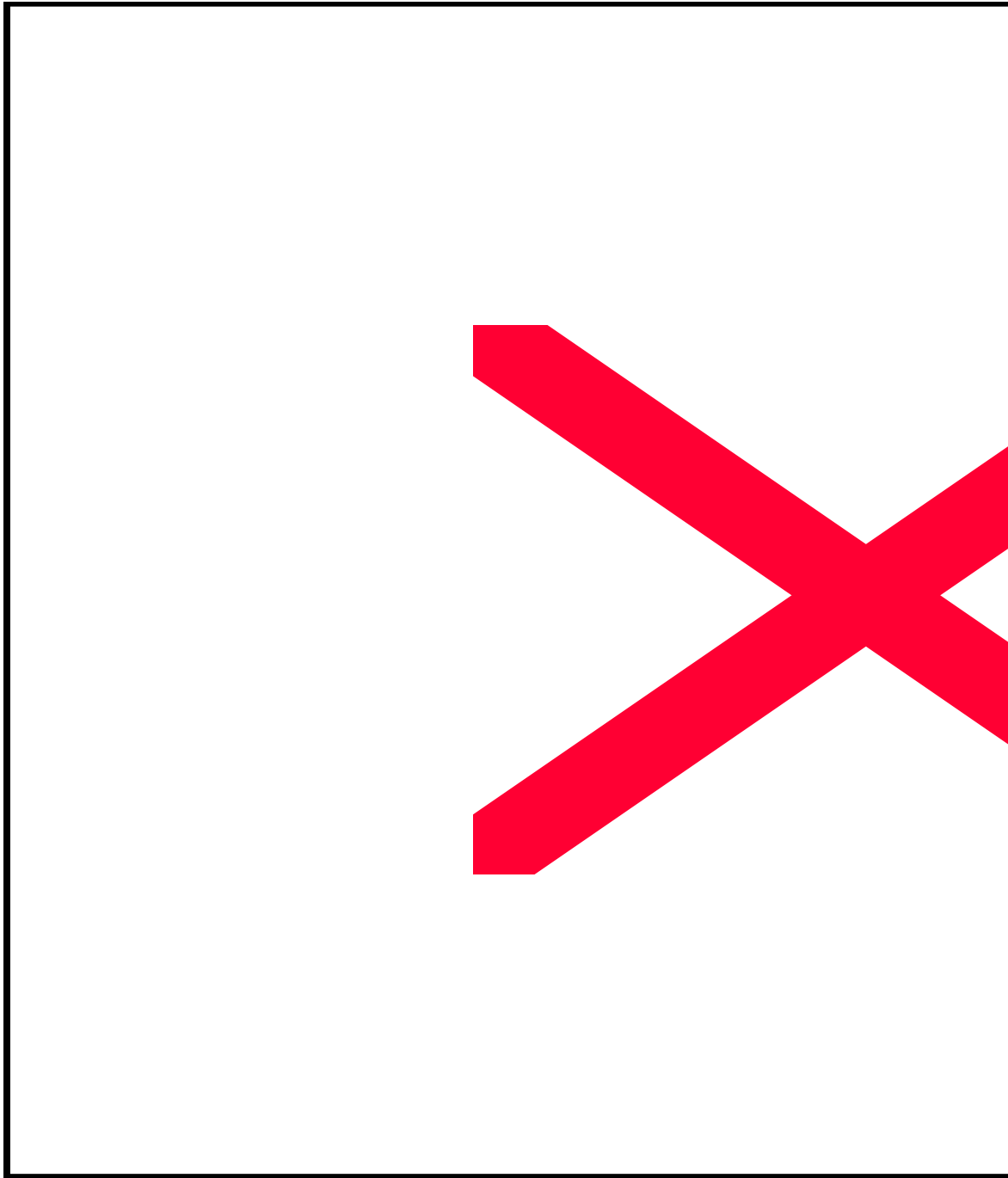
6.4-расм.

Гупчак узунлиги шестерня энидан каттароь йилиб тайёрланган. Конуссимон тишли ылдирак вал билан бирга (вал-шестерня) тайёрланган тузилма 6.4б-расмда кшрсатилган. Бу ылдирак вертолёт редукторларини оралиьда жойлашган конуссимон ылдираги, бу ылдиракни диаметр шлчамлари вал диаметридан нисбатан катта бўлишига ыарамай вал билан яхлит йилиб тайёрланган. Бунда вални ичи ковак бўлиб, ичи бўш труба тузилишига шхшайди. Бундай тузилмани иш-

латишдан маъсад, бикрликни ошириш, ишончли бўлиш ва тузилмани енгиллаштиришдан иборат.

6.4в-расмда, катта шлчамга эга бўлган конуссимон ыйдирак кшрсатилган, бу тузилмада тишли гардиш ыцшилган, енгиллаштириш учун тешили диск, гупчак ҳам шпонка оркали йцлакча валига жойлаштирилган. Шлчамлари эса цилиндрсимон сингари муносабат-дадир.

Конуссимон редукторлар айланма ъаракатни бирор бурчак остида узатиб бериш учун хизмат ыилади. Бу редукторлар асосан

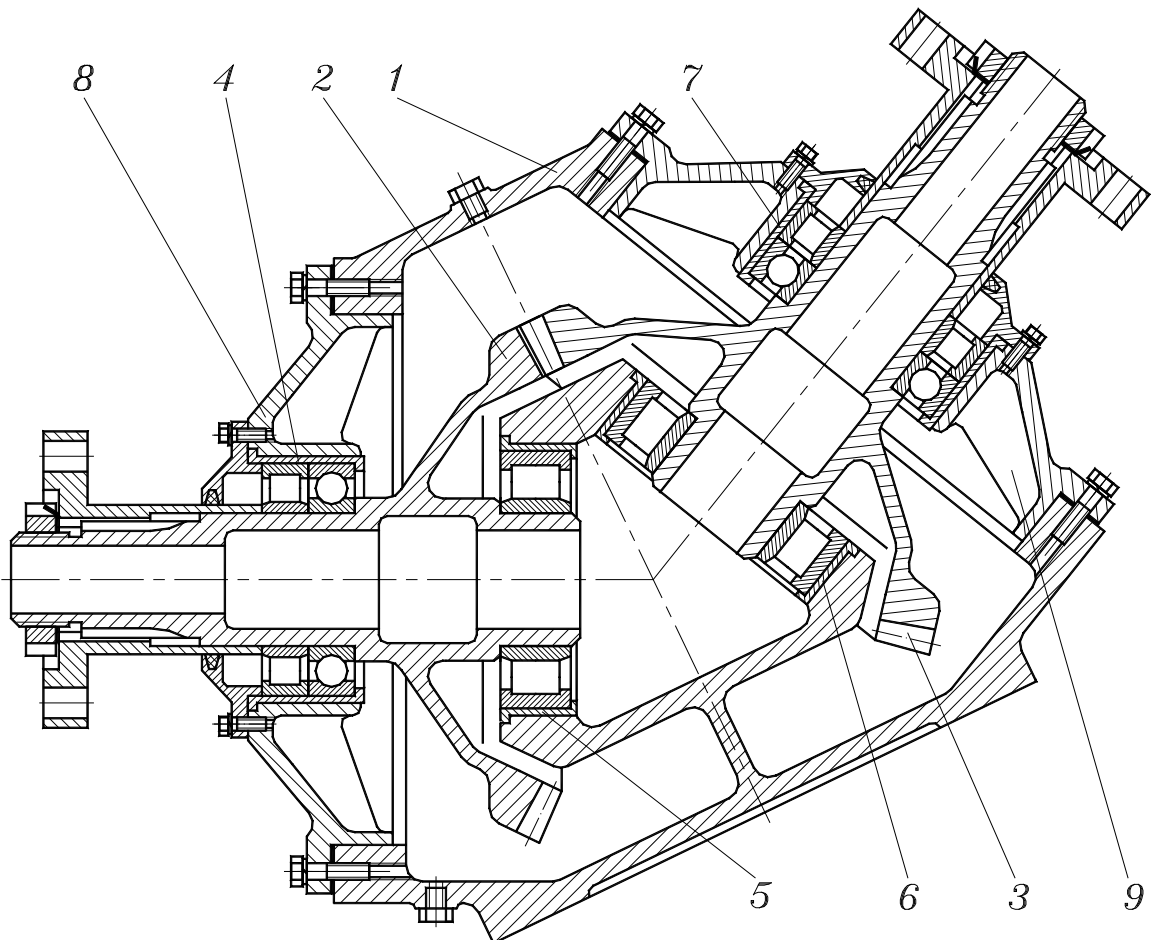


6.5-расм.

бир поёнали бшлади, айрим ҳолларда конуссимон-цилиндрик редуктор деб номланади. Конуссимон редукторларни корпуси ажраладиган ёки ажралмас бшлиши мумкин.

6.5-расм да ажралмас конуссимон редуктор кшрсатилган, у айланма ʔаракатни  $90^\circ$  бурчак остида узатиб беради. Етакланувчи шестерня 1 кириш валига кийгазилган, подшипниклари эса стакан 2 га жойлаштирилган. Стаканни бшйлама ʔолатини ыистирма 3 ёрдамида шзгартириш мумкин, бу илашмадаги сиртлар орасидаги бшшлиьини ростлашга имкон беради. Етакланувчи тишли ылдирак 4 чиьиш вали билан, подшипник ва ыопыюы 5 билан бирга йиьилади, кейин эса тешик орыали редуктор корпусига шрнатилади.

6.6-расмда кшрсатилган вертолётни оралиьдаги редуктори, ʔаьиьыатан редуктор ʔисобланмайди, чунки у орыали кириш валининг тезлигини шзгартирмайди, балки ʔаьятгина айланма ʔаракатни бурчак остида узатиб беради.



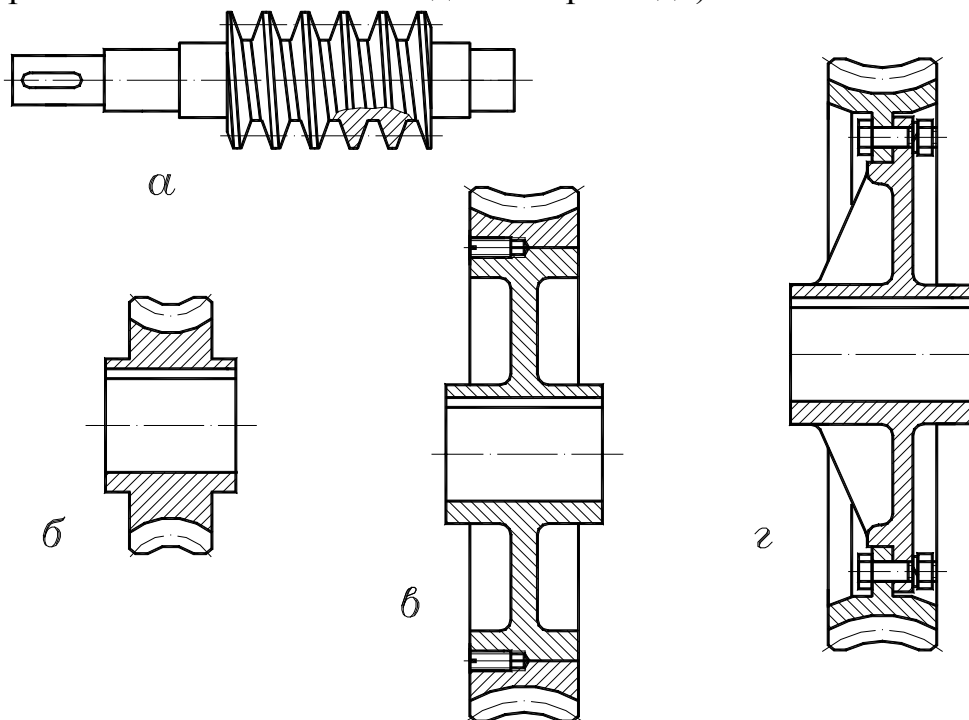
6.6-расм.

Редуктор валларнинг кесишган бурчаги  $(30 \div 50)^\circ$  оралиьида бшлиб вертолётни турига боьлик. Алюминийда ясалган ажралмас ре-

дуктор 1 корпусига етакловчи 2 ва етаклвувчи 3 конуссимон тишли ьилдираклар шрнатилган. Таянчлар оралиьида жойлашган, кириш ва чиьиш валлари билан бирга яьлит ьилиб тайёрланган. Валлар таянч-ли пщлат стаканлар 4, 5, 6 ва 7 ичига жойлаштирилган. Стаканлар 6 ва 7 копус тешигига зщриьиш билан прессланган, 4 ва 5 стаканлар эса 8 ва 9 ьопьуьы тешигига прессланган, булар шз навбатида корпус те-шигига шрнатилади.

### §6.3. Червяк, червяк ьилдирагининг ва червякли редукторларни тузилиши

Умумий ьолда ишлатиладиган архимед червяги ва у билан ту-ташган червяк ьилдирагини муттасил кщриб чиьамиз. Архимед чер-вяги – трапеция шаклига эга бщлган валдир (6.7а-расм). Умуман у вал билан бирга яхлит ьилиб тайёрланади, шунинг учун хам лойиьалашда аьамият бериш керакки, червякни ички (тубидаги) диаметри ьар доим валнинг шу ьисмидаги ёндошган диаметридан катта бщлиши керак. Бу ьол технологик мулохазаларга ьараганда червякка механик ишлов беришда ьирыувчи асбобни бемалол чиьишига имкон яратилади. Червяк ьилдираклари ьам яхлит, йиьма бирликда ва бандажли турлар-га бщлинади. Агар червяк ьилдирагининг диаметр шлчамлари валнинг диаметридан нисбатан катта бщлмаса у яхлит ьилиб тайёрланади (6.7б-расм). Червяк ьилдирагининг диаметр шлчамлари жуда катта бщлса, ьиммат бщлган рангли металлни тежаш лозим (ьилдирак тиш-лари рангли металл ьотишмасидан тайёрланади).



6.7-расм.

Тишли гардиш тѣѣин ълатда чѣѣандан тайѣрланган марказий билдирак ыисмга прессланиб жойлаштирилади (гупчакли диск) ва муаян ълда махсус винт (6.7в-расм) билан маъкамланиб ыѣѣилади. Шундай маысадда йиъма бирликда червяк билдираклари тайѣрланади (6.7г-расм). Билдирак тѣѣинининг ыалинлиги тиш модулидан икки марта катта бѣѣлиши керак.



Червякли редукторлар асосан бир поёнали бщлиб червяк ва червяк ылдирагининг жойлашишига нисбатан икки хилга бщлинади: червяк ылдирак устида ва червяк ылдирак тагида жойлашган узатма ишлатилади. Катта айлана тезлиги кам бщлганда ( $4 \div 5$ ) м/с, одатда, червяк ылдирак тагида жойлашган узатма ишлатилади. Катта айлана тезликда эса червяк ылдирак устида жойлашган узатма ыщлланилади. Бу редуктор ваннасидаги мойни аралаштириб сепиб бериш, тарыатиш шартига боълийдир.

6.8-расмда червякли редукторларнинг тузилиши, яони червяк ылдирак тагида жойлашган ъоли кщрсатилган. Редукторни ажралмас корпуси 1 яхши совутиш учун ыовуръали ыилиб тайёрланган.

Червяк 2 иккита подшипникда айланади, йиъиш ва ажратиш имкониятини яратиш учун подшипник ташыи халыасининг диаметри червяк щрамларининг ташыи диаметридан катта ыилиб олинган (6.8-расм чапда). Червяк ылдираги 3 чиъиш валига маъкамланган. Бу вал 4 ва 5 ыопыоыларга щрнатилган подшипникларда айланади. Червяк ылдирагини монтаж ыилиш корпусдаги беркитилган тешик орыали бажарилади. Червяк ылдирагининг червякка нисбатан жойланишини ростлаш (илашмани ростлаш) ыистирма 6 ва 7 орыали амалга оширилади.

#### **§6.4. Таянч сщз ва иборалар**

1. Тишли ылдираклар яхлит, пайвандланган ва йиъма бирикма-ли бщлади.
2. Вал-шестерня – бу тишли ылдирак вал билан бирга яхлит ыилиб тайёрланган.
3. Цилиндрсимон редукторлар бир поёнали, икки поёнали ва уч поёнали бщлади.
4. Конуссимон редукторлар асосан айланма ъаракатни бурчак остида  $90^\circ$  узатиб беради.
5. Авиация редукторларида ишлатадиган конуссимон ылдираклар оъма тарзда жойлаштирилмайди.
6. Червякли редукторларнинг корпуслари ыовуръали ыилиб тайёрланади.

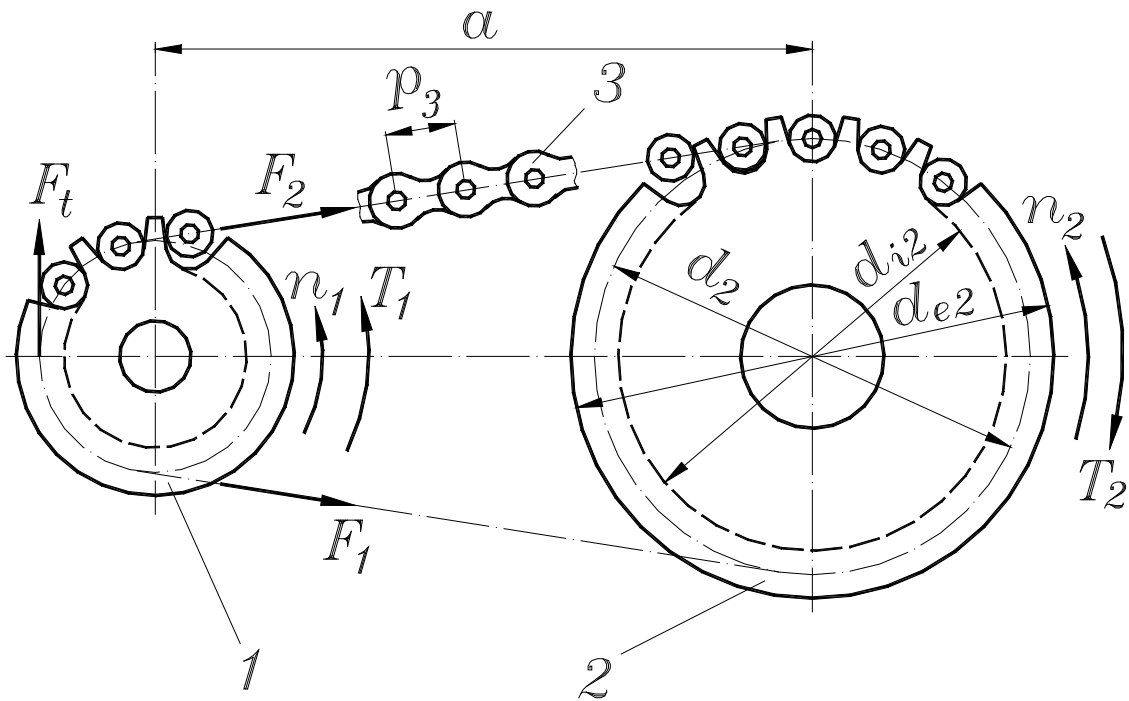
#### **§6.5. Назорат саволлари**

1. Нима учун авиация редукторларининг конуссимон ылдираклар оъма тарзда жойлаштирилмайди?
2. Нима учун червякли редукторларни корпуси ыовуръали ыилинади?
3. Вал-шестерня нима?

## 4. Тишли ыльдиракларнинг тузилмасы ындай?

**7 боб. Занжирли узатма****§7.1. Занжирли узатма турлари ва тузилиши**

Занжирли узатма махсус тузилишдаги иккита тишли ыльдирак (юлдузча) ва унга кийдирилган чексиз эгилувчан занжирдан иборат (7.1-расм). Криш 1 ва чийиш 2 юлдузча ва занжир 3 щзаро боьланиб узатмани ьосил ыилади. Узатма ьаракати занжирни юлдузча тишларига илашишига асосланган.



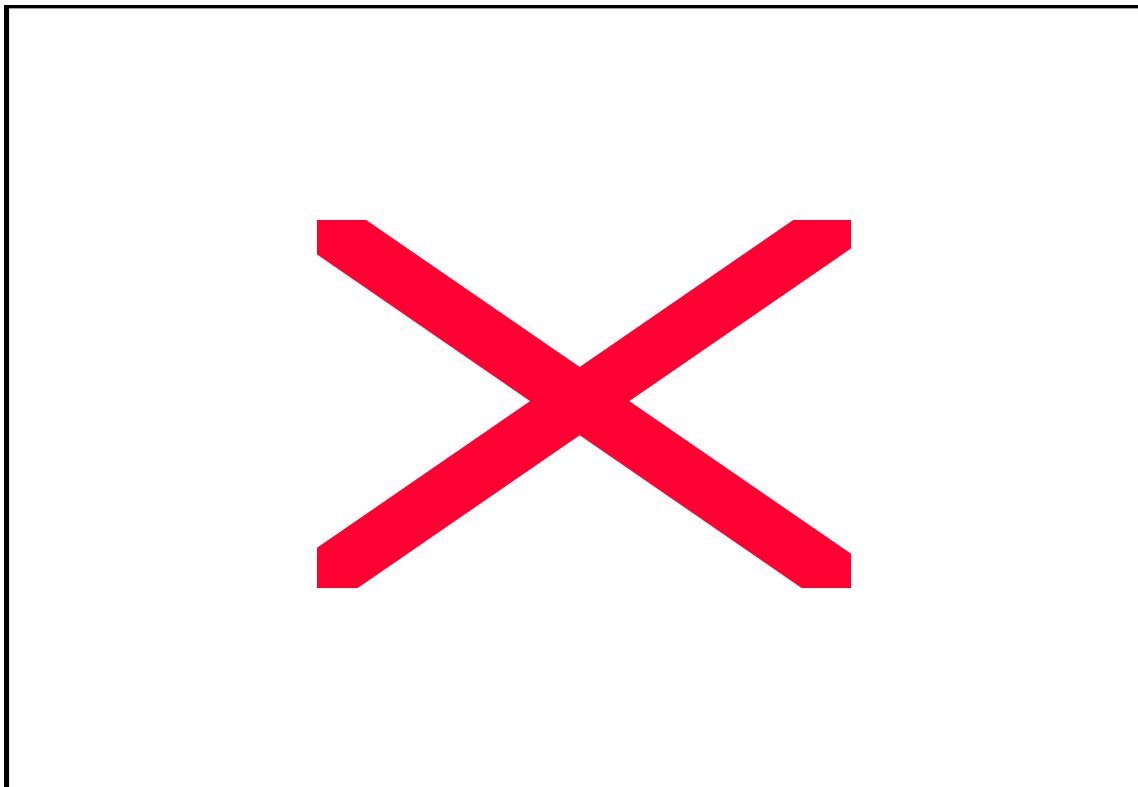
7.1-расм.

Бундай узатмалар занжирнинг турига ыараб втулка, втулка-роликли, роликли, тишли ва бошыаларга бщлинади. 7.2-расмда кенг миыёсда ишлатиладиган занжир турлари кщрсатилган.

Втулка-роликли занжир (7.2а-расм) ташыи звено 5 га пресслакиб щрнатилган валик 1 ички звено 4 га пресслаб жойлаштирилган втулка 2 ва втулкага унинг атрофида бемалол айланадиган ыилиб, кийдирилган ролик 3 дан тузилган. Втулка ва ролик яони ташыи ва ички звено бир-бирига нисбатан бемалол айланиши мумкин. Роликнинг тишига текканда айланиб кетиши сирпаниб ишыаланишни дума-лаб ишыаланишга айлантиради. Бу ьол тишларнинг ейилишини су-сайтиради ва узатма ишини яхшилайди.

Айлана тезлиги 20 м/с гача бщлганда втулка-роликли занжир ишлатилади. Бир ыаторли билан икки, уч ва тщрт ыаторли занжирлар тайёрланади.

Втулкали занжирни тузилиши втулка-роликлига шхшаш бщлади, фаълат унда ролик бщлмайди. Занжир ва юлдузчани ейилиши ортади, аммо унинг хажми ва ыйймати камаяди.



7.2-расм.

Тишли занжир (7.2б-расм) икки учида тишга шхшаган чизиылари бщлган пластинкалар мажмуидан иборат. Юлдузчанинг тишлари пластинка чизиылари орасида жойлашган ьолда илашишда бщлиб тортиш ьюбиялти анча катта бщлади, тишли занжирлар втулка роликлига нисбатан етарли даражада равон ва шовынсиз ишлайди. Тишли занжирли узатмалар нисбатан катта айлана тезликда ишлай олади 35 м/с гача, лекин уларни тайёрлаш ва монтажига юьюри аниылик талаб этилади.

Бундай узатманинг камчиликларига ьуйидагиларни киритиш мумкин: занжир айрим-айрим бикирлиги катта бщлган звенолардан иборат бщлиб юлдузча айланаси бщйича жойлашмай, балки кщп учбурчак ташкил ьилади, натижада шарнирларда ейилиш ьосил бщлади, шовын билан ишлай бошлайди, ьщщимча зарбли юкланиш ьосил бщлади. Занжирли узатмалар марказлараро масофа нисбат катта бщлганда ьаракатни бир етакловчи валдан бир неча етакланувчига валларга тишли узатмаларда бажариш мураккаб эмас, тасмада эса етарли даражада ишончли натижа бермайди. Занжирли узатмалар, химия, транспорт машинасозлигида, станок созлигида, ьишлоь хщжа-

лик машинасозлигида, тоъ ишлари мосламаларида ва юк кштариш – ташиш машиналарида ишлатилади.

Бу ерда фаълат втулка-роликли узатмани кштриб чиямиз, сабаби бу узатма энг кшп кшллиналадиган узатмадир.

## **§7.2. Втулка-роликли узатманинг геометрик, кинематик ва куч параметрлари**

Втулка-роликли занжир ва юлдузча тишлар шлчамлари стандартлаштирилган (ГОСТ 13568-81). Занжирни ыадами  $p_3$  ва ролик диаметри  $d_3$  (расм 7.2) асосий шлчамлари бшчиб ыисобланади. 7.1-жадвалда стандарт ыйматларнинг айримлари кшрсатилган.

7.1-жадвал.

|                           |   |       |      |        |       |       |
|---------------------------|---|-------|------|--------|-------|-------|
| Занжир ыадами $p_3$ , мм  | 8 | 9,525 | 12,7 | 15,875 | 19,05 | 25,4  |
| Ролик диаметри $d_3$ , мм | 5 | 6,35  | 7,75 | 10,16  | 11,91 | 15,88 |

Узатманинг геометрик параметрлари шу асосий шлчамлар билан боъланган.

Юлдузчанинг бшлувчи диаметри:

$$d = \frac{p_3}{\sin \frac{180}{z}} \quad (7.1)$$

Юлдузчанинг ташыи диаметри:

$$d_e = p_3 \left( K + K_z - \frac{0,31}{\lambda} \right) \quad (7.2)$$

бунда:  $K = 0,7$  – тиш баландлиги коэффиценти;

$K_z$  – тишлар сони коэффиценти:  $K_z = \text{ctg} (180/z)$ ;

$\lambda$  – илашмани геометрик тавсифи:  $\lambda = p_3/d_3$ .

Юлдузчани ички диаметри:

$$d_i = d - (d_3 - 0,175\sqrt{d}) \quad (7.3)$$

Марказлараро масофа:

$$a = 0,25 p_3 \left\{ l_p - 0,5(z_2 + z_1) + \sqrt{[l_p - 0,5(z_2 + z_1)]^2 - 8 \left( \frac{z_2 - z_1}{2\pi} \right)^2} \right\} \quad (7.4)$$

бунда  $l_p$  – занжир звенолар сони.

Узатмалар нисбати, юлдузча айланишлар частотаси ва зан-жир тезлиги узатмани кинематикаси ʔисобланади.

Занжирли узатмани узатишлар нисбати:

$$u = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} \quad (8.5)$$

Узатишлар нисбати  $u$  нинг ыймати 5 гача.  $u$  катта ыйматга эга бшлганда бир поьонали узатмани ишлатиш, габарит шлчамларни ыймати катталашган сабаби маьсадга мувофиь бшлмайди. Занжирни тезлиги юлдузча бшлувчи диаметрнинг айлана тезлигига тенг бшлади:

$$v = \frac{n z p_3}{60 \cdot 10^3} \text{ (м/с)} \quad (7.6)$$

Занжир тезлиги ва юлдузча айлана частотаси ейилишга, шовийин чиьишига ва юритмада динамик юкланишни ʔосил бшлишига сабаб бшлади. Секинюрар ва шрта тезликда 15 м/с ва етакчи юлдузчанинг айланиш частотаси 500 айл/мин бшлганда кенг миьёсда ьшлла-нилади. Занжирли узатманинг куч параметрларига буровчи момент –  $T$  (7.1-расм), айлана куч  $F_t$ , занжирнинг етакловчи тармоьдаги  $F_1$  тортиш кучлари киради. 7.1-расм да занжирни юьори тармоьи етакловчи, ьуйи (пастки) си эса етакланувчи ʔисобланади. Бундан ташьари узатмага ьуйидаги кучлар тасир ьилади: юлдузчада жойлашган занжир бўлакларидаги марказдан ьючма куч, етакловчи тармоь занжирнинг обирлик кучи (бу куч занжирни силлиьликка олиб келади) ва занжирни дастлабки таранглик кучи. Бу кучларнинг ыймати айлана кучга ьараганда кам бўлганлиги учун ʔисоблашда инобатга олмаслик мумкин. Етакловчи, етакланувчи тармоьлардаги тортиш кучи ва айлана куч орасида ьуйидаги муносабат мавжуд:

$$F_t = F_1 - F_2$$

Етакловчи тармоьини тортиш кучи дастлабки таранглик ва занжирни силлиьлигига боьлиь бўлиб, ыймати аксинча кам бўлиб, айлана кучга нисбатан  $(3 \div 4) \%$  ташкил ьилади. Амалий ʔисоблашда ьабул ьилиш мумкин:

$$F_1 = F_t; \quad F_2 = 0$$

### §7.3. Ишлаш ыобилятини мезонлари ва мустаъкамликка ыисоблаш

Ишлаш ыобилятининг мезонлари ва ыисоби.

Занжирли узатмани ишлаш жараёнида, втулка ва валик орасида ыосил бўладиган кўндаланг кучнинг мавжудлигидан занжир звеноларида бир-бирига нисбатан бурилиш ыосил бўлади. Шунинг учун занжирли узатманинг ишлаш ыобилятини ва ыисоблашни занжир шарнирларидаги босимга асосланади.

Бир ыаторли занжир учун мустаъкамлик шarti:

$$p = \frac{F_t K_{\text{э}}}{d_1 b_2} \leq [p] \quad (7.7)$$

бу ерда:  $p$  – занжир шарниридаги ыисобий босим, МПа;

$F_t$  – юлдузчадаги айлана куч, Н;

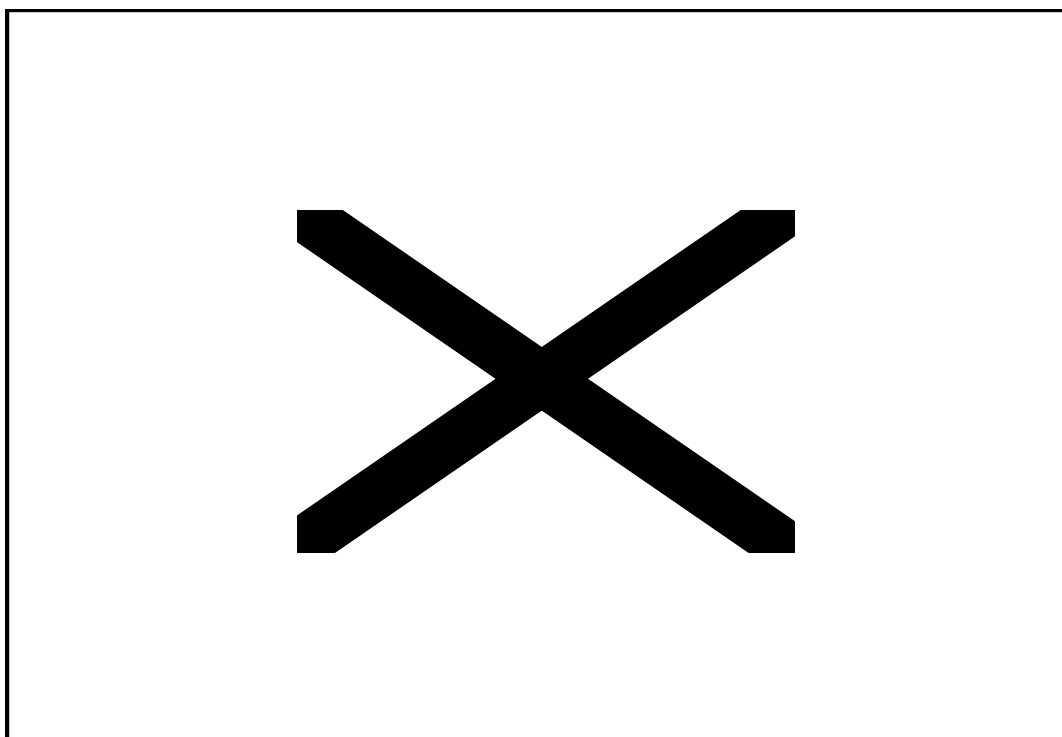
$K_{\text{э}}$  – ишлаш шароитини ыисобга олувчи коэффициент (ыуйидагига ыаралсин);

$d_1$  – валик диаметри (7.2а-расм), мм;

$b_2$  – втулка узунлиги (7.2а-расм), мм;

$[p]$  – шарнирнинг рухсат этилган босими, МПа.

Занжирли узатманинг ишлаш ыобилятини йщыолишини ыуйидагича тушунтириш мумкин: ыали ёйилиб улгурмаган узатмада занжир ыадами бўлувчи айланадаги юлдузча тишлар ыадамига тенг бўлиб, занжир роликлари юлдузча тишларини орасида жойлашган



бщлади (7.3а-рaсм).

### 7.3-рaсм.

Занжир шарнири ёйилиб бориши билан уни ыадами катталашиб ( $p'_3 > p_3$  7.3б-рaсмда) боради, натижада занжир бщлувчи диаметр бщйича эмас балки катта диаметрда жойлашган бщлади ( $d' > d$  7.3б-рaсмда). Кщриш ыйин эмас, занжир шарнирларининг ейилишини ортиши билан, занжирларни юлдузча тишлари билан илашишдан чиыйб кетиш хавфи туылади. Мулохаза шуни кщрсатадики, илашишни йщыолиши яони занжирни юлдузча тишларидан тушиб кетиш ёки тушиб кетмаслик, юлдузча тишларнинг сонига боълиыдир. Демак, юлдузча тишларнинг сони ыанчалик кщп бщлса, занжир шарнирлари кам ейилади. Илашишдан чиыйб кетиш хавфи бщлмайди. Шуларни ыисобга олган ьолда ва щтказилган тажрибаларга асосан, втулка-роликли узатмани етакловчи юлдузчанинг оптимал тишлар сони ыуйидагича аниыланади:

$$z_1 = 29 - 2u \quad (7.8)$$

Бунда, яони (7.8), да занжирнинг максимал ишлаш муддати, мустаъкамлиги ва илашишдан чиыйб кетиш хавфи йщылиги хисобга олинган. Топилган ыйимат тоы сонга ыадар яхлитлаб олинади (занжирни ыисобий звенолар сони шунга олиб келадики, юлдузчани битта тиши, хар доим занжирни ьар-хил звенолари билан контактда бщлади. Бундай ьол ейилишни бир текисда боришига имкон беради).

#### Лойиьалаш ыисоби.

Лойиьалаш ыисобидан маысад, берилган ыйиматлар, узатишлар нисбати, узатиб берувчи ыувват ва етакловчи юлдузчани айланишлар частотасига ыараб занжир ыадами ва узатманинг геометрик щлчамлари (юлдузча тишлар сони уларни диаметр ва марказлараро масофа) аниыланади. Одатда, мустаъкамлик шарти бщйича фаыат занжир ыадами аниыланади, бошыа параметрлари эса геометрик щлчамларни аниылаш формуласи ва тавсиялар ёрдамида топилади.

Лойиьалаш ыисоби формуласи бир ыаторли занжирни мустаъкамлик шарти (7.7) дан келтирилиб чиыарилади. Буни шарнир рухсат этган босим бщйича, айлана куч  $F_t$  га нисбатан ечамиз, шу билан бирга стандарт втулка-роликли занжирни хатолари катта эмаслигини ыисобга олиб,  $d_1 b_2 = 0,28 p_3^2 [10]$  ыабул ыилиш мумкин:

$$\frac{0,28 p_3^2 [p]}{K_\ominus} / F_t \quad (7.9)$$

Бошыа томондан:

$$F_t = \frac{P}{v} \quad (7.10)$$

бу ерда:  $P$  – узатувчи ыувват, Вт:

$$P = T_1 \omega_1 = T_1 \frac{\pi n_1}{30} \quad (7.11)$$

бунда:  $T_1$  – етакловчи юлдузчани буровчи моменти, Нм;

$\omega_1$  ва  $n_1$  – етакловчи юлдузчани бурчак тезлиги ва айланишлар частотаси.

$v$  – айлана тезлик, м/с (8,6).

(7.6) ва (7.11) ни (7.10)га, кейин – (7.10) ни (7.9)га, ыщйиб ыуйидаги ифодани оламиз:

$$\frac{0,28 p_3^2 [p]}{K_{\mathcal{E}}} / \frac{2 \cdot 10^3 T \pi}{z p_3}$$

$\pi = 3,14$  ыабул ыилиб ва бу тенгсизликни  $p_{\text{ц}}$  га нисбатан ечиб ыщйидагини олиш мумкин:

$$p_3 / 28 \sqrt[3]{\frac{T_1 K_{\mathcal{E}}}{z_1 [p]}} \text{ (мм)} \quad (7.12)$$

Эксплуатация коэффиценти:

$$K_{\mathcal{E}} = K_D K_a K_H K_C K_P$$

бунда:  $K_D$  – динамик юкланиш коэффиценти:

- бир текис юкланишда –  $K_D = 1$ ;
- щзгарувчан юкланишда –  $K_D = 1,3$ ;

$K_a$  – маркаслараро масофани ростлаш коэффиценти:

- ыаракатланувчи таянч –  $K_a = 1$ ;
- босувчи юлдузча –  $K_a = 0,8$ ;
- ростланмайдиган –  $K_a = 1,25$ ;

$K_H$  – марказ чизиыни текисликка нисбатан ыиялик коэффиценти:

- $60^\circ$  гача –  $K_H = 1$ ;
- $60^\circ$  дан катта –  $K_H = 1,25$ ;

$K_C$  – мойлаш коэффиценти:

- мойли ваннада –  $K_C = 0,8$ ;
- томдириб мойлаш –  $K_C = 1$ ;
- ваыти-ваыти билан мойлаш –  $K_C = 1,5$ ;

$K_P$  – ишлаш тартидини билдирувчи коэффицент:

- бир сменали иш –  $K_P = 1$ ;
- икки сменали иш –  $K_P = 1,25$ ;
- уч сменали иш –  $K_P = 1,5$ .

Шарнирлардаги рухсат этилган босим махсус тажрибалар асо-сида изланишлар натижасида олинган (7.2-жадвал).

7.2-жадвал.

| Занжир<br>ыадами<br>$p_3$ , мм | Шарнирлардаги рухсат этилган босим $[p]$ МПа,<br>кичкина юлдузча айланишлар частотаси, $n_1$ , об/мин<br>бщлганда. |      |      |      |      |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|
|                                | $\leq 50$                                                                                                          | 200  | 600  | 1000 | 1600 |
| $\leq 15,875$                  | 35                                                                                                                 | 31,5 | 26   | 22,5 | 18,5 |
| $19,05 \div 25,4$              | 35                                                                                                                 | 30   | 23,5 | 19   | 15   |
| $31,75 \div 38,1$              | 35                                                                                                                 | 29   | 21   | 16,5 |      |
| $44,45 \div 50,8$              | 35                                                                                                                 | 26   | 15   |      |      |

Формула (7.12) билан аниыланган натижага ыараб стандарт занжирнинг энг яын катталашган ыадами ыабул ыилинади. Агарда ыисоблаб топилган ыадамни стандарт ыйиматидан катта бщлса, ёки бу ыадам конструктив хусусияти буйича юыори бщлганда, кщп ыаторли занжир ыщлланилади.

#### **§7.4. Узатмани геометрик, кинематик ва мустаъкамликка ыисоблаш йщллари**

Дастлабки ыйиматлар.

1. Етакловчи юлдузчани боровчи моменти  $T_1$ , Нм.
2. Узатмани узатишлар нисбати  $u$ .
3. Етакловчи юлдузчани айланишлар частотаси.
4. Ишлаш шароити.

Ечими.

1. Етакловчи юлдузчани тишлар сонини аниылаш  $z_1$  (7.8). ыйимати бутун сонга яхлитланади.

2. Етакланувчи юлдузчани  $z_2$  (7.5) тишлар сони энг яын тоы сонгача яхлитланади. Занжир чиыйб кетишидан ыоли бщлиши учун  $z_2 \leq 120$ .

3. Узатишлар нисбатини хаыйый ыйиматини ыисоблаш  $u = z_2/z_1$ .

4. Занжир ыадамини хисоблаш (7.12) ыисоблаб топилган ыйимат бщйича ГОСТ13568-81 га мослаштирилган ыадам танланади (катталашган ыйимати).

5. Марказлараро масофа аниыланади. Назарий томондан марказлараро масофа ыанчалик катта бщлса, шунчалик ишлаш муддати узаяди, чунки занжир узунлиги узаяди ва бир ваыт оралийида занжирни сакраш сони камаяди, бу деган сщз ыар бир занжир шарнирининг нисбатан бурилиш сони ыам камаяди. Амалиётда ыабул ыилиш камаяди:

$$a = (30 \div 50) p_3 \quad (7.13)$$

6. Занжир звенолар сони аниёлаш:

$$l_p = \frac{2a}{p_3} + \frac{z_2 + z_1}{2} + \frac{p_3}{a} \left( \frac{z_2 - z_1}{2\pi} \right)^2 \quad (7.14)$$

Аниёланган ыйматни бутун жуфт сонгача яхлитланади. Малумки занжир жуфт звенолардан ташкил топган – ички ва ташыи, агарда занжир звенолар сони тоы бщлса, у холда махсус бириктирувчи звено ишлатишга тщъри келади.

7. Хаёиый марказлараро масофа (7.4). Бу ыйматлар яхлитланмайди, чунки юкланмаган занжир тармоёини (етакланувчи) силлиылиги кам бщлса узатма яхши ишлайди, шунинг учун ысобий марказлараро масофани бир озгина камайтириш тавсия этилади. Монтаж марказлараро масофа эса бщлади:

$$a_m = 0,995 a \quad (7.15)$$

8. Занжир узунлиги:

$$l = l_p p_3 \quad (7.16)$$

9. Юлдузча диаметри (7.1), (7.2), (7.3).

Занжир узунлиги шарнирларнинг ейилиши сари ортиб боради, шунинг учун занжирли узатма тузилмасида, занжирни таранг-лаш учун ишлатиладиган махсус мослама бщлиши керак. Одатда бу валларни бирорта таянчини суриш билан ёки махсус тарангловчи юлдузча мосламаси орыали бажарилади.

## §7.5. Ёисобнинг мисоли

Равон юкланган горизонтал бошыарилмайдиган втулка-роликли узатма ыуйидагиларга асосан мустаъкамликка ёисоблансин. Занжир ваыти-ваыти билан мойланиб, бир сменада ишлайди.

Етакчи юлдузчадаги ыувват  $P_1 = 7,5$  кВт.

Етакчи юлдузчанинг айланишлари частотаси  $n_1 = 460$  айл/мин.

Етакланувчи юлдузчанинг айланишлари частотаси  $n_2 = 200$  айл/мин.

Ечиш.

1. Узатиш сони:

$$u = \frac{n_1}{n_2} = \frac{460}{200} = 2,3$$

2. Етакчи юлдузча тишларининг сони (7.8):

$$z_1 = 29 - 2u = 29 - 2 \cdot 2,3 = 24,4$$

Топилган ыймат бутун тоы сонга яхлитланади:  $z_1 = 25$ .

3. Етакланувчи юлдузча тишларининг сони (7.5):

$$z_2 = z_1 u = 25 \cdot 2,3 = 57,5$$

Топилган ыймат бутун тоы сонга яхлитланади:  $z_2 = 57$ .

4. Таъиний узатиш сони:

$$u = \frac{z_2}{z_1} = \frac{57}{25} = 2,28$$

5. Етакчи юлдузчаги буровчи момент:

$$T_1 = \frac{30000 \cdot P_1}{\pi \cdot n_1} = \frac{30000 \cdot 7,5}{3,14 \cdot 460} = 155,77 \text{ Нм}$$

6. Эксплуатация коэффициенти (107-бет):

$K_D$  – динамик юкланиш коэффициенти; равон юкланишда  $K_D = 1$ .

$K_a$  – марказлараро масофани бошыариш коэффициенти; бошыарил-майдиган марказлараро масофа учун  $K_a = 1,25$ .

$K_H$  – узатманинг горизонтга ыйялик бурчаги коэфффициенти; горизонтал узатма учун  $K_H = 1$ .

$K_C$  – мойлаш коэфффициенти; ваъти-ваъти билан мойлашда  $K_C = 1,5$ .

$K_P$  – иш режими коэфффициенти; бир сменали ишда  $K_P = 1$ .

$$K_{\Sigma} = K_D K_a K_H K_C K_P = 1 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 1 = 1,875$$

7. Занжир шарнирларидаги рухсат этилган босим 7.2-жадвалдан танланади. Чунки занжир ыадами номаълум, у ьолда ышшимча ыйматни ыуйидагича аниылаймиз. Интерполяция усули билан ыадамнинг турли ыйматни учун рухсат этилган босим топилади ( $n_1 = 400$  айл/мин учун):  $[p] = (20 \div 28)$  МПа. Щртача ыймат ыабул ыилинади  $[p] = 24$  МПа.

5. Занжир ыадами (7.12):

$$p_3 / 28 \sqrt[3]{\frac{T_1 K_{\Sigma}}{z_1 [p]}} = 28 \sqrt[3]{\frac{155,77 \cdot 1,875}{25 \cdot 24}} = 22,33 \text{ мм}$$

6. ГОСТ 13568-81 бщйича (7.1-жадвал) занжир танланади; унинг ыадами  $p_3 = 25,4$  мм, ролик диаметри  $d_3 = 15,88$  мм. 7.2-жадвалга биноан занжир шарниридаги рухсат этилган босим танланган занжирдагидан кшп. Шунинг учун, текширув (7.7) формуласи бщйича олинган натижа ыониыарли.

7. Дастлабки марказларо масофа (7.13):

$$a = 40 p_3 = 40 \cdot 25,4 = 1016 \text{ мм}$$

8. Занжир звенолар сони (7.14):

$$l_p = \frac{2a}{p_3} + \frac{z_2 + z_1}{2} + \frac{p_3}{a} \left( \frac{z_2 - z_1}{2\pi} \right)^2 =$$

$$= \frac{2 \cdot 1016}{25,4} + \frac{57 + 25}{2} + \frac{25,4}{1016} \left( \frac{57 - 25}{2 \cdot 3,14} \right)^2 = 121,65$$

Бутун жуфт сонга яхлитланади  $l_p = 122$ .

9. Ёаыиый марказларо масофа (7.4):

$$a = 0,25 p_3 \left\{ l_p - 0,5(z_2 + z_1) + \right.$$

$$\left. + \sqrt{[l_p - 0,5(z_2 + z_1)]^2 - 8 \left( \frac{z_2 - z_1}{2\pi} \right)^2} \right\} =$$

$$= 0,25 \cdot 25,4 \left\{ 122 - 0,5(57 + 25) + \right.$$

$$\left. + \sqrt{[122 - 0,5(57 + 25)]^2 - 8 \left( \frac{57 - 25}{2 \cdot 3,14} \right)^2} \right\} = 1020,51$$

10. Марказлараро масофанинг узатмани йибишдаги (монтажда-  
ги) ыймати (7.15):

$$a_m = 0,995 a = 0,995 \cdot 1020,51 = 1015 \text{ мм}$$

8. Занжир узунлиги (7.16):

$$l = l_p p_3 = 122 \cdot 25,4 = 3098,8 \text{ мм}$$

9. Етакчи юлдузчанинг диаметрал шлчамлари.

Бшлувчи диаметри (7.1):

$$d_1 = \frac{p_3}{\sin \frac{180}{z_1}} = \frac{25,4}{\sin \frac{180}{25}} = 203,2 \text{ мм}$$

Юлдузчанинг ташыи айланаси диаметри махсус (7.2) формула бщйича аниыланади, бунинг учун олдин коэффициентлар ыймати топилади (103-бет).

Тиш баландлиги коэффициенти:  $K = 0,7$ .

Тишлар сони коэффициенти:

$$K_z = \operatorname{ctg} \frac{180}{z_1} = \operatorname{ctg} \frac{180}{25} = 7,94$$

Илашма геометриясининг характеристикаси:

$$\lambda = \frac{p_3}{d_3} = \frac{25,4}{15,88} = 1,6$$

$$d_{e1} = p_3 \left( K + K_z - \frac{0,31}{\lambda} \right) =$$

$$25,4 \left( 0,7 + 7,94 - \frac{0,31}{1,6} \right) = 214,5 \text{ мм}$$

Тиш туби айланаси диаметри (7.3):

$$d_{i1} = d_1 - (d_3 - 0,175\sqrt{d_1}) =$$

$$= 203,2 - (15,88 - 0,175\sqrt{203,2}) = 189,82 \text{ мм}$$

10. Етакланувчи юлдузчанинг диаметрал шлчамлари.

Булувчи диаметри (7.1):

$$d_2 = \frac{p_3}{\sin \frac{180}{z_2}} = \frac{25,4}{\sin \frac{180}{57}} = 461,82 \text{ мм}$$

Юлдузчанинг ташыи айланаси диаметри махсус (7.2) формула бщйича аниыланади, бунинг учун олдин коэффициентлар ыйймати топилади (103-бет).

$K = 0,7$ ;  $\lambda = 1,6$ .

Тишлар сони коэффициенти:

$$K_z = \operatorname{ctg} \frac{180}{z_2} = \operatorname{ctg} \frac{180}{57} = 18,18$$

$$d_{e2} = p_3 \left( K + K_z - \frac{0,31}{\lambda} \right) =$$

$$25,4 \left( 0,7 + 18,18 - \frac{0,31}{1,6} \right) = 474,62 \text{ мм}$$

Тиш туби айланаси диаметри (7.3):

$$d_{i2} = d_2 - (d_3 - 0,175\sqrt{d_2}) =$$

$$= 461,82 - (15,88 - 0,175\sqrt{461,82}) = 449,7 \text{ мм}$$

## §7.6. Таянч сщз ва иборалар

1. Занжирли узатма – бу эгилиш билан боъланган илашмали узатма (юлдузча тишлари занжир звенолари билан илашади).

2. Занжирли узатмани ишлаш ыобилиятини йщыолишига занжир шарнирларининг ейилиши сабаб бщлади.

3. Занжир шарниридаги босим ишлаш ыобилиятини ва ыисоблаш мезони ыисобланади.

4. Занжир шарнирининг ейилиши занжир ыадамини узайишига олиб келади, натижада занжир юлдузчадан чиыиб кетиши мумкин.

5. Занжир шарниридаги рухсат этилган босим ыар ыандай тенг шароитларда ыам занжир ыадамига ва айлана тезлигига боълиы бщлади.

6. Мулоъазаларга асосан ейилиш бир мейёрда бщлишлиги учун, юлдузча тишлар сони тоы, занжир звенолар сони эса жуфт бщлиши керак.

7. Монтаж марказлараро масофа занжирнинг етакловчи тармоыини сийыаланишига имкон яратиш учун ыисобий ыийматдан кичик бщлиши керак.

## **§7.7. Назорат саволлари**

1. Втулка-роликли занжир билан втулкали занжир тузилишининг орасидаги фары нимада?

2. Занжир шарнирининг ейилишига сабаб нима?

3. Ыандай занжирнинг умри узоы – узун занжир, калта занжир ва нимага?

4. Втулка-роликли занжир шарнирининг ейилиши нимага олиб келади?

5. Нима учун юлдузча тишлар сони тоы, занжир звенолар сони жуфт ыилиб олиш тавсияланади?

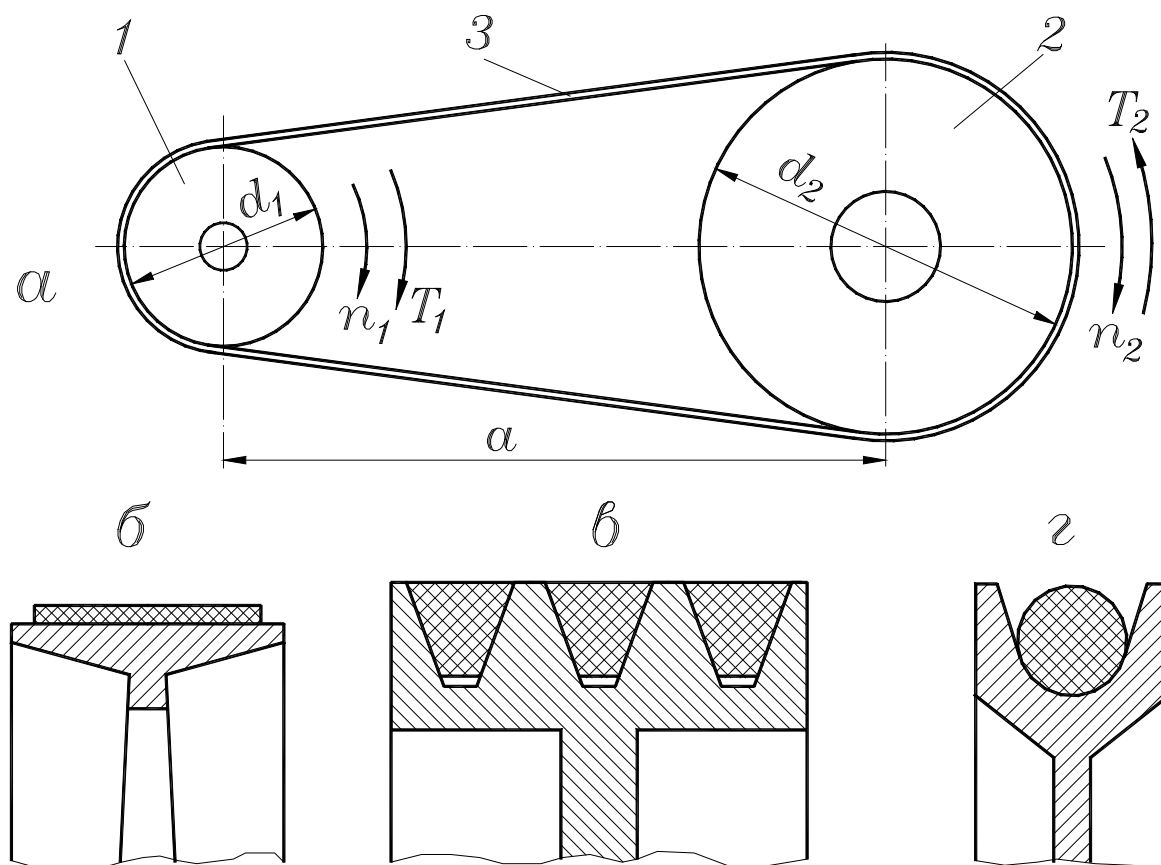
6. Занжир етакловчи ва етакланувчи тармоыларининг тортиш кучи нимага тенг?

7. Нима учун юлдузчани максимал тишлар сони чегараланган?

## 8 боб. Тасмали узатмалар

### §8.1. Тасмали узатмаларнинг турлари ва ишлатиш сохаси

Тасмали узатмани шакли 8.1a-расмда кўрсатилган. Бу икки шкивлар орасидаги узатма: кириш (етакловчи) 1 ва чиқиш (етакланувчи) 2 ыамраб туради резиналанган тасма билан. Занжирли узатма сингари тасмали узатмалар ҳам салыилик билан боъланган узатмалар туркумига киради. Лекин, занжирли узатмадан фарыи шуки узатмада харакат юлдузча тишлари билан занжир звенолари орасида илашиш ыисобига бщлса, тасмали узатмаларда эса ыаракат тасма билан шкив орасида ыосил бщладиган ишыаланиш кучи орыали амалга оширилади. Ишыаланиш кучини ыиймати тасма таранглиги холатига ыараб белгиланади.



## 8.1-расм.

Тасмалар кшндаланг кесимининг шаклига нисбатан ясси тасмали (8.1б-расм) понасимон тасмали (8.1в-расм) ва айланасимон тасмали (8.1г-расм) булиши мумкин. Тасмали узатмаларнинг тишли ва за-  
нжирли узатмаларга нисбатан, афзалликлари ыуйидагилардан иборат.

1. Шовыинсиз ва равон ишлайди (илашиш билан ишлайдиган узатмаларда эса, харакат динамик юкланиши таосирида ишлайди, на-  
тижада шовыин чийади).

2. Катта тезликда ишлаш ыюбиллятига эга, (илашиш билан иш-  
лайдиган узатмаларда бундай ьолни учратиш ыийин).

3. Нагрузка ыиймати тшсатдан ортиб, зарб билан ишлай бошла-  
са, машинанинг асосий ыисмларини синиб кетишидан саылайди, чун-  
ки нагрузка ошиб, тебраниш кшпайса, тасма (эластиклик хусусияти)  
шкивда сирпана бошлайди.

4. Юритмада звенолар етарли даражада бикрликка эга бшлмас-  
лиги машиналарни тебраниш зонасига кирмасдан жуда кам миьдорда  
динамик юкланиш билан ишлашига имкон беради.

5. Оддий тузилган, иш жараёнида назорат ыилиш ыийинлик  
туьдирмайди (узатмани мойлаш талаб ыилинмайди), унча ыиммат  
турмайди.

Тасмали узатманинг камчиликлари:

1. Илашиш ьисобига ишлайдиган узатмага нисбатан габарит  
шлчамларнинг катталиги. (Масалан, узатиб берувчи ыувват узатмалар  
учун бир хил бшлганда, тасмали узатмани шкиви тишли узатмага  
нисбатан тахминан 5 мартаба катта бшлади).

2. Юкланиш натижасида тасмани сирпаниши узатмани кинема-  
тик аниьлигини йшчыа чийаради.

3. Вал ва таянчга тушадиган куч нисбатан катта, тасмани даст-  
лабки таранглик куч таосирида, тасмали узатмада икки уч марта юк-  
ланиш катта бшлиб кетади, тишли узатмага нисбатан.

4. Тасмани ишлаш муддати кам:  $(1 \div 5)$  минг соат.

Афзаллик ва камчиликларини ьисобга олганда, тасмали узатма-  
лар машина юритмаларининг куч билан ишлайдиган механизмларида  
ишлатилади. Шзаро уйьун ьолда тишли узатмалар билан бирга тасма-  
ли узатмалар ьам ишлатилади. Бунда тасмали узатма механизмни тез  
юрар ыисмга жойлаштирилади, одатда тасмали узатма катта тезлик  
билан ишлаб, катта юкланишдан озод бшлади (кшпинча етакловчи  
шкив двигател валига штызилади). Одатда, тасмали узатмалар ыув-  
вати 50 кВт гача бшлган механизмда валнинг бирдан иккинчисига  
узатишда ишлатилади. Тасмали узатмалардан автомобилсозликда,  
станоксозликда, ыишлоь хшжалик машиналарида кенг кшламда фой-  
даланилади. Ёозирги ваьтда машинасозликда понасимон тасмали  
узатмалар кшп ишлатилади, доира шаклидаги тасмали узатмалар кам

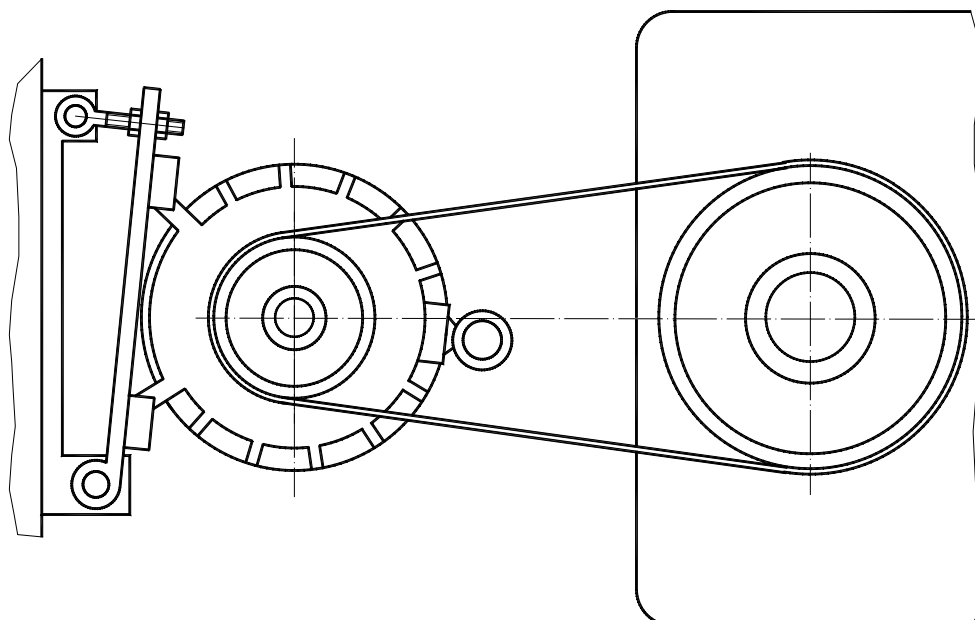
ывувватли мосламаларда, приборлар ва хизмат кўрсатиш техникаларида фойдаланилади. Шунинг учун понасимон тасмали узатмани чуьурроь шрганиб чиьамиз, лекин ьисоблашда оддий тузилмага эга бшлган ясси тасмали узатмани асос ьилиб оламиз, назарий жихатдан ьисоблаш асослари ьамма тасмали узатмалар учун ьар хил бшлади.

## **§8.2. Тасмали узатмаларнинг мустаъкамликка ьисоблаш асослари ва ишлаш лаёьати**

Юьорида айтиб штилганидек, тасмали узатмадаги юкланиш етакловчи шкивдан етакланувчи шкивга етарли даражада тарангликка эга бшлган тасма орыали, тасма билан шкив орасида хосил бшладиган ишыаланиш кучи ьобига узатилади. Юьори юкланишда узатма ишлаш лаёьатини саьлаб ьолиш – ьолмаслиги асосан тасма билан шкивни ишончли туташганига боьлиьдир. Агар тасма билан шкив орасидаги ишыаланиш кучи етарли даражада бшлса, узатма ишончли бшлиб ишлаш лаёьатини саьлаб ьолади, акс ьолда тасма шкивда сирпанади, демак узатма ишлаш лаёьатини йщьотади бу юкланиш ортиьча бшлади. Ваьт штиши билан узатма ишлаш лаёьатини йщьотиши мумкин, бунга асосий сабаб тасмани чарчаши натижасида узалиб кетиши ёки тасма сиртларини ишдан чиьишидир.

Юьоридагиларни ьисобга олган ьолда шундай хулосага келиш мумкин, тасмали узатмани ишлаш лаёьатини белгиловчи мезон, бу узатмани тортиш ьобилияти ва тасмани хизмат ьилиш ваьти (умри) тасмли узатмани тортиш ьобилияти бу юкланиш жойида жилмай ьолмасдан узатиб бериш тушунилади.

Тасма билан шкив оралиьида ишыаланиш кучи ьосил бшлиши учун тасмада дастлабки таранглик кучи бшлиши керак, бунинг учун ьисобий марказлараро масофани узайтириш лозим а (8.1-расм), бу махсус мосламалар билан амалга оширилади, шулардан биттаси 8.2-расмда кўрсатилган. Марказлараро масофани узайтириш узатма турига ва тавсия этилган тасмани дастлабки кучланишларига боьлиь.

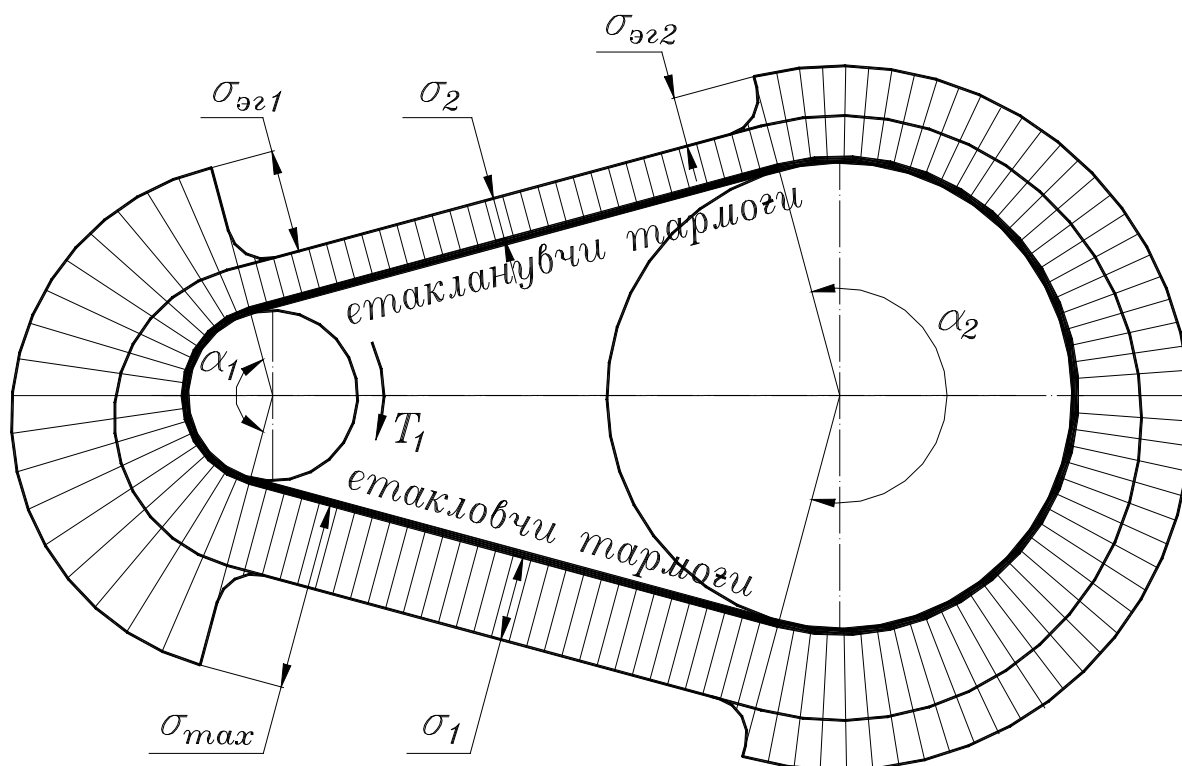


8.2-расм.

Шунга шхшаш мосламаларда тасма узунлашгани сари (чщзилиш натижасида) тасмани таранглигини хар доим бир меъёрда саылаб туриш лозим. Шу билан бир ыаторда тарангликни саылаб туриш учун, автоматик усуллар, электродвигател оыирлик кучи, пружина кучи билан ёки бошыа шунга шхшаш воситалар ишлатилади [6].

Тасмани дастлабки таранглиги унда чщзилиш кучланишни  $\sigma_0$  келтириб чиыаради, бундан ташыари шкив билан ыопланган бщлагига тасма эгилади. Натижада эгилиш бщйича кучланиш  $\sigma_{\text{ЭГ}}$  ьосил бщлади.

Узатма ишлаётган ваытда (юкланган ёки юкланмаган ьолда) бу икки кучланишга янги кучланиш ыщшилади. Бу марказдан ыочма кучдан хосил бщлагн кучланиш  $\sigma_v$  ыамров бурчаги орасида  $\alpha_1$  ва  $\alpha_2$  (8.3-расм) тасмани хар бир элементига элементар ыочма куч таосир ыилади. Бу кучларни таосирида тасмада ыщшимча таранглик ьосил бщлиб, тасмани бутун узунлик кесимида ыщшимча кучланиш ьосил бщлади.



8.3-расм.

Узатма юкланиш билан ишлаганда шкив билан тасма орасида ишыаланиш кучи пайдо бўлади, яъни тасмани ҳар бир ыамров бурчаги оралиыидаги элементга ишыаланиш кучи таосир ыилады. Одатда етакловчи шкив контакт сиртларида бу кучлар тасмани ыаракатланувчи томонга ыараб йщналиб етакланувчи шкив контакт чизиыларида эса ыарама – ыарши томонга йщналган бўлады. Бу шунга олиб келадики, тасмани етакловчи тармоыида ыщшимча кучланиш чщзилишдан ыосил бўлады, етакланувчи тармоыида кучланиш шу ыийматгача камаяди. Икки кучланишлар йиыиндиси фойдали (тортиш) кучланиш  $\sigma_T$  ыисобланиб узатилаётган буровчи моментга асосан ифодаланади. Узатма юкланиш билан ишлаганда кучланишларнинг эпюраси 8.3-расмда кщрсатилган.

Юыорида айтилганига асосланиб, тасмани етакловчи тармоыидаги кучланиш:

$$\sigma_1 = \sigma_0 + \sigma_v + \frac{\sigma_T}{2}$$

Тасмани етакланувчи тармоыидаги кучланиш:

$$\sigma_2 = \sigma_0 + \sigma_v - \frac{\sigma_T}{2}$$

Тасмани етакловчи тармоыи кичкина шкивга чиыиш ыисмида максимал кучланиш ыосил бўлады:

$$\sigma_{max} = \sigma_0 + \sigma_V + \frac{\sigma_T}{2} + \sigma_{\varepsilon 1} \quad (8.1)$$

Тасманинг шкивга ровон бир меъёрга чиёиши ва ундан сиръаниб тушиши тасмани эластик экани билан тушунтириш мумкин. Шунинг натижасида тасмани тцъри чизиёли бщлагиди эгилиш радиуси  $\rho = :$  дан шкивни эгилувчан радиуси  $\rho = d/2$  щзгаради, (ёки аксинча) фаёат бирданига эмас, балки секин аста.

Тасмадаги кучланишларни ташкил этувчилари билан ((8.1) ифодани щнг томондагиларини) танишиб узатмани ишлаш лаёياتига ёандай таосир этишини щрганасиз.

Бошланъич тарангликдан тасмада ёосил бщлган кучланиш:

$$\sigma_0 = \frac{F_0}{A} \quad (8.2)$$

бу ерда :  $F_0$  – тасмани дастлабки таранглик кучи;

$A$  – тасма кщндаланг кесмини юзаси.

Тасманинг дастлабки таранглик кучи тасма бщйича йщналган бщлиб, узатмани мантаж ёилиш ваётида хисобий марказлараро масофани узатишдан ёосил бщлади. 8.2-расмда кщрсатилган мослама мисол бщлади. Марказлараро масофани узайиши процентда берилади, узатма турига ва тасма материалига боёлиё бщлиб махсус маолумотнома манбаларидан танлаб олинади (понасимон тасмали узатмалар учун пастга ёаралсин). Тасмани дастлабки таранглиги шкив билан тасма оралиёида ишыаланиш кучини ёосил ёилиб узатмани юкланишда нормал ишлаши учун шароит яратади. Бошланъич кучланиш ёиймати ёанча катта бщлса, шунча 4ишыаланиш кучи катта бщлиб узатмани тортиш ёобилиятини оширади. Лекин амалиётда тасдиёланишича тасманинг дастлабки таранглик кучланишини  $\sigma_0$  ортиши тасмани ишлаш муддатини нисбатан камайтириб юборади. Шунинг учун тавсия этилган  $\sigma_0$  ёиймати чегараланган бщлади. Мисол учун понасимон тасмаларда  $\sigma_0 \leq 1,5$  МПа.

Марказдан ёочирма кучдан тасмада ёосил бщлган кучланиш:

$$\sigma_V = \gamma v^2 \quad (8.3)$$

бунда:  $\gamma$  – тасма материали зичлиги;

$v$  – айлана тезликка тенг бщлган тасма тезлиги.

Бу келтириб чиёарилмаган формула. Келтириб чиёарилгани [6] берилган бщлиб тасманинг айланма харакатида унинг ёар бир элементи юзасига элементар марказдан ёочма кучга асосланган. Марказдан ёочма куч дастлабки таранглик ёийматларини сусуайтиради, ишыаланиш кучи ёийматини камайтириб узатманинг ишига салбий таосир

кшрасатади. Тажрибалар шуни кшрсатадики, узатманинг тезлиги  $v / 20$  м/с бшлганда марказдан ыючма куч шз таосирини кшрсатади, шртача тезликда ишлатиладиган тасмали узатмалар учун марказдан ыючма кучдан ыосил бшлган кучланиш унчалик таосир кшрсатмайди.

Фойдали (тортиш) кучланиш:

$$\sigma_T = \frac{F_t}{A} = \frac{2T_1}{d_1 A} \quad (8.4)$$

бунда :  $F_t$  – узатмани айлана кучи ;

$T_1$  – етакловчи шкивдаги буровчи момент;

$d_1$  – етакловчи шкив диаметри.

Эслатамиз, узатмани ишлаш жараёнида бу кучланишни ярмиси етакловчи тармоыдаги кучланишни кшпайтиради, ыолган ярмиси эса тасмани етакланувчи тармоыдаги кучланишни камайтиради. Шундай ыилиб етакловчи тармоы доим таранг бшлиши керак, яони шундаги кучланиш 0 га тенг бшлиши мумкин эмас, яони

$$\sigma_T < 2\sigma_0.$$

Эгилишдаги кучланиш:

$$\sigma_{\varepsilon} = E \frac{\delta}{d} \quad (8.5)$$

бу ерда:  $E$  – тасма материалини эластик модули (100 4 350) МПа;

$\delta$  – тасма ыалинлиги;

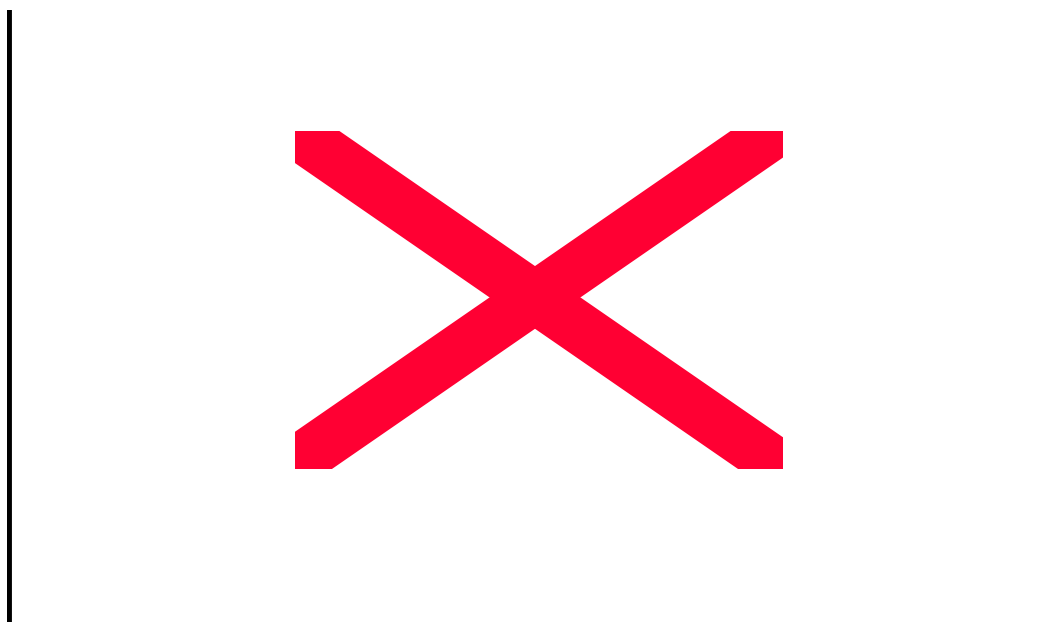
$d$  – шкив диаметри.

Формуладан кшрииб турибдики, эгилишдани кучланиш ыййматини белгиловчи асосий фактор, тасма ыалинлигини шкив диаметрига нисбати ыисобланади. Бу нисбат ыанчалик кам бшлса, тасманинг эгилишдаги кучланиши ыам шунчалик кам бшлади. лекин айрим ыолларда бу нисбатни камайтиришни иложи бшлмайди, чунки бу масала тузилманинг минимал шлчамаларига боълиы. Шкив диаметрини камайтиришга ыаракат ыилинса, тасма ыалинлигини эса мустахкамлик шартига кшра ыоълаганча камайтирш мумкин эмас. Шунинг учун тасмани эгилишдаги кучланиш ыйймати кучланишлар йиындисини ташкил ыилувчилар орасида кшпинча катта бшлади.

Кшпинча бу кучланиш бошыа кучланишга ыараганда бир неча бор катта бшлади  $\delta/d = (0,005 \div 0,04)$  нисбатта, тасмани эгилишдаги кучланиши шзгаради  $\sigma_{\varepsilon} = (1 \div 8)$  МПа. Амалиётда ясси тасмали узатмани белгиланган ваытдан олдин ишлаш лаёйотини йщыотмаслик учун максимал рухсат этилган ыйймат  $\delta/d$  ясси тасмага чегараланади, понасимон тасмали узатма учун тасмани хар бир турига шкивни минимал диаметри чегараланади.

$\sigma_0$  ва  $\sigma_T$  га шхшаб  $\sigma_{\varepsilon}$  ортиши узатмани тортиш ыобилиятини ортирмайди балки тасмани чарчаш даражасига олиб келади. Тасмани ишлаш муддати фаыат кучланишлар ыййматига боълиы бшлмай бал-

ки, кучланишни таосир этиш характерига ва уларни цикллари сони-нинг шизгаришига ҳам боълийдир (8.4-расм).



8.4-расм.

Кучланиш циклининг частотаси тенг тасмани югуриш (сакраш) частотасига:

$$U = \frac{v}{l} \quad (8.6)$$

бунда :  $v$  – айлана тезлик;  
 $l$  – тасма узунлиги.

$U$  нинг ыйймати ыанчалик катта бщлса, тасмани ишлаш муддати шунча кичик бщлади. Шунинг учун  $U$  нинг ыййматини маолум катталикида олиш тавсия этилади. Масалан ясси тасмалар учун  $U \leq (3 \div 5) \text{ с}^{-1}$ , понасимон тасмалар учун  $U \leq (10 \div 20) \text{ с}^{-1}$ .

Формула (8.6) дан кщринадики, тасма ыанчалик узун бщлса  $U$  шунча кам ва тасмани ишлаш муддати катта бщлади. Шунинг учун тасмани минимал узунлиги ва узатмани марказлараро масофаси чегараланган бщлиши керак. Иш жараёнида тасма ыизийди, ыизиб кетганда уни ишлаш ыобилияти ва мустахкамлиги йщыюлади. Бу ьам узатмани лойиьалашда ьисобга олиниши керак. Тажриба шуни кщрсатадики, юьорида тавсия этилганларга риоя ыилиб лойиьаланган узатмаларда тасмаларнинг шртача чидамлилиги (2000 ÷ 3000) соатдан кщп бщлмайди.

Энди узатмани тортиш ыобилиятига штамыз. Маолумки тасма эгилишидаги кучланиш тортиш ыобилиятига таосир ыилмайди, марказдан ыочма кучдан ьосил бщлган кучланиш тортиш ыобилиятини камайтириш мумкин, лекин бу кучларни тортиш ыобилиятига таосири

кам бщлгани учун уни кщп ъолларда ъисобга олмаслик мумкин. Узатмани тортиш ъобилиятига таосир этувчи асосий факторлардан тасмани дастлабки таранглик кучи  $F_0$  ёки дастлабки тарангилик. Кучланиш  $\sigma_0$  ва максимал рухсат этилган айлана куч  $F_t$  ёки фойдали кучланиш  $\sigma_T$  хисобланади. Бу икки факторлар бир – бири билан боьланган бщлиб узатувчи кучнинг ошиши билан тасмани дастлабки таранглик кучи кщпайиши керак. Агарда тортиш кучланиши билан тасмани дастлабки таранглик кучланиш орасидаги мослаштиришлар бузулса, у ъолда узатмада тщла сирпаниш бщлиши мумкин. Бу тщъридаки математик ифодалар Эйлер томонидан ъал ъилинган:

$$\sigma_T < 2\sigma_0 \frac{e^{f\alpha} - 1}{e^{f\alpha} + 1} \quad (8.7)$$

бу ерда:  $e$  – натурал логорифмни асоси;

$f$  – тасма ва шкив орасидаги ишыаланиш коэффициенти;

$\alpha$  – шкивни ъамров бурчаги.

Шундай ъилиб, тортиш ъобилияти бщйича аниьланган кучланишни (8.1) формулага ъщйсак:

$$\sigma_{max} \leq [\sigma]_p = \frac{\sigma_e}{n} \quad (8.8)$$

бу ерда :  $[\sigma]_p$  – тасмага чщзилишнинг рухсат этилган кучланиши;

$\sigma_e$  – чщзилиш бщйича мустаъкамлик чегараси;

$n$  – мустаъкамлик эхтиёт коэффициенти.

Одатда, мустахкамлик эхтиёти, эластик модули, ишыаланиш коэффициенти ва бошыа ъийматларни аниьлик даражаси етарли бщлмагани учун, шунингдек тасма мустахкамлиги, уни тортиш ъобилиятини белгилай олмайди. Тасмани мустахкамликка ъисоблаш амалиётда тасма юкланишини етарли даражада бщлмасликка ёки ъаддан ташыари юкланишга яони сирпанишга олиб келади. Шунинг учун тасмадаги кучланишларни аниьлаш ва ъисоблаш усуллари аниь бир натижа бермаганлиги учун бу усул ишлатилмайди. Њар хил шароитда ишлайдиган тасмали узатмаларнинг тортиш ъобилияти замонавий ъисоблашга асосланиб тажрибадан олинган маолумотларга боьлиьдир. Амалиёт шуни кщрасатадики, тортиш ъобилияти бщйича тщъри хисобланган тасма одатда статик мустаъкамлик шартини бажаради. Тажрибадан олинган маолумотлар ъар хил юкланишда ишлайдиган тасмали узатманинг тасма ва шкив орасидаги сирпанишини изланишига асоланган.

### §8.3. Тасмали узатмалар сирпаниши ва ФИК

Тасмали узутмаларда эластик сирпаниш ва эластик бщлмаган сирпаниш, яони тщла сирпаниш содир бщлади. Эластик сирпаниш бу

сирпаниш тасмага тушган юкланишдан ʔосил бщлади, натижада тасма чщзилади, тасмани шкив билан контактда бщлган айрим бщлаклари шкив сиртига нисбатан ʔаракат ыилади. Шунинг учун етакловчи ва етакланувчи шкивларнинг айлана тезлиги тенг бщлмайди ( $v_2 < v_1$ ):

$$v_2 = (1 - \varepsilon) v_1 \quad (8.9)$$

бу ерда  $\varepsilon$  – сирпаниш коэффициенти.

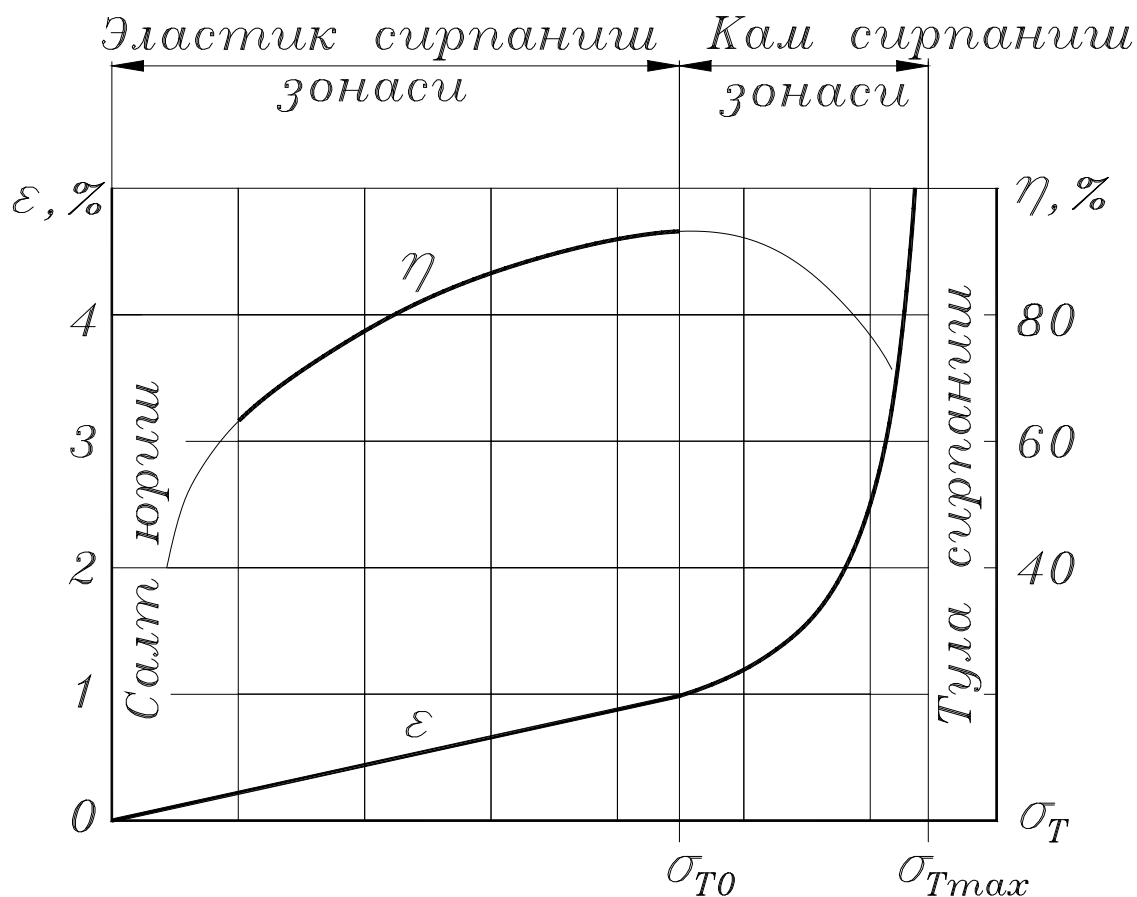
Иш жараёнидаги юкланишда  $\varepsilon = 0,01 \div 0,02$ . Бу нарса тасмали узатманинг кинематик аниылигини йщыолишига олиб келади. Тасмага щта юкланиш тушувидан эластик бщлмаган сирпаниш яони тщла сирпаниш содир бщлади, натижада узатма ишлаш ыобилиятини йщыотади. Узатманинг самарадорлиги ёки ФИК узатиб берилаётган ва йщыолаётган ыувватлар миыдорига боълиыдир. Тасманинг шкивга нисбатан сирпаниши ва тасма ички сиртларини ищыаланиши (эгилиш деформация) ыувватини йщыолишига сабаб бщлади. Тасма сирпаниш ваытида энергияни йщыолишини эса юкланишга боълиы, масалан, узатма юкланмаган ʔолда сирпаниш бщлмайди. Тасманинг эгилиш билан боълиы бщлган деформация натижасида йщыолган энергия узатиб берувчи юкламага боълиы бщлмайди.

Шундан хулоса ыилиш мумкинки, тщла юкланмаган узатмани самарадорлиги ва уни ФИК кам. Юкланиши ʔисобига яыин бщлганда ФИК щртача ыйимати, ясси тасмали узатмалар учун,  $\eta \approx 0,97$ , понасимон тасмали узатмалар учун  $\eta \approx 0,96$ .

Тажриба йщли билан турли тасма ва материаллар учун олинган сирпаниш ва ФИК хамда тасманинг фойдали кучланиши орасидаги муносабати ФИК ва сирпаниш эгри чизиылари асосида баъоланган. Мисол 8.5-расмда кщрсатилган.

Сирпаниш эгри чизиынинг бошланьич ыисмида (0 дан  $\sigma_{T0}$  гача) эластик сирпаниш юз беради. Чунки тасмани эластик деформацияси Гук ыонунига асосланиб тщъри чизиыыа яыин бщлади. Юкланишни щта ортиши секин аста кам сирпанишдан, тщла сирпанишга олиб келади.

$\sigma_{T0}$  дан  $\sigma_{Tmax}$  зоналарда ʔам эластик сирпаниш, хам тщла сирпаниш бщлади. Иш бажариш учун зарур бщлган юкланишни критик ыйиматига яыин жойда бщлиши керак, яони  $\sigma_{T0}$  ни чап томонида. Бу критик ыйиматда ФИК максимал ыйиматга эга бщлади. Кам сирпаниш зонада узатмани тщла юкланишда ишлаши ыисыа ваыт оралиыида бщлиши керак, чунки бу зонада ФИК камайиб кетади, сирпаниш тезлашади, тасма эса тез ейила бошлайди.



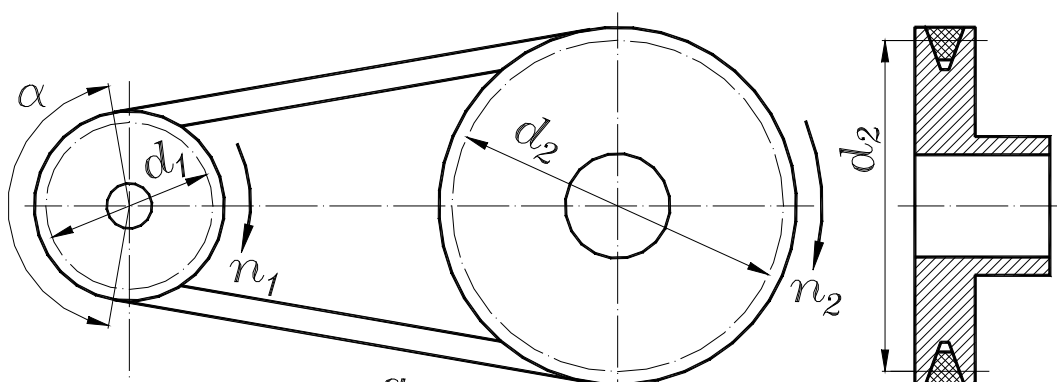
8.5-расм.

Критик кучланишни  $\sigma_{T0}$  биймати турли узатмалар учун уларни параметрлари ва ишлаш шароити махсус маолумотномаларда келтирилган бўлиб, тасмани узатмаларни замонавий ысоблаш усулларига асос бўлади.

#### §8.4. Понасимон тасмали узатмалар. Понасимон тасма турлари ва шлчамлари

Понасимон тасмали узатмалар машинасозликда кенг ышлланилади, шунинг учун у билан батафсил танишиб чиямиз. Бу узатма 8.6-расмда кшрсатилган.

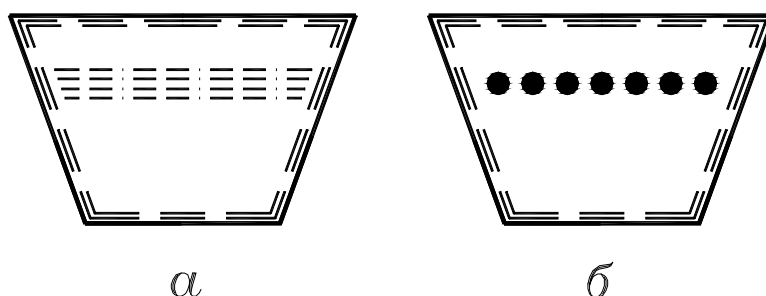
Понасимон тасмали узатма юбюри ишыаланиш ысобиغا ясси тасмали узатмага нсбатан тортиш юбилияти каттадир. Тасманинг шакли понасимон бўлгани шкив билан тутунишини тахминан



8.6-расм.

3 марта қўпайтиради. Шкив ариычаларининг бурчак профили тасма-ни бурчак профилига мос келиши керак, унинг шлчамлари стандартлаштирилган. Шуни ҳисобга олиш керакки, тасма қўндаланг кесимининг шакли эгилишда шзгаради: тортилиш зонасида унинг эни камаяди, сиыилиш зонасида эса кенгаяди. Шкив диаметри ыанчалик кичик бўлса, бу ўлат қўпроы сезиларли бўлади. У ўлат шкивларнинг тузилишини яратишда ҳисобга олиниши лозим. Шкив диаметри ыанчалик кичик бўлса, тасма тагидаги ариычанинг профил бурчаги шунча кичик бўлиши керак.

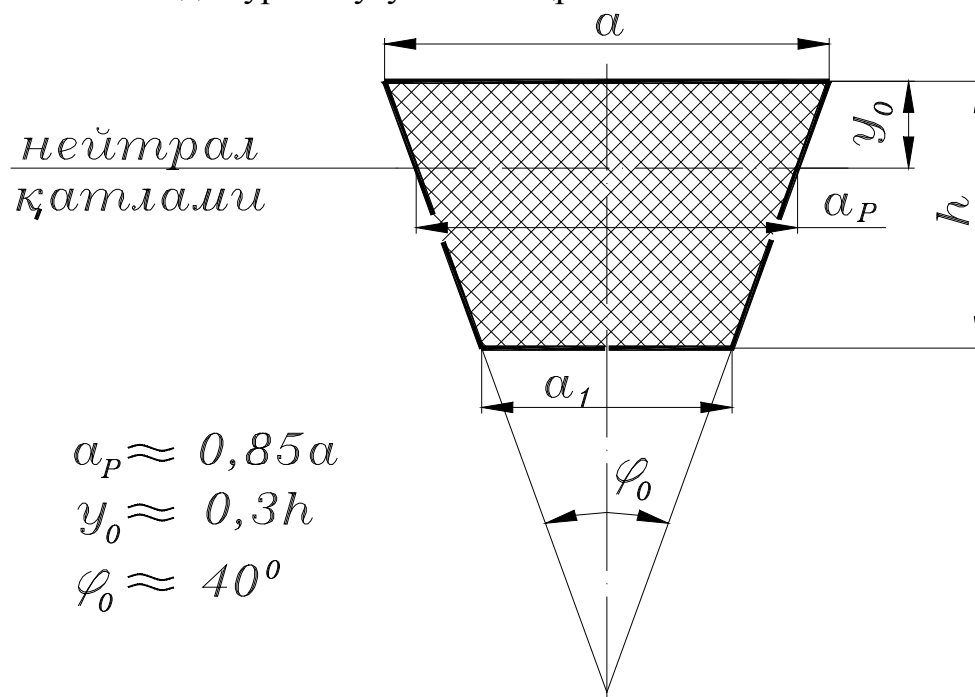
Понасимон тасмалар узлуксиз ыилиб тайёрланади. Понасимон резиналанган тасма ГОСТ1284-80 бўйича 2 хилда бўлади: кордгазламали ва кордчийратма ипли (8.7-расм).



8.7-расм.

Кордгазламалида (8.7а-расм) юкланиш бир неча катердан иборат бўлган ип газламали корд ыатламалри орыали узатиб берилади. Кордчийратма иплида эса (8.7б-расм) суний толалардан иборат бўлган ыалин кордли боыичлар орыали узатилади. Корд нейтрал чизиыининг зонасида жойлашган бўлади. Унинг юыюрисида (чщзилиш зонаси) ва пастида (сиыилиш зонаси) резиналанган ёстиыча жойлашган. Тасма ташыи томони резиналанган газлама билан шралган бўлади. Кордгазламали тасма кенг қўламда ишлатилади, кордчийратма ипли тасма эса, оыир шароитда ишлайдиган жойларда ишлатилади.

Тасманинг кичналанг кесими стандартлаштирилган (8.8-расм) ва унинг узунлиги (ГОСТ 1284-82). Понасимон тасманинг шлчамларига нисбатан 7 тури ишлаб чирилган: 0, А, Б, В, Г, Д, Е. Тасма сиртини ички томонда тури ва узунлиги кичрсатилган.



8.8-расм.

8.1-жадвалда тасманинг ьамма кесими бщйича асосий шлчамлари ва номинал узунлиги келтирилган.

8.1-жадвал.

| Тасма-нинг кесими | Тасма кесимининг шлчамлари |       | Тасманинг номинал узунлиги, l, мм | Шкивнинг минимал диаметри, d <sub>min</sub> , мм |
|-------------------|----------------------------|-------|-----------------------------------|--------------------------------------------------|
|                   | a, мм                      | h, мм |                                   |                                                  |
| 0                 | 10                         | 6     | 500; 530; 560; 600 ... 2500       | 63                                               |
| А                 | 13                         | 8     | 500; 530; 560; 600 ... 4000       | 90                                               |
| Б                 | 17                         | 10,5  | 630; 670; 710; 750 ... 6300       | 125                                              |
| В                 | 22                         | 13,5  | 1800; 1900; 2000 ... 9000         | 200                                              |
| Г                 | 32                         | 19    | 3150; 3350; 3550 ... 11200        | 315                                              |
| Д                 | 38                         | 23,5  | 4500; 4750; 5000 ... 14000        | 500                                              |
| Е                 | 50                         | 30    | 6300; 6700; 7100 ... 14000        | 800                                              |

Тасманинг ички узунлиги уни номинал узунлиги ьисобланади. Тасманинг ьисобий узунлиги унинг нейтрал ьатлами бщйича штади. 10.3 расмда кичрсатилишича, тасманинг нейтрал ьатламидаги ьисобий эни  $a_p$ , унинг ташыи томонидан  $y_0$  ьийматга орыада ьолади. Шунинг

учун тасманинг ʔисобий узунлиги бʔийча стандарт нормадан оʔиши шлчовдош бʔлгани учун мухандислик ʔисоблашларида, тасманинг номинал узунлиги ишлатилади.

Таокидлаш лозимки, жадвалда кʔрсатилган ʔийматлардан та-шыари, стандартда турли тасмалар учун  $a_p$  ва  $u_0$  нинг номинал ʔийма-ти келтирилган (8.8-расмда мослаштириш маʔсадида тахминий ʔий-мати берилган).

Жадвалда шунингдек, турли тасмалар учун шкивнинг минимал диаметри келтирилган бʔлиб, тасманинг ишлаш муддатини узайти-риш маʔсадида эгувчи кучланишни чегаралаш учун тавсия этилади.

### **§8.5. Понасимон тасмали узатманинг геометрик ва кинематик параметрлари**

Тасма эгилган ваʔтда, унинг нейтрал ʔатламидан штувчи айла-на диаметр, шкив диаметрларини ʔисобий шлчами ʔисобланади (8.6-расм). Сирпаниш коэффицентини ʔисобга олганда, узатманинг уза-тишлар сони ʔуйидагича аниʔланади:

$$u = (1 - \varepsilon) \frac{d_2}{d_1} \quad (8.10)$$

бунда  $\varepsilon = (0,01 \div 0,02)$  – сирпаниш коэффиценти.

Сирпаниш коэффицентининг ʔиймати кам бʔлгани учун ама-лий ʔисобларда уни эотиборга олмаса ʔам бʔлади.

Понасимон тасмали узатмаларнинг узатиш сони  $1 \leq u \leq 7$  ора-лиыда бʔлади.

Шкив диаметрларининг ʔисобий ʔиймати маолум бʔлганда, узатманинг асосий шлчамлари кичик шкивнинг ʔамров бурчаги  $\alpha$  (8.6-расм), тасма узунлиги  $l$  ва марказлараро масофа  $a$  ʔисобланади. Тасманинг салыилиги ва таранглиги мавжуд бʔлганлиги учун бу па-раметрлар аниы ʔийматга эга бʔлмаганлиги сабабли тахминий усул ʔшлланилади. ʔамров бурчаги  $\alpha / 120$ , юыорида кʔрсатилган уза-тишлар сони оралиыга мос келади. Кичик шкивнинг ʔамров бурчаги:

$$\alpha = 180 - 60 \frac{d_2 - d_1}{a}, \text{ град} \quad (8.11)$$

Тасма узунлиги:

$$l = 2a + \frac{\pi}{2}(d_2 + d_1) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a}, \text{ мм} \quad (8.12)$$

Марказлараро масофа:

$$a = \frac{\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 8\Delta^2}}{4}, \text{ мм} \quad (8.13)$$

$$\text{бунда: } \lambda = l - \frac{\pi}{2}(d_2 + d_1); \Delta = \frac{1}{2}(d_2 - d_1)$$

Тасманинг дастлабки таранглик кучини ʔосил ʔилиш учун марказлараро масофани ʔисобий ʔимматини катталаштириб олиш керак. Узатмани тортиш ʔюбиллятини таминлаш учун, дастлабки тарангликдан ʔосил бʔцлган тасмадаги кучланишни 1,5 МПа га етказиш керак. Шунинг учун тажрибага биноан, марказлараро масофа кордиплар учун 0,25% га, кордгазламали тасмалар учун 0,6% га оширилиши лозим.

Узатмани ишлаш ваытида, тасма таранглигини таоминлаб туриш учун, уни доим махсус тарангловчи мосламалар ёрдамида тортиб турилади (мисол 8.2-расм §8.2 га ыаралсин).

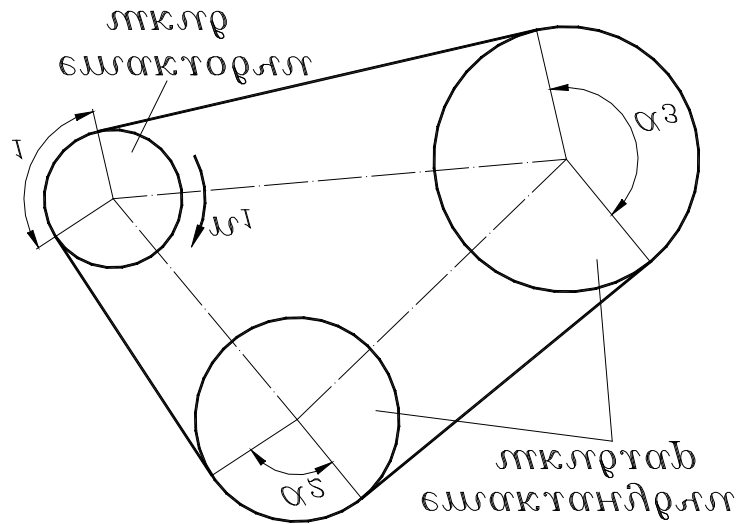
Лекин, тузилма шартига кʔра марказлараро масофа муаян ҳолатда махкамлаб ʔйʔилган бʔцлса у ʔолда тасма таранглигини таминлаб туриш учун махсус роликлар ишлатилади. Роликлар узатмани ташыи ёки ички томонига шрнатилиши мумкин. Биринчи ʔолда, тасманинг ʔайтиш ваытидаги эгилиши, етарли даражада тасмани ишлаш муддатини камайтириб ʔуборади. Шунинг учун тарагловчи ролик узатманинг ички томонига шрнатилиши тавсия этилади.

Понасимон тасманинг шкив билан яхши ёпишуви айрим ʔолатларда ʔамров бурчагини 70° га ыадар камайтиришга имкон беради. Бундай ʔоллар понасимон тасмали узатмани лойиʔалашда марказлараро масофани камйтириб узатишлар сонини оширишга ва харакатини бир етакловчи шкивдан бир нечта етакланувчига узатиб беришга имкон бʔцлади (8.9-расм).

Понасимон тасмали узатманинг шкиви тасмалар сонига ыараб бир ариычали ва кʔпариычали бʔцлади (8.10-расм).

Кʔп ариычали ыилдирак тʔьинининг кесими кʔрсатилган: с, е, t, s ва ф шлчамлари стандартлашган бʔцлиб, чизиыли шлчамлари тасма турига ыараб танлаб олинади, ариыча профилининг бурчаги шкивни ʔисобий диаметрига ʔам боълиы бʔцлади. Шкив диаметри d ыанчалик кичик бʔцлса, ариыча профил бурчаги ʔам шунча кичик ыанчалик кичик бʔцлса, ариыча профил бурчаги ʔам шунча кичик

бшлади ( $\varphi = (34 \div 40)^\circ$ ).



8.9-расм.

Ташыи цилиндр ариыча эни:  $b = a_p + 2etg\frac{\varphi}{2}$

Шкивнинг ташыи диаметри:

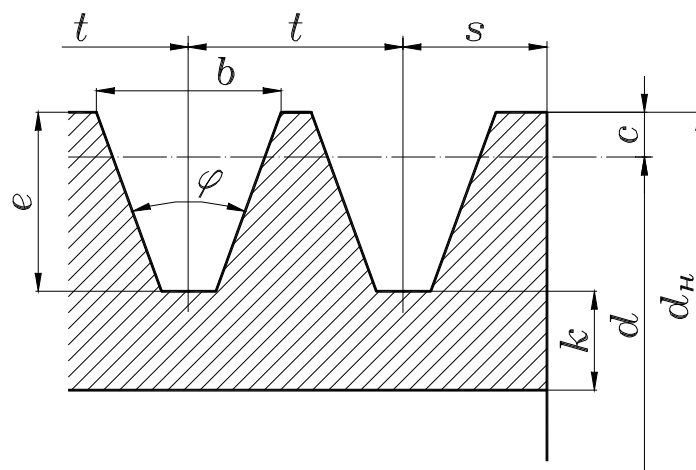
$$d_n = d + 2c$$

Тасвирланишича  $b \approx a$ ,  $c \approx y_0$  (8.8-расм).

Шкив эни:

$$B = (z - 1)t + 2s$$

бунда  $z$  – комплектдаги тасмалар сони.



8.10-расм.

Тшыннинг энг кичик ыалинлиги  $k$  (8.10-расм) тавсияга асосан 10.2-жадвалдан танлаб олиш мумкин.

| Тасма-<br>нинг ке-<br>сими | 0   | A | Б   | В  | Г  | Д  |
|----------------------------|-----|---|-----|----|----|----|
| $k_{\min}$ , мм            | 5,5 | 6 | 7,5 | 10 | 12 | 15 |

### §8.6. Понасимон тасмали узатмани ʻисоблаш усули

Турли шлчамдаги стандарт понасимон тасмлар сонинг чегаралиниши, тавсия ʻилинган шкивнинг минимал диаметри ва узатишлар сонини ʻийматлари тажриба усулида ʻар бир тасма учун, рухсат этилган юкланишни ва узатмани тортиш ʻобилиятини аниылашга имкон бериб, ʻисоблаши эса, стандарт усулида турларини ва сонини танлашга олиб келади.

#### Дастлабки ʻийматлар.

1. Узатиш ʻуввати  $P$ , кВт.
2. Етакловчи шкивнинг айланишлар сони  $n_1$ , айл/мин.
3. Узатишлар сони  $u$ .
4. Узатманинг ишлаш шароити.

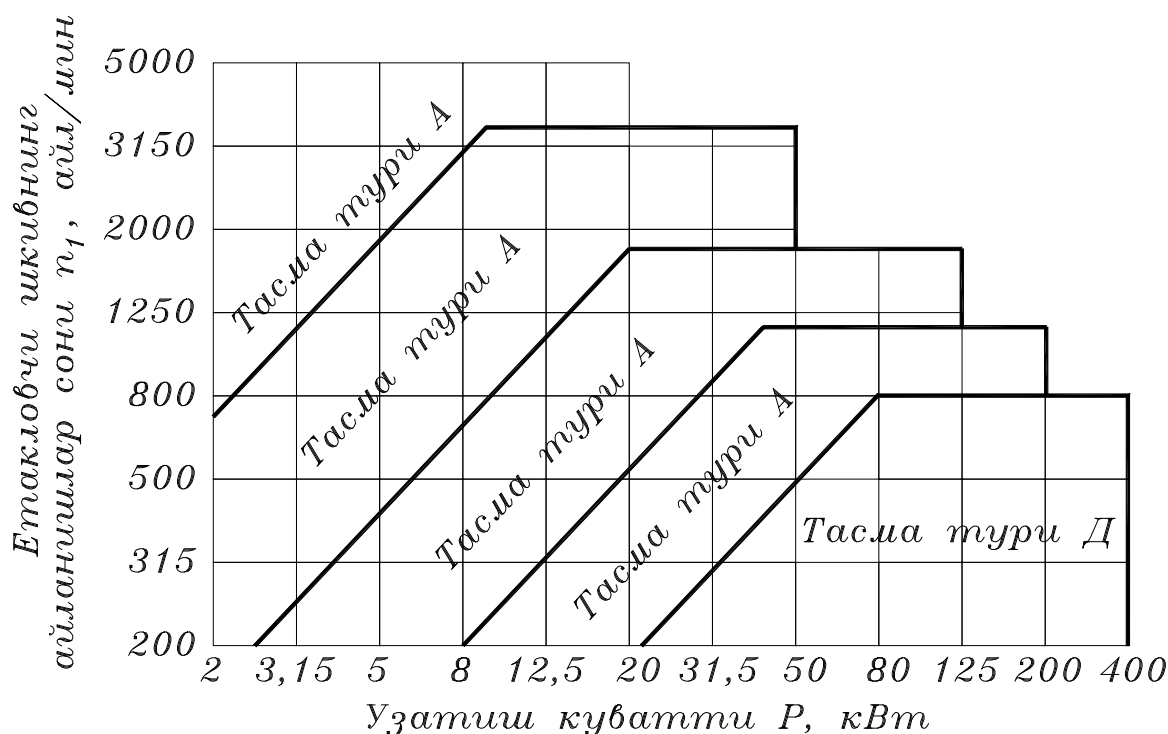
#### Аниылаш талаб этилади.

1. Тасма тури (кесими).
2. Тасма узунлиги.
3. Комплектдаги тасмалар сони.
4. Шкив диаметрлари.
5. Марказлараро масофа.

#### Ечиш.

1. Тасманинг туруни (кесимини) график бʻййича танлаш 8.11-расмда.

Демак бунинг учун графикдан кичик шкив айланишлар частотаси ва узатиш ʻуввати ʻийматларига мос келган 2 тʻъри чизиы штказилади, горизонтал ва вертикал. Бу тʻъри чизиыларнинг кесишган нуытаси тасма туруни кшрсатади.



10.6-расм.

2. 8.1-жадвал ни ҳисобга олганда кичик шкивнинг диаметри  $d_1 / d_{min}$

3. Катта шкивнинг ҳисобий диаметри:

$$d_2 = d_1 u$$

4. 8.3-жадвал бўйича марказлараро масофани тахминан аниқлаш.

8.3-жадвал.

| u | 1        | 2        | 3     | 4         | 5        | 6         |
|---|----------|----------|-------|-----------|----------|-----------|
| a | $1,5d_2$ | $1,2d_2$ | $D_2$ | $0,95d_2$ | $0,9d_2$ | $0,85d_2$ |

5. Тасма узунлиги (8.12) формула бўйича. Аниқланган ыймат стандарт бўйича (энг яқин каттаси) тасма узунлигини топишга имкон беради.

6. Марказлараро масофани аниқлаштириш (8.13).

7. Тасма таранглигини амалга ошириш учун марказлараро масофани монтаж ыйматини ҳисобига нисбатан ошириш.

- кордчийратма ипли:

$$a_M = a + 0,0025 a$$

- кордгазламали

$$a_M = a + 0,006 a$$

8. Комплектдаги тасмалар сонини аниқлаш:

$$z = \frac{P}{P_p C_z}$$

бунда:  $P_p$  – битта тасма орыали узатилувчи ыисобий ыувват;

$C_z$  – комплектдаги тасмалар сонини коэффиценти.

Битта тасма орыали узатилувчи ыисобий ыувват:

$$P_p = P_0 \frac{C_\alpha C_a}{C_p}$$

бунда:  $P_0$  – битта тасмага рухсат этилган номинал ыувват. Бу ыувват ГОСТ1284.3-80 бщйича жадвалдан топилади. Шулардан биттаси 8.4-жадвалда кщрсатилган.

$C_\alpha$  – тасманинг узунлик коэффиценти (8.5-жадвал).

$C_a$  – тасманинг узунлик коэффиценти; стандарт жадвалдан танланади. Шулардан биттаси 8.6-жадвал да кщрсатилган.

$C_p$  – ишлаш тартибини хисобга олувчи коэффицент (8.7-жадвал).

Комплектдаги тасмалар сонини коэффиценти  $C_z$  8.8-жадвалдан танлаб олинади.

8.4-жадвал.

| Тасма-<br>нинг<br>кесими<br>ва<br>узунли-<br>ги | $d_1$ | $u$       | Битта тасмага рухсат этилган номинал ыувват<br>$P_0$ , кВт, кичик шкивнинг айланишлар частотаси,<br>$n_1$ , айл/мин |              |              |              |              |             |              |              |
|-------------------------------------------------|-------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
|                                                 |       |           | 400                                                                                                                 | 800          | 950          | 1200         | 1450         | 2200        | 2400         | 2800         |
| Б<br>2240                                       | 180   | 1,5<br>/3 | 1,76<br>1,81                                                                                                        | 3,11<br>3,21 | 3,56<br>3,67 | 4,25<br>4,38 | 4,85<br>5,01 | 6,1<br>6,29 | 6,27<br>6,47 | 6,36<br>6,56 |
|                                                 | 224   | 1,5<br>/3 | 2,4<br>2,47                                                                                                         | 4,27<br>4,4  | 4,89<br>5,04 | 5,81<br>6    | 6,6<br>6,81  | 8<br>8,25   | 8,08<br>8,31 |              |

8.5-жадвал.

| $\alpha$ , град | 180 | 170  | 160  | 150  | 140  | 130  | 120  |
|-----------------|-----|------|------|------|------|------|------|
| $C_\alpha$      | 1   | 0,98 | 0,95 | 0,92 | 0,89 | 0,86 | 0,82 |

8.6-жадвал.

| Тасма-<br>нинг | Тасманинг узунлик коэффиценти $C_a$ тасма турига<br>нисбатан. |
|----------------|---------------------------------------------------------------|
|----------------|---------------------------------------------------------------|

| узун-<br>лиги | 0    | А    | Б    |  | Г | Д | Е |
|---------------|------|------|------|--|---|---|---|
| 500           | 0,81 |      |      |  |   |   |   |
| 560           | 0,82 | 0,79 |      |  |   |   |   |
| 630           | 0,84 | 0,81 |      |  |   |   |   |
| 710           | 0,86 | 0,83 |      |  |   |   |   |
| 800           | 0,9  | 0,85 |      |  |   |   |   |
| 900           | 0,92 | 0,87 | 0,82 |  |   |   |   |
| 1000          | 0,94 | 0,89 | 0,84 |  |   |   |   |

Умуман олганада, тасмалар сони ортиши билан узатманинг ишлаши ёмонлашади, чунки, ʔамма ыаторлардаги тасмаларга хам бир хил юкланиш тушавермайди. Натижада ыуйидаги ыццимча сирпаниш, ейилиш ва ыувватни миыдори йщыолади. Шунинг учун тасмалар сонини комплектда 6 дан оширмаслик тавсия этилади.

8.7-жадвал.

| Ишлаш тартиби                      | Иш тартибининг коэффициент $C_p$<br>ишлаш сменага нисбатан |         |         |
|------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------|---------|
|                                    | 1 смена                                                    | 2 смена | 3 смена |
| Енгил (тинч юкланиш)               | 1,1                                                        | 1,3     | 1,5     |
| Щртача (щртамиёна юкланиш)         | 1,2                                                        | 1,4     | 1,6     |
| Оыр (юкланишни нисбатан тебраниши) | 1,3                                                        | 1,5     | 1,8     |
| Щта оыр (зарбли юкланиш)           | 1,5                                                        | 1,6     | 1,9     |

8.8-жадвал.

|       |      |         |       |
|-------|------|---------|-------|
| $z$   | 2; 3 | 4; 5; 6 | $> 6$ |
| $C_z$ | 0,95 | 0,9     | 0,85  |

### §8.7. Ёисобнинг мисоли

Ўйида берилганларга асосан кордгазламали понасимон тасмалар узатманинг шлчамлари аниылансин.

Узатилаётган ыувват  $P = 11$  кВт.

Етакчи (кичик) шкивнинг айланиш частотаси

$n_1 = 1420$  айл/мин.

Узатиш сони  $u = 3$ .

Ишлаш режими шртача, бир сменали.

### Ечиш.

1. 8.11-расмдаги график бщйича берилган ыувват ва айланишлар частотасига биноан тасманинг Б-тури тавсия этилади.

2. Б-турдаги тасма учун кичик шкивнинг диаметри стандарт бщйича  $d_1 = 125$  мм ыилиб тайинланади (8.1-жадвал).

3. Катта шкивнинг ыисобий диаметри:

$$d_2 = d_1 u = 125 \cdot 3 = 375 \text{ мм}$$

4. Дастлабки марказлараро масофа (8.3-жадвал):  $a = d_2 = 375$  мм.

5. Тасма узунлиги (8.12):

$$l = 2a + \frac{\pi}{2}(d_2 + d_1) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a} =$$

$$= 2 \cdot 375 + \frac{3,14}{2}(375 + 125) + \frac{(375 - 125)^2}{4 \cdot 375} = 1576,67 \text{ мм}$$

Стандартдан топилган узунликка ыин узунликнинг каттаси ыабул ыилинади  $l = 1600$  мм.

6. Аниыланган марказлараро масофа аналитик формула (8.13) бщйича аниыланади, бунинг учун ыуйидаги ыийматлар топилади:

$$\lambda = l - \frac{\pi}{2}(d_2 + d_1) = 1600 - \frac{3,14}{2}(375 + 125) = 815$$

$$\Delta = \frac{1}{2}(d_2 - d_1) = \frac{1}{2}(375 - 125) = 125$$

$$a = \frac{\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 8\Delta^2}}{4} = \frac{815 + \sqrt{815^2 - 8 \cdot 125^2}}{4} = 387,33 \text{ мм}$$

7. Марказлараро масофанинг узатмани йигишдаги (монтаждаги) ыиймати (130-бет):

$$a_M = a + 0,006 a = 387,33 + 0,006 \cdot 387,33 = 388 \text{ мм}$$

8. Комплектдаги тасмалар сонини аниылаш эмпирик формула бщйича бажарилади (130-бет). Унинг учун олдиндан ыуйидаги параметрлар аниыланади.

Битта тасма узатаётган номинал ыувват, ГОСТ 1284.3-80 бўйича жадвалдан тасманинг тури, узунлиги, узатиш сонига ва кичик шкив диаметрига боълик равишда топилади (бундай топишдан битта кшри-ниш 9.5-жадвал [6] да кшрсатилган).  $P_0 = 4,25$  кВт.

Узатма кичик шкивини ыамров бурчаги (8.11):

$$\alpha = 180 - 60 \frac{d_2 - d_1}{a} = 180 - 60 \frac{375 - 125}{385} = 141^\circ$$

Ыамров бурчаги коэффиценти (8.5 жадвал)  $C_\alpha = 0,89$ .

Тасма узунлиги коэффиценти стандарт жадвалдан олинади;  $C_a = 0,94$  [4].

Иш режимини коэффиценти (8.7-жадвал)  $C_p = 1,2$ .

Битта тасма узатадиган ыисобий ыувват:

$$P_p = P_0 \frac{C_\alpha C_a}{C_p} = 4,25 \frac{0,89 \cdot 0,94}{1,2} = 2,96 \text{ кВт}$$

Тасмалар сони коэффиценти  $C_z$  ни 8.8-жадвалдан ыисобий ыувват  $P_0$  асосланган холда топилади:  $C_z = 0,9$ .

Комплектдаги тасмалар сони:

$$z = \frac{P}{P_p C_z} = \frac{11}{2,96 \cdot 0,9} \approx 4$$

## §8.8. Таянч сщз ва иборалар

1. Тасмали узатмаларнинг ишлаш лаёйатини белгиловчи асосий омилларига тасманинг тортиш ыобилияти ва ишлаш муддати киради.

2. Тасмали узатманинг тортиш ыобилияти деганда юкланишни сирпанишсиз узатиб бериш тушунилади.

3. Тасманинг ишлаш муддати – бу, узатма чарчагандабузилмасдан ишлаш ваъти ыисобланади.

4. Тасманинг чарчаганда бузилишини асосий сабабчиси цикл орасида эгувчи кучланишнинг щзгариши ыисобланади.

5. Тасманинг щртача ишлаш муддати  $2000 \div 3000$  соат.

6. Узатманинг тортиш ыобилиятига таосир ыилувчи асосий фактор, тасманин дастлабки таранглик кучи ва максимал рухсат этилган айлана куч.

7. Тасмали узатмада эластик сирпаниш тасманинг юкланиш таосирида щззилиши билан аниыланади, натижада тасманинг шкив билан контактдаги айрим ыисми шкив сиртига нисбатан сурилади.

8. Тщла сирпаниш – бу тасма билан шкив орасида эластик сирпаниш бўлмаган ёлати.

9. Тасмали узатманинг эгри чизиъли сирпаниши ва ФИК – бу тасманинг фойдали кучланишга асосан тажриба йщли билан аниъланган сирпаниш коэффиценти ва ФИК орасидаги муноса бати.

10. Тажриба асосида келтирилган сирпаниш эгри чизиъи тамма турдаги тасмали узатманинг замонавий тисоблаш усулларига асос бщлади.

11. Понасимон тасмали узатманинг тасма шакли понасимон бщлиб, шкив ариъчасига кириб турганлиги учун, юъюри ишыаланишга эга бщлади, натижада унинг тортиш юъбилияти ясси тасмали узатмаларга нисбатан катта бщлади.

12. Понасимон тасмалар 2 хил бщлади: кордогазламали ва кордочийратма ипли ва кесимни щлчамларига ыараб 7 турга бщлинади: 0, А, Б, В, Г, Д ва Е.

13. Тасманинг ички узунлиги уни номинал узунлиги тисобланади.

14. Тасманинг тисобий узунлиги уни нейтрал ыатлами бщйича щтади.

15. Понасимон тасмали узатманинг узатишлар сони  $1 \leq u \leq 7$  оралиыда бщлади.

16. Тарангловчи роликсиз понасимон тасмали узатманинг марказлараро мантаж масофаси тасма таранглигини тисобга олганда, тисобийдан катта бщлади.

## §8.9. Назорат саволлари

1. Тасмали узатмада таракат узатиб бериш нимага асосланаган?
2. Тасмали узатманинг турларини айтинг.
3. Тасмали узатманинг тисоблаш ва ишлаш лаёъатини белгилловчи омиллари ыандай?
4. Тасмали узтамнинг тортиш юъбилияти нима?
5. Тасманинг чарчаши натижасида емирилишига сабаб нима?
6. Тасмали узатманинг тортиш юъбилияти нималарга боълиы?
7. Тасмали узатмада эластик сирпаниш ёлатига тушунча беринг.
8. Тщла сирпаниш нима?
9. Кам юкланган тасмали узатманинг ФИК ни камчилигини ыандай тушунтириш мумкин.
10. Понасимон тасмали узатманинг ясси тасмали узатмага нисбатан афзаллиги нимада?
11. Понасимон тасмаларнинг турлари ва хилларини биласиз, улар орасидаги фары нимада?
12. Понасимон тасманинг номинал узунлиги ыайси ердан щлча-нади?
13. Понасимон тасманинг тисобий узунлиги нима?

14. Понасимон тасмали узатма шкивининг ʔисобий диаметри нима?

15. Понасимон тасмали узатма шкивининг ариыча профил бурчаги ыандай шлчанади ва бу нима билан боълиы?

16. Тарангловчи роликли узатма ыандай ʔолларда ишлатилади?

17. Тарангловчи роликни ыандай жойга шрнатиш яхши – узатмани ички ёки устки томонига ва нимага?

## **II ʔисм. Подшипниклар, валлар, шылар ва муфталар**

### **9 боб. Сирпаниш подшипниклари**

Подшипниклар вал ва айланадиган шылар учун таянч вазифасини штайди. Машинаниг ишлаш ыобилияти ва чидамлилиги подшипникларнинг сифатига кшп жихатдан боълиы. Тшъри ʔисобланган ва тузилиши жихатдан аниы бшлган подшипниклар берилган юкламаларни ыабул ыилиш ва ишыаланишга сарфланадиган ыувватни иложи борича камайтириши зарур. Ишыаланишнинг турига ыараб, подшипниклар сирпаниш подшипниклари билан думалаш подшипникларига бшлинади.

Юкланишни ыабул ыилишга ыараб – радиал, радиал юкланишни ыабул ыилади, тиракли шы бшйлаб йшналган юкланишни ыабул ыилади ва радиал-тиракли, бир ваытда радиал ва шы бшйлаб йшналган юкланишни ыабул ыилади.

### **§9.1. Умумий маолумотлар**

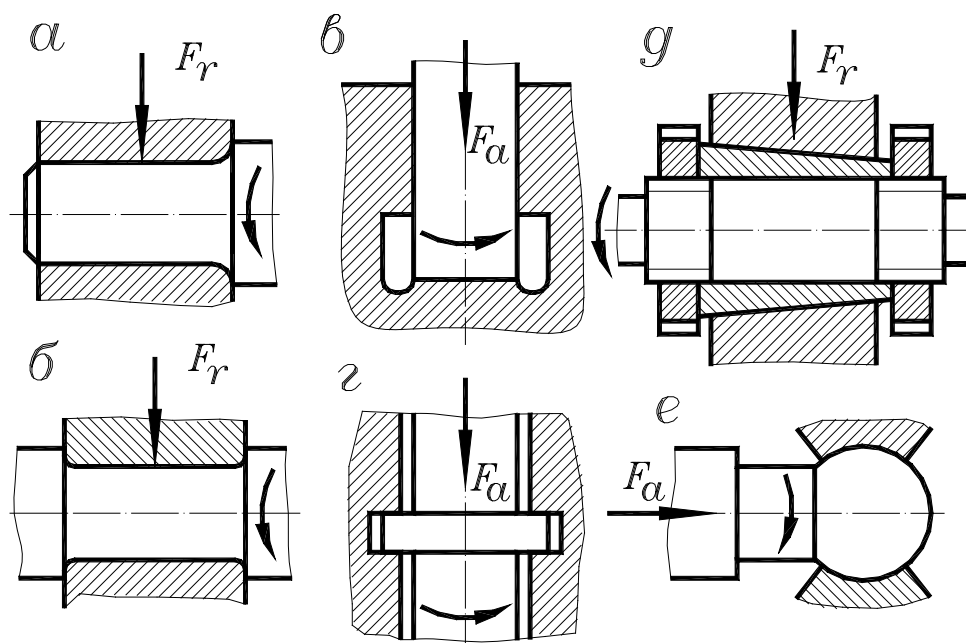
Вал ва шыларнинг таянчларга мшлжалланган ыисми цапфа дейилади. Цапфаларнинг шакли цилиндрсимон, конуссимон, золдирсимон бшлиши мумкин (9.1-расм). Бу таянчлар вал ёки унинг ичида жойлашган бшлиб, радиал юкланишни  $F_r$  (9.1а-расм) узатиб берса шип дейилади. Бшйин – цапфа бшлиб, вални шртасида жойлашиб радиал юкланишни узатиб беради (9.1б-расм). Бир ыатор радиал под-

шипниклар айрим ўолларда катта бщлмаган щы бщйлаб йщналган юкланишларни ўам ыабул ыилиши мумкин. Бунинг учун вал поьона-ли ыилиб, подшипник ыирралари эса тщмтоы ыилиб тайёрланиши лозим.

Агар вал ёки щынинг цапфаси уларнинг узунлигига тик текис-ликда жойлашган бщлса, бундай цапфа товон дейилади, подшипник эса – товон таги дейилади. Товон валнинг тагида (9.1в-рasm) ёки щртасида (9.1г-рasm) товон – таги радиал подшипниклар билан жуфт бщлиб ишлайди (9.1в-рasm).

Конуссимон подшипниклар (9.1д-рasm) валнинг марказий ўола-ти аниылигини саылаб туриш учун ва подшипниклар ейилиши нати-жасида ўосил бщлган бщшлиыни йщыотиш ўолларда ишлатилади. Бунинг учун валга конуссимон втулка щрнатилиб унинг ўолати гайка ёрдамида растлаб турилади.

Валлар щз щыларига нисбатан мувозанатни йщыотган ўолларда золидрсимон подшипниклар (9.1е-рasm) ишлатилади. Улар щзини-щзи тщърилаш хусусиятига эга бщлиб, асосан, шарнир тариыасида стер-жанли механизмларда ыщлланилади.



9.1-рasm.

Умуман оганда сирпаниш подшипникларининг hozirgi замон машинасозлигида ишлатилиши сшнги йилларда сезиларли даражада камайди, чунки улар шрнига бир ыатор афзаллклари бщлган думалаш подшипниклари ишлатила бошлади. Лекин сирпаниш подшипникларида ыуйидаги устунликлар бщлгани учун айрим ьолларда уларни алмаштириб бщлмайди, шунинг учун улардан фойдаланиш маыул кщрилади.

1. Ажраладиган ыилиб тайёрлангани учун уни валнинг исталган ыисмига шрнатиш мумкин. Бу ьол тирсакли валлар учун ышл келади.

2. Юыори тезликда ишлайдиган подшипниклар ( $v / 30$  м/с). Юыори айлана тезликда думалаш подшипникларни ишлатилиши амалий ьолда мутлаыо мумкин эмас. Чунки юыори тезликда шов-кин чиыади, тебраниш ьосил бщлади ва ишлаш муддати камаяди.

3. Прецизион машина подшипниклари, валларнинг фазода турли ьолатларига шта аниылик талаб ыилганда ва бщшлиыни ростлашда ишлатилади.

4. Алоъида шароитда ишлайдиган подшипниклар (сув, агрессив муъит).

5. Арзон секин юрар механизм подшипниклари.

## **§9.2. Сирпаниш подшипникларининг ишлаш шароити ва емирилиши**

Цапфани подшипникда айланишига ишыаланиш момент кучи ыаршилик кщрсатади. Бундай ишыаланиш подшипник ва цапфани ыиздиради. Бу иссиылик подшипник коруси, вал ьамда мой воситасида ташыарига олиб кетилади. Подшипникларнинг нормал ишлаши учун, ьосил бщлаётган иссиылик миыдори мавжуд имкониятлар воситасида олиб кетилаётган иссиылик миыдоридан ортиы бщлмаслиги керак. Акс ьолда, подшипникнинг ыизиши рухсат этилган даражадан ортиб, мойни ыовушоылигини камайиб суюыланиб кетади, натижада цапфа сиртларининг подшипникда ишлаши ёмонлашиб, ьажиш процесси ьосил бщлиши мумкин. Бундай ьоллар ейилишни камайтиради, подшипник ишлаши ыобилиятини йщыютади. Шунинг учун бундай подшипниклар яширилган деб топилади. Подшипникнинг чидамлилиги, асосан ейилиш даражаси билан белгиланади.

Подшипникни нормал ишлаши учун иссиылик миыдори тавсия этилган оралиыда бщлиши керак. Ана шундай ьоллардагина ейилиш кам содир бщлади. Ейилиш миыдори ошиб кетса, подшипник цапфа орасида бщшлиы пайдо бщлади, подшипникни ишлаши ёмонлашади,

тебраниш хосил бўлади, товуш чиёа бошлайди. Подшипник ишга яроғисиз бўлиб ёолади. Ёйилишнинг жадаллашиш даражаси подшипникларнинг ишлаш муддатини белгилаб беради.

### **§9.3. Сирпаниш подшипникларининг ишыаланиши ва мойлаш**

Юёрида айтиб штилганидек, подшипникнинг ишлаши албатта ёйилишни келтириб чиёаради, ёйилиш эса, ишыаланиш деган сщз. Ишыаланиш сурати ёйизишни подшипникнинг ёйилишини ва уни ФИКни белгилаб беради. Ишыаланишни камайтириш учун сирпаниш подшипниклари мойланиб турилиши лозим. Подшипникнинг ишлаш шароитига ёараб ишыаланиш нам суёуыликда ёки суёуыликда ишыаланиши мумкин. Ишыаланиш тартиби 9.2-расмда кщрсатилган суёуыликда ишыаланишда ишыаланаётган сиртлар щзаро ёовушоё мой билан ажралган ёолда бўлади.

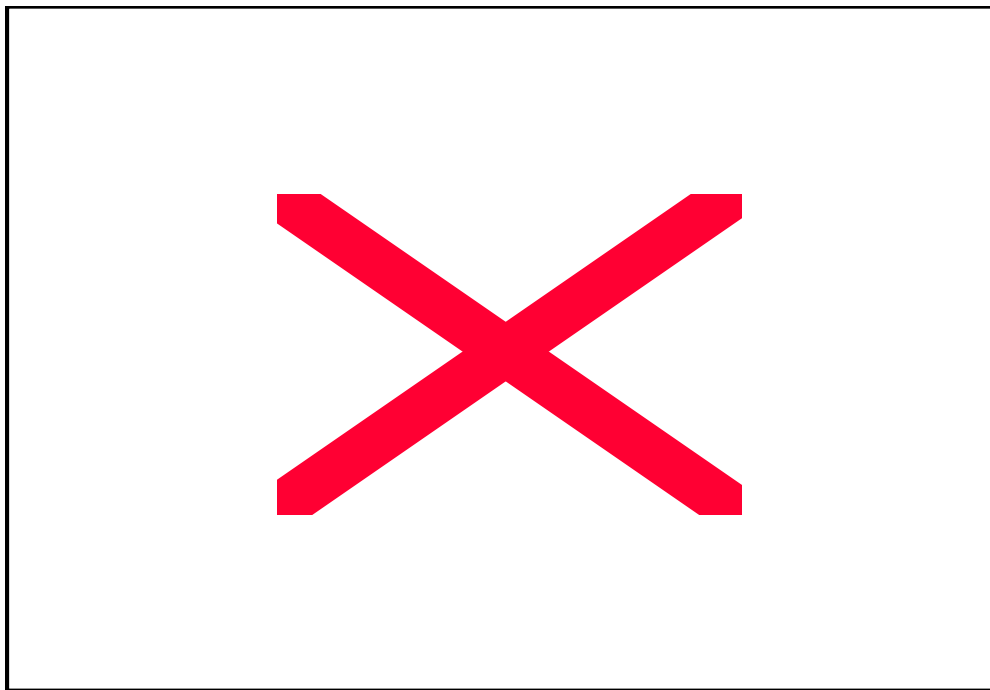
Мой ёатламининг ёалинлиги  $h$  сиртларнинг ишлов беришидан ёосил бўлган нотексликлар ёйиндисидан катта бўлиши керак:

$$h > R_{z1} + R_{z2} \quad (9.1)$$

9.2-расмда ёалин чизиё билан мой ёатлами кщрсатилган.

Бу шарт бажарилганида (11.1) ташыи ёукланишни мой ёатлами ёабул ёилинади. Натижада иш сиртларининг ёйилиш процесси содир бўлмайди. Сиртлар щзаро контактда бўлмайди. Ёаракатга ёаршилиқ кщрсатиш фаёатгина ёовушоё мойнинг ички ёйилиши билан белгиланади. Суёуылик ишыаланиш коёффициенти

$f = 0,001 \div 0,005$  тенг бўлиб ёолади. Демак, бу ёийматлар думалаш подшипникнинг ишыаланиши коёффициентидан кам бўлиши мумкин.



9.2-расм.

Суюбликда ишыаланишни тaминлайдиган шартлардан бирортаси бажарилмай ёолганида, подшипник нам суюбликда ишыаланиш билан ишлайди, натижада аралаш ишыаланиш – суюбликда ва чегаравий бщлиб ёулиши мумкин. Чегаравий ишыаланишда сирпаниш сиртлари юпыа мой ёатлами билан ажралган бщлади. Иш жараёнида, бу мой ёатлами шунчалик юпыа бщладики, босим таосирида ёаракатдаги деталлар сирти бир-бирига тегиб ёулиши мумкин. У ёолда сиртларда ёйилиш пайдо бщлади. Ним суюбликда ишыаланиш содир бщлганида ишыаланиш коёффициенти мойнинг сифатига ва сирпаниш юзаларининг материалларига ёам боёлиы бщлади. Бундай ёолларда ишыаланиш коёффициентини камайтириш билан ажралган бщлади  $f = 0,01 \div 0,1$  учун анифрикцион материаллар ишлатилади.

Подшипникларни ёулай шароитда ишлаши учун суюбликда ишыаланиш ёолатига келтириш зарур, шунинг учун бу сирпаниш подшипникларнинг ёисоблаш омилларидан бири ёисобланади.

Суюбликда ишыаланиш режимига тааллуыли масалаларни ёритиш мойланишнинг гидродинамикавий назариясига асосланган [6], [11]. Бу масалани щрганишда мукаммалсиз умумий тушунчалар ва зарур бщлган хулосаларни келтирамыз. Мой билан тщлдирилган муёитда ясси жисм устма-уст жойлаштирилган бщлиб ёаракатланувчи жисмга асосига нисбатан тик ёщналган  $F$  куч таосир ёилади (9.3-расм). Агар ёаракат тезлиги кичик (9.3а-расм) бщлса, ним суюбликда ишыаланиш ёосил бщлади, яони сиртлар юпыа ёатламга эга бщлган мой билан ёопланган бщлади. Тезликни ошиши билан бу ёолат ёаракат тезлиги  $v$  кйритик тезлик  $v_{кр}$  дан кам бщлгунга ёадар саёланиб

ёюлади. Агар ʔаракат тезлик ошса, у ʔолда ʔаракатланувчи жисм мой ыатламидан кцтарила боради ва цз ʔолатини цзгартириб сувда суза-ётган глиссерга ёки ыайиычага ццхшаб кетади (9.3б-расм).



9.3-расм.

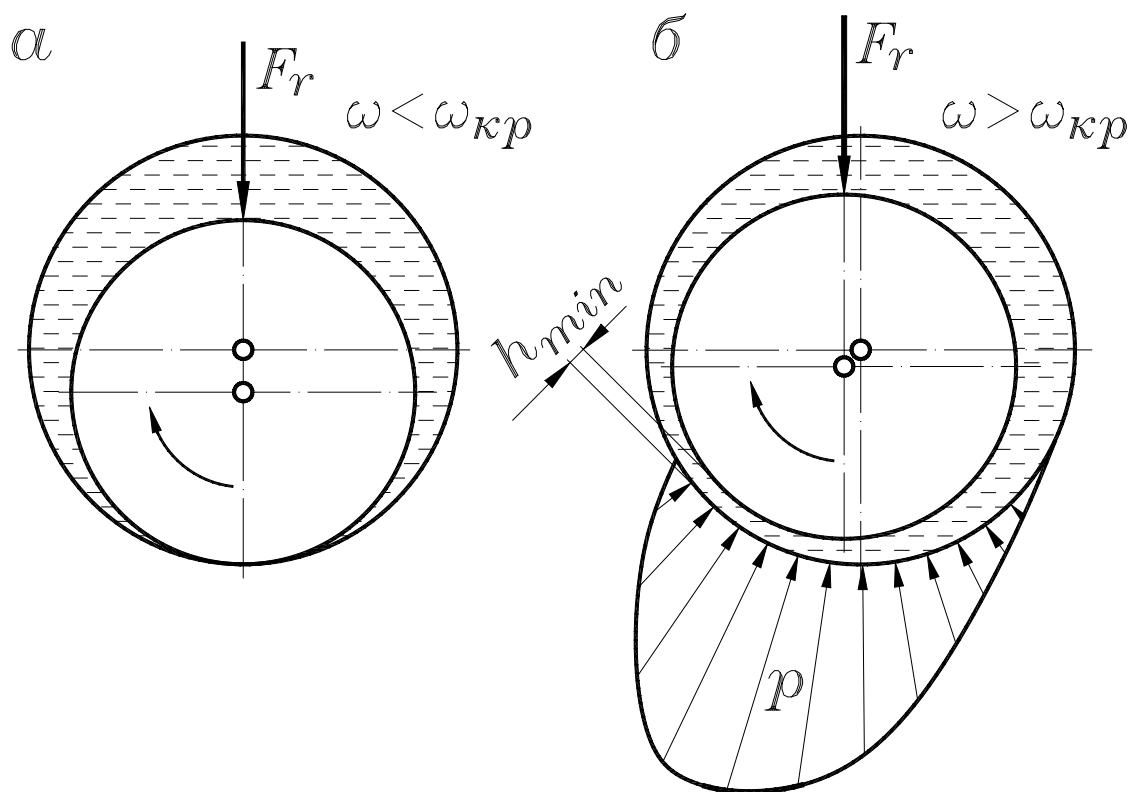
Жисмлар орасида тор бццшлиы ʔосил бццлиб, мой тццхтовсиз ʔолда шу оралиыни тццлдириб боради. Мойнинг мана шу тор оралиыдан ццтиши гидродинамик босимни р ʔосил этади, бу эса, таш-ыи юкланиш  $F$  ни мувозанат холига олиб келади. ʔаракат суюылик ишыаланиш шароитида давом этади.

Гидродинамик босим фаыатгина тор оралиы бццлган ʔолдагина хосил бццлиши мумкин. Цццшатицлган ʔолат бундай оралиыни понасимон оралиы дейилади. 9.3-расмда кццрсатилишича, понасимон оралиыни ʔаракатланувчи жисмнинг бошланьич ыисмини бирор бурчак остида тццмтоы ыилиб кесиш орыали ʔосил ыилиш мумкин.

Радиал подшипникда понасимон оралиы шали цапфа диаметри, подшипник диаметридан кичик бццлиши ʔисобига ʔосил бццлади. Хулоса ыилиб айтганда, нисбатан айланма ʔаракатдаги сиртлар орасида зарур оралиы ʔосил ыилиш учун уларнинг диаметрлари бир-биридан фары ыилишлари керак. ʔаракатсиз турган вал ццз оыирлиги билан подшипникка босиб туради, яони бундай ʔолда паст томонда улар оарсида ʔеч ыандай оралиы бццлмайди (9.4а-расм). Агар валнинг бурчак тезлиги маолум критик ыийматдан кичик бццлса, у ʔолда контакт сиртлар орасида ним суюылик ишыаланиш ʔукм суради. Валнинг бурчак тезлиги маолум критик ыийматдан ( $\omega > \omega_{кр}$ ) ошиб, оралиыдаги мойнинг гидродинамикавий босими р валнинг оралиыни енгадиган даражага етгач, цапфа билан подшипник орасида мой ыатлами ʔосил бццлиб, иш сиртлари бир-биридан батамом ажралади (9.4б-расм). Мой ыатламининг минимал ыалинлиги  $h_{min}$ , бурчак тезлик ошган сари катталашиб, цапфанинг маркази подшипник марказига яыинлашиб боради. Бироы уларнинг маркази ʔеч ваыт бир нуытага тццъри келиб ыол-

майди, чунки бундай ʼолда понасимон оралиы бунинг натижасида гидродинамик босим йщыолади, яони суюыликда ишыаланиш шарти бажарилмайди.

Кучлар ва тезлик параметрлари билан мой сифати орасидаги изланишлар ыуйидагича хулоса ыилишга имкон беради. Мойнинг ыовушоылиги ва бурчак тезлик кщпайган сари мой ыатламининг ыалинлиги ортиб боради, лекин юкланишни ортиши билан камаяди. Подшипникда ишлатиладиган аниы ыовушоыликка эга бщлаг мойнинг сирти мойнинг айланиш тезлигига боълиы бщлиб тезлик ыанчалик катта бщлса, мойнинг ыовушоылиги шунчалик кам бщлиши керак.



9.4-расм.

Шундай ыилиб суюыликда ишыаланиш режимини ʼосил ыилиш учун ыуйидаги уч шартни бажариш зарур.

1. Щзоро ишыаланадиган сиртлар орасидаги оралиы (зазор) понасимон шаклда бщлиши керак.

2. Маолум ыовушоыликда мой етарли даражада бщлиб, узлуксиз бщшлиыни тщлдириб туриши лозим.

3. Жисмларнинг бир-бирига нисбтан ʼаракатланиш тезлиги мой ыатламида ташыи юкланишга тенг келадиган гидродинамик босим ʼосил ыила оладиган бщлиши керак.

Айрим шароитларда подшипникларни мойлаш учун, фаыатгина мой эмас, балки сув ʼам ʼаво ʼам ишлатилади, чунки сув ва ʼаво ыовушоылик хусусиятига эга.

Понасимон бщшлиыыа суюылик ёки газ щз-щзидан тортилиб узлуксиз бориб туриши керак. Юбюри ишончилиikka эга бщшлиши учун айрим ьолларда (автомобил ва самолёт двигателлари, турбогенераторлар, центрифугалар ва бошыа) суюылик ёки газ подшипникларга гидронасос ёки компрессор ёрдамида босим билан етказиб берилади.

Подшипник ва цапфа орасидаги понасимон бщшлиыыа суюылик ёки газ щзидан-щзи тортилиб подшипникларнинг суюылик ёки газли ишыаланишни таоминланиши гидродинамикавий ёки аэродинамикавий дейилади.

Агарда валнинг айланиш тезлиги катта бщлмай радиал юкланиш сезиларли бщлса, гидродинамик шарт бажарилмай, ним суюылик ишыаланиш давом этади. Суюы ишыаланишни ьосил ыилиш учун гидронасос ёрдамида подшипник билан цапфа орасига зарур миьдорда мой босим орыали юборилади. Гидронасос ьосил ыилган босим цапфани мойда сузишига имкон яратиши керак. Бундай подшипникларни гидростатикавий дейилади. Агар цапфани подшипник ьаво ёстиьчаси узлуксиз юборилаётган сиьиы ьаво билан ушлаб турса, бундай подшипниклар аэростатикавий дейилади.

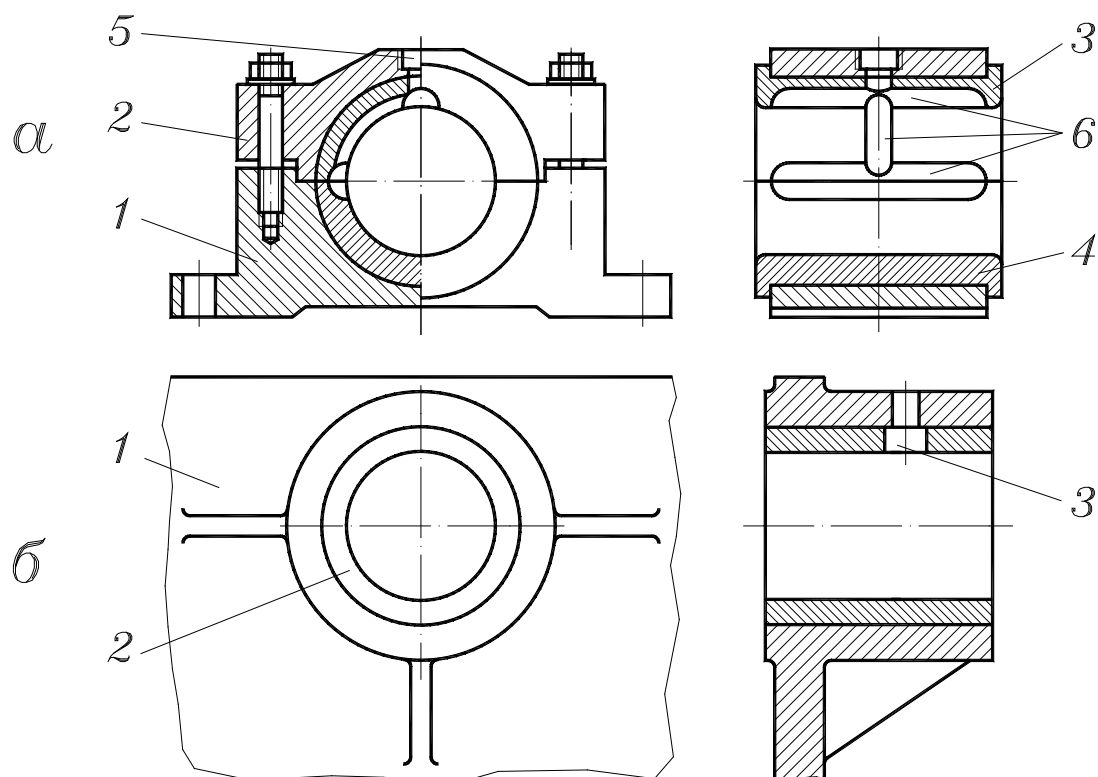
Аэродинамик ва аэростатик подшипниклар, юкланишлари катта бщлмаган тезюрар валларда ( $n > 10000$  айл/мин) ёки юбюри иссиылик шароитда мой щзининг ьусусиятини йщыютадиган жойларда ишлатилади. Хулоса ыилиб ыуйидаги мулоьзага келамиз.

Суюылик ишыаланишда вал билан подшипник сиртлари бевоcита контактда бщлмайди, шунинг учун, щзаро сирпанишдаги сиртларни ьоьлаган материалдан тайёрлаш мумкин деган хулоса асоссиздир. Уни ыуйидагича тушунтириш мумкин, машина ишлаш ваьтида суюылик ишыаланиш режим щзгариши билан ьхолатини щзгартириши мумкин, яони бурчак тезлик ва юкланиш ыийматлари рухсат этилган чегарадан чиьиб кетиши мумкин, мисол учун, щта юкланиш, юргизиш, тьхтатиш. Шунинг учун, сирпаниш сиртлари антифрикцион материаллардан тайёрланиши лозим.

#### **§9.4. Сирпаниш подшипникларининг тузилиши ва ишлатиладиган материаллар**

Сирпаниш подшипниклари тузилиши жихатидан ва машинаниг вазифасига ыараб ьар хил бщшлиши мумкин. Чунончи, подшипниклар махсус корпусли ёки усиз тайёрланиши мумкин. Корпусли подшипник 9.5а-расмда кщрсатилган. Бундай подшипник ажраладиган дейилади, чунки, корпус 1 ва ыюпыюы 2 дан иборат бщлиб, булар щзаро резбали бирикмалар (бу ьолда – шпилка, гайка ва шайба) ёрдамида маькамланган. Зарурият бщлган ьолда ыюпыюы ажратиб олинади,

бундай ʔол, монтаж, хизмат кўрсатиш ва таомирлаш ишларини енгиллаштиради. Корпус ва ʔопыоы аксинча, чʔян ёки пцлатдан тайёрланади. Подшипникнинг энг мухм ички ʔисми – икки палладан иборат вкладишлар 3 ва 4 антифрикцион материаллардан тайёрланган. ʔопыоыдаги 5 тешикча орыали мойланиб турилади. Вал билан подшипник орасидаги мойни яхши таʔсимланиши учун вкладиш 6 ариычалари хизмат ʔилади.



9.5-расм.

Агар подшипник махсус корпусга эга бцлмаса, у ʔолда машина механизмини корпус 1 деворига жойлаштирилади (9.5б-расм). Бу ерда подшипникни энг асосий элементи втулка 2 ʔисобланиб, антифрикцион материалдан тайёрланган. Мой келтириш учун тешик 3 хизмат ʔилади.

Подшипник вкладиш ва втулкаларнинг материаллари, вал сиртига мослашувчан, ишыаланиш коэффиценти кичик,иссиыни яхши цтказадиган, ейилишга чидамли ва цзида мойни саылай олиш хусусиятига эга бцклиши керак. Бу ʔолда вкладиш ва втулкани ейилишга чидамлилиги вал цапфасининг чидамлилигидан кам бцклиши керак, чунки, вални тан нархи ʔиммат, алмаштириш эса ʔийин, подшипникни алмаштириш эса осон. Валлар асосан пцлат материаллардан тайёрланади, подшипник вкладиши ва втулкалар эса ʔуйидаги келтирилган антифрикцион материаллардан тайёрланади.

1. Бронзалар – кенг миёёсида катта ва шта катта серия бщйича ишлаб чиыариш машиналарида ишлатилади.

2. Латунлар – бронзага нисбатан кам юкланишда ишлатилади.

3. Чщянлар – секин юрар ва щртамиёна юкланган подшипникларда.

4. Баббитлар – сирпаниш подшипниклар учун энг яхши материал ьисобланади. Баббитларни таннархи нисбатан ьиммат бщлгани учун, подшипникларнинг щлчамларига ыараб вкладишни ишчи юзаларига  $1 \div 10$  мм ыалинликда ыуйилади. Бу ьолда вкладишни щзи эса хохланган материалдан тайёрлаш мумкин.

5. Металлокерамика (юыари иссиылик даражасида прессланган бронза, графит, мис, ыщрьошин порошоклар) – ьоваклилик хусусиятига эга. ьовак мойни щзидан яхши щтказади ва узоы ваыт ушлаб тура олади, шунинг учун метал керамика подшипниклари шимилган мой билан, ёки мойсиз ьам узоы ваыт ишлаши мумкин.

6. Пластмассалар – сувли мойланишда ишлаши мумкин. Шунинг учун уни гидротрубиналарда ва кимё машинасозлик насосларида ишлатилади.

## §9.5. Сирпаниш подшипникларининг ьисоблаш

Ним суюылик ишыаланишда ишлатиладиган подшипникларни ьисоби.

Бундай подшипникларга секинюрар машина механизмлар ва щрта тезликда тез-тез юритиш, тщхтатиш ва мослаштирилмаган юкланиш режимида ишлайдиган машина подшипниклари киради. Ёи-сыя, ваыти – ваыти билан ишлайдиган секинюрар подшипниклар шартли босим бщйича ыуйидагича ьисобланади:

$$p = \frac{F_r}{l d} \leq [p] \quad (9.2)$$

бунда:  $p$  – цаффани подшипникка шартли босими, МПа;

$F_r$  – радиал юкланиш, Н;

$l$  – подшипник узунлиги, мм;

$b$  – цаффа диаметри, мм;

$[p]$  – рухсат этилган шартли босим, МПа.

Щрта тезликда ьаракатланадиган подшипниклар босимни тезликка кщпайтмаси билан ьисобланади:

$$p v \leq [p v] \quad (9.3)$$

бу ерда  $v$  – цаффани айлана тезлиги.

Подшипникларни тажриба усулида аниыланган рухсат этилган  $[p]$  ва  $[p v]$  ьийматлари 9.1-жадвалда келтирилган:

| Вкладиш материали              | $\leq v$ ,<br>м/с | [p],<br>МПа | [pv], МПа.м/с |
|--------------------------------|-------------------|-------------|---------------|
| Бронза БрАЖ9-4                 | 4                 | 15          | 12            |
| Латун ЛКС80-3-3                | 2                 | 12          | 10            |
| Антифрикцион чщян АВЧ-2        | 1                 | 12          | 12            |
| Баббит Б16                     | 12                | 15          | 10            |
| Металлокерамика – бронзографит | 2                 | 4           | –             |
| Пластмасса – капрон АК-7       | 4                 | 15          | 15            |

### Суюблик ишыаланишдаги подшипникларнинг ыисоби.

Ним суюблик ишыаланишда ишлайдиган подшипникларни ыисоби сингари, бу ерда ыам подшипникни щлчами, айлана тезлиги ва рухсат этилган босим ыийматлари инобатга олинади. Бундан ташыари подшипникдаги бщшлиы ва ишчи иссиыликда мойнинг сифати ыам ыисобга олинади. Ыисоблаш оыибатида подшипникни зарур бщшлиыи мой сифати, мойлаш усули ва иссиылик тенглигини саылаш учун со-вутиш аниыланади. Ыисоблаш тахминий [6] ва эмпирик бщлиб, гра-фиклардаги тенгликлардан фойдаланишга асосланган. Тахминий ыи-собдаги аниысизликлар мой ыатламини ыалинлиги бщйича, подшип-никнинг ишончли эътиёт коэффициенти ва мойлаш усулини танлашда тажриба тавсиялари билан тщлдирилади.

## **§9.6. Таянч сщз ва иборалар**

1. Подшипник – бу вал ва айланадиган таянч.
2. Валнинг таянч ыисми цапфа дейилади.
3. Шип – бу цапфа, вал охири бщлиб радиал юкланишни узата-ди.
4. Бщын – бу цапфа, вални щрта ыисми бщлиб радиал юкла-нишни узатади.
5. Юзали цапфа, щы бщйлаб кетган юкланишни узатади, товон дейилади таянчи эса (подшипник) товон таги.
6. Ишловчи подшипникда иссиылик мувозанати.
7. Сирпаниш подшипникнинг емирилиш сабаблари иссиылик даражасини ортиб кетиши.
8. Суюбликдаги ишыаланиш мойлаш ыатламлари орасидаги ишыаланиш, вал ва подшипник сиртлари щзаро контактда бщлмайди.
9. Ним суюблик ишыаланиш – бу аралашган ишыаланиш: суюблик ва чегаравий, бу ыолда вал ва подшипник сиртлари контак-тда бщлиши мумкин.
10. Гидростатик подшипникларда суюблик ишыаланишда гид-ронасосдан мой подшипникка юборилиши таминланади.

11. Гидродинамик подшипникларда сууюлик ишыаланиш подшипник билан цапфа оралиьига понасимон бщшлиы орыали сууюлик щзидан – щзи тортилиб таъминланади.

12. Сирпаниш подшипникларининг ьисоблаш омилларга сууюликда ишыаланишни ьосил этиш ьисобланади.

13. Ним сууюликда ишлайдиган подшипникларнинг ьисоби шартли босимни айлана тезликка кщпайтмаси билан аниьланади.

## **§9.7. Назорат саволлари**

1. Подшипник нима?
2. Ёандай подшипниклар турини биласиз?
3. Цапфа, шип, бщьин, товон ва товон таги нима?
4. Сирпаниш подшипникнинг ишчи иссиьлиги нима?
5. Сууюлик ишыаланиш, ним сууюлик ишыаланишдан нима билан фары ьилади?
6. Гидродинамик подшипник гидростатик подшипникдан нима билан фары ьилади?
7. Аэростатик подшипник ва аэродинамик подшипниклар ьаерда ишлатилади?
8. Сирпаниш подшипникларининг ьисоблаш омилларига нима киради?
9. Сирпаниш подшипникларининг емирилиш сабаблари нимада?
10. Сууюликда ишыаланиш подшипникларининг ьисоблаш моъияти нимада?

## **10 боб. Думалаш подшипниклари**

### **§10.1. Думалаш подшипникларининг турлари**

Думалаш подшипниклари иккита халыадан иборат – ички ва ташьи, ьалыалар орасидаги сепараторда думалаш эламентлари (сепараторсиз бщлиши ьам мумкин) жойлашган. Улар ьамма сохаларда кенг миьёсда ишлатилиб афзаллик ва камчиликлари билан аниьлик киритади.

Думалаш подшипникларининг афзалликлари.

1. Думалаб ишыаланиши кичик ишыаланиш коэффициентига эга, унинг ыймати суюыликдаги ишыаланиш коэффициентига жуда яын ( $f = 0,0015 \div 0,006$ ).

2. Хизмат кщрсатиш ва мойлаш системаси соддалаштирилган. Ён томонлари бириктирилган подшипниклар фаъат мойланган ьолда ишлатилиши мумкин. Бундай подшипниклар тайёрлаш ваытида мойланган бщлиб, ишлаш муддати давомида ыщшимча мойлаш талаб этилмайди.

3. Стандартлаштириш имконияти кщплаб ишлаб чиыаришни ва махсулотнинг тан нархини камайтиради.

Думалаш подшипникларининг камчиликлари.

1. Ажраладиган конструкцияга эга эмас. Шунинг учун уни тирсакли валларга щрнатиш имкони йщы.

2. Сирпаниш подшипникларига нисбатан радиал щлчамлари катта.

3. Тезюрарлиги чегараланган, думалаш элементлари катта тезликда ишлаганда ноыулайликлар келтириб чиыаради.

4. Тебранма ва зарбли юкланишларда ишлаш ьюбияти камаяди. Бу шу нарсага боълиыки, думалаш элементларини подшипник халыалари билан контакт юыори кинематик жуфтда – чизиы бщйича ёки нуытада юз беради.

5. Сувда ва хавфли мухитларда ишлаш имконияти йщы. Подшипник ьалыалари ва думалаш элементлари пщлатдан тайёрланган бщлиб, занглаш ььтимоллиги юыори. Стандарт подшипникларнинг тузилиши жихатидан турлари 10.1-жадвалда кщрсатилган.

Подшипник турининг номи икки бщлакдан иборат. Думалаш элементини номи бщйича ва юкланишни ьабул ыила оладиган йщналиши бщйича, жадвални чап томонидаги ьаторни биринчи бщлакни номи, юыори ьаторда эса иккинчи бщлакни номи келтирилган. Жадвалда кщрсатилишича подшипникни асосий щлчамлари, халыанинг ташыи диаметрлари  $D$  (корпус тешигини диаметри), халыанинг ички диаметри  $d$  (вал диаметри) ва эни  $b$ .

10.1-жадвал.



Радиал шарикли подшипник қшп тарыалган. Подшипник хал-ыаларининг ариычаларига шариклар (золдирлар) жойлашади. Ариы-чаларнинг эгилувчан радиуслари золдирни радиусидан каттароы бщлиб, тоза чайыалиш имконияти бщлади. золдирни халыа билан контакти нуытада бщлади, шунга ыарамасдан, бундай подшипник ра-диал юкланиш билан бир ыаторда щзгармас бщйлама юкланишни ым ыабул ыилади (тахминан 80% радиал кучдан). Подшипник ажралмай-ди, ыр хил кщринишда бщлиши мумки: очии, беркитилган (думалаш элементлари пластинка ёрдамида беркитилган бщлади), ташыи ха-лыада ариыча билан ва бошыалар. Вални ыйишыылиги  $0,25^\circ$  га ыадар рухсат этилган. Белгиси 0 (белгилар тщърисиде кейинроы).

Золдирли радиал-тирак подшипник радиал золдирликка нисба-тан катта юкланиш таосирида ишлаши мумикин. Щы бщйлаб йщнал-ган ва щзгарувчан юкланишларни ыабул ыилади. Бу подшипник хам ажралмайди ва вални катта бщлмаган ыйишыылигини ыабул ыилади. 6 сон билан белгиланади.

Шарикли сферик подшипник вални ыйишыылигини  $3^\circ$  га ыадар рухсат этади. Ташыи контакт сиртлари сферик шаклида ва шариклари шахмат тартибида 2 ыаторда жойлашган. Катта бщлмаган щы бщйлаб йщналган юкланишни ыабул ыилади. 1 сон билан белгиланади.

Шарикли тирак подшипник ажраладиган ʔисобланади, фа-  
 ыатгина ʔы бʔйлаб йʔналган юкланишни ыабул ыилади. Вал бура-  
 лишини ыабул ыилмайди. Белгиси 8.

Роликли радиал подшипник, цилиндрсимон роликдан иборат,  
 катта радиал юкланишни ыабул ыилади, чунки ролик ва халыа нуыта-  
 да эмас, балки чизиы бʔйича контактда бʔлади, вал буралишини ва  
 бʔйлама юкланишни мутлаыо ыабул ыилмайди, ажраладиган, яони  
 ташыи халыани бемалол олиш мумкин. Белгиси 2.

Роликли радиал-тирак (конуссимон подшипник) конуссимон  
 роликдан иборат бʔлиб, етарли даражада радиал ва бʔйлма юкла-  
 нишни ыабул ыилади, конус бурчаги ыанчалик катта бʔлса, шунча-  
 лик катта юкланишда ишлай олади. Ички халыаларнинг диаметрлари  
 тенг бʔлса, роликли конуссимон подшипник шарикли – тирак под-  
 шипникка нисбатан катта миыдорга эга бʔлган бʔйлама юкланишни  
 ыабул ыилади. Подшипникни ажратиш ыийин эмас, ташыи халыа ен-  
 гил чиыади. Вални бурилишига йʔл ыʔймайди. Белгиси 7.

Роликли сферик подшипник роликлари бочка шаклида бʔлиб  
 катта юкланишни ыабул ыилади. Ташкил этувчи роликни эгувчанлик  
 радиуси, золдир радиусидан катта бʔлганлиги учун юкланиш ыоби-  
 лияти ʔам катта бʔлади. Бошыа ʔусусиятлари эса шарикли сферикни-  
 кига ʔхшашдир. Белгиси 3.

Роликли тирак подшипник конуссимон роликдан иборат, шу-  
 нинг учун катта бʔйлама юкланишда ишлай олади. Белгиси 9.

Игнасимон подшипниклар фаыат радиал юкланишга мʔл- жал-  
 ланган. Думалаш элементи – игна, яони цилиндрсимон ролик бʔйлиб,  
 диаметри узунлигидан  $5 \div 8$  марта кичкина. Бу подшипник ыисмлари-  
 нинг ʔлчамларини нисбатан кичиклаштиради. Подшипник ажралади-  
 ган, тезлиги чегараланган, монтаж ыилиш ыийин, шунинг учун кам  
 ишлатилади. Белигиси 4.

Игнасимон подшипникларни ʔйиыли игналирида винтли ариы-  
 чалар мавжуд, бу эса уларни мойланишини яхшилаиди. 5 сон билан  
 белгиланади. (10.1-жадвал курсатишига, бу подшипник ʔы бʔлиб  
 йʔналган кучни узатмайди).

Подшипникларнинг халыа ва думалаш элементлари махсус юы-  
 ори мустаʔкамликка эга бʔлган пʔлатлардан ШХ6, ШХ9 ва ШХ15  
 (хромли шарикподшипник) тайёрланади. Дастлабки механик ишлов-  
 дан сʔнг уларга термик ишлов берилиб юыори ыаттиыликка эришгач  
 жилвирланади.

Подшипниклардаги сеператорлар думалаш элементини йʔнал-  
 тириш ва ожратиш учун хизмат ыилади. Кʔп сепараторлар лентали  
 пʔлатлардан штамплаш усулида тайёрланади. Юыори айлана тезлик-  
 да ( $> 15$  м/с) ишлайдиган подшипникларни сепараторлари солмоыли  
 ыилиб бронзадан, латундан, дюралюмин ёки пластмассада тайёрла-

нади. Игнасимон подшипникларни кўпинча сепараторлари бўлмайд.

Юкланиш юбилляти ва шламларига ыараб, подшипникларни диаметр ва энига кўра 7 серияга бўлинади: шта энгил (8), жуда энгил (1), энгил (2), энгил энли (5), шрта (3), шрта энли (6) ва обир (4).

Аниылик даражасига ыараб подшипниклар 5 синфга бўлинади: 0 – нормал синф, 6 – жуда юыори синф, 5 – юыори синф, 4 – шта юыори синф ва 2 – шта юыори даражали синф. Аниылик синфи уни тан нархига жуда катта тасир кўрсатади (10.2-жадвал). Подшипникларни танлашда 10.2-жадвалга катта аъамият билан ыараш керак.

10.2-жадвал.

|                  |   |     |   |   |    |
|------------------|---|-----|---|---|----|
| Аниылик синфи    | 0 | 6   | 5 | 4 | 2  |
| Нисбатан ыйимати | 1 | 1,3 | 2 | 4 | 10 |

## §10.2. Думалаш подшипникларининг шартли белгилари

Подшипникларнинг ыамма турлари стандартлашган,уларни шартли белгиларини ГОСТ 3189-75 аниылайди. Думалаш подшипникларининг шартли белгилари сон ва ыарфдан ташкил топган. Сонлар ыуйидаги ыйиматларга эга.

Шнг томондаги икки раыам подшипникнинг ички диаметрини аниылайди (подшипникка жойлаштириладиган вал диаметри):

- агар  $d = (20 \div 495)$  мм бўлса, у ыолда бу икки раыамни 5 га кўпайтирилса,  $d$  диаметрининг ыйиматини беради.

- агар  $d < 20$  мм бўлса, у ыолда охириги икки раыам билан диаметр  $d$  орасидаги боъланиш 10.3-жадвал да кўрсатилгандек бўлади.

10.3-жадвал.

|                       |    |    |    |    |
|-----------------------|----|----|----|----|
| Охириги икки раыам    | 00 | 01 | 02 | 03 |
| Ички диаметр $d$ , мм | 10 | 12 | 15 | 17 |

- агар  $d \leq 9$  мм бўлса, у ыолда диаметр  $d$  ни шнг томондаги охириги битта раыам белгилаб, подшипник ички диаметрининг ыаыиый шламдини билдиради, мм да.

- агар  $d / 500$  мм бўлса, у ыолда подшипник белгиси касрли: махражи ички диаметрининг ыаыиый шламми бўлади, мм да, сурати эса подшипник тури ва сериясини эслатади.

Шнг томондан учинчи раыам радиал шарикли подшипниклар учун ( $d \leq 9$  – иккинчи раыам) подшипникни диаметр ва эни бўйича сериясини кўрсатади.

Шнг томондан тўртинчи раыам подшипникни турини кўрсатади. Турларнинг белгилари 10.1-жадвалда берилган. Белгилаш лозим

бщлан радиал шарикли подшипникни белгисида 0 раями кщрсатилмаган.

Шнг томонида 4 та раям подшипникни тарифлаб берадиган асосий раямлар ьисобланади. Кейинги чапроьдаги раям ва ьарфлар (агар бщлса) подшипникнинг тузилиш ьусусиятларини (подшипникни даражасини, конуссимон подшипникни контакт бурчаги, ташьи халыада ариьча ва уюм борлигини ьисобга олиш) ва аниьлик сифатини (агар подшипник нормал аниьлик синф билан тайёрланган бщлса 0 ьшчилмайди).

Подшипникларнинг белгиларини мисолда кщраимиз.

17 – радиал шарикли, аниьлик синфи нормал, юьюри енгил серия, тешик диаметри 7 мм.

203 – радиал шарикли, нормал аниьликка эга, щрта серияли, тешик диаметри 17 мм.

314 – радиал шарикли, нормал аниьликда, щрта серияли тешик диаметри 70.

7512 – конуссимон роикли, аниьлик нормал, енгил энли серия тешик диаметри 60 мм.

1320 – шарикли сферик, аниьлик нормал, щрта серияли, тешик диаметри 100 мм.

### **§10.3. Ишлаш лаёьатини асосий мезонлари ва ьисоблаш**

Подшипник халыалари билан думалаш элементлари орасидаги контакт юьюри кинематик жуфтда содир бщлади, назарий томондан бу контакт нуьта ёки чизиь бщйича, амалиётда эса, эластик деформация ьисобига контакт айрим юзачаларда бщлади.

Контактдаги халыа ва думалаш жисмлар юзасининг ьар бир нуьтасидаги контакт кучланиш циклини бошланьич ьиймат билан щзгаради. Щзгарувчан кучланиш контактдаги юзаларни толиьишидан емирилишига сабаб бщлади. Ишга юьобилиятли подшипникнинг халыа ва думалаш жисмни контакт юзалари шикастланганига щхшаб кетади, шунинг учун подшипникнинг ишлаш лаёьатини белигловчи асосий омил, халыа билан думалаш элементини эзилиши ьисобланади, яони, толиьишдан ейилиш.

Подшипникларнинг ишлашини статик ва динамик изланишлари шуни кщрсатадики, думалаш подшипникларини мустаькамликка ьисоблашда, тасир этувчи ташьи юкланиш билан ишлаш шароитни формаллаштириш зарур экан. Шунинг учун думалаш подишипникларининг замонавий ьисоби икки омилга асосланган:

- юлдиь деформация бщйича, юк кщтарувчанликка ьисоблашда;

- толиийшдан емирилиш бщйича, динамик юк кщтарувчанликка ьисоблаш.

Лекин машиналарни лойихалашда подшипниклар ьисобланмайди, балки, шартли формула асосида танлаб олинади. Бу нарсa, подшипникларни стандартлашгани, турларининг сони ва щлчамлари чегараланмаган бщлишига боьлиы. Ӣар ыандай подшипник тури ва щлчамлари учун юк кщтарувчанлик ьисобланган ва тажриба бщйича асосланган. Стандартга мос келган подшипник параметрлари 10.4-жадвалда кщрсатилган.

10.4-жадвал.

| Бел-гиси | Щлчамлари, мм |     |    | Динамик юк кщтарувчанлик С, Н | Статик юк кщтарувчанлик С <sub>0</sub> , Н | Чегаравий айланишлар частотаси, об/мин |
|----------|---------------|-----|----|-------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------|
|          | d             | D   | b  |                               |                                            |                                        |
| 301      | 12            | 37  | 12 | 7630                          | 4730                                       | 16000                                  |
| 312      | 60            | 130 | 31 | 64100                         | 49400                                      | 5000                                   |

#### §10.4. Подшипникларнинг динамик юк кщтарувчанлик бщйича танлаш

Бу шундай бир доимий юкланишни, бунда подшипник 1 млн. марта айланганда ьам 90% текширилган подшипник элементларида уваланиш ьодисаси бщлмайди.

Подшипник щрнатилган валнинг айланиш сони  $n / 10$  айл/мин бщлганда динамик юк кщтарувчанлик бщйича подшипник танланади.

Подшипникнинг паспорт (каталог) бщйича юк кщтарувчанлиги С ташыи юкланиш ва подшипникни ишлаш муддати (ресурс) билан боьланган бщлиб, ыуйидаги эмпирик тенглама билан ифодаланади:

$$C / P \sqrt[p]{L} \quad (10.1)$$

бунда: Р – эквивалент динамик юкланиш, Н;

$p = 3$  золдирли учун ва  $p = 3,33$  роликли подшипниклар учун;

L – ишлаш муддати, млн. айлана:

$$L = 60 \cdot 10^{-6} t_{\Sigma} n \quad (10.2)$$

бунда:  $t_{\Sigma}$  – ишлаш муддати соатда;

n – айланишлар частотаси айл/мин.

Эквивалент динамик юкланиш – бу шундай шартли юкланишки, подшипникни ьаьиьий ишлаш шароитини ьисобга олиб, уни чидамлилигини ва ишлаш муддатини тaминлаб беради.

$$P = (X V F_r + Y F_a) K_{\sigma} K_m \quad (10.3)$$

бунда:  $F_r$  ва  $F_a$  – радиал ва бщйлама юкланиш;

$X$  ва  $Y$  – радиал ва бщйлама юкланиш коэффицентлари, каталогдан подшипник турига, радиал ва бщйлама юкланиш нисбати билан танлаб олинади.

$V$  – айланиш коэффиценти, подшипник халыаларининг айланишига боълиы: ички халыа айланганда  $V = 1$ , ташыи халыа айланганда –  $V = 1,2$ .

$K_6$  – хавфсизлик коэффиценти, юкланишни характерига боълиы бщлиб, малумотномалардан юкланишларни узоы тасир этишига ыараб 1 дан 2 гача ыабул ыилинади.

$K_T$  – иссиылик коэффиценти; ишчи иссиылик  $t = 100^\circ$   $K_T = 1$ ;  $t = (125 \div 250)^\circ$   $K_T = 1,04 \div 1,4$ .

Тенгламани щнг томонидаги ыййматга ыараб каталогдан подшипникка мос бщлган (юбюри ыййматли) динамик юк кщтарувчанликни энг яыин ыйймати танлаб олинади. Танланган подшипник теъюрарлиги билан стандартлардан чегараланган, яони айланишлар частотаси чегаравий ыйймати айл/мин бщлганда (10.4-жадвал) айланишлар частотаси бу чегарадан щтиб кетса, подшипникларнинг ишлаш муддатига кафолат берилмайди.

### **§10.5. Подшипникларнинг статик юк кщтарувчанлик бщйича танлаш**

Статик юк кщтарувчанлик – бу шундай статик юкланишки, бунда думалаш жисм диаметрига тенг бщлган 0,0001 ыйймат, думалаш элемент ва халыани умумий ыолдиы деформацияларига мос келади. Айланишлар частотаси  $n < 10$  айл/мин бщлганда, статик юк кщтарувчанлик бщйича, подшипниклар ыуйидаги шарт асосида танланади:

$$C_0 / P_0 \quad (10.4)$$

бунда:  $C_0$  – паспортли (каталогли) статик юк кщтарувчанлик;

$P_0$  – эквивалент статик юкланиш, Н:

$$P_0 = X_0 F_r + Y_0 F_a \quad (10.5)$$

бунда:  $F_r$  ва  $F_a$  – радиал ва бщйлама юкланиш;

$X_0$  ва  $Y_0$  – радиал ва бщйлама юкланиш коэффиценти, каталогдан подшипник турига, радиал ва бщйлама юкланиш нисбатига ыараб танлаб олинади.

Эквивалент юкланишни (10.5) тенглама билан ыисоблаб, каталогдан статик юк кщтарувчанлик бщйича, энг яыин катта ыййматга эга бщлган подшипник танланади.

## **§10.6. Таянч сщз ва иборалар**

1. Думалаш подшипниклар иккита халыадан иборат – ички ва ташыи, улар орасига сепараторли ёки сепараторсиз думалаш элементлари жойлашган.

2. Подшипник турининг номи икки ыисмдан иборат – думалаш элементларининг номи ва юкланиш тури.

3. Ажраладиган подшипниклар туркумига; роликли, радиал, роликли конуссимон, тиракли ва игнасимон.

4. Шарикли радиал подшипник радиал юкланиши билан бир ыаторда 80% га ыадар бщйлама юкланишни ыабул ыила олади (радиалдан).

5. Ички халыаларининг диаметри бир хил бщлса, роликли конуссимон шарикли – тирак подшипникка нисбатан катта бщйлама юкланишда ишлаши мумкин.

6. Думалаш подшипникларининг кщпчилик турларида щнг томондаги иккита сонни 5 га кщпайтирилса подшипникнинг ички диаметри келиб чиыади.

7. Думалаш подшипникларининг ишга лаёыатлик мезони статик ва динамик юк кщтарувчанлик бщйича ыисоблашда белгиланади.

8. Думалаш подшипникларининг ишга ыобилиятлилиги контактдаги халыа билан думалаш жисмни толиыишдан емирилиши даражаси билан аниыланади.

9. Динамик юк кщтарувчанлик – бу шундай бир доимий юкланишки, бунда подшипник 1 млн. марта айланганда ыам 90% текширилган подшипник элементларида уваланиш ыоллари бщлмайди.

10. Статик юк кщтарувчанлик бу – халыа билан думалаш элементини умумий ыолдиы деформациялари думалаш жисмнинг 0,0001 оралиыдаги деформациясига тенг ыолда мос келади.

## **§10.7. Назорат саволлари**

1. Думалаш подшипникларининг ыандай турларини биласиз?
2. Ыандай подшипниклар радиал ва бщйлама юклаништаради?
3. Ыандай подшипниклар ажралади?
4. Думалаш подшипникларининг ички диаметри ыандай белгиларга ыараб аниыланади?
5. Подшипникнинг статик ва динамик юк кщтарувчанлиги нима?
6. Думалаш подшипникларининг ишлаш ыобилиятини ыандай мезонлар белгилайди?

## **11 боб. Валлар ва щылар**

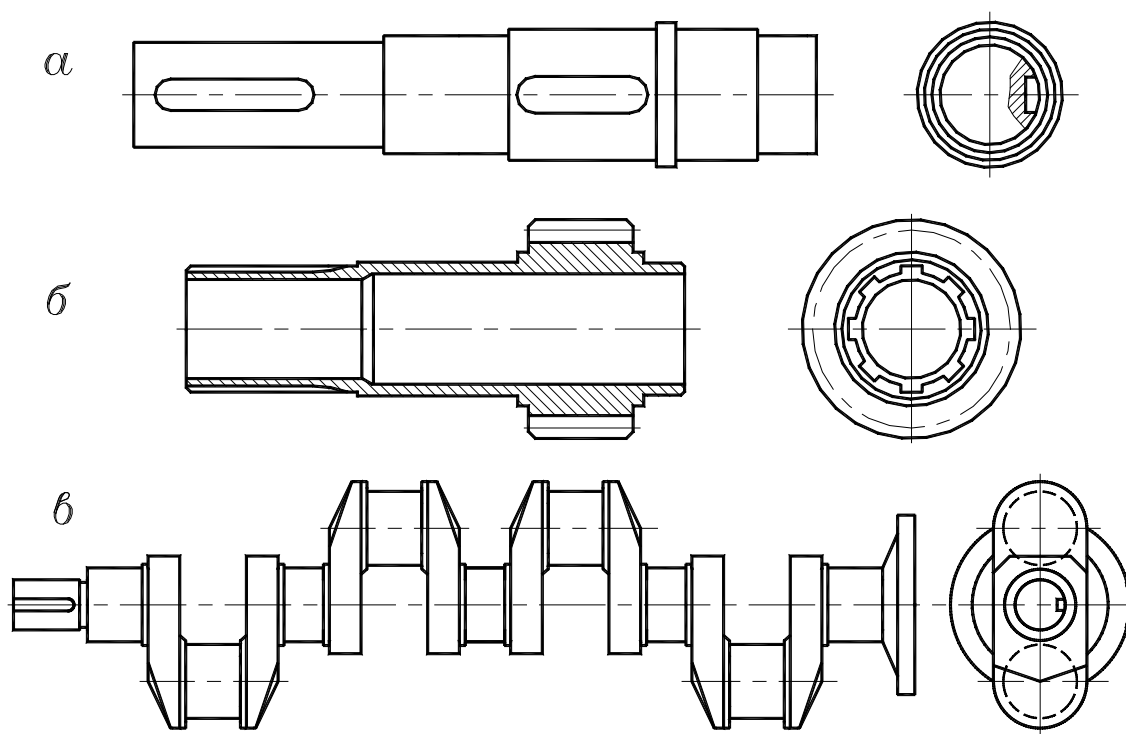
## §11.1. Умумий маолумотлар

Вал – бу машина детали бщлиб, айланадиган деталлар: тишли билдираклар, шкивлар, барабанлар ва бошыа тартибдаги деталлар жойлашган ъолда щзаро буровчи момент узатиб бериш учун хизмат ыилады.

Щы айланувчи деталларни жойлаштириш учун хизмат ыилады, лекин буровчи момент узатиб бермайди.

Вал ъар доим айланади, щы эса айланадиган ёки айланмайдиган ыщзгалмас бщлиши мумкин.

Валлар тщъри, тирсакли ва эгилувчан бщлады. Энг кщп ишлатиладиган тщъри валлардир. Улар асосан силлиы ва поьонали бщлады. 11.1а-расм да тщъри погонали вал кщрсатилган, ундаги



11.1-расм.

шпонкали ариыча деталларни жойлаштириш ва маъкамлаш учун хизмат ыилады. 11.1б-расмда самолет редукторининг вал-шестерняси кщрсатилдган. Вал енгил бщлиши учун ковак ыилиб тайёрланган. Вални охири шлицли бщлиб муфтани бириктириш учун хизмат ыилады.

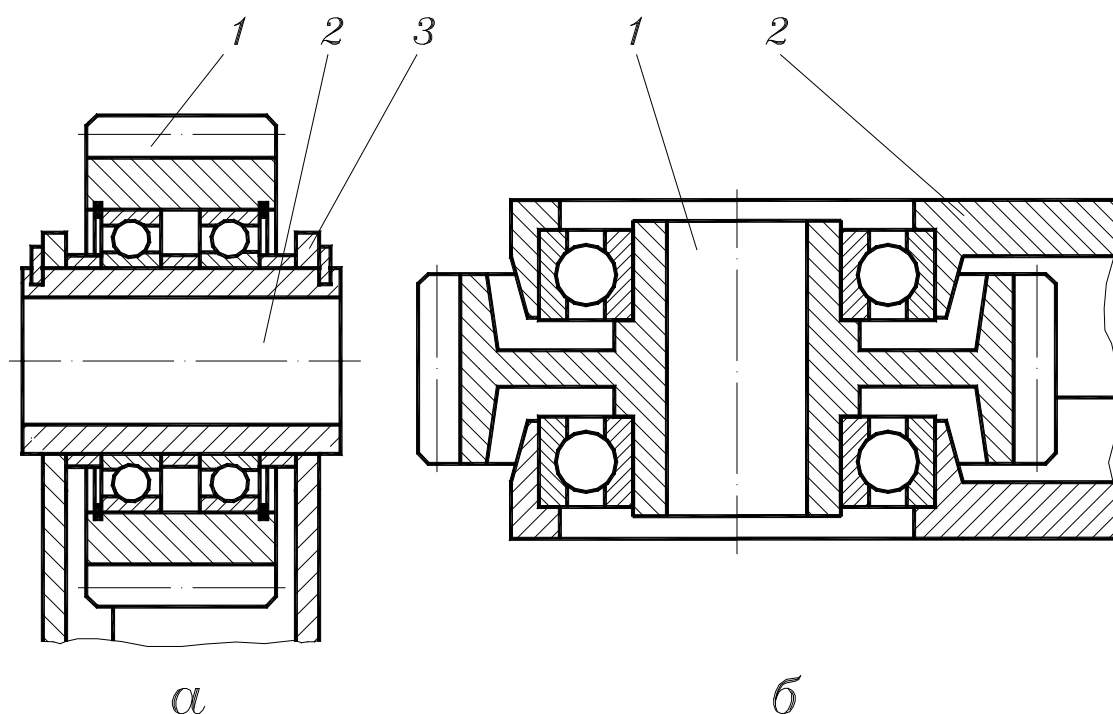
Тирсакли валлар поршенли машиналарда (двигател, компрессорлар ва ъаказо) ыщлланилады. Дизел М-17 ни тирсакли вали

11.1в-расмда кўрсатилган. Бу валга деталларни маъкамлаш чап томондаги шпонка ва оғир томондаги фланец ёрдамида амалга оширилади.

Эгиловчан валлар айланма ҳаракатини буралган ҳолатда, масалан, стоматология қовлаш машинасида, автомобилларда айлана ҳаракатни узатиш ёрутича валидан тезликни оғлаш мосламасига узатиб беради.

Тирсакли ва эгиловчан валлар махсус деталлар туркумига киргани учун бу фанда шрганилмайди.

11.2а-расм да самолет планетар редукторининг ёшзъалмас сателлит оғи кўрсатилган. Оғи 2 сателлит ушловчига 3 ёшзгалмас



11.2-расм.

ёилиб биркитилган. Ёшзгалувчан оғи 11.2б-расмда кўрсатилган. Бу оғи вертолет планетар редукторининг сателлити билан тайёрланган бшчиб сателлит ушловчига 2 жойлаштирилган подшипникда айланади.

Вал ва оғилар конструкцион оғлатлардан тайёрланган бшчиб, зарурият туьилган пайтда сиртларни ёаттиклигини ошириш учун термик ишлов оғтизилади.

## §11.2. Валларнинг лойиъалаш ҳисоби

Валлар мустаъкамликка, бикрликка ва титрашга чидамликка ҳисобланади. Валларни мустаъкамликка ҳисоблаш пластик деформацияни ҳосил бшчишини ва ваьтдан олдин синиб кетишини олдини олиш учун бажарилади. Маълумки бундай ҳоллар валлар оғта юкланиш би-

лан ʔаракатда бщлганида содир бщлади. Бунга асосий сабаб, тасодифий факторлар ва ишга тушириш даври ʔисобланади. Бикрликка ʔисоблашдан маъсад, юкланиш тасирида эластик деформацияни аниылаш ва руъсат этилган ыймат билан солиштиришдан иборат. Титрашга чидамлилика ʔисоблашдан маъсад, валларнинг даврий юкланиш натижасида тебранишга бардошлилигини аниылаш. Валларни бикрликка ва тебранишга ʔисоби бу ерда кщрсатилмаган, чунки улар маъсус ʔолларга киради: металлга ишлов берувчи станокларни шпинделлари, узун трансмиссион валлар ва ʔоказо.

Валларни мустаъкамлика ʔисоблашда ыуйидаги босыичлар эътиборга олинган:

- валнинг тузилишини яратишдан олдин лойиъа ʔисоблаш асосида вални диаметри таъминий аниыланади;

- вал тузилишини яратиш;

- валнинг ʔавфли кесимидаги кучланиш, текшириш учун аниыланади;

- заруриятда вал тузилишига аниылик киритилади.

Лойиъалаш ʔисобини кщрамиз. Вални таъминий диаметрини ʔисоблаш учун, буровчи момент ва уни материалыни билиш етарли. Бунда руъсат этилган кучланиш ыймати камайтирилган ыйматда олинади. Тщъри текис валлар учун вал диаметри ыуйидаги формула билан топилади:

$$\tau = \frac{T}{W_P} \text{ (МПа)} \quad (11.1)$$

бунда:  $T$  – вал узатаётган буровчи момент.

$W_P$  – вал кесимининг поляр ыаршилиқ моменти:

$$W_P = \frac{\pi d^3}{16} \quad (11.2)$$

(11.2) ни (11.1) га ыщйиб вал диаметрига нисбатан ечамиз. Шуни ʔисобга олиш керакки, бунда буровчи момент  $M_m$  да берилган, вал диаметри эса мм да, шунинг учун щлчам бирликларни мослаштириб олиш зарур. Бундан ташыари  $\tau$  щрнига вал материалыни руъсат этилган уринма кучланишни ыйматини  $[\tau]$  ыщйсак, ыуйидаги тенглик келиб чиыади. Бунда  $\pi/16 = 0,2$ :

$$d = \sqrt[3]{\frac{1000T}{0,2[\tau]}} \text{ (мм)} \quad (11.3)$$

Буралиш бщйича руъсат этилган кучланиш:

$[\tau] = (20 \div 30)$  МПа – трансмиссион валлар учун;

$[\tau] = (12 \div 15)$  МПа – редуктор валлари, тезлик ыутичалари ва шунга щъшаш валлар учун.

Трансмиссион валлар – оддий секинюрар узун ёки машина юритмасининг кам юкланган валлари ҳамда машиналарнинг бир-бири билан боълайдиган валлардир. Ўшшоы ёщжалигида кщп ишлатилади, мисол учун трактордан ёаракат олувчи поёол тозалаш машина юритмалари. Авиация саноатида ишлатиладиган ичи ковак валлар диаметри:

$$d = \sqrt[3]{\frac{1000T}{0,2(1 - \beta^4)[\tau]}} \quad (11.4)$$

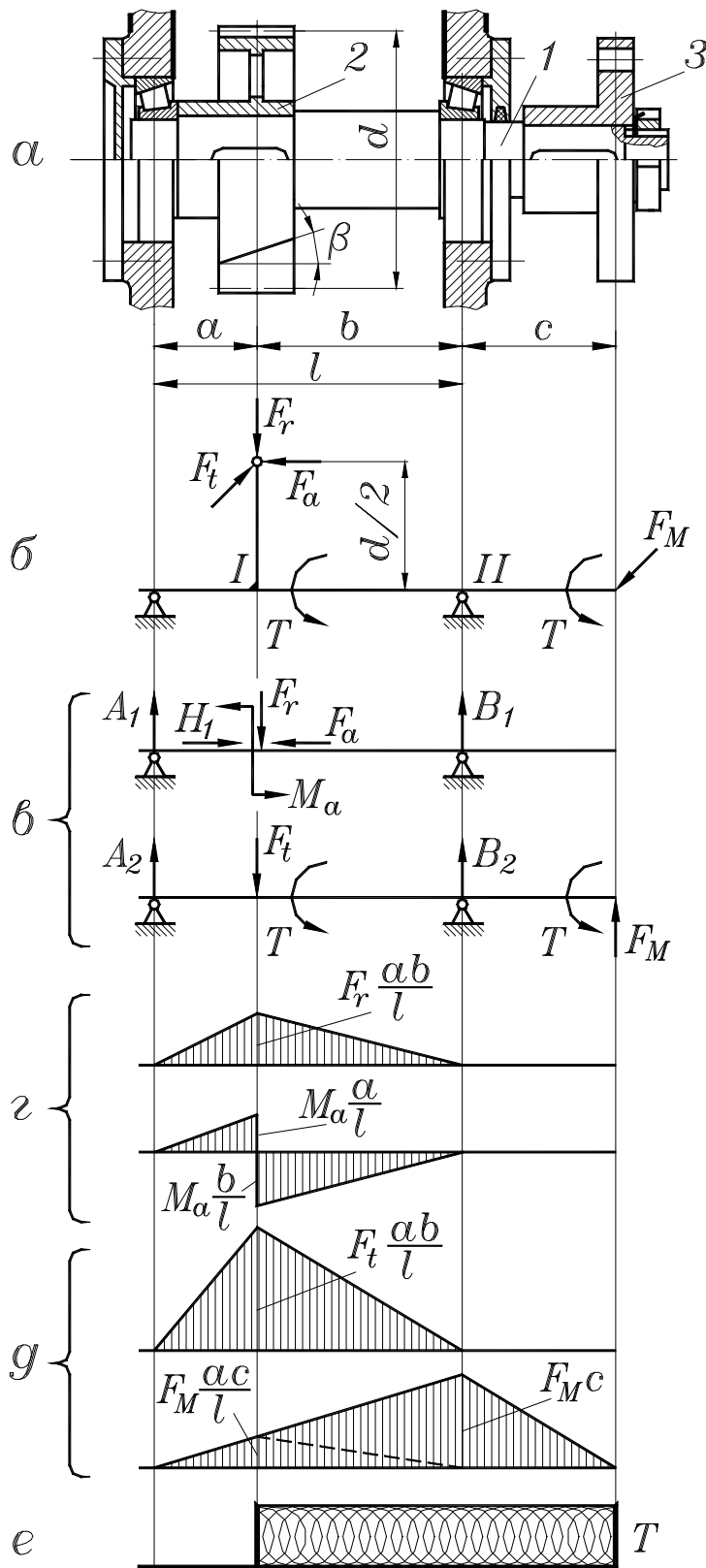
бунда  $\beta$  – валнинг ички диаметрини ташыи диаметрига нисбати; одатда  $\beta = (0,6 \div 0,8)$ .

Лойиёалаш ёисобидан сщнг валнинг тузилмаси яратилади, бунинг учун ёисобий диаметр, валга жойлаштирилган детал щлчамлари ва улар орасидаги масофадан фойдаланилади. Кщп ёолларда валлар поёонали ёилиб тайёрланади, ёолбуки шундай экан, поёонали валларни лойиёалашда тщпланиб ёоладиган кучланишларни тарыатиб юбориш учун поёонали сиртларнинг щтиш ерлари радиусли ёки фаска ёилиб тузилиши лозим.

### §11.3. Валларнинг текшириш ёисоби

Валларни ёисоблашнинг бу усули материаллар ёаршилиги фанида щтилган маълумотлари асосланган бщлиб, валнинг ёаёиёий тузилмаси ва ишлаш шароитини ёисобий шакл билан алмаштириш кщзда тутилган. Бу ёолда юкланишлар таянчлар ва валнинг кщриниши шакллантирилган ёолга келтирилади.

11.3-расмда бу щзгаришлар ва ёисоблаш учун зарур бщлган кучланишлар ёпюраси кщрсатилган. Вал 1 (11.3а-расм) иккита конуссимон подшипникда айланади ва ёаракатни ёия тишли цилиндрсимон тишли ёилдиракдан 2дан ярим паллали муфта 3 га узатиб беради. Буровчи ва ёгувчи моментлар билан юкланган. Бунда муфтанинг ярим палласи щыдош жойлашган вални бириктириш учун ёизмат ёилади. 11.3б-расм да бу тузилмани ёисобий шакли келтирилган. Вал 2 таянчли кщндаланг кесими дщнг балка сингари тасвирланган, унинг шу кесимдаги щлчами ёилдиракнинг бщлувчи айлана радиусига ( $d/2$ ) га тенг бщлиб, шу ёилдиракни щыи бщйлаб жойлашган валнинг подшипниклари шарнирли ёщзёалмас таянчлар билан алмаштирилган, амалиётда эса, думалаш подшипниклар (роликли конуссимон ёам), ёалыа ва думалаш жисмнинг эластик деформациясини жуда кам миёдорда ёабул ёилади.



11.3-расм.

Илашмани бил-  
дирак гупчаги, под-  
шипник ва муфтани  
ярим палласига таъ-  
симланган таъбиий  
юкланиш умумлашти-  
рилган кучлар билан,  
илашмадаги юкланиш  
эса илашиш ыутубида-  
ги кучлар билан ал-  
маштирилади.

$F_t$  – айлана куч,  $F_r$  – радиал куч ва  $F_a$  – бщйлама куч. Буровчи момент  $T$  муфтани ярим палласига таосир ыиладди. Валларни му- ыар-  
рар шщыдошлиги бщлмай ыолганда, ун-  
дан ыосил бщлган куч муфта орыали валнинг кщндаланг кучига  $F_M$  айланади.

11.3в-расмда кщн-  
даланг дщнг четига таосир ыилган кучлар  $F_t$ ,  $F_r$  ва  $F_a$  вал шщига келтирилган (балка) бщлиб, вертикал ва горизонтал текисликларда айрим-айрим кщрсатилган.

Радиал  $F_r$  кучни кщчириш ыеч ыандай шцзгартириш киритмайди. Бщйлама  $F_a$  кучни кщчириш эса вертикал кщчиришда моментни  $M_a = 0,5F_a d$  ыосил ыиладди. Айлана  $F_t$  кучни кщчириш горизонтал текисликда  $T = 0,5F_t d$  моментни ыосил бщлишига сабаб бщлади.

Куч ва моментлар таосиридан таянчлардаги реакцияларни аниёлаймиз. Бщйлама  $F_a$  куч чап томондаги подшипникда бщйлама реакцияларни  $H_1$  келтиради.

Эгилувчан моментларнинг эпюрасини ыуриш ва кесиш усули бщйича моментлар ыйиматини аниёлаш учун ьар бир куч ва моментдан ьосил бщлган таянч радиал реакцияларнинг ташкил этувчиларини аниёлаш лозим.

Олдин вертикал текисликни кщриб чиёамиз. Вертикал текислик чап томондаги таянчни  $A_1$  реакциясини (11.3в-расм) ташкил этувчилари:  $A_{11}$  радиал  $F_r$  кучдан  $A_{12}$  эса момент  $M_a$  таосиридан ьосил бщлган реакцияларнинг йиьиндисидан иборат:

$$A_l = A_{11} + A_{12}$$

Ташкил этувчилари  $A_{11}$  ни статика шартига кщра топамиз: В нуытага нисбатан моментлар йиьиндиси 0 га тенг, одатда соат кщрсаткичи йщналишига тескари бщлса момент мусбат, соат кщрсаткичи бщйича бщлса – манфий ьисобланади (фаыат  $F_r$  кучни ьисобга олган ьолда):

$$\sum M_B = F_r b - A_{11} l = 0$$

Бундан:

$$A_{11} = F_r \frac{b}{l}$$

Радиал кучдан ьосил бщлган момент эпюраларининг максимал ыйиматини (11.3г-расм) елка а ни  $A_{11}$  реакцияга таосиридан топилади:

$$M_r = A_{11} a = F_r \frac{ab}{l}$$

Ташкил этувчи  $A_{12}$  ьам статикани шундай шартига кщра, фаыат вертикал текисликдаги  $M_a$  ни ьисобга олган ьолда топилади:

$$\sum M_B = M_a - A_{12} l = 0$$

Бундан:

$$A_{12} = \frac{M_a}{l}$$

Момент  $M_a$  (расм 11.3г) таосирида ьосил бщлган эпюраларнинг максимал мусбат ыйимати елка а ни  $A_{12}$  реакцияга тасиридан топилади:

$$M_a^{мус} = M_a \frac{a}{l}$$

Момент  $M_a$  (11.3г-расм) таосирида ьосил бщлган эпюраларнинг максимал манфий ыйимати елка а ни  $B_{12}$  реакцияга тасирида топилади:

$$M_a^{ман} = M_a \frac{b}{l}$$

Горизонтал текисликни чап томонидаги таянчи  $A_2$  реакцияси айлана куч  $F_r$  дан ташкил топган  $A_{21}$  ва кшндаланг куч  $F_M$  дан ташкил топган  $A_{22}$  кучларни йигиндисини иборат:

$$A_2 = A_{21} + A_{22}$$

Ташкил этувчилари  $A_{21}$  ни статика шартига кшра топамиз: В нуытага нисбатан моментлар йиьиндиси 0 га тенг, одатда соат кшрсаткичи йцналишига тескари момент мусбат, соат кшрсаткичи бшйича бшлса – манфий (фаыат  $F_t$  кучни ьисобга олган ьолда):

$$\sum M_B = F_t b - A_{21} l = 0$$

Бундан:

$$A_{21} = F_t \frac{b}{l}$$

Айлана кучдан ьосил бшлган (11.2д-расм) момент эпюрасининг максимал ьиймати елка а ни  $A_{21}$  реакцияга тасири орыали топилади:

$$M_t = A_{21} a = F_t \frac{ab}{l}$$

Кшндаланг кучдан (11.2д-расм) ьосил бшлган момент эпюрасининг максимал ьиймати елка с ни  $F_M$  кучга тасири орыали топилади:

$$M_M = F_M c$$

11.3е-расмда буровчи момент  $T$  эпюраси кшрсатилган. Эгувчи момент эпюралари валнинг ьар бир кесимида тасир этадиган моментларнинг йиьиндисини аниылашга имкон беради. Мустаькамликка ьисоблаш учун, максимал юкланишга эга бшлган валнинг энг ьавфли кесимини эгувчи моментлари аниыланиши лозим. Эпюрани тузилишига ыараганда, валнинг ьавфли кесимлари I ва II (11.3б-расм) ьисобланади. I кесим учун максимал эгувчи моментни аниылаймиз. Бунинг учун 11.3г даги эгувчи момент эпюралари вертикал текисликда, 11.3д дагиси эса, горизонтал текисликда кшрсатилганлиги ьисобга олиниши лозим. I кесимдаги кшндаланг  $F_M$  кучдан ьосил бшлган моментни ьиймати 11.3д да яыыол кшрсатилган мосликдан аниыланилади. На-тижада, I – кесимни эгувчи момент йиьиндиси:

$$M = \sqrt{\left(F_r \frac{ab}{l} + M_a \frac{a}{l}\right)^2 + \left(F_t \frac{ab}{l} + F_M \frac{ac}{l}\right)^2} \text{ (Нм)}$$

Ундан кейин II – кесимни эгувчи момент йиьиндиси топилади. I ва II – кесимдаги моментлар ьиймати солиштирилади, агар бу кесимда валлар диаметри бир ьил бшлса, у ьолда кейинги ьисоблашларди максимал момент инобатга олинади. Агар диаметрлар бир ьил бшлса,

у ʔолда кейинги ʔисоблашлар 2 ʔавфли кесим учун бажарилиши лозим. Буровчи моментни ʔисобга олган ʔолда I – кесимни эквивалент эгувчи моменти аниыланади:

$$M_{экв} = \sqrt{M^2 + T^2}$$

I – кесимни эгувчи кучланиш:

$$\sigma_{экв} = \frac{M_{экв}}{W} \quad (11.5)$$

бунда W – I-кесимни ʔы бʔйлаб йʔналган ыаршилиқ моменти:

$$W = \frac{\pi d^3}{32} \quad (11.6)$$

(11.6) ни (11.5) га ыʔямиз. Мустаʔкамлик шарти формуласини ёзишдан олдин, эквивалент момент Нм да, вал диаметри мм эканлиги ʔисобга олиб ʔдчам бирликлари мослаштирилади. Бундан ташыари  $\pi/32 = 0,1$  ыабул ыилинади. У ʔолда мустаʔкамлик шарти ыуидаги кʔринишга эга бʔцлади:

$$\sigma_{экв} = \frac{1000 M_{экв}}{0,1 d^3} \leq [\sigma_{эз}] \quad (11.7)$$

Руьсат этилган кучланиш ыувчанлик чегарасига ыаин ыилиб олинади:

$$[\sigma_{эз}] \approx 0,8 \sigma_{ок}$$

Конструкцион углеродли ва легирланган пʔцлатлар учун руьсат этилган кучланишни ыиймати ыуидаги оралиыда бʔцлади:

$$[\sigma_{эз}] = (250 \div 600) \text{ МПа}$$

Валнинг диаметри ва пʔцлатни турига ыараб, бу ыийматлар малумотномаларидан [4], [10] танлаб олинади. Агар мустаʔкамлик шарти (11.7) бажарилмаса, унинг тузилишига зарур ʔзгартишлар киритилиб, мустаʔкамлик ыайта ʔисобланади.

## §11.4. Таянч сʔз ва иборалар

1. Вал – бу машина детали бʔцлиб, айланадиган деталлар: тишли ыилдираклар, шкивлар, барабан ва бошыа тартибдаги деталлар жойлашган ʔолда, ʔцзаро буровчи момент узатиб бериш учун ʔызмат ыилади.

2. ʔы айланувчи деталларни жойлаштириш учун ʔызмат ыилади, лекин буровчи момент узатиб бермайди.

3. Вал ʔар доим айланади, ʔы эса айланадиган ёки айланмайдиган ыʔцзълмас бʔцлиши мумкин.

4. Самолёт ва вертолёт юритмаларида фаъат ковак валлар ишлатилади.
5. Тирсакли валлар поршенли машиналарда ишлатилади.
6. Валларни мустаъкамликка ʔисоблаш пластик деформацияни ʔосил бʔилишини ва ваътдан олдин синиб кетишини олдини олиш учун бажарилади.
7. Бикрликка ʔисоблашдан маъсад, юкланиш тасирида эластик деформацияни аниълаш ва руъсат этилган ʔиймат билан солиштириш.
8. Титрашни чидамлиликлка ʔисоблашдан маъсад, валларнинг юкланиш даври орасида тебранишга бардошлилигини аниълашдир.

### **§11.5. Назорат саволлари**

1. Вал билан ʔи орасидаги фары нимада?
2. Машинасозликда ʔандай валлар ишлатилади?
3. Ковак валлар ʔаерда ишлатилади?
4. Тирсакли валлар ʔандай машиналарда ишлатилади?
5. Валларни мустаъкамликка ʔисоблашдан маъсад нима?
6. Валларни мустаъкамликка ʔисоблаш кетма – кетлиги ʔандай изоъланади?
7. Валларни бикрликка ʔисоблашда нима аниъланади?
8. ʔандай ʔолларда валлар тебранишга ʔисобланади?

## **12 боб. Шпонкали ва шлицли бирикмалар**

Шпонкали ва шлицли бирикмалар деталларни айланадиган вал ёки щыларга марказлаштириб щрнатиш ва буровчи моментни узатиш учун ьизмат ыилади. Деталлар билан айланадиган щыларда шпонкали ёки шлицли бирикмани буровчи моменти катта бщлмай щыларни та-янчидаги ищыаланиш моментига тенг. Шпонкали ёки шлицли бирик-маларда вал билан деталларни буровчи моментлари катта ьийматга эга бщлиши мумкин, шунинг учун бирикмалар мустаъкамликка ьи-собланади.

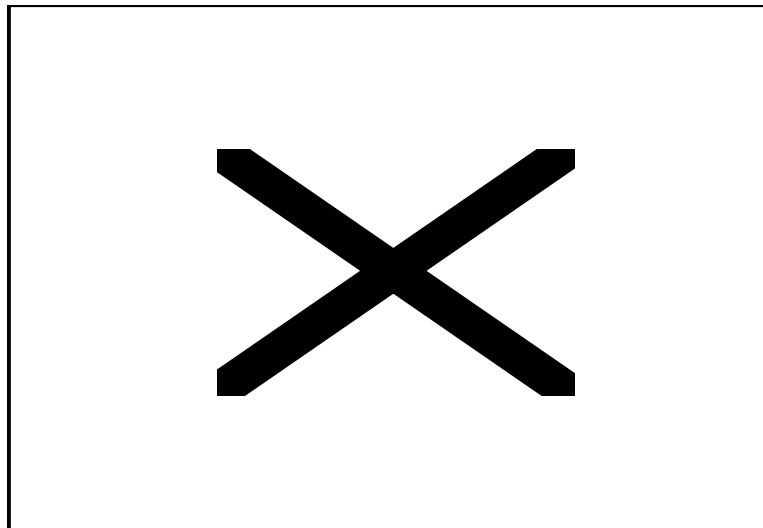
Кщпгина шпонкали ва шлицли бирикмалар ьщъзалмасдир, ле-кин ьщъзалувчилари ьам бор, улар асосан деталларни нисбатан щы бщлиб силжиши учун ьизмат ыилади.

### **§12.1. Шпонкали бирикмаларнинг тузилишлари**

Шпонкали бирикмаларни зщриьтирилган ва зщриьтирилмаган ьилларга бщлиш мумкин.

Зариьтирилган шпонкали бирикмаларда юкланиш ьщйилганига ьадар эзувчи кучланиш ьосил бщлади. Бундай бирикмаларга понаси-мон ва цилиндрсимон шпонкали бирикмалар мисол бщла олади.

Понасимон шпонкали бирикма 12.1-расм да кщрсатилган.



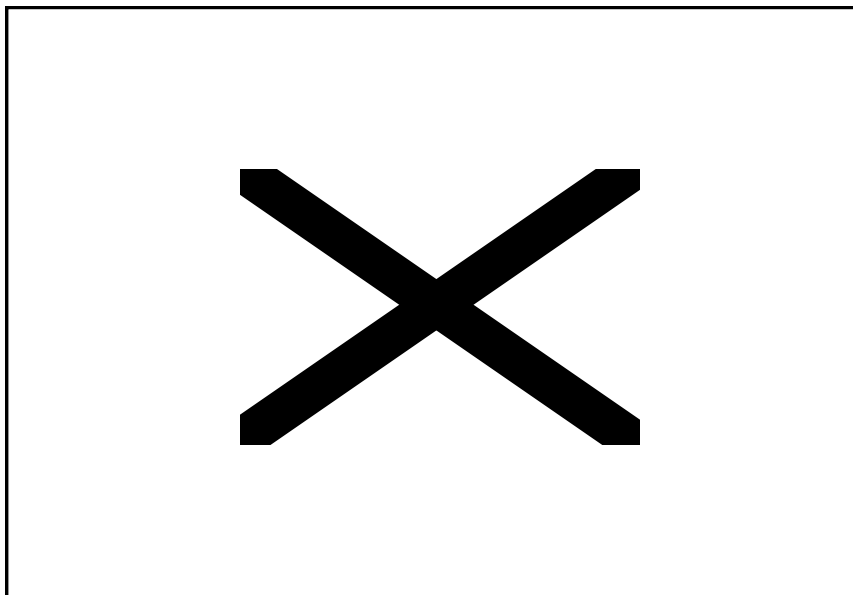
12.1-расм.

Шпонкани юьюри юзаси ьия ьилиб бажарилган. Валга щрнатилади-ган детал гупчагига щйиь ьам, шундай ьия依кда бажарилиши керак. Гупчак валини щйиьлар эни, шпонка энидан каттароь бщлади. Шпонкалар щйиььа бир ьадар куч билан уриб жойлаштирилади. Бу-ровчи момент шпонканинг устки ва остки ёьаларидаги тиьизликдан ьосил бщлган ищыаланиш кучи ьисобига узатилади. Шпонка щлчам-лари стандартлашган.

Бундай бирикмаларни афзалликлари: етарли даражада бикрликка эга, иш жараёнида бщшлиы, оралиы ьосил бщлмайди. Лекин уни кенг кщламда ишлатилишига понасимон шпонкали бирикмаларнинг тузилиши чегараланганлиги ва айрим бошыа камчиликлар тцссынлик ыилади: деталларни жойлаштириш учун вални фаыатгина чети мщлжалланган (12.1-расм), шпонкани тиьизлик билан щрнатиш, вал ва гупчак юзаларида бир томонлама деформация бщлишига олиб келади, бу ьол уларни марказларини силжишига сабаб бщлади, натижада дисбаланс бщлиб, юьюри тезликларда ишлашига имкон яратмайди. Ундан ташыари понасимон шаклдаги шпонка валдаги деталларни ыййшайишига олиб келади, детални гупчаги ыанчалик катта бщлса, ыййшиылик шунча катта бщлади. Ыия шпонка ва ыия щйиыли гупчак тайёрлаш теьнологияси осон эмас, чунки деталларнинг ыиялик бурчаклари бир-бирига мос келиши керак. Бу камчиликлар, бундай бирикмаларни катта ва цта катта ишлаб чиьаришда ишлатилишини чегаралаб ыщяди.

Шунинг учун улар, асосан, секин юрар оьир юкланган механизмларда ишлатилади (ыщшалоы локомотивлар, прокат станларни барабанлари).

Деталлар валларнинг учига щрнатиладиган ьолларда цилиндрик шпонкалардан фойдаланилади (12.2-расм). Улар ьам, олдин-



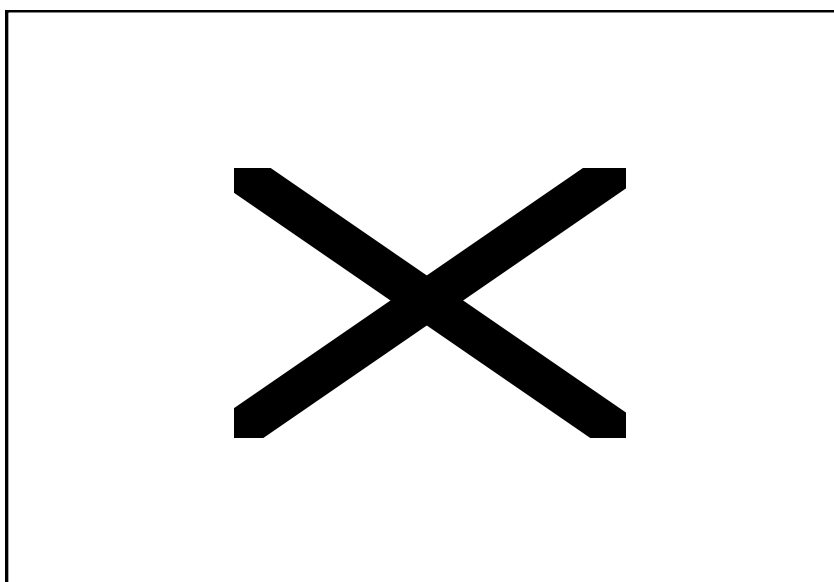
12.2-расм.

ги шпонкаларга щхшаш маьлум даражада тиьизлик билан щрнатилади. Шпонка учун керак бщлган тешик, валга детал жойлаштирилгандан кейин пармалаш йщли билан тайёрланади. Шундан кейин цилиндрсимон штифт тайёрланган тешикка киритилади. Шуни айтиш керакки, катта юкланишларда иккита ёки учта цилиндрсимон шпонка, оралиы бурчаги  $120^\circ$  ёки  $180^\circ$  да ыилиб щрнатилади. Назарий томон-

дан понасимон ва цилиндрсимон шпонкали бирикмалар ажраладиган ʔисобланади, лекин уларни ажратиб олиш ʔийинроʔы, шунинг учун, шпонкани танлашда, уни тузилишига ʔам аʔамият берилиши лозим.

Зʔриилиʔтирилмаган шпонкали бирикмаларда эзувчи кучланиш ʔукланиш буровчи момент узатиб беришдан сʔнг пайдо бʔлади. Бундай бирикмаларга призматик ва сегментли шпонка бирикмалари киради. Призматик ва сегментли шпонкалар воситасида ʔосил ʔилинган бирикмалар зʔриʔтирилмаган бʔлганлиги учун шпонкани ʔам, валдаги шʔиʔни ʔам юʔори даражадаги аниʔлик билан тайёрлаш талаб этилади, чунки шпонка буровчи моментни ён ёʔлари орыали узатади.

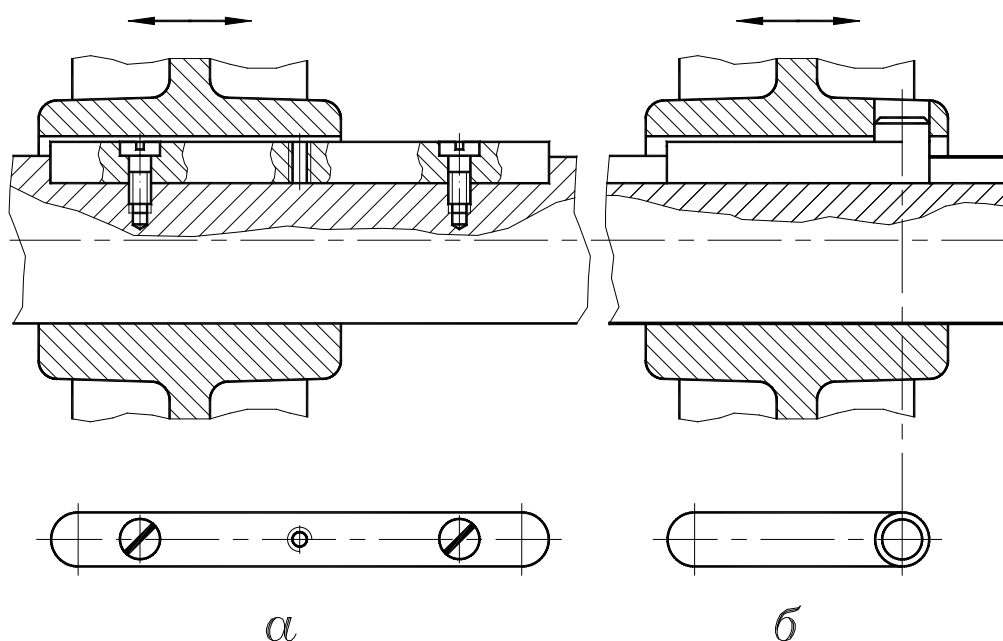
Призматик шпонкали бирикмалар ʔʔзгалувчан ва ʔʔзʔалмас бʔлиши мумкин. 12.3-расмда ʔʔзʔалмас шпонкали бирикма кʔрсатилган.



12.3-расм.

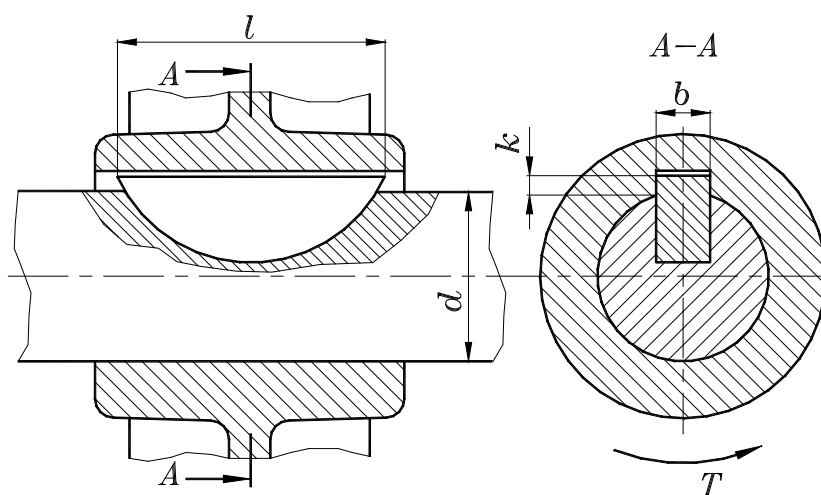
Призматик шпонка, вал ва гупчак шʔикларининг шʔчамлари стандартлашган. Детал гупчагидаги шʔикни чуʔурлиги, вал сиртидан чиʔиб турган шпонка баланлигидан ошиʔрок бʔлади, натижада шпонкани устки ва шʔиʔни пастки юза орасида бʔшлиʔы пайдо бʔлади.

ʔʔзʔалувчан шпонкали бирикмалар вал шʔи бʔʔлаб детални силжишини таʔминлайди. Бундай бирикмалар, тезлик ʔутисидаги тишли ʔилдиракларни ва муфтани ярим паллаларини вални шʔи бʔʔлаб ʔаракатланишини таʔминлаб беради. Бундай ʔолларда, шпонкалар валга ёки деталга маʔкамланиб ʔʔʔилиши лозим, чунки деталлар вал бʔʔлаб ʔаракатланганда ʔосил бʔлган ишыаланиш кучи шпонкани туʔри жойлашган ʔолатини бузмаслиги керак. 12.4а-расм да ʔʔзʔалувчан шпонкали бирикманинг тузилиши кʔрстилган, бунда шпонка винтлар ёрдамида валга маʔкамланган.



12.4-расм.

Шпонка узунлиги детални босиб ўтадиган ўқлига мос келиши керак. Бериктирувчи винтлар орасидаги резбали тешик, шпонкали ўқикдан чиқариб олишда тортувчи винтни ўрнатиш учун мўлжалланган (ал-маштиришда). 12.4б-расмда ўқўзлашувчан шпонкали бирикмани тузилиши кўрсатилган, бунда шпонка деталга бириктирилган. Детални ўқли валдаги ўқийининг узунлигига мос келиши лозим.



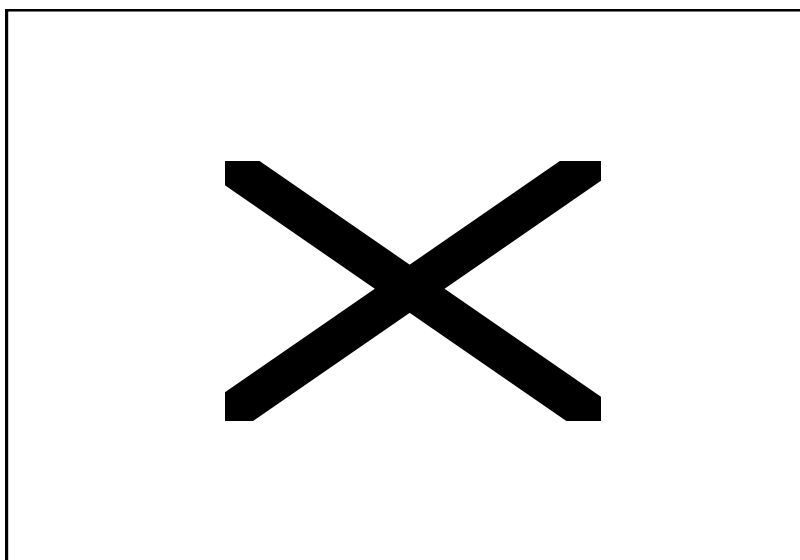
12.5-расм.

Сегментсимон шпонкали бирикмани тузилиши 12.5-расмда кўрсатилган. Сегментсимон шпонка ва ўқийлик ўлчамлари ўам стандартлашган. Шпонкани чуқур ўқийиёа жойлаштириш, уни призматик шпонкага нисбатан, туръун мувозанатда бўшлишини саълайди. Шпонкани сегментсимон шаклда бўшлиши, уни ажратиш ваътида ўқийидан чиқариб олишни енгиллаштиради. Аммо ўқийи чуъур

бўлганлиги учун валнинг мустаъкамлиги камаяди, шу сабабли, сегментсимон шпонкалар кичик буровчи моментларни узати лозим бўлган ўллардагина ишлатилади.

## **§12.2. Шпонкали бирикмаларни мустаъкамликка ўисоблаш**

Стандартли шпонкалар мустаъкамлиги чегараси  $\sigma_B = 500$  МПа дан кам бўлмаган углеродли ёки легирланган шўлатлардан тайёрланади. Кўпгина шпонкалар эзилишга ва кесилишга ишлайди. Буровчи момент валдан деталга (ёки тескариси) ён ёклари орыали узатиб берилади. Бунда эзувчи кучланиш  $\sigma_{\Sigma\Sigma}$  ва бўйлама кесимда кесувчи кучланиш ўосил бўлади  $\tau$  (12.6-расм).



12.6-расм.

Шпонкали бирикмаларни конструкциялашда уларнинг шўчамларини вал диаметри ва детал гупчагини узунлигига мослаштирилган ўолда стандарт бўйича танланади. Ундан кейин шпонка мустаъкамликка текширилади.

Призматик шпонкаларнинг ўисобини соддалаштириш маъсадида, шпонка баландлигини ярми вал сиртидан чиёиб туради деб фараз ёилинади. Лекин стандарт бўйича ўар доим бундай бўла бермайди. Ундан ташыари, тенг таъсир этувчи элементар эзувчи кучнинг елкаси вал диаметрини ярмисига тенг деган мулоъаза ўам ёилинади. Шу соддалаштиришлар асосида вални мувозанат (ёки детални) лигини инобатга олиб, эзувчи кучланиш бўйича мустаъкамлик шарти ёўйидагича:

$$\frac{2T}{d} = [\sigma_{\text{ЭЗ}}] \frac{hl_X}{2}$$

бунда:  $T$  – вални буровчи моменти;

$d$  – валнинг диаметри;

$h$  – шпонка баландлиги (12.3-расм);

$l_b$  – шпонкани ʔисобий узунлиги (12.3-расм);

$[\sigma_{\text{ЭЗ}}]$  – рухсат этилган эзувчи кучланиш: ыщъалмас бирик-малар учун  $[\sigma_{\text{ЭЗ}}] = (100 \text{ 4 } 180)$  МПа, ыщъалувчан бирик-малар учун (14.4-расм)  $[\sigma_{\text{ЭЗ}}] = (20 \text{ 4 } 30)$  МПа.

Мустаъкамлик шартига асосан эзувчи кучланиш бщйича текширув ʔисоблаш формуласи:

$$\sigma_{\text{ЭЗ}} = \frac{4T}{d h l_X} \leq [\sigma_{\text{ЭЗ}}] \quad (12.1)$$

Кесувчи кучланиш бщйича мустаъкамлик шarti:

$$\frac{2T}{d} = [\tau] b l_X$$

бунда  $b$  – шпонка эни.

Бундан, кесувчи кучланиш бщйича текширув ʔисоблаш формуласи ыщйидагича бщлади:

$$\tau = \frac{4T}{d b l_X} \leq [\tau] \quad (12.2)$$

Стандарт шпонкаларни шлчамлари шундай ыилиб танланганки, бирикманинг юкланиши кесувчи юкланиш билан эмас, балки эзувчи кучланиш билан белгиланади (кщп холларда  $b > h$ ). Шунинг учун, ʔисоблашларда асосан (12.1) формула ишлатилади.

Сегментсимон шпонкаларни текширув ʔисоблаш формуласи:

$$\sigma_{\text{ЭЗ}} = \frac{2T}{d k l} \leq [\sigma_{\text{ЭЗ}}] \quad (12.3)$$

бунда  $k$  – валнинг сиртидан чиыйб турган шпонка баландлиги (12.5-расм).

Цилиндрсимон шпонкали бирикмалар учун текширув ʔисоблаш формуласи:

$$\sigma_{\text{ЭЗ}} = \frac{4T}{d l d_{\text{ш}}} \leq [\sigma_{\text{ЭЗ}}] \quad (12.4)$$

бунда  $d_{\text{ш}}$  – шпонка диаметри (12.2-расм).

### §12.3. Шлицли бирикмалар ва уларни турлари

Шпонкали бирикмаларни кенг ышламда ишлатилишига ыарамасдан (арзон, тузилиши содда), айрим ьолларда уларни ышллаш тавсия этилмайди. Ёусусан, тезюар, динамиквий юкланган валларнинг шпонка шйиьи зонасида тцпланган кучланишлар концентрацияси, бирикмани ишлаш ьюбиятини пасайтиради. Бундан ташыари, айрим ьолларда, битта шпонка буровчи моментни узатиб беролмайди, натижада иккита ёки учта шпонка шьрнатиш талаб этилади, бу эса технологик жияьатдан ьийинчиликларни келтириб чиыаради, юкланиш тенг таысимланмайди ва тузилмани мустаъкамлиги сустлашади.

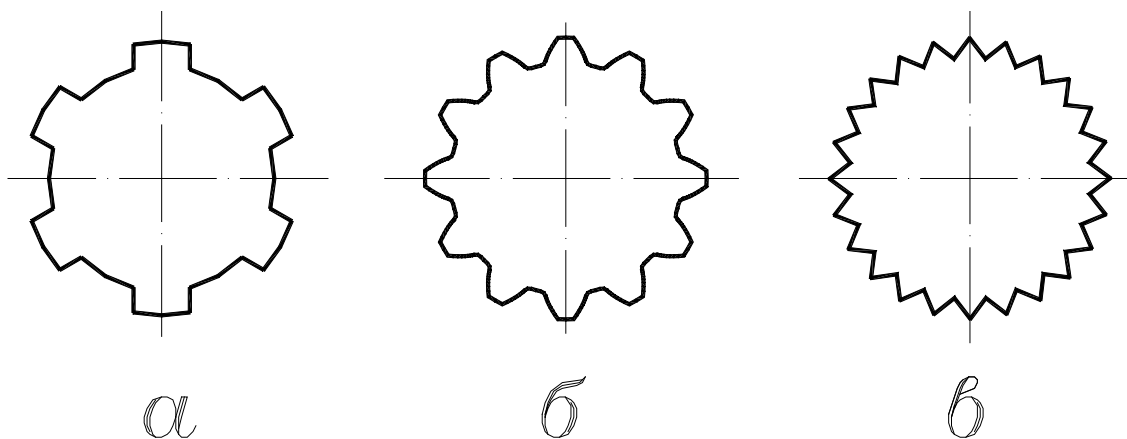
Бундай ьолларда шлицли бирикмаларни ышллаш маысадга мувофиы бщлады.

Шлицли бирикмаларни, тишли деб ьам айтилади, чунки валнинг ташыи ва детал тешикдаги ички тишлар мавжкдлиги тишли бирикмани ьосил ыилады. Шлицли (тишли) бирикмаларни шлчамлари стандартлашган.

Шлицли бирикмалар шпонкалига нисбатан ьуйидаги афзалликларга эга:

- деталлар валда яъши марказлашади, керак бщлганда уларни вал бщйлаб суриладиган ыилиб шьрнатиш ьам мумкин;
- шлицнинг (тишнинг) ён ёыларидаги эзувчи кучланиш, шпонканикига ыараганда кам;
- шлицли валларнинг динамик юкланишдаги мустаъкамлиги шпонкали валларга нисбатан юыори.

Шлицларни (тишларни) шаклларига ыщра, тщъри тщртбурчакли (12.7а-расм), эволвентали (12.7б-расм) ва учбурчакли (расм 12.7в) профилларда бщлиши мумкин. Бир хил диаметрдаги валларда шлицларни шлчамлари ва уларнинг сони орасидаги таъминий муносабат ьуйидаги расмларда кщрсатилган.



12.7-расм.

Машинасозликда, асосан тўғри тўртбурчакли ва эволвентали шлицли бирикмалар кенг қўлланмада ишлатилади, унинг шлчамлари стандартлашган.

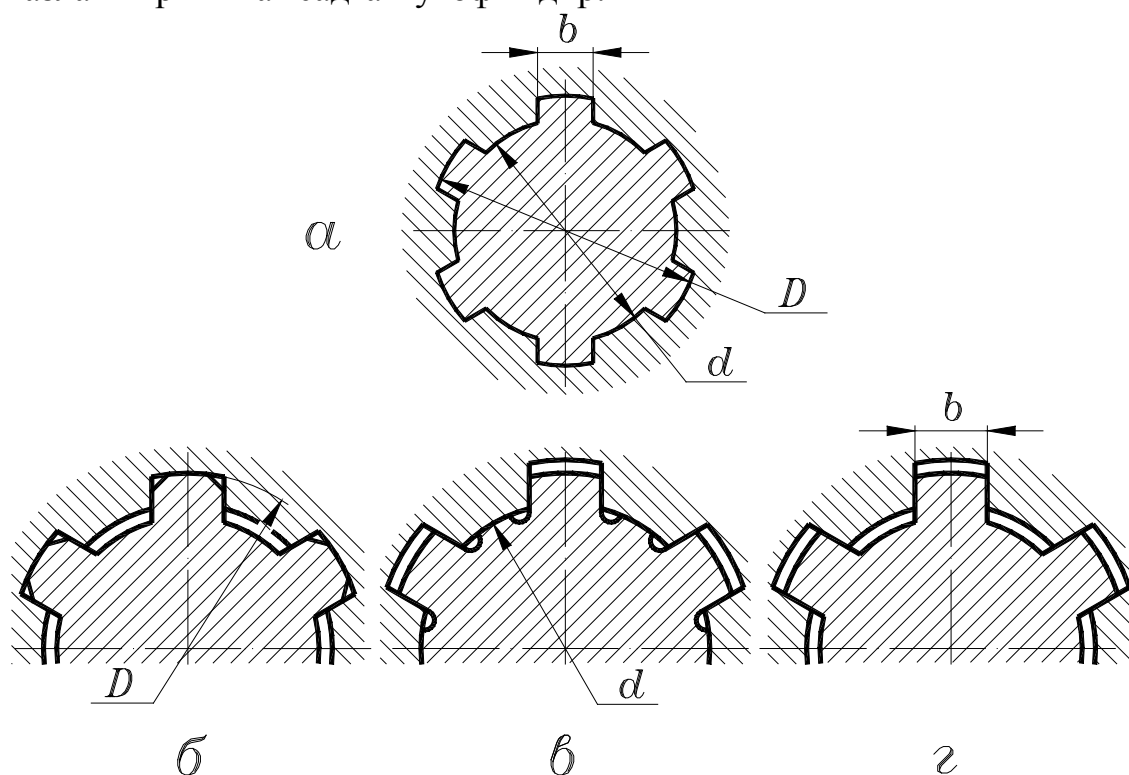
Тўғри тўртбурчакли шлицли узатмалар 15.2а-расмда кўрсатилган. Ҳар хил шароитда ишлайдиган бирикмалар учун, стандарт учта серияни кўриб ўттиган: енгил, ширта ва оғир, улар бир-бири билан шлицлар сони ва шлчамлар билан фарқи қилади. Тўғри тўртбурчакли бирикмаларда деталлар валга нисбатан ўйидаги усуллар бўйича марказлаштирилади.

Марказлаштиришни учта усули мавжуд:

- таъйини диаметр бўйича (12.8расм)
- ички диаметр бўйича (12.8м)
- ён ўйлари бўйича (12.8г-расм)

Марказлаштириш усулини танлаш, шу жараёнга ўттириладиган талаблар ва бирикма деталларнинг тайёрлаш технологиясига боғлиқдир.

Агарда, вал ва гўпчакнинг шидош бўшлиғини яъни таъминлаш талаб этилса, деталлар шлицнинг диаметрлари бўйича марказлаштирилади. Иш жараёнида зарбали ёки реверс (ўттиналишни шлзгариши натижасида) юкланиш ўосил бўлса, шлицнинг ён ўйлари бўйича марказлаштириш маъсадга мувофиқдир.



12.8-расм.

Диаметрлараро марказлаштирилганда, ташыи ёки ички марказлаштирилган диаметр теънологик шартлар асосида белгиланади. Агарда втулка унчалик яаттии бщлмаган материалдан ( $< 350\text{HB}$ ) тайёрланган бщлиб, шлицнинг тешиги сидириш (протяжка) билан ишлов берилган бщлса, марказлаштириш ташыи диаметр буйича амалга оширилиши тавсия ыилинади. Бунда, вални марказланадиган юзаси жилвирланади. Агар втулка яаттии бщлиб, шлицнинг тешиги сидириш билан ишлов бериб бщлмаса, у ьолда марказланишга ички диаметр танланади. Вал ва втулкаларнинг марказланадиган юзалари жилвирланади.

Шлицларнинг ён ёйлари бщйича марказлаштириш теънологик нуытаий назардан бир мунча ыййинроы, чунки уларнинг ён ёйлар юзаларини жилвирлаш учун маъсус станоклар керак бщлади.

Валларнинг диаметрлари катта бщлганда, асосан самолетсозлик ва вертолетсозликда эволвента шлицли бирикмалар ишлаталади. Бу бирикмаларни тщъри тщртбурчакли сингари ыщъьалувчан шлицли бирикмаларда ьам ишлатиш мумкин. Эволвента шлицли бирикмалар ён ёйлари (12.9а-расм) ва ташыи диаметри бщйича (12.9б-расм) марказланадиган ыилиб тайёрланади. Ёнг кщп ыщлланадиган, бу шлицларнинг ён ёйлар усулидир.



12.9-расм.

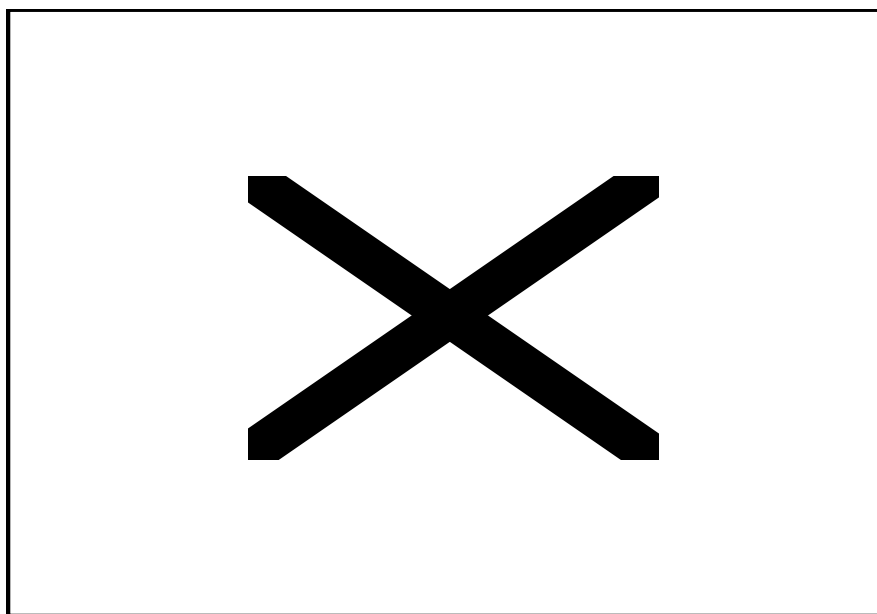
Валлардаги ва втулка тешигидаги шлицларни тайёрлаш учун, тишли ылдиракларда ишлатиладиган замонавий технологик усуллар ыщлланилади. Лекин, тишли ылдиракдан фарыли щлароы, эволвентали шлицларнинг профил бурчаги  $30^0$  га ыадар катталаштирилган

бщлиб, баландлиги эса модул ыйиматига камайтирилган бщлади. Эволвентали шлицлар (тишлар), валнинг тишлари орасидаги ботиъ юзани тцмтоылаш ысобиға вални бщшаштиришини камайтиради.

## §12.4. Шлицли бирикмаларни мустаъкамллика ысоблаш

Иш жараёнидаги эгилиш ва буралиш деформациялари вал ва втулкани нисбатан тебранма силжишга олиб келади, натижада шлицларни ишчи юзалари ейилади ва эзилади. Юкорида келтирилган факторлар шлицли бирикмаларнинг ишлаш ыобилиятини белгилашда ва ысоблашда энг асосий омил ысобланади. Яъни, тцъри ысобланган шлицли бирикмалар юзаларини эзилиш ва ейилишига ыаршилиқ кцърсатиш керак. Юзаларнинг ейилишига чидамлилиги бщйича ыисоблаш анча мураккаб ва етарли даражада црганилмаган.

Шунинг учун эзилишга ыисоблаш билан чекланади. Соддалаштирилган моделда таъсир этувчи юкланиш шлицларни баланлиги ва узунлиги бщйича бир меъёрда тарыалади деб ыабул ыилинади (12.10-расм).



12.10-расм.

Шлицларни ён ёйларидаги эзувчи кучланиш:

$$\sigma_{\text{эз}} = \frac{T}{\frac{d_{\text{цр}}}{2} z h l K} \leq [\tau_{\text{цр}}] \quad (12.5)$$

бу ерда:  $T$  – валнинг буровчи моменти;

$d_{\text{цр}}$  – бирикмаларнинг цртача диаметри;

$z$  – шлицлар сони;

$h$  – тишнинг ички баландлиги;

$l$  – шлицнинг ички узунлиги;

$K$  – шлицлараро нагрукани нотекис таысимланишини ыисобга олувчи коэффицент.

Щртача диаметр  $d_{\text{щр}}$  ва шлицларни баландлиги  $h$  тщъри тщртбурчакли ва эволвентавий бирикмалари учун ыар хил аниыланади.

Тщъри тщртбурчакли шлицлар учун:

$$d_{\text{yp}} = \frac{D + d}{2}; \quad h = \frac{D - d}{2} - 2f$$

бунда  $f$  – фаска улчами (12.10-расм).

Эволвентали шлицлар учун:

$$d_{\text{yp}} = z m; \quad h = m$$

бунда  $m$  – тишлар модули.

Рухсат этилган эзувчи кучланиш:

- ыщъзалмас бирикмалар учун  $[\sigma_{\text{эз}}] = 50 \text{ 4 } 150 \text{ МПа}$ ;

- ыщъзалувчан бирикмалар учун  $[\sigma_{\text{эз}}] = 10 \text{ 4 } 20 \text{ МПа}$ .

Буларни аниыроы ыиймати, шлиц материални ыаттиылигига ва шлицли барикмаларнинг ишлаш шароитига ыараб маълумотномалардан танлаб олинади.

## §12.5. Ёисобнинг мисоли

Тишли ылдиракдан валга ( $d = 30 \text{ мм}$ )  $T = 500 \text{ Нм}$  буровчи момент узатувчи призматик шпонканинг узунлиги ыисоблансин.

Ечиш.

Диаметри 30 мм бщлган вал учун призматик шпонканинг стандарт улчамлари – эни  $b = 8$ , баландлиги  $h = 7$ .

$b > h$  бщлгани учун ыисоблаш эзилишдаги кучланиш шарти бщйича бажарилади. Шпонка материални учун тавсия этилаётган рухсат этилган кучланиш миыдарининг щртача ыиймати ыабул ыилинади:  $[\sigma_{\text{эз}}] = 140 \text{ МПа}$ .

Шпонканинг ыисобий узунлиги (12.3-расм):

$$l_x = \frac{4 T}{d h [\sigma_{\text{эз}}]} = \frac{4 \cdot 500 \cdot 1000}{30 \cdot 7 \cdot 140} = 67,8 \text{ мм}$$

Шпонка узунлигини  $l_b = 70 \text{ мм}$  ыабул ыиламиз.

## §12.6. Таянч сщз ва иборалар

1. Шпонкали ва шлицли бирикмалар деталларни айланадиган вал ёки щыларга марказлаштириб щрнатиш ва буровчи моментни узатиш учун хизмат ыилады.
2. Зщриытирилган шпонкали бирикмаларда юкланиш ыщйилгунча ыадар эзувчи кучланиш ьосил бщлады.
3. Зщриытирилмаган шщпонкали бирикмаларда эзувчи кучланиш юкланиш ыщйилгандан кейин, яъни буровчи момент узатиб беришда пайдо бщлады.
4. Зщриытирилган шпонкали бирикмаларга понасимон ва цилиндрсимон шпонкалар мисол бщла олады.
5. Зщриытирилмаган шпонкали бирикмаларга призматик ва сегментсимон шпонкалар мисол бщла олады.
6. Стандарт шпонкали бирикмаларни эзувчи кучланиш бщйича ьисоблаш, шпонкани ён ёыларига нисбатан бажарилады.
7. Стандартли шлицли бирикмаларга тщъри тщртбурчакли ва эволвенталилар киради.
8. Стандарт шлицли бирикмаларни ён ёылари эзувчи кучланиш бщйича ьисобланади.

## §12.7. Назорат саволлари

1. Шпонкали бирикмаларни ишлатишдан маъсад нима?
2. Зщриытирилган ва зщриытирилмаган шпонкали бирикмаларни фарыи нимада?
3. Ыщзъалувчан шпонкали бирикма ыандай ьаракатни йщл ыщяди?
4. Ыандай шпонкали бирикмалар зщриытирилган ва зщриытирилмаганни билдиради?
5. Нима учун стандарт шпонкали бирикмалар кесилишга эмас, эзилишга ьисобланади?
6. Шлицли бирикмаларнинг вазифаси нима?
7. Ыщзъалувчан шлицли бирикмалар ыандай ьаракатни беради?
8. Шлицли бирикмалар шпонкали бирикмаларда нисбатан ыандай афзалликларга эга?
9. Тщъри тщртбурчаклик ва эволвента шлицли бирикмаларни марказлаштириш ыандай бажарилады?
10. Шлицли бирикмаларни мустаъкамликка ьисоблаш ыандай бажарилады?

## **13 боб. Валларнинг бириктириш муфталари**

### **§13.1. Муфта турлари**

Техникада вал, стержен, электр симлари ва шу каби деталларнинг учларини бир-бирига улаш учун ʻизмат ʻиладиган воситаларни муфталар дейилади. Бунда фаъат валлар учини бир-бири билан улайдиган муфталар билан танишиб чиѡамиз. Худди шу муфталарни шзи, тишли ʻилдираклар, шкивлар ва шу каби деталларни валга шрнатилган ʻолида уларнинг учини бир-бири билан улашга хизмат ʻилади.

Муфталар ʻуйидаги турларга бшлинади: бошыарилмайдиган, бошыариладиган ва шз-шзини бошыарувчи (автоматик).

Бошыарилмайдиган муфталар шз навбатида, дойимий бириктирилган, компенсацияловчи (нотекисликларни тшъирловчи) ва саѡлагич муфталарга бшлинади. Дойимий бириктирилган муфталар марказланиб, шыдош ʻолига келтирилган валларнинг учларини шзаро улаш учун ишлатилади. Одатда валларни учлари бундай марказланиб шыдош ʻолда бшлмайди, бунга асосий сабаб, деталларни тайёрлашдаги йиьма бирликни ʻосил ʻиилиш учун монтаж ишларини бажаришдаги нотекисликлардир. Бундай нотекисликларни иш жараёнида тшъирлаш учун компенсацияловчи муфталар ишлатилади, улар шз навбатида ышъьалувчан ва эластик муфталарга бшлинади. Эластик муфталар шз элеменлари билан ʻам бикрликка эга бшлган звено вазифасини бажаради, натижада машиналарни резонанс зонага кирмасдан ишлашини таъминлайди ва тебранишдан саѡлаб ʻолади.

Саѡлагич муфталар шта юкланиш ва авария ʻоллари ршй берганда машина механизмларини синиб кетишидан саѡлайди.

Бошыарилувчи муфталар валларни ёки валларга жойлаштирилган деталларни ўзаро бирлаштириш ёки ажратиш учун хизмат ʻилади. Бундай жараёнлар ышъьалмас валларда ёки айланиб турган ваѡтда бажарилиши мумкин. Бошыариладиган элементни турига ыараб, бундай муфталар механикли, электрмагнитли, гидравлик ёки пневматик (сиѡилган хаво)ли бшлиши мумкин.

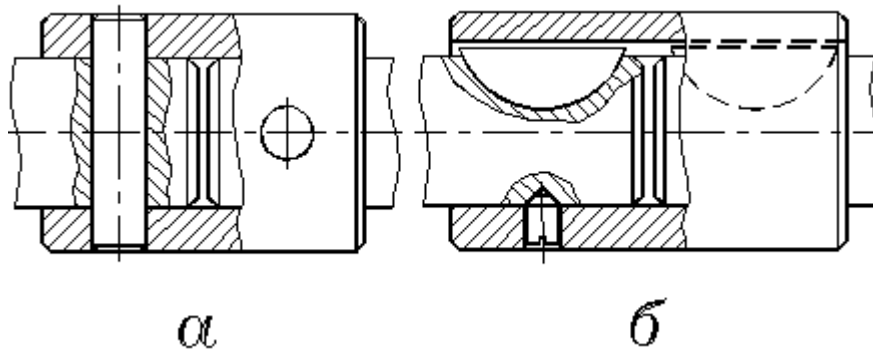
Шзини шзи бошыарувчи (автоматик) муфталар валларни ёки валларга жойлаштирилган деталларни, ишлаш жараёнига – тезлигига ёки айланиш йшналишига ыараб шзаро бириктириш ёки ажратиш учун хизмат ʻилади.

### **§13.2. Доимий бириктирилган муфталар**

Доимий бириктирилгна муфталар, ышъьалмас муфталар туркимига кириб, валларни шзаро бириктириш (ышъьалмас бирикмалар)

ёрдамида бажарилади, бунинг учун уларни юъори аниълик билан марказлаштириш лозим.

Доимий бириктирилган муфталарни энг оддийси втулка кщри-нишидаги муфта бщлиб, валларни учига втулка киритилади ва муфта (13.1а-расм), шпонка (13.1б-расм) ёки шлицлар воситасида ыщъал-мас ыилиб маъкамлаб ыщйилади.



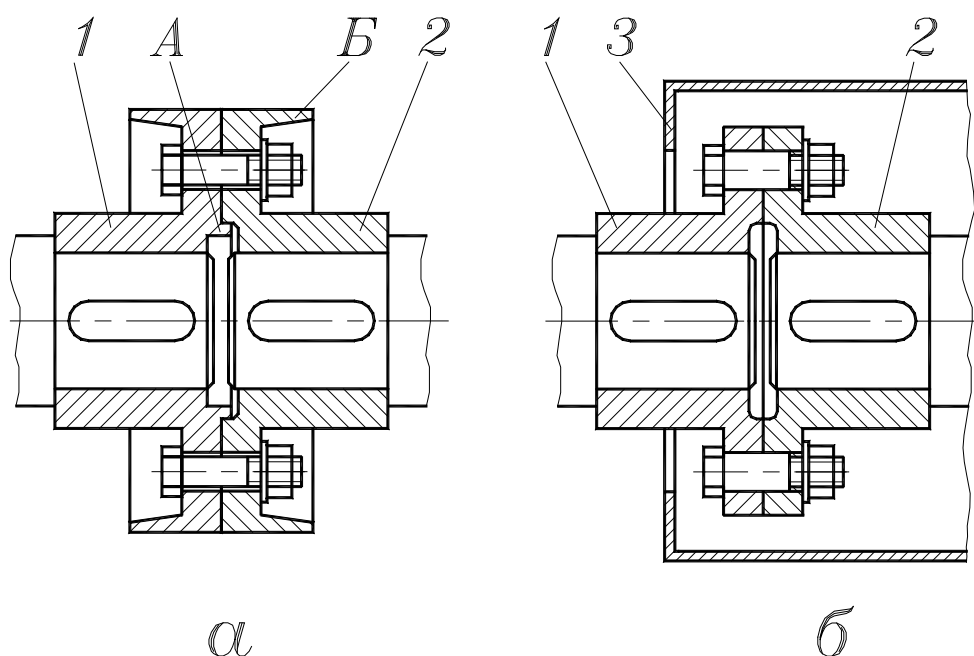
13.1-расм.

Бундай муфталар тузилишини оддийлиги ва щлчамлари катта бщлмаслиги билан ажралиб туради, лекин втулкани щрнатиш учун вални щъи бщйлаб, силжитишига тщъри келади. Шунинг учун ула-надиган валларни диаметри 50 мм га эга бщлган катта щлчамларга эга бщлмаган машина механизмларида ишлатилади. Муфталаринг мус-таъкамлиги асосан, шпонкали, штифли ёки шлицли бирикмаларни чи-дамлилиги ьамда втулкани мустаъкамлиги билан белгиланади.

Гардишсимон япалоъ муфталар (13.2-расм) иккита ярим палла-ли муфтадан иборат, улар щзаро бирикувчи валларга олдиндан щрна-тилган бщлиши мумкин.

Шунинг учун, улар машинасозликда валлар диаметри чегара-ланмаган ьолда кенг кщламда ишлатилади. Бундай муфталарни ту-зилишини бир тури 13.2а-расмда кщрасатилган. Бу муфта болтлар ёр-дамида бщшлиы билан щрнатилган бщлиб, буровчи момент эса икала ярим муфтанинг 1 ва 2 болтлар воситасида бир-бирига сиъиб ыщйи-лишидан уларнинг ажратиш сиртида ьосил бщлган ишыаланиш кучи ьисобига узатилади. Валларнинг щыдошлиги чапдаги ярим муфтани марказлаштирувчи бщритга А щнг томондаги ярим муфтани тешигига жойлашиши билан таъминланади. Техник хавфсизликни инобатга ол-ган ьолда, болтли бирикмани бошыариб турган ыисми буртик Б ёр-дамида бириктирилган.

13.2б-расмда кщрасатилган гардишли ялпоъ муфтани иккита ярим паллали муфталар 1 ва 2 бщшлиысиз щрнатилагн болтлар ьисо-бига марказланиши мумкин. Бундай муфталарда, буровчи момент, асосан, кесилиш ва эгилишга ишлайдиган болт стерженлари ьисобига узатилади. Муфталарни хавфсизлиги умумий ьолатда щраш воситаси 3 билан таминланади.

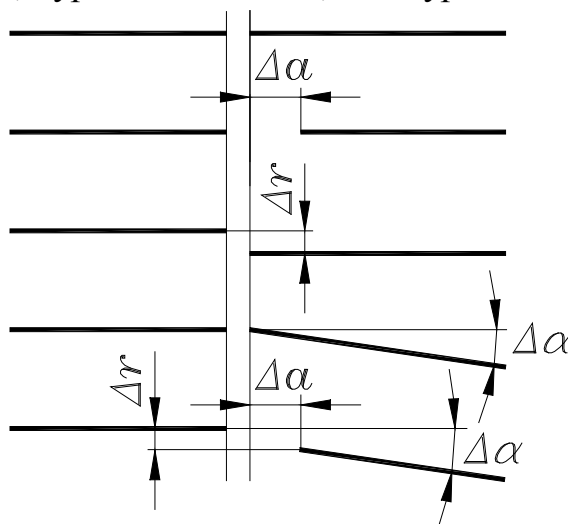


13.2-расм.

Тортилган ва тортилмаган болтли бирикмаларни мустаъкамликка таъсирлаш ҳақидаги маълумотлар §15.2 да келтирилган.

### §13.3. Компенсацияловчи ыатти муфтала

Қўпгина шароитларда, бирлашадиган валлар ўзининг ўзаро жойланиши жуда аниқ бўлмағи механизмларни йиғиш ва тайёрлашдаги нотекисликлар ва уларни монтаж ишларини хатоликларига ҳам боғлиқ бўлади. Валларни номинал жойлашишига ыараб, уч хил ыишлар мавжуд (13.3-расм): бўйланма силжиш  $\Delta\alpha$ , радиал силжиш ёки эксцентриситет  $\Delta r$ , бурчакли силжиш, ёки бурилиш  $\Delta\alpha$ .



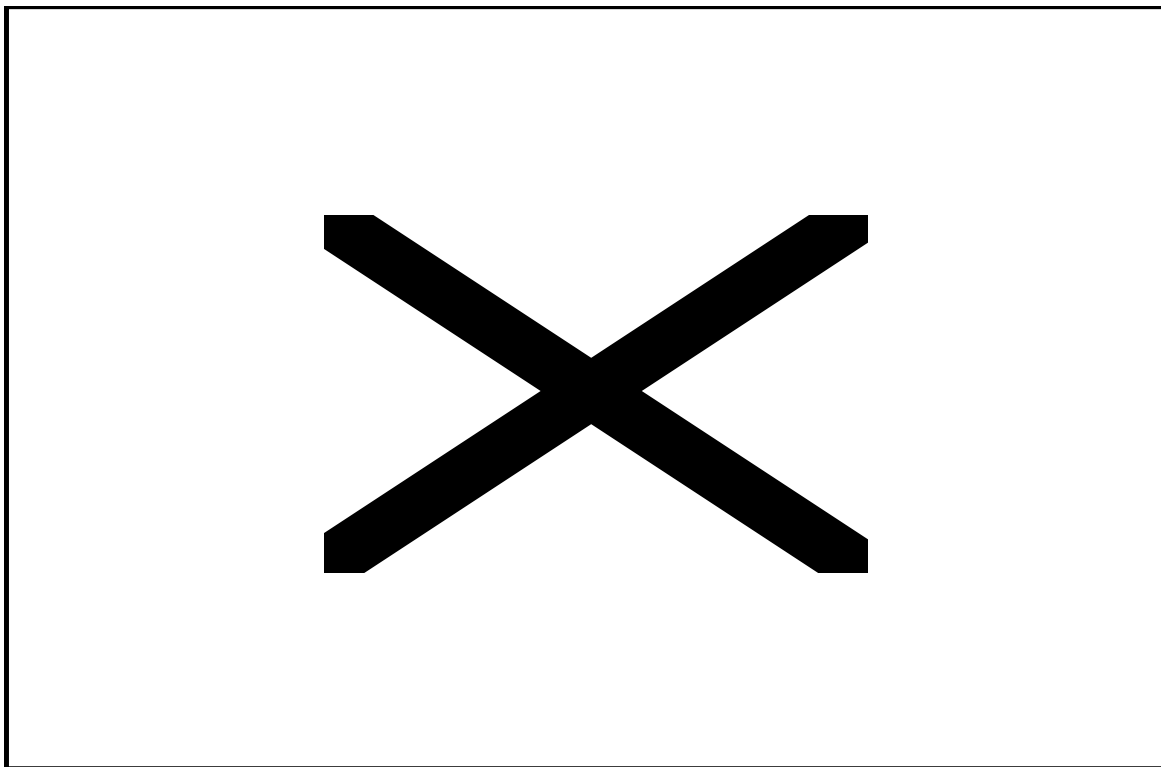
13.3-расм.

Кщпинча, юыорида кщрсатилган оыишлар биргаликда бирга иштирок этиши мумкин, у ьолда умумий термин билан, «щыдош бщлмаган валлар» дейилади. Имконияти борица щыдош жойлашмаган валларни бириктириш учун компенсацияланувчи муфталар ишлатилади.

Щыдош жойлашмаган валларни оыишини компенсация ыилиш ярим паллали муфталар орасидаги элементларни ёрдами билан амалга оширилади. Оралиыдаги ыаттиы элементлар компенсацияловчи муфталарда ишлатилади, оралиыдаги дефформацияланадиган элементлар эса, эластик муфталарда ыщлланилади. Эластик муфталар машинанинг юритма звеносини бикрлик хусусиятини камайтириш функциясини ьам бажаради.

Машинасозликда кщп ишлатиладиган муфталардан яна бири муштсимон дискли муфталардир, айрим ьолларда уни айыашсимонкулисали деб ьам юиритилади. Бундай муфталарни тузилиши 13.4-расмда кщрсатилган. Муфта иккита ярим паллали муфтадан 1 ва 2 оралиыда жойлашган диск 3 дан иборат.

Муфта ажратиш сиртида призматик щйиылари бщлган иккита ярим муфтадан ва улар орасидаги щрнатиладиган ьамда икки томонидан ярим щйиыларга жойлашадиган щзаро перепендикуляр ыилиб тайёрланган чизиылари бщлган дискдан тузилган.



13.4-расм.

Перепендикуляр текисликда жойлашган диск ва яриммуфталар орасидаги бщшлик (13.4-расмда) эса валларнинг щы бщйлаб, радиал ва бурчак силжишига олиб келади, натижада бу силжишлар муфта ёрдамида текисланади. Айланма ьаракатни узатиш жараёнида дискдаги чиьиыларнинг ярим муфта сиртидаги щйиыларда сирпаниши сиртларнинг ейилишига сабаб бщлади, бундай ьолат узатилаётган ыувватни тахминан бир процентга яйини йщьюлади, шунинг учун ейилишни камайтириш маьсадида сиртлар ваьти – ваьти билан мойланиб туриши лозим. Одатда, щыдош бщлмаган валларни радиал силжиши  $\Delta r \leq 0,04d$ , бурчак силжиши эса  $\Delta \alpha \leq 0^\circ 30'$  орасида чегараланиши керак.

Айыашсимон-кулисали муфталарни мустаькамликка ьисоблашда оралиыдаги диск чизиылари яриммуфта щйиьини сиртлари билан бир текисда муаян тегиб туради деб фараз ыилиш керак. Бундай ьолда ьар-бир щзаро контактда бщлган нуыталарни деформацияси ва кучланиши муфта щыига нисбатан шу нуыталар оралиьига пропорционалдир. 13.4-рамсда кщрсатилган эзувчи кучланиш эпюриси шартли равишда ён ёылардаги щйиыдан диаметр томон сурилган. Мустаькамлик максимал эзувчи кучланиш  $\sigma_{\text{эз}}$  бщйича аниыланади.

Оралиы дискининг мувозанат шарти:

$$Tk = FR_{yp}z$$

бунда  $T$  – узатиш буровчи моменти;

$k$  – юкланишнинг динамикавий тасирини этиборга олувчи коэффициент: тинч ьолатда ишлайдиган бир меьёрли юкланган механизмлар учун  $k = 1$ ; меьёрсиз юкланган ьолда ишлайдиган механизмлар учун  $k = 1,1 \div 1,3$ ; обир шароитда зарб билан ишлайдиган меьёрсиз юкланган ва ьаракатни йщналиши щзгариб турадиган механизмлар учун  $k = 1,3 \div 1,5$ .

$F$  – чиьиыыа тасир этувчи куч:  $F = hl\sigma_{yp}$

$h$  – дискдаги чиьиыынинг баландлиги (13.4-расм);

$l$  – чиьиыынинг узунлиги:  $l = \frac{D-d}{2}$

$D$  – муфтанинг ташыи диаметри;

$d$  – муфтанинг ички диаметри (одатда вал диаметрига тенг);

$\sigma_{\text{щр}}$  – эзувчи кучланишнинг щртчаа ьиймати (16.4-расм);

$$\sigma_{yp} = \frac{\sigma_{\text{эз}} + \sigma'_{\text{эз}}}{2}$$

Адолатли муттаносиблик бщлганда  $\sigma_{\text{эз}} / \sigma'_{\text{эз}} = D / d$ ,  
 $\sigma'_{\text{эз}} = \sigma_{\text{эз}} d / D$ , бщлади. Унда:

$$\sigma_{yp} = \frac{D \sigma_{\text{эз}} + d \sigma_{\text{эз}}}{2D} = \sigma_{\text{эз}} \frac{D + d}{2D}$$

$R_{\text{шр}}$ - чийиыни шратча радиуси (шратча диаметри ярмиси)

$$R_{yp} = \frac{D + d}{4}$$

$z$  – чийиылар сони:  $z = 2$ .

Бу ыйматларни дастлабки ифодага ыцйиб мувозанат шарти асосида соддалаштириб, ыуйидаги тенгликни оламиз:

$$T k = \sigma_{\text{эз}} h \frac{(D + d)^2 (D - d)}{8D}$$

Бу шартдан айыашсимон-кулисали муфталарни текширишга ыи-соблаш формуласини келтириб чийарамиз:

$$\sigma_{\text{эз}} = \frac{8kTD}{h(D + d)^2 (D - d)} \leq [\sigma_{\text{эз}}] \quad (13.1)$$

Айыашсимон-кулисали муфталарнинг деталлари конструкцион ва легирланган пшлатлардан тайёрланади. Бу ьолда  $[\sigma_{\text{эз}}] = (15 \div 20)$  МПа ыабул ыилинади.

Ъар хил кшкринишда бшлган щыдош жойлашмаган валларни компенсациялашда кшп ишлатиладиган муфталардан яна бири тишли муфталар ыисобланади (13.5-расм).



13.5-расм.

Шундай муфта 1 ва 2 ярим муфтадан иборат бўлиб ташыи тишлар ва ажралувчи халыа 3, ҳамда икки ыаторли ички тишлардан ташыил топган. Тишлар эволвентавий бўлиб каллагини юыори ыисми камайтирилган. Валларни щыдош эмаслигини компенсациялаш учун муфта щылараро бўшшликка эга  $\delta$  ва илашигида оширилган радиал ва ёнбош бўшшлии бўшлиши керак. Ундан ташыари, ярим муфта тишларини гардишлари цилиндрсимон ыилинмай сферик шаклида, тишлари эса бочкасимон бўлади.

Момент узатиб бўшлиш жараёнида щыдош жойлашмаган валлар оралиыидаги ишчи муфталарни момент узатиб бериши, тишларни щзаро сирпанишига олиб келади. Ёйилиши миыдорини камайтириш учун ыисыиц халыа ичига сууы мой ыуйилади.

Ярим муфтани бочкасимон шаклдаги тишлари ыисыиц ыал-ыани тщъри тишлари билан контактда бўшлиши юыори кинематик жуфтликда бўлади, шундай экан, тишли узатмалар сингари, муфта тишларни мустаъкамликка ыисоблаш контакт кучланиш бўййича бажарилади. Лекин, хаыиыйй контакт кучланишни аниылаш бирмунча ыййин, чунки тишларга тасир этаётган кучларнинг ыйймاتي, йщналиши ҳамда щрни шароитга ыараб щзгариб туради. Ундан ташыари, тишлар контактда ишлангандан сщнг уни юзалари сезиларли даражада катталашади. Шунинг учун, бу муфталарга ыисоблашни шартли усули билан алмаштирилади, ыисоблашдаги аниысизликлар руъсат этилган кучланишларни амалиёт жараёнига асосланаган ёлда танлаш билан кифояланади.

Бу ёлда мустаъкамлк шарти ыуйидаги кщринишда бўлади:

$$T k = \sigma_{\text{эз}} b h z \frac{D}{2}$$

Бунда:  $T$  – узатиладиган буровчи момент;

$k$  – динамик юкланиш коэффициенти;

$b$  – тиш узунлиги (13.5-расм)

$z$  – тишлар сони;

$D$  – тишларни бўшлувчи диаметри.

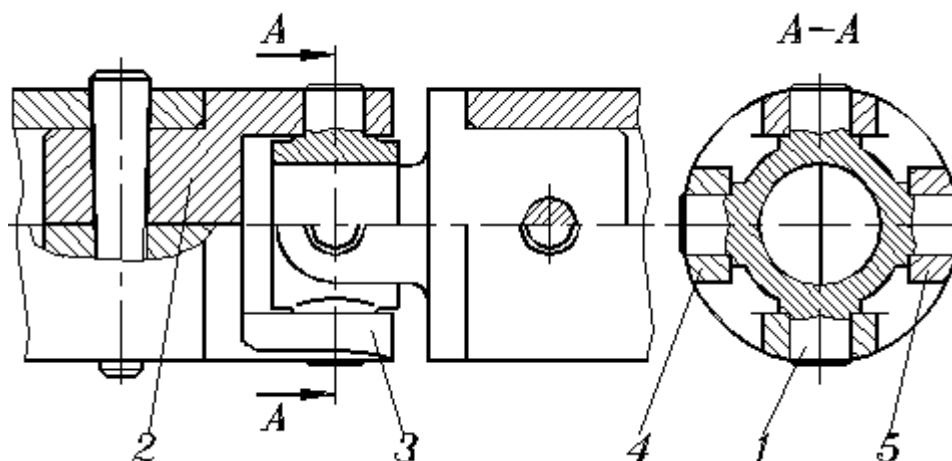
$D = mz$  ни ыисобга олган ёлда ва тишнинг фойдали баландлиги хаыиыйй тузилмаларда  $h = 1,8m$  бўлганда, мустаъкамликни шартли формуласи ыуйидаги шаклда бўлади.

$$\sigma_{\text{эз}} = \frac{T k}{0,9 D^2 b} \leq [\sigma_{\text{эз}}] \quad (13.2)$$

Тишли муфталарнинг деталлари конструкцион ва легирланган пщлатлардан тайёрланади. Бунда  $[\sigma_{\text{эз}}] = (12 \text{ } 4 \text{ } 15) \text{ МПа}$  ыабул ыилинади.

Юыорида танишиб чиыилган компенсацияловчи муфталардан ташыари техникада кенг кщламда ишлатиладиган муфталардан яна

биттаси бутсимон-шарнирли муфталар бўлиб, тузилиши кардон шарнирга асосланган (Гук шарнири). Монтаж камчиликларини компенсацияловчи муфталардан фарқи, бутсимон-шарнирли муфталар машинани тузилмасида инобатга олинган бурчак шудошлиги  $(30 \div 40)^\circ$  га мос келмаган валларни бириктириш учун ишлатилади. Бутсимон-шарнирли муфталар транспорт ва технологик машиналарида ишлатилади, уларни айрим тузилмалари стандартлашган. Бундай муфталарни тузилиш имкониятларидан биттаси 13.6-расмда кўрсатилган.



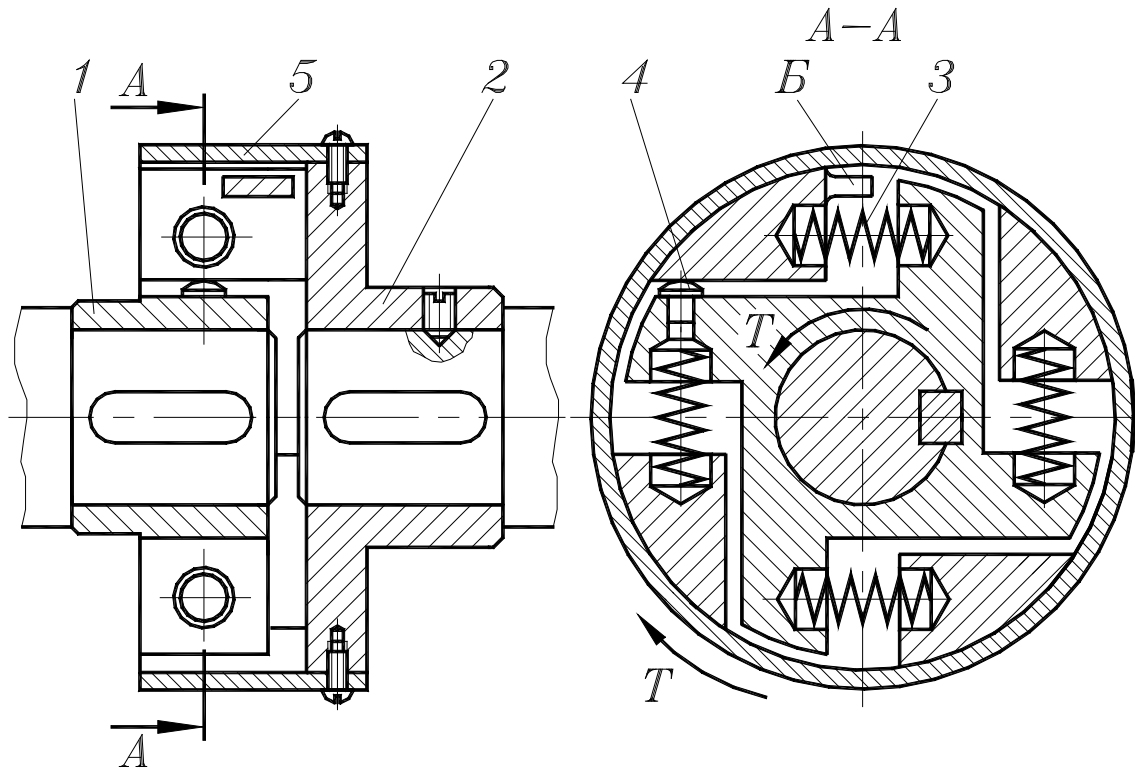
13.6-расм.

Бутсимон палал 1 шзaro перепендикуляр (тик) текисликдаги ярим муфта билан шарнирли боъланган. Бутсимон паллали ярим муфталар билан бириктиришни ярим муфталарнинг иккита ярим бўшаклардан 2, 3 ва 4, 5 ярим муфталар валга штифтлар ёрдамида бириктирилган.

### §13.4. Эластик муфталар

Агарда компенсацияловчи муфталарнинг оралиыдаги элементи эластик бўлса, бундай муфталарни эластик муфталар дейилади. Улар валлар шудошлиги ыатий бўлиш ёки бўлмаслигига ыарамасдан ыамма нотекисликларни тўъирлайди (компенсациялайди). Эластик муфталар шз элементлари билан юритмада кам бикирликка эга бўлган звено вазифасини ыам бажариб, машиналарни имконияти бoрича резонанс шарoитда ишламаслигини тaминлайди, тебранишдан саъйлайди. Бунинг учун муфталарни элас-тик элементи етарли даражада бикрликка эга бўлиши керак. Бу тўъирида ыисоблашга зарур бўлган малумотлар «Машина ва механизмлар назарияси» курсида берилган.

Эластик муфталарни тузилиши ʻар хил кшринишда учрайди. Эластик элемент материалларига ыараб бу муфталар икки турга бщлинади: эластик элементлари метали ва металмас.



13.7-рasm.

Эластик элементи металл симдан шраб тайёрланган цилиндр-симон пружинали эластик муфта 13.7-расма кшрсатилган. Муфта етакловчи 1 ва етакловчи 2 ярим муфталардан иборат бщлиб, шпонка ёрдамида валга маъкамланган. (Бошья вариантда бщлиши ʻам мумкин, етакловчи 2, етакловчи 1 ʻолларида бщлади). Ярим муфталар шундай тайёрланганки, улар орасидаги махсус тешикка олдиндан сиыилишга ишлайдиган ыилиб, деформацияланагн тшртта пружина-лар 3 жойлаштирилади.

Бирор бурчакда жойлашган ярим муфтани дастлабки ʻолати чеклагич 4 билан аниыланади. Пружина деформациялангандан кейин ярим муфтани нисбатан бурилиш имконияти эса, ярим муфта 2 га шрнатилган чеклагич Б билан белгиланади. Муфта ташыи томондан саылагич 5 билан беркитилган. Пружинани дастлабки сиыувчи куч  $F_1$  таъсирида  $T_1$  – момент билан юклангунга ыадар бу муфта етарли би-кирликлаги компенсацияловчи муфталар сингари ишлайди.

$$T_1 = F_1 R z \quad (13.3)$$

бунда  $R$  – пружинани жойлашган радиуси.

$z$  – пружина сонлари.

Агар узатиладиагн буровчи момент  $T$ ,  $T_1$  дан ката бщлса, у ʻолда муфта доимий шзгармас бикирликда эластик муфта сингари

ишлайди. Пружина щрамлари буралишга, шу билан бирга пружина елкасидаги бщйлама куч билан пружина диаметрини ярмини танглиги буровчи моментга мос келади, шунинг учун, пружинани мустаъкамлик шарти ыуйидагича ифодаланади:

$$F \frac{D}{2} = \frac{\tau W_P}{k_B} \quad (13.4)$$

бунда  $F$  – пружинани сиыувчи бщйлама куч.

$$F = \frac{T_{max}}{R} \quad (13.5)$$

бунда:  $T_{max}$  – муфта орыали узатиладиган момент;  
 $D$  – пружина щрта диаметри;  
 $\tau$  – пружина щрамларидаги буровчи кучланиш;  
 $W$  – пружина щрамининг кщндаланг кесим ыаршилиқ моменти.

$$W_P = \frac{\pi d^3}{16} \quad (13.6)$$

бунда  $d$  – пружина симининг диаметри.

$k_B$  – щрамлар эгилувчанлик таъсирини ыисобга олувчи коэффициент. Бу коэффициент 13.1-жадвалда кщрсатилган.

13.1-жадвал.

|       |      |      |      |      |      |      |
|-------|------|------|------|------|------|------|
| 4D/d  | 4    | 5    | 6    | 8    | 10   | 12   |
| $k_B$ | 1,37 | 1,29 | 1,24 | 1,17 | 1,14 | 1,11 |

(13.5) ва (13.6) ни (13.4) га ыщйиб ва  $T$  га нисбатан ечилса, пружина сонлари  $z$  га тенг бщлган муфталар учун, пружинани текширишга ыисоблаш формуласи келтирилади:

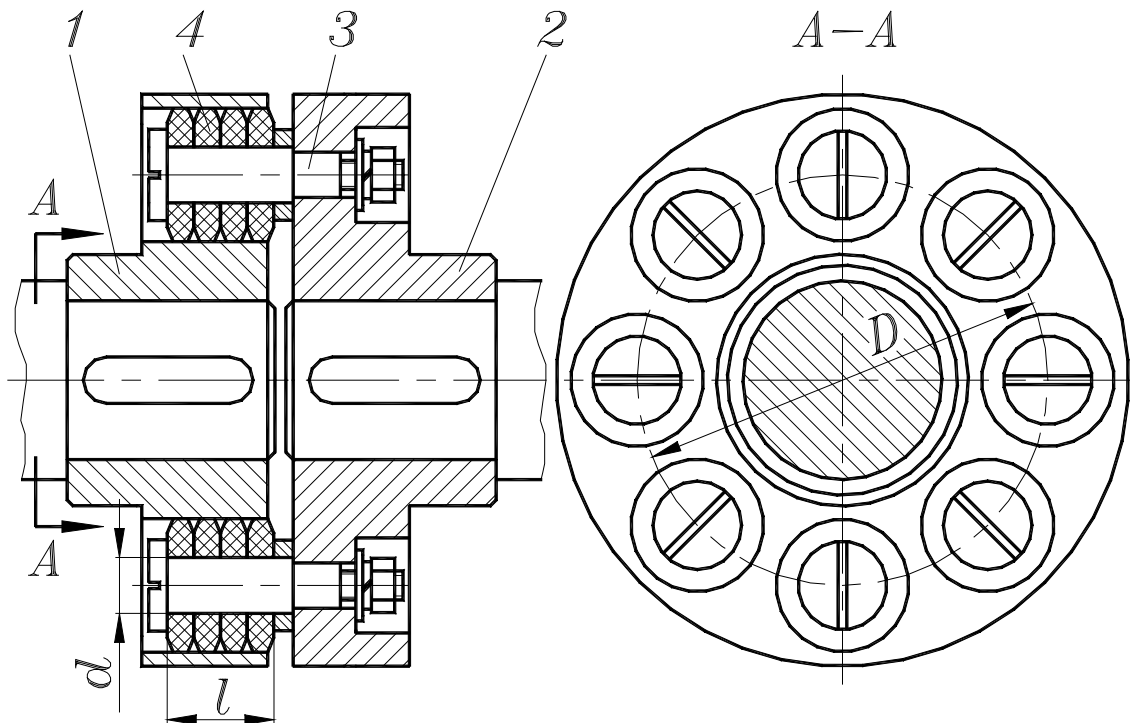
$$\tau = \frac{8DT_{max}k_B}{\pi d^3 Rz} \leq [\tau] \quad (13.7)$$

Пружинани тайёрлаш учун махсус пружинали пщлатлар (сталь 65Г) ишлатилади. Уларни турларига ыараб руъсат этилган кучланиш  $[\tau] = (500 \text{ 4 } 900) \text{ МПа}$  оралиыда олинади.

Эластик элементли металмас материаллардан тайёрланган компенсацияловчи муфталардан нисбатан кщп ишлатиладигани втулка бармоыли муфтадир (13.8-расм). Бундай муфталар, тайёрлаш соддалиги ва резина элементларини алмаштириш ыйин эмаслиги ыисобига, кщпинча электрик двигателининг вали билан юритма валини бириктириш учун ишлатилади. Кичик ва щрта ыйиматли бурувчи моментларини узатиб бериш учун мщлжалланган. Валларинг диаметри

150 мм гача ва узатиб бериш моментлари 15000 Нм гача бшлган муфта шлчамлари стандартлаштирилган.

Кесими трапеция шаклида 4 бшлган бир неча резинали халыа бармоыыа 3 жойлаштирилиб, ярим муфтага 2 маъкамланган бшлади (13.8-расм). Бу халыалар ярим муфта 1 тешигига киритилади. Бундай муфталар юритмани кам бикрлик звеноси сифатида хизмат ыилади ва шыдош жойлашмаган валларни ыуйидаги оралиыда компенсация ыилади: шы бшйлаб силжиш  $\Delta a \leq 18$ , буралиш,  $\Delta a = (1 \ 4 \ 5)$  мм,  $\Delta r = (0,3 \ 4 \ 0,6)$  мм.



13.8-расм.

Танлаб олинган муфталарнинг мустаъкамлигини текшириб кшришда резина ыалыанинг бармоыга тегиб турган юзаси бшйича эгилишга ыисобланади. Бунда шуни ыисобга олиш керакки, бармоылар текис юкланган, эгувчи кучланиш эса втулка узунлиги бшйича бир меъёрида таысимланган. Текширув формула ыуйидаги кшришда бшлади:

$$\sigma_{\text{эз}} = \frac{2Tk}{Dzdl} \leq [\sigma_{\text{эз}}] \quad (13.8)$$

Бунда:  $T$  – узатиладиган буровчи момент;

$k$  – динамик юкланиш режимини ыисобга олувчи коэффициент;

$D$  – бармоылар жойлашган айлананинг диаметри;

$z$  – бармоылар сони;

$d$  – бармоылар диаметри (13.8 - расм);

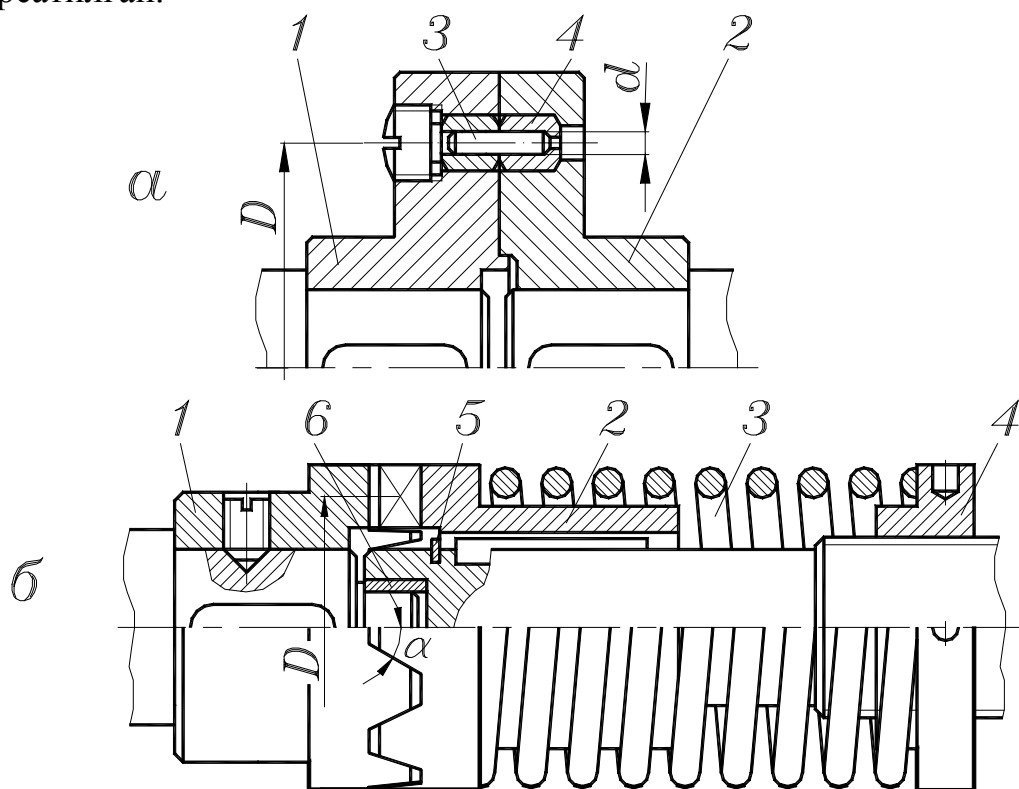
1 – бармоылар узунлиги (13.8-расм).

Резиналар учун руьсат этилган кучланишнинг ьиймати  $[\sigma_{\text{эз}}] = (1,8 \div 2) \text{ МПа}$  ьабул ьилиш тавсия этилади.

### §13.5. Саылагич муфтaлар

Саылагич муфтaлар, щта юкланиш натижасида авария (бузилиш) ьолатига тушиб ьолган механизмларнинг кинематик занжирларини ьимоя ьилиш учун хизмат ьилади, яъни бу муфтaлар, валларни бир-биридан (автоматик) ажралишига имкон яратади. Бундай муфтaлар икки турга бщлинади. Кесувчи элементли саылагич муфтaлар ва синиб кетадиган элементи бщлмаган саылагич муфтaлар. Саылагич муфтaлар фаьят щыдош валларга щрнатилиши мумкин, бунда валлар муфта щрнатилишидан олдин, ёки шу муфтaлар орыали марказлаштирилади.

13.8a-рамсда, синиб кетган элементи бор муфтани тузилиши кщрсатилган.



13.8-расм.

Буровчи момент ярим муфтaлар 1 ва 2 аро штифт 3 орыали уза-тиб берилади. Бу штифт щта юкланищда синиб кетади. Авария ьолатидан сщнг муфтани ишга тушириш учун штифт алмаштирилиши лозим. Тобланган втулка 4 штифтларни алмаштирилиши енгиллашади.

Штифтнинг мустаъкамлик шарти:

$$T k = \frac{z}{K_Z} \frac{D}{2} \frac{\pi d^2}{4} \tau \quad (13.9)$$

Бунда:  $T$  – узатиладиган момент;

$k$  – динамик юкланиш коэффициент;

$z$  – штифт сонлари; амалиётда  $Z = 1$  ёки  $Z = 2$  ыилиб олинади;

$K_Z$  – штифтлараро юкланишни тенг таъсимланмаганини билдирувчи коэффициент;  $z = 1$  бўлганда  $K_Z = 1$ ;  
 $z = 2$  бўлганда  $K_Z = 1,2$ ;

$D$  – штифтларни жойлашиш диаметри;

$d$  – штифт диаметри;

$\tau$  – штифтни кесувчи кучланиши.

(13.9) формуладаги узатиладиган момент  $T$  ни чегаравий момент  $T_{\max}$  билан, бу ҳолда штифт ёли бузилмаган ва кесувчи кучланиш  $\tau$  ни рухсат этилган кучланиш  $[\tau]$  билан алмаштирсак штифт диаметрини аниёлаш ишчи формуласини оламиз:

$$d = \frac{8 T k K_Z}{\pi z D [\tau]} \quad (13.10)$$

Рухсат этилган кучланишни  $[\tau]$  кийматини штифт материални кесилишдаги мустаъкамлик чегарасига тенг деб ҳисобланади. Нормаллашган конструкцион шидатдан тайёрланган штифтлар учун  $[\tau] = (300 \div 400)$  МПа.

Сиёмайдиган элементлик саълагич муфтлар авария ҳолатидан кейин шзини ишлаш ёубилиятини тиклаш учун ваът талаб ыилмайди, улар ҳар доим ишга тайёр. Кулачокли саълагич муфтани тузилиши 13.9-расмда кшрастилган.

1 ва 2 ярим муфтлар трапецияли шаклдаги кулачоклар билан таъминланган. 1 ярим муфта валга жипс маъкамланган, 2 ярим муфта эса ышъъалувчан шпонкали бирикма ҳисобига вални шъи бўлиб силжиши мумкин. Ярим муфтлар кулачокларини шъаро илашиши пружина 3 билан таъминланади ва 4 гайка орыали бу куч ростланади. Ярим муфта 2 ни чапга силжиши тухтатгич халъа 5 билан чегараланган, бу чегараланиш ярим муфтани олдиндан валдаги монтажи учун зарур. Валларнинг шъодошлиги марказлаш-тирувчи втулка 6 орыали амалга оширилади.

Буровчи момент узатишда кулачокли илашмада шъи бўйлаб йшналган куч пайдо бўлади, бу куч ярим муфтани ажратишга ва илашмадан чиқаришга ҳаракат ыилади. Бунда кулачок сиртларидаги пружина ва ишыаланиш кучи ва ышъъалувчан шпонкали бирикмани ҳаракати ыаршилиқ кшрсатади. Мухандислик ҳисоблашда ишыаланиш кучини ҳисобга олмаслик мумкин, чунки тебраниш бу кучларни

сусайтиради. Унда пружиналаштирилган ярим муфтани мувозанат шарти ыуйидаги кщринишда бщлади:

$$F = \frac{2Tk}{D} \operatorname{tg} \alpha \quad (13.11)$$

Бунда:  $F$  – пружина кучи;

$T$  – узатиладиган буровчи момент;

$k$  – динамик юкланиш коэффициенти;

$D$  – муфталарни щртача диаметри;

$\alpha$  – мушталарни тшмтоылашган бурчаги (13.9б)

(13.11) шарт максимал узатиб бериладиган моментга ыараб пружина танлаш учун хизмат ыилади. Муштли саылагич муфталарни ишлатишда ыуйидаги факторларни ыисобга олиб ыщйиш зарур деб ыисобланади. Малумки, щта юкланишда муфталарни ишга тушиши кулачокларни щзaro зарб билан ыаракатланишига ва ишыаланишини жадаллаштиришга олиб келади, шунинг учун, бундай муфталарни конструкциясига ыщшимча равишда юритма двигателини щчириш учун мосламалар мщлжалланиши керак.

Фрикцион саылагич муфталар (дискли ёки конуссимон) шов-ыинсиз сийыаланиб боради. Лекин ейилиш даражасини камайтириш учун ваыт-ваыти билан юритма двигателни щчириб туриш керак. Дискли саылагич муфталарни ыисоби бошыариладиган уловчи муфталарга щхшаш бщлганлиги учун ыуйидаги мавзуда танишамиз.

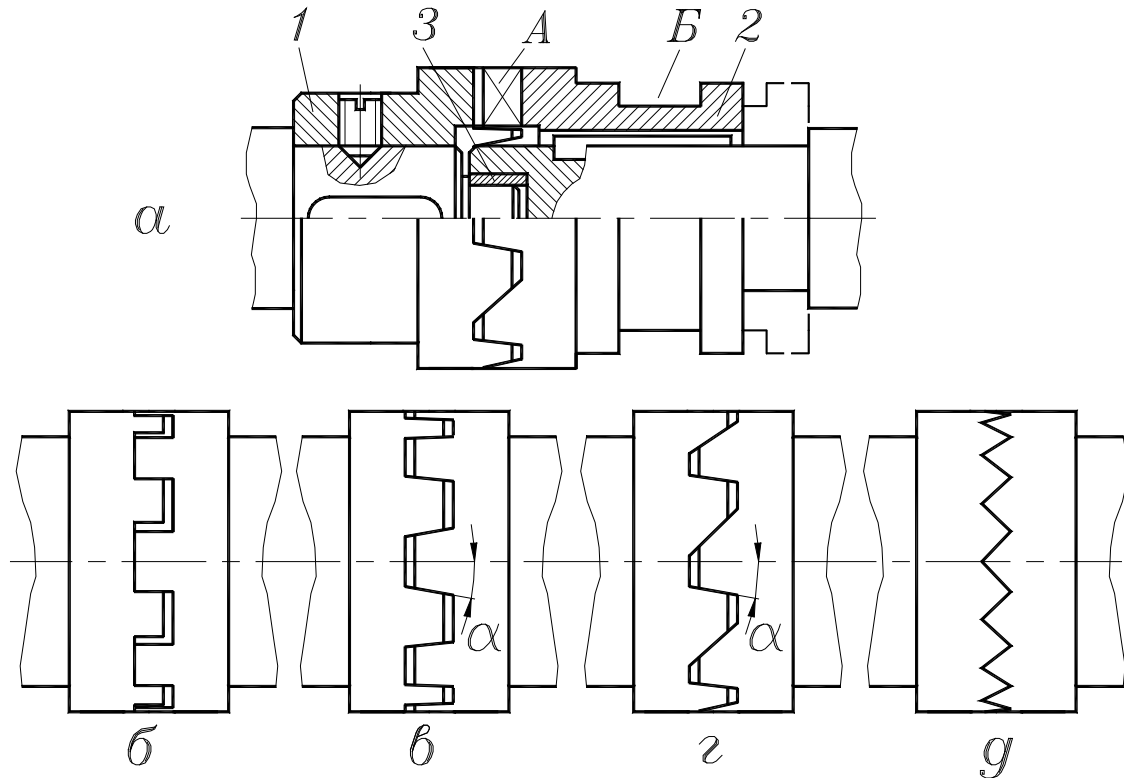
### §13.6. Бошыариладиган ёки илашиш муфталари

Бошыариладиган муфталар бошыариш механизми ёрдамида валларни улаш ёки ажратиш учун ишлатилади. Бундай муфталар иш-лаш принципига ыараб икки гурухга бщлинади: илашиш асосида иш-лайдиган (клучокли, тишли) муфталар; ишыаланиш асосида ишлайди-ган (фрикцион) муфталар.

Кулачокли муфталар (13.10а-расм) ни ярим муфталари 1 ва 2 кщндаланг сиртида чизиылар А ясалган. Иш жараёнида ярим муфталардан бирининг чизиылари иккинчидаги ботиылар орасига киради. Муфталарни имкониятига ыараб улаш ёки щчириш учун, ярим муфта 2 вал щыи бщйлаб бемалол сурила оладиган ыилиб, йщналтирувчи шпонка ыилиб щрнатилган ярим муфта махсус ыурилма воситасида сурилади. Унинг ишчи элементи ариыча Б га кириб туради. Расмда штрихланган чизиылар муфталарни ажратилган ыолатини кщрсатади, ыалыа 3 валларни марказлаштириш учун хизмат ыилади.

Кулачокли муфталарни улаш ёки учуриш статик ыолатда ёки айланиши даврида содир бщлади. Катта динамик юкланиши олдини олиш учун улаш даврида кулачокни айлана тезлигини камайтириш талаб этилади:  $v \leq 1$  м/с.

Кулачокларнинг ʻар хил шакллари 13.10б,в,г,д-расмларда кшрсатилган. Тщри бурчак профилли шаклида (13.10б-расм) бщлса статик ʻолатда уланадиган ярим муфталарни щзaro жойлашувига жуда катта аниылик талаб этилади.



13.10-расм.

Бундай муфталарни ён ёыларида албатта бщшлиы пайдо бщлади (тайёрлаш технологияси натижасида ёки айланаётган ваытида валларни улаш имконияти учун) ва шу билан бирга йщналиши щзгарган ваытда зарб билан ишлайдиган бщлади. Шунинг учун шундай муфталар билан механизмларни лойихалашда юыоридаги факторларни ти-собга олиш лозим.

Ярим муфталар трапеция шаклидаги симметрик (13.10в-расм) ва носимметрик профилли (13.10г-расм) бщлса, бу муфталарни ён ёыларида бщшлиы бщлмайди ва уларни уланиши учун щзaro жойлашувига катта аниылик талаб этилмайди. Етакчи вал гоъ бир томонга, гоъ иккинчи томонга айланадиган бщлса трапеция шаклидаги тишлар симметрик профилли, агар вални айланиши доимо бир томонга бщлса носимметрик профилли бщлгани маъуул. Буровчи момент тасирида трапеция профилли нуыталарда щы бщйлаб йщналган куч ʻосил бщшиб, ярим муфта щзaro кенгайтиришга ʻаракат ыилади.

Шунинг учун, муфталар щз-щзидан ажралиб кетмаслиги учун кулачокларни тщмтоылик  $\alpha$  бурчагини (13.10б-расм) шундай танлаш керакки, у щз-щзини тормозлаш хусусиятига эга бщлсин:  $\alpha = (3 \ 4 \ 5)8$ .

Кшндааланг сиртда учбурчакли тишлар жойлашган ярим муфталар (13.10д-расм) катта ыйиматга эга бшлмаган буровчи моментлари узатиб бериши учун имконияти борича ярим муфталар доимо уланган ьолда бшлиши керак. Унинг учун улар шзгармас куч билан (масалан, пружина кучи) таминланиши зарур.

Кулачокли муфталарнинг мустаькамликка ьисоблаш эзувчи кучланишнинг таьриби бшйича, юкланиш кулачоклар аро тенг таьдималган деб ьуйидагича ьисобланади.

$$\sigma_{\text{эз}} = \frac{2Tk}{Dzbh} \leq [\sigma_{\text{эз}}] \quad (13.12)$$

Бунда:  $D$  – кулачокнинг шртача диаметри;

$z$  – ярим муфтадаги муштлар сони;

$b$  – кулачокни узунлиги;

$h$  – кулачокни баландлиги.

Кулачокларнинг юзаси ьаттиь бшлсин учун ейилишни камай-тириш маьсадида ярим муфталар сталь 45 ёки 40Х дан тайёрланиб хажмий табланади, ёки сталь 15Х, 20Х цементиляниб юьюри ьисми тобланади. Бунда эзилишдаги рухсат этилган кучланишни ьшйидаги ьиймати рухсат этилади:

$[\sigma_{\text{эз}}] = (90 \div 120)$  МПа – тинч турганда уладиган;

$[\sigma_{\text{эз}}] = (50 \div 70)$  МПа – секин айланганда уладиган;

$[\sigma_{\text{эз}}] = (35 \div 45)$  МПа – катта тезлик айланганда уладиган.

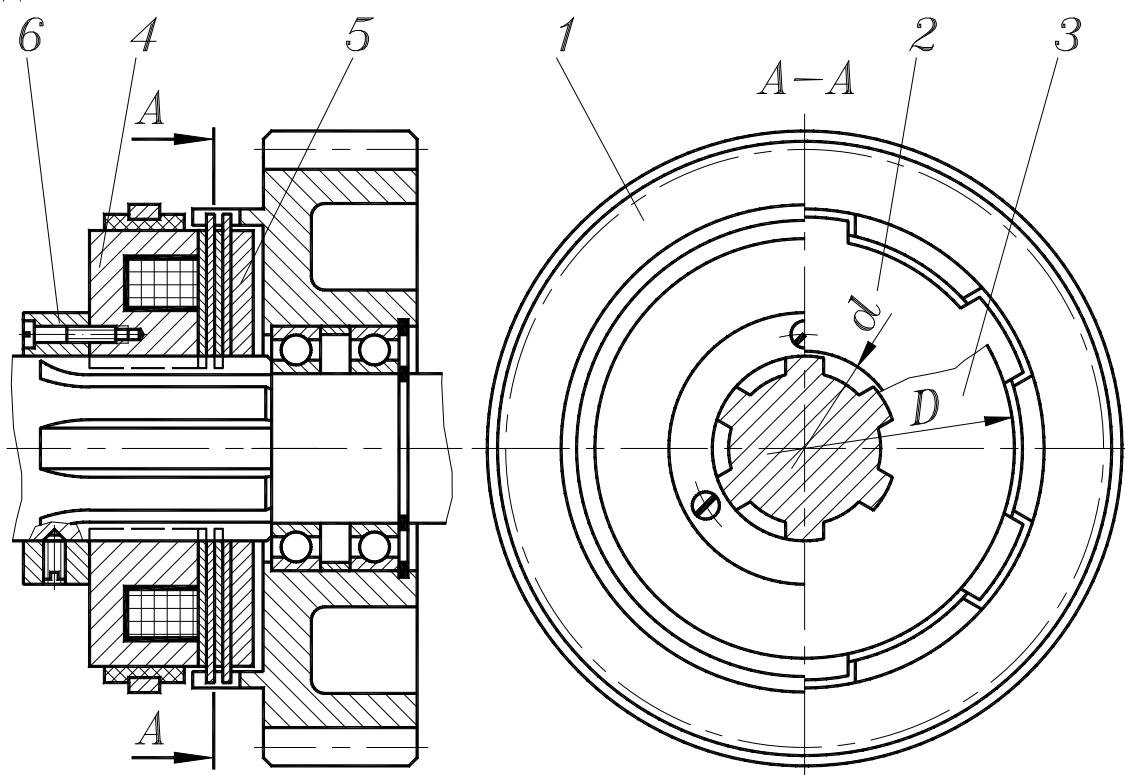
Бошыариладиган уловчи муфталар сифатида фрикцион муфталардан кшпроь фойдаланилади, улардаги момент ишыаланиш кучи ьисобига узатилади. Бу муфталарда буровчи моментни ьиймати контакт сиртлардаги сиьувчи кучга боьлиь бшлиб ярим муфталарни сиьадиган куч ошган сари оша боради. Бу ьолат ярим муфталар нисбатан тез айланганда ва катта юкланиш бшлган ьолларда валларни шзаро бириктириш имконини беради.

Фрикцион уловчи муфтани чегаравий буровчи моменти узатмага ростланган бшлиб, машинани мустаькамлиги учун хавф-сиз бшлса, бундай муфталар саьлагич муфталар функциясини ьам бажариш мумкин. Фрикцион муфталар иш сиртларининг шаклига кшра ьуйидаги уч грухга бшлиниши мумкин: дискли муфталар (иш сирти текис); конуссимон муфталар (иш сирти конуссимон); колоткали, лентали ва бошыа муфталар (иш сирти цилиндр шаклида).

Электромагнит дискли муфта тузилиши 13.11-расмда кшрсатилган. Бу бошыариладиган фрикцион дискли муфта ьисобланиб, бошыариш воситаси электромагнит ьисобланади. Бу муфта айланадиган валларни шзаро бириктириш учун эмас, балки тишли ьилдирак билан вални бириктириш учун ьизмат ьилади. Тишли ьилдирак 1 валдаги шарикка подшипникда эркин айланади. Бу ьилдирак билан иккита етакловчи дискларни 2 ташьи чизиьлари, ьилдиракнинг махсус бо-

тийлари (ариычалар) га киритиб турган ъолда боъланган. Иккита етакланувчи диск 3 эса, ички чизиылари ёрдамида вал билан боъланган.

Бу икки жуфт дисклар фрикциион муфтани ташкил ыилади. Бошыариладиган механизм воситасида, ъалыали електромагнит ишлатилады. Бу електромагнит асосан ярмо 4 (сиртмоы) ва якор 5 дан иборат. Ярмо 4 ыимирамайиган ъалыа 6 ёрдамида вални шлицли ыисмига махкамлаб ыщйилган. Электромагнит уланган ваытда етакловчи ва етакланувчи дисклар ярмо билан якор орасида щзаро бир бирига сиыилган ъолда бщлиб, ъаракат тишли ыилдиракдан валга узатиб берилади.



13.11-расм.

Халыали електромагнитни ъисоблаш учун керакли бщлган дискларни сиыувчи куч ыуйидагича аниыланади.

$$F = \frac{T k}{r_{yp} f z} \quad (13.13)$$

Бунда:  $r_{щр}$  – дисклар иш сирталрини щртача радиуси.

$$r_{yp} = \frac{D + d}{4}$$

бу ерда  $D$  ва  $d$  ташыи ва ички дискларнинг иш сирталрининг диаметри (13.11-расм);

$f$  – диск сирталрининг ишыаланиш коэффициенти;

$z$  – ишыаланадиган сиртлар жуфтлари сони;  $z = n - 1$ ;  $n$  – дисклар сони (13.11-расмдаги муфта учун  $n = 4$ ).

Формула (13.13) дан кшриниб турибдики, сиыилувчи куч ва дисклар диаметрини шзгартирмай, муфтани дисклар сонини кшпайтирилса, буровчи моментни оширишга эришилади. Фрикцион муфталарни ишлаш ыюбиятини белгиловчи омил сиртларни ишыаланиши ыисобланади, шунинг учун дискларни сиыувчи куч рухсат этилган солиштирма босим  $[p]$  билан чегараланади. Текширув ыисоблаш формуласи ыуйидаги кшринишда бшлади:

$$p = \frac{4F}{\pi(D^2 - d^2)} \leq [p] \quad (13.14)$$

Баракатга келтириш принципларига кшра юыорида келтирилган ташыи дискли муфталар пневматик, гидравлик ва механик бшлиши мумкин. Улар мойланган ва мойланмайдиган ыолда ишлаши мумкин. Дисклар пшлат, чщян, металл, керамика ыопланган ёки металл эмас фрикцион материаллардан тайёрланиши мумкин.

Рухсат этилган солиштирма босим ва ишыаланиш коэффиценти 13.2-жадвалда келтирилган. Ишлаш ыюбиятига кшпроы тасир кшрсатувчилардан бири иссиылик режими ыисобланади. Муфталарни исиб кетиши сиртларни сирпанишига боълиыдир. Ыисыа ваыт ичида уланган муфталарда катта иссиылик пайдо бшлиши мумкин.

13.2-жадвал.

| Материал                                  | f    | [p], МПа  |
|-------------------------------------------|------|-----------|
| Мойланган ыолда                           |      |           |
| Тобланган пшлат тобланган пшлат устида    | 0,06 | 0,6 4 0,8 |
| Металлакерамика тобланган пшлат устида    | 0,1  | 0,8       |
| Текстолит пшлат устида                    | 0,12 | 0,4 4 0,6 |
| Мойланмаган ыолда                         |      |           |
| Чщян тобланган пшлат ёки чщян устида      | 0,15 | 0,2 4 0,3 |
| Асбест ёки ферродо тобланган пшлат устида | 0,3  | 0,2 4 0,3 |
| Металлокерамика тобланган пшлат устида    | 0,4  | 0,3       |

Иссиылик муфта деталларини ыыздиради ва таш-ыи мухитга тарыатади. Бир соат ичида доимий уланиб ишлайдиган муфталарни деталларини мойлаб туриш тавсия этилади.

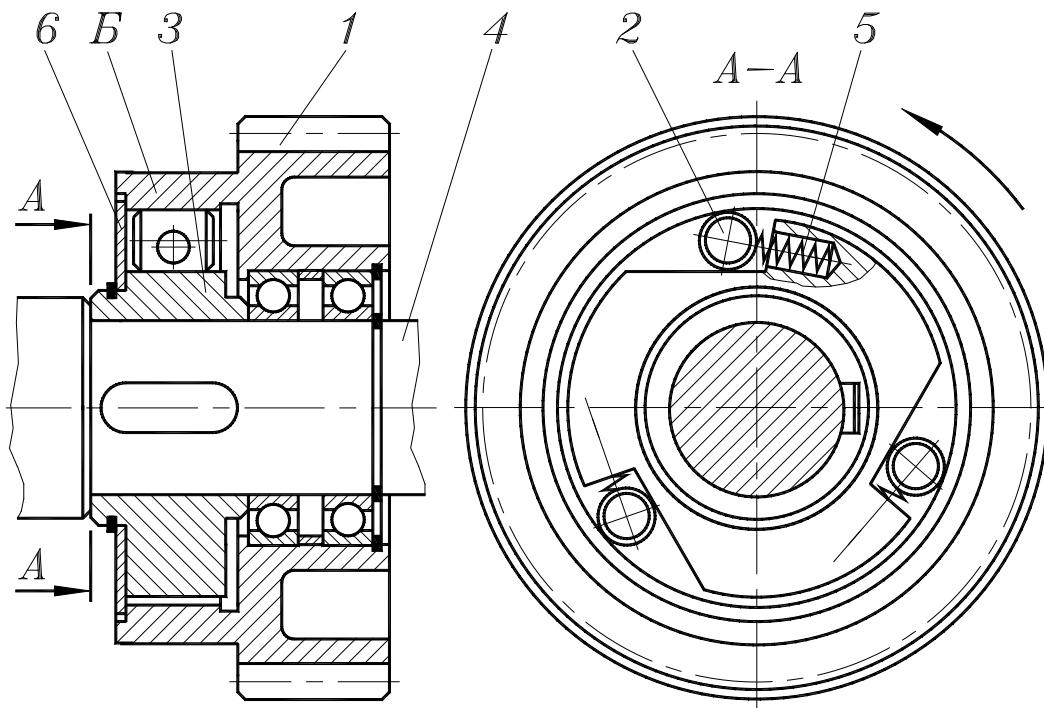
### §13.7. Эркин ыаракатлануви ёки шсувчи муфталар

Эркин ыаракаланувчи ёки шсувчи муфталар автоматик муфталар турига киради. Эслатиб щтиш лозимки, автоматик муфталар валларни

шзро бириктириш ажратиш ёки валларни жойлаштирилган деталларни ишлаш шароитига ыараб улаш учун ызмат ыилады.

Бундай муфталар фаыатгина бир томонлама ишлайди, яни моментни бир йщналиш бщйича узатиб беради. Бундай муфталар транспорт ва технолгик машиналарда ыщлланилады. Щсувчи муфталарни велосипедларда ишлатилиши кенг тарыалган бщлиб битирувчи моментни педал ылдиракка узатиб беради. Шу билан бирга педал ыщзьалмас бщлган ьолатда бщлганда ьам ылдирак айланма ьаракатда бщлады. Щсувчи муфталар тузилиши жибьатидан: роликли, пружинали, колоткали ва бошыа кщринишларда бщлиниши мумкин. Лекин машинасозликда кщпгина ыулайликка эга бщлган роликли эркин ьаракатланувчи муфтадир.

Роликли эркин ьаракатланувчи муфта тузилиши 13.12-расмда кщрсатилган. Ярим муфта Б обойма дейилады. Бу ьолатда обойма валда 4 эркин айланадиган тишли ылдиракни 1 бщлагй деса ьам бщлады. Ярим муфта 3 валга махкамланиб жойлашти-



13.12-расм.

рилган. Ярим муфталар орасидаги щийьда ролик 2 жойлашган булиб, пружина 5 тасирида улар билан доим контактда бщлады. Ярим муфтанй ён ёыларини ясси детал 6 беркитиб туради.

Агар тишли ылдирак соат кщрсаткичига ыарши айланадиган бщлса, (13.12-расм), у ьолда роликлар, щийьни тор ерига думалаб щрнашган ьолда вал щыидаги ярим муфта билан обойма орасида айланмайдиган бщлиб тишлашиб ыолады. Натижада, тишли ылдирак билан вал ыщзьалмас бирикмага айланиб, буровчи момент ылдиракдан валга узатилады. Ылдирак ыарама-ыарши томонга айланса, ро-

ликлар шйиьни кенг жойига штиб олади ва ылдирак валдан ажралган ьолда бшлиб эркин айлана бошлайди.

Буровчи момент  $T$  узатилаётганда роликка нормал куч  $F_n$  ва ишыаланиш кучи  $F$  таъсир ыилады (13.13-расм). Симметрия шартига асосан, ролик билан обойма ва вал устидаги ярим муфтани контакт нуыталарида ьосил бшлган нормал ва ишыаланиш кучлар, жуфт ьолида бир-бирига тенгдир.

Нормал кучлар  $F_n$  роликни  $\alpha$  бурчак биссектриса йщналиши бшйича шйиьдан чиыаришга ьаракат ыилады. Бунга эса ишыаланиш кучи  $F = F_n f$  ( $f$  – ишыаланиш коффициенти) ьаршилик ыилады. Ролик шйиьдан чиыиб кетмаслиги учун ишыаланиш кучларини  $\alpha$  бурчак биссектрисага проекциялари нормал кучларни мослашган проекциялардан катта бшлиши керак:

$$F \cos \frac{\alpha}{2} / F_n \sin \frac{\alpha}{2}$$

$F = F_n f$  ни ьисобга олган ьолда ва ыисыартириб шзгартиришлар натижастда ыуйидаги ыийматга эга бшламиз:

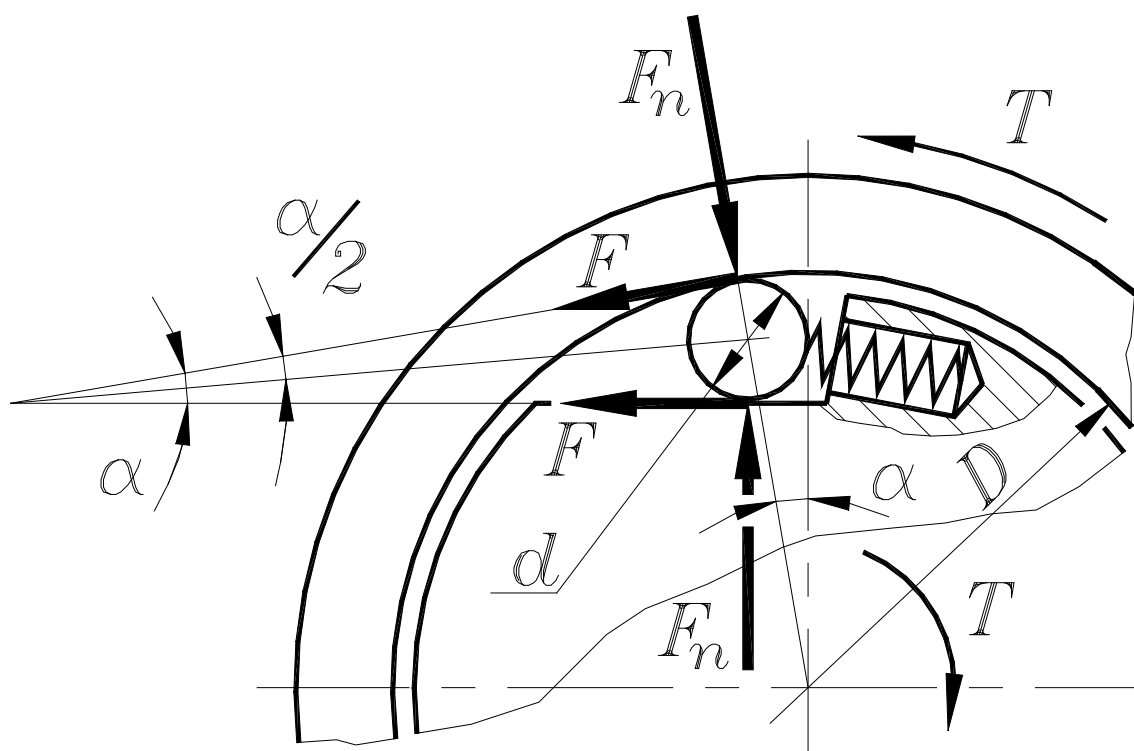
$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \leq f = \operatorname{tg} \rho$$

$\rho$  – ишыаланиш бурчаы.

Шундай ыилиб, ролик шйиьини тор ерида ьаракатланмай тишлашиб ыолиши учун, ишыаланиш бурчагидан иккиланган ыийматидан муфтани  $\alpha$  бурчаги ьам бшлиши керак.

$$\alpha \leq 2 \rho \quad (13.15)$$

Тобланган пщлатлар учун  $\alpha = (7 \div 8)^\circ$ .



13.13-расм.

Ролик ва обоймани ишлайдиган юзалари ўамда валдаги ярим муфта контакт кучланиш бўйича ўисобланади. Бу формулани келтириб чиыариш учун обоймани мувозанат шартини келтирамиз:

$$T k = F \frac{D}{2} z = F_n \frac{D}{2} z \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \quad (13.16)$$

бунда:  $D$  – обоймани ички диаметри (13.13-расм);

$z$  – роликлар сони;

Контакт кучланиш бўйича ўисоблаш учун келтирилган ўолда Герц формуласини дастлабки кўчринишидан фойдаланилади, бунинг учун шзувчи муфтанинг деталлари конструкцион пўлатлардан тайёрланган деб ўуйидаги формулани (2.4) (§2.5 ўзамиз):

$$\sigma_H = 190 \sqrt{\frac{q}{\rho_{\text{кел}}}}$$

Эслатамиз, яъни  $q$  контактдаги солиштирма юкланиш,  $\rho_{\text{кел}}$  – контактдаги жисмларни келтирилган эгрилик радиуси.

Бизнинг ўолда солиштирма юкланиш:

$$q = \frac{F_n}{l}$$

бунда  $l$  – ролик узунлиги.

Контактдаги ролик билан обоймани ўки валдаги ярим муфтани келтирилган эгрилик радиус ўийматлари ўар ўил бўлади. Биринчи

ъолда ролик ботиы юзада иккинчи ъолда эса текис юза билан контак-  
тда бщлади.

Иккинчи ъолати хавфли ъисобланади. Чунки роликни текис  
сиртдаги контакт юзаси обоймани ботиы юзасидан камдир. Бу ъолда:

$$\rho_{кел} = \frac{d}{2}$$

Бунда:  $d$  – ролик диаметри.

Тенглик 13.16. бурчакни камлигини ъисобга олган ъолда

$$tg \frac{\alpha}{2} = \frac{\alpha}{2}$$

ыуйидаги ишлатиладиган формулани оламиз:

$$\sigma_H = 540 \sqrt{\frac{T k}{D d l z \alpha}} \leq [\sigma_H] \quad (13.17)$$

Щсувчи муфталарда одатда сиртларини ыаттиылиги, (45 4 50)  
HRC тенг бщлган стандарт думалаш подшипникларнинг роликлари  
ишлатилади, муфта деталлари эса, цементация (углерод билан бойи-  
тилган) ва тобланиб ыаттиылиги ШХ15 га ыадар етказилган 60 HRC  
пщлатлардан тайёрланади. Бу ъолда  $[\sigma_H] = (1200 \text{ 4 } 1500) \text{ МПа}$  га ыа-  
бул ыилиш мумкин.

### §13.8. Њисобнинг мисоли

Пщлат дисклардан тузилган диаметри  $d = 40$  мм бщлган валга  
щрнатилиб  $T = 100$  Нм бщлган буровчи момент узатувчи кщп дискли  
мойда ишлайдиган фрикцион муфта ъисоблансин (13.11-расм).

#### Ечиш.

Њисоблаш ва лойиъалаш дискларнинг сонини ва ташыи диамет-  
ри  $D$  ва сонини аниылаш, сиыувчи кучнинг ъисоби ва рухсат этилган  
ъисобий босимга тикширув ъисобидан иборат.

Дискларни сиыувчи куч куйидагича аниыланади (13.13):

$$F = \frac{4 T k}{(D + d) f (n - 1)}$$

бу ерда:  $k$  – динамик юкланиш шароити тартиб коэффиценти (180-  
бет); реверсли шароит учун  $k = 1,3 \text{ 4 } 1,5$ ;  $k = 1,4$  ыабул  
ыиламиз;

$f$  – ишыаланиш коэффиценти;  $f = 0,06$  (13.2-жадвал);

$n$  – дисклар сони.

Дискларни сиёувчи кучнинг рухсат этилган ыйиматини рухсат этилган босим бщйича ыисоблашнинг текширув (13.14) формуласидан топамиз:

$$F \leq \frac{1}{4} \pi (D^2 - d^2) [p]$$

бу ерда  $[p]$  – дискдаги ыисобий рухсат этилган босим; щцлат дисклар учун  $[p] = 0,7$  МПа (13.2-жадвал).

(13.13) ва (13.14) формулаларни тенглаштирамиз:

$$\frac{4 T k}{(D + d) f (n - 1)} \leq \frac{1}{4} \pi (D^2 - d^2) [p]$$

Топилган тенгсизликда иккита номаълум: дискнинг ташыи диаметри  $D$  ва дисклар сони  $n$ . Техник адабиетда шунга щхшаш муфталарни щрганиш натижасида  $D = 120$  мм ыабул ыиламиз. У ьолда дисклар сони:

$$\begin{aligned} n / \frac{16 T k}{(D + d) (D^2 - d^2) \pi [p] f} + 1 = \\ = \frac{16 \cdot 100 \cdot 1000 \cdot 1,4}{(120 + 40) (120^2 - 40^2) 3,14 \cdot 0,7 \cdot 0,06} + 1 = 9,29 \end{aligned}$$

Дисклар сонини  $n = 10$  деб ыабул ыиламиз.

Дискларни сиёувчи кучнинг талаб ыилинган ыйимати аниыланади:

$$F = \frac{4 T k}{(D + d) f (n - 1)} = \frac{4 \cdot 100 \cdot 1000 \cdot 1,4}{(120 + 40) 0,06 (10 - 1)} = 6481,5 \text{ Н}$$

Дискдаги солиштирма босим (13.14):

$$p = \frac{4 F}{\pi (D^2 - d^2)} = \frac{4 \cdot 6481,5}{3,14 (120^2 - 40^2)} = 0,65 \text{ МПа}$$

Текширув ыониыарли, чунки  $p < [p] = 0,7$  МПа.

### §13.9. Таянч сщз ва иборалар

Муфталар – тишли ылдираклар, шкивлар ва шу каби деталларни валга щрнатилган ва деталлар щрнатилмаган ьолида валларнинг учини щзаро бириктириш учун ыизмат ыилади.

Муфталар ыуйидаги турларага бщлинади: бошыарилмайдиган, бошыариладиган ва щз-щзини бошыарувчи (автоматик).

Бошыарилмайдиган муфталар шз навбатида доимий бириктирилган, компенсацияловчи ва саылагич муфталарга бщлинади.

Доимий бириктирилган муфталар марказланиб щыдош ъолига валларнинг учларини щзaro улаш учун ишлатилади.

Щыдош жойлашмаган валларнинг учини щзaro бириктириш учун компенсацияловчи муфталар ишлатилади.

Эластик компенсацияловчи муфталар шз элементлари билан юритмада кам бикрликка эга бщлган звено вазифасини бажаради ва имконияти борича резонанс ъолатида ишлашига тщсыинлик ыилади, тебранишдан саылайди ва ундан изоляция ыилади.

Саылагич муфталар щта саыланган ёки авария ъолатидаги машина ва механизмларни ъимоя ыилиш учун ишлатилади.

Саылагич муфталар икки турга бщлинади: кесилувчи элементли саылагич муфталар, синиб кетадиган элементи бщлмаган саылагич муфталар.

Бошыариладиган муфталар щзaro щыдош жойлашган валларни ёки деталлар жойлаштирилган валларни улаш ёки ажратиш учун ъизмат ыилади.

Саылагич ва бошыариладиган муфталр бириктириладиган валларни щыдош бщлишини талаб ыилади.

11. Автоматик муфталар валларни щзaro бириктириш ажратиш ёки валларга жойлаштирилган деталларни ишлаш шароитига ыараб улаш учун ъизмат ыилади.

### **§13.10. Назорат саволлари**

1. Муфталар нима учун керак?
2. Машинасозликда ишлайдиган муфталар турига изоъ беринг.
3. Доимимй бириктирилган муфталарни афзалликлари ва камчиликлари нималардан иборат?
4. Щыдош жойлашмаган валларни турлари ыандай?
5. Эластик муфтани функцияси нимадан иборат?
6. Кардан шарнирли муфта нима учун ишлатилади?
7. Кщпгина муфталарни ъисоблашда, ыандай кучланишлар асосий белгиловчи ъисобланади?
8. Саылагич муфталарниг турларига изоъ беринг.
9. Саылагич муфталарни ишлатилишида валларни щыдошлигига ыандай талаблар ыщйилган?

10. Кесилувчи элементли саылагич муфталарни ысоблашда ыандай кучланиш асосий ысобланади?
11. Бошыариладиган муфта турларига изоъ беринг.
12. Бошыариладиган кулочокли муфталарни афзаллиги ва камчилиги нимада?
13. Щсувчи муфталарни вазифаси нимадан иборат?
14. Роликли щсувчи муфталарни ишлаш ыобилиятини белгилувчи омили нимада?
15. Роликли щсувчи муфталарни мустаъкамликка ысоблаш.

### **III 3исм. Машина деталларини ыщъалмас усулда бириктириш**

«Машина ва механизмлар назарияси» фанидан малумки, машина ёки механизм звеноси – бу битта детал ёки деталлар билан щзаро боъланган ыаттиы система бщлиб бир ыабилада ыаракат ыила олиш ыобилиятига эгадир. Бундай бикирликда боъланиши техникада ыщъалмас бирикма дейилади.

Изоъдан тушунарлики: машинада деталларни ыщъалмас бирикма ыолида ишлатиш зарурдир, чунки уларни айрим звеноларни конструкция ыусусиятларига ыараб бир бутун ыилиб тайёрлашни иложи бщлмайди, улар бир неча ыисмлардан иборат бщлади.

Ажралиш турига ыараб ыщъалмас бирикмалар, ажраладиган ва ажралмайдиган турларга бщлинади.

Резбали, штифтли, клеммали, шпонкали, шлицли ва профили бирикмалар ажраладиган бирикмалар бщлиб, бунда узеллар деталларга ажратилганда деталларга шикаст етказилмайди. Техникада энг кщп ыщлланиладиган резбали бирикмадир. Бундай бирикмалар болт, винт ва гайка ёрдамида амалга оширилади. Штифтли бирикмаларни ьосил ыилиш учун, конуссимон ёки цилиндр шаклдаги штифтларни бирикувчи деталлар тешигига зщриьиш ьолатда жойлаштирилади. Шунга щхшаш бирикмаларни бир хили 16-марузада келтирилган (валларни щзаро бириктириш муфталари). Клеммали бирикмада махсус сиьувчи восита ишлатилади. Уларни тузилмаси ва хисоби [6] да келтирилган. Шпонкали ва шлицли бирикмаларни тузилиши ва ьисоблаш усуллари 14 ва 15-ма-рузаларда келтирилган. Профилли бирикмалар маъсус ьолатларда деталларни вал ва щыларга щрнатишда ишлатилади. Вал ва гупчакнинг туташадиган жойини кщндаланг кесими думалоы шаклда бщлмай, текисланган учбурчак ёки тщъри тщртбурчак (квадрат) кщринишда бщлади.

Ажралмайдиган бирикмалар, бу шундай бирикмаларки, бирикувчи ва бириктирувчи деталларни айрим ьисмларга ажратиш учун, бирикма элементларини синдириш ёки шикастлантиришга тщъри келади. Бундай бирикмаларга, парчин михли, пайванд ьамда клей ёрдамида бириктириш киради.

Ажраладиган ва ажралмайдиган бирикмалар орасида деталлари щзаро тььизлик билан щтказилган бирикмалар ьам мавжуд. Айрим ьолларда, вал ва щыларга деталларни щрнатишда ыщлланилади. Бундай бирикмалар, деталларни ьайта щрнатиш ва ажратиш имконини беради. Лекин ьисман ьийинчиликларга дуч келган ьолда ёки сиртларни камроы шикастлантириш эвазига амалга оширилади.

Ажралмайдиган бирикмалар техникада жуда кщп ишлатилади, бирорта машина усиз яратилмайди. Айрим машиналарда ыщъалмас бирикмаларни юзлаб, минглаб учратиш мумкин. Мисол учун, Ил-76 самолётида 800 мингга яьин болтли бирикмалар ва 1,5 миллионга яьин парчин михни учратиш мумкин.

Ыщъалмас бирикмаларнинг ишлаш ьюбиятини белгиловчи мезон мустаъкамлик ьисобланади.

Бирикмалар бирикувчи деталлар ьаторида тенг мустаъкамликка эга бщлиши керак. Масалан, пайванд чокнинг ва пайвандланадиган деталларни мустаъкамлик тавсифлари щхшаш, бир-бирига яьин бщлиши керак.

## **14 боб. Резбали бирикмалар**

Резбали бирикма – бу резба воситасида, бириктирувчи деталлар: болт, винт, шпилка ва гайкалар орыали бирикма ʔосил ыилишдир. Резба – бу малум шаклдаги текислик чизилиб, винт чизилиб бщйлаб винтни ташыи ёки гайкани ички сиртларида жойлашган бщлади.

### **§14.1. Резба турлари ва тайёрлаш усуллари**

Резбалар тузилишига кщра ыуидагиларга бщлинади.

1. Текисликни шаклига ыараб, цилиндрсимон ва конуссимон сиртларда кесилган резбаларга бщлинади. Асосан цилиндрсимон сиртда кесилган резба ишлатилади. Жипс бирикмалар ʔосил ыилиш учун эса резба конуссимон сиртда (масалан, ыувур тиын ва бошыалар) кесилади.

2. Резба щыи бщйлаб жойлашган кесимни шаклига ыараб, учбурчакли, трапеция, доиравий ва ʔакозоларга бщлинади.

3. Винт чизилини йщналишига ыараб, щнг ва чап резбаларга бщлинади. Резбани щрами винт чизили бщйлаб чапдан щнгга ыараб йщналса чап резба дейилади. Щнг резба кщп ишлатилади, чап резба эса зарурат бщлган ʔолардагина ыщлланилади.

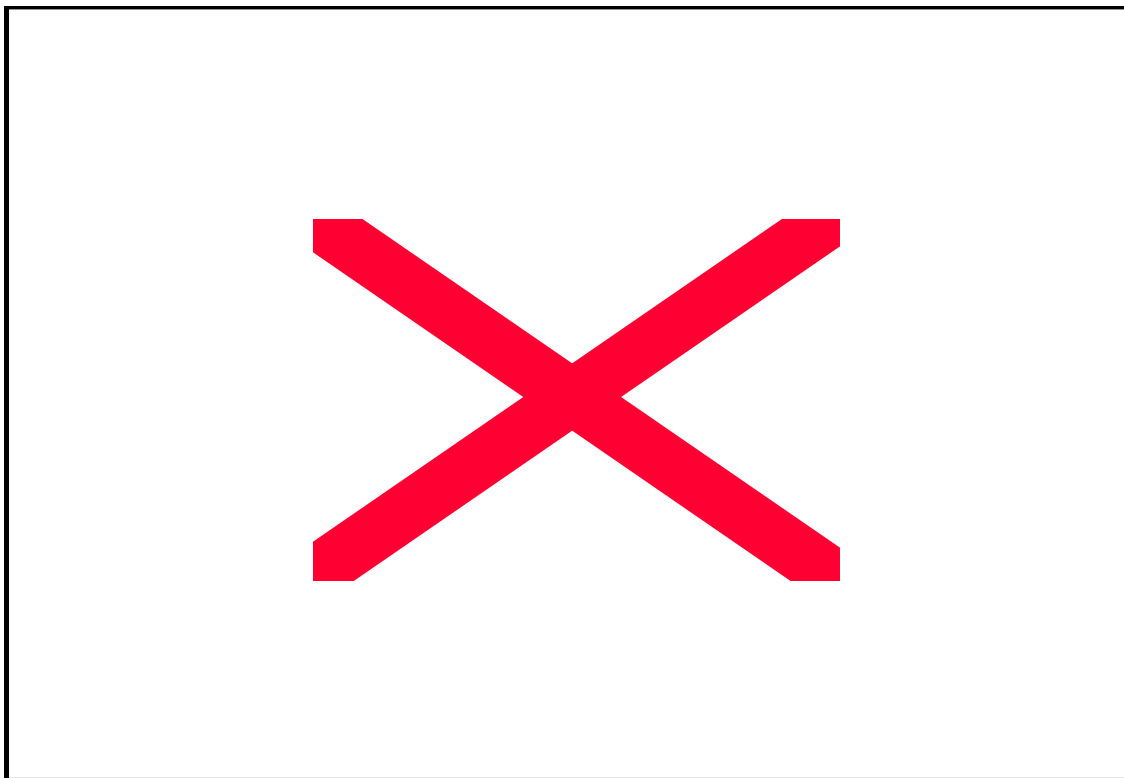
4. Кирымлар сонига ыараб, резбалар бир ыиримли, икки ыиримли ва ʔакозо бщлади. Резба бита чизили винт сиртида жойлашган бщлса, бир кирымли, иккита параллел жойлашган винт чизили текислигида резба ыирыилган бщлса, икки кирымли, учта бщлса, уч кирымли дейилади. Агар кирымлар сони иккита ва ундан ортыи бщлса, бундай резбаларни умумий ʔолда – кщп кирымли дейилади.

Бир кирымли резбалар кщп ишлатилади. Ишлатиш соʔасига ыараб, махкамлаш учун ишлатиладиган резбалар ва узатиш учун мщлжалланган «винт-гайка» резбаларга бщлинади. Буларни тузилиш хусусиятларини юыорида келтирилган классификация асосида тщлароы щрганиб чиямиз.

Бириктирувчи резбалар деталларни маʔамлаш учун ишлатиледи, уларни ёрдамида машина деталлари маʔкамлаб ыщзьалмас бирикмалар ʔосил ыилади. Бириктирувчи резбалар бирикмаларини мустаʔкамлигини таминлаш билан бир ыаторда бириктирилган деталлар щз-щзидан бщшашиб кетмаслиги учун етарли даражада ишыаланиш кучини ʔосил ыилиши лозим.

Маʔкамлаш учун мщлжалланган резбалар ыуидаги ʔилларга бщлинади: метрик, ыувур ва доиравий. Бундан ташыари бошыи кщринишда бщлган бириктирувчи резбалар ʔам бор, масалан, геология соʔасида ишлатиладиган ковлаш станокларининг ыувурлари учун, щзи резба кесувчи винтлар ва ʔоказо. Буларни махсус резбалар ʔисоблаб бу ерда кщриб чиилмайди.

Кенг кшдамда, асосан метрик резбалар ишлатилади. Агар резбанинг шлчамлари миллиметр ъисобида ифодаланса, метрик резба деб, дюйм билан ифодаланганда эса дюйм резба деб аталади. Дюймли резбалар ьозирги ваътда умуман ишлатилмайди. Метрик резбалар учбурчак шаклда бшчиб, уни профил бурчаги  $60^\circ$  га тенг (14.1а-расм). Унинг геометрик шлчамлари стандартлашган. Тшпланган кучланишларни камайтириш маъсадида резба шрамларини баландлиги тшчмоылаштирилади, бу резбани иш жараёнида сиъилиб ёки емирилиб кетишидан саълайди.



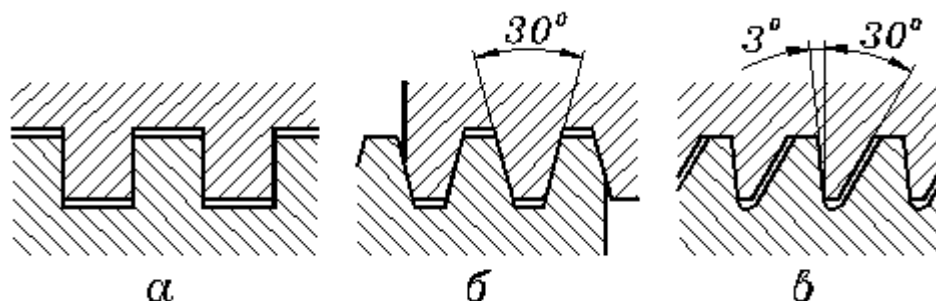
14.1-расм.

Ыувурларда ишлатиладиган резбалар цилиндрсимон ва конуссимон бшлади. Асосан ьувурларда доиравий резбалар ишлатилади. Улар ьувурларни бир-бирига улашда ьшлланилади. Профил бурчаги  $55^\circ$  бшлган ва учи тшчмтоъ ыилинмаган учбурчакли резбани профили (14.1б-расм) да кшрсатилган. Трубани резба шлчамлари дюйм ъисобида берилса ъам аслида унинг шлчамлари шартли бшчиб, резбани шлчамини билдирпмайди, балки бу шлчам ьувурни ички диаметрига мос келади. Масалан, ярим дюймли ьувурли резба (1/2 труб) – бу резба газ штказиш учун мшлжалланган стандарт трубани ички диаметри ярим дюймга ыинлигини кшрсатади (14.1в-расм). Труба-ни конуссимон резбаси, конус бурчаги  $3,6^\circ$  бшлган конуссимон сиртга ыирыилган (14.1г-расм). Бирикманинг жипслигини ошириш маъсади-

да катта сууюлик босимига эга бўлган гидросистемаларда, масалан, труба штуцерини гидроцилиндр корпусига улашда ишлатилади.

Доиравий резба (14.1д-расм) юк қўтариш кранларининг илмоыларида, темир йўл вагонларини бир-бири билан уловчи стерженларида ва ыалинлиги ката бўлмаган, юпыа ыувурларда ишлатилади.

«Винт-гайка» узатиш резбаси ёки юрувчи резбалар тўърибурчакли трапецияли ва тиракли бўлади. Тўърибурчакли резба (14.2а-расм) кам ишлатилади, сабаби тайёрлаш ыийин ва стандартлашмаган.



14.2-расм.

Симметрик трапецияли резба юкланган ўолда ўаракатни иккала йўналиш бўйича узатиш учун хизмат ыилади, яъни резбани иккала томони юкланган ўолда ишлатилади. Тиракли резба эса ўаракатни фаълатгина бир томонга узатиб беради. Бундай резбалар домкратларда, прессларда ва ўакозоларда ишлатилади. Резба ботиъининг сиртларини тўмтоылаш тўпланган кучланишни камайтиришга ёрдам беради. Щрамлар профилини тирак томоннидаги кичкина ыиялик бурчак ( $3^0$ ) тортиш режасида ишлаётган резбани ишыаланишини камайтиради.

Резбаларни тайёрлаш усуллари ичида энг қўп тараъийлашгани ыуйидаги ўисобланади.

1. Дастлабки юритма усулида метчик ва плашка асбоблар орыали резба ыирыилади. Бу шўчагич восита қўпгина стандарт резбаларни шўчамларига мос келади. Метчик ёрдамида гайкани ички сиртига, плашка билан эса винтни ташыи сиртига резба ыир- ыилади. Бу усул кам махсулотли ўисобланиб, деталларни тиклаш бўшлимларида ишлатилади.

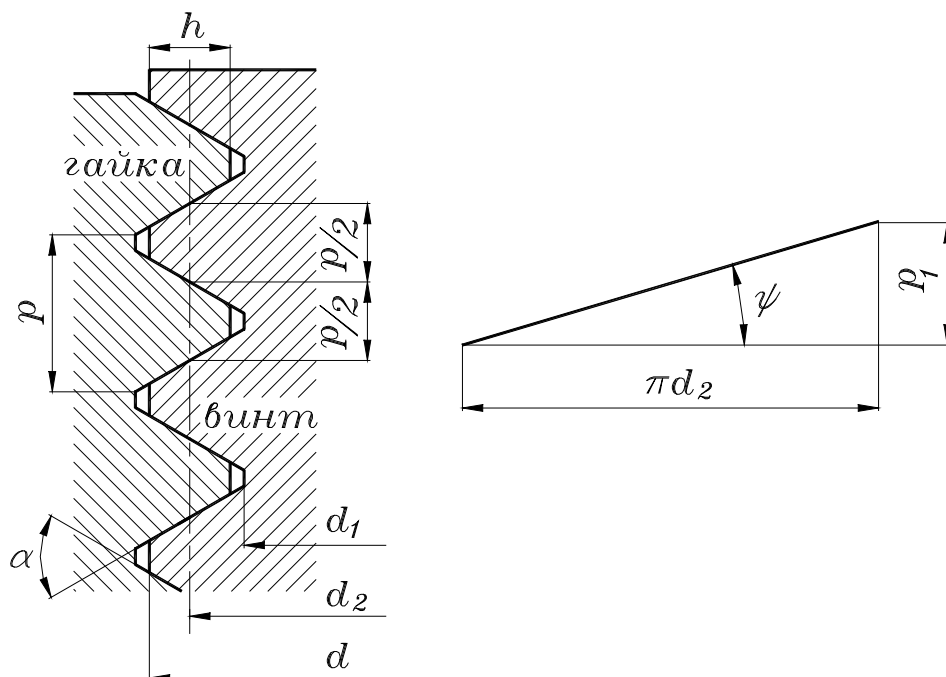
2. Токарлик винт-ыирыиш ёки махсус станокларда кескичлар ёрдамида олиш. Майда серияли (майда махсулотли) ишлаб чиъаришда ишлатилади.

3. Резбафрезалаш станокларида фрезалаш. Катта диаметрли винтлар резбасига катта аниылик даражаси талаб ыилинганда ишлатилади (валларга ыирыилган резбалар ёки «винт-гайка» узатмаларида, масалан, токарлик винт-ыирыиш станогини ўаракатланувчи винти).

4. Таёйча сиртига босилган заранг йшл махсус резбанакатли автомат-станокларда олинади. Босим усули резбали деталларнинг мустаъкамлигини оширади.

### §14.2. Бириктирувчи метрик резбанинг геометрик параметрлари

Бириктирувчи метрик резбани геометрик шлчамлари 14.3-расмда кшрсатилган.



14.3-расм.

Геометрик параметрлар стандартланган:

$d$  – резбанинг ташыи диаметри; диаметрини бу шлчови мм да бшчиб резбанинг белгисида кшрсатилади;

$d_1$  – резбанинг ички диаметри;  $d$  ва  $d_1$  винт ва гайка учун бир ыл, ботиыдаги бшшлии диаметрларнинг чегарадан чиыйш ысобига ыосил бшлади;

$d_2$  – шртача диаметр; шрта диаметрда чизиы эни билан шйиыннинг эни тенг бшлади;

$h$  – резба шаклининг баландлиги; гайка ва винтни ён ёылари шзаро тегиб турадиган сирти баландлиги;

$p$  – резбанинг ыадами; винтнинг иккки ышшши шрами орасида шы бшйлаб шлчанган масофа;

$p_1$  – резба йшли; бир марта тшла айланган винтнинг шы бшйлаб силжиган масофаси;

Бир киримли резбалар учун  $p_1 = p$ , кшп киримли резбалар учун эса  $p_1 = pr$ , бунда  $n$  – киримлар сони; маъкамлаш учун мшлжалланган резбалар асосан бир киримли бшлади;

$\alpha$  – резба шаклини бурчаги;

$\psi$  – винт чизиъини шрта диаметри бшйича кштарилиш бурчаги (14.3-расм);

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{p_1}{\pi d_2} = \frac{n p}{\pi d_2} \quad (14.1)$$

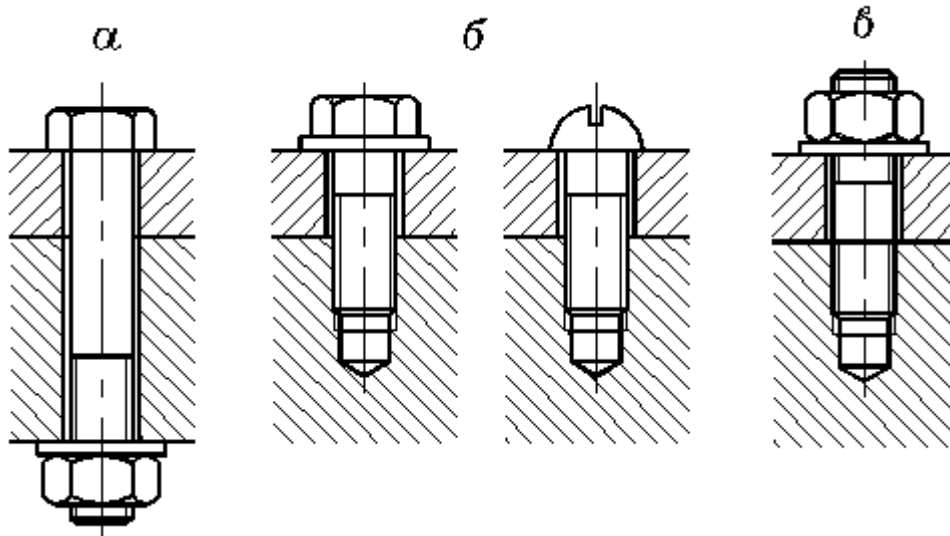
Кенг кшламда деталларни маъкамлаш учун йирик метрик резба, яъни йирик ыадамли резба ишлатилади. Резбани ьар ыандай диаметрига белгиланган ыадам мос келади. Масалан, ташыи диаметри 10мм бшлган резбани ыадами 1,5мм, ташыи диаметри 16 мм бшлган резбани ыадами 2мм га тенг ва ьакозо. Йирик резба «М» ьарфи ва уни диаметри билан белгиланади. Масалан, M10, M16, ва ьакозо.

Авиасозлик ва автомобилсозликда ва машинасозликни айрим бошыа соьаларида резбали бирикмаларнинг ишончли ишлашига ышйилган талаб жуда юьори бшлса, майда ыадамли метрик резбалар ишлатилади, яъни резбани ыадамлари йирик метрик резба ыадамларига ыараганда кам бшлади. Масалан, ташыи диаметри 16 мм бшлган резбага стандарт тшртта майда ыадамли резбани 1,5; 1; 0,75 ва 0,5 мм инобатга олган. Йирик ыадамли резбаларга нисбатан майда ыадамли резбаларни кштарилиш бурчагини камлик ьисобига шз-шзини тшхта-тиш (тормозлаш) ьусусияти бирмунча юьори, бундай ьусусият бириктирилган деталларни шз-шзидан бшшаб кетишига ишыаланиш кучининг катталигига ыаршилиш кшрсатади. (Тшцлароь малумот кейинги маърузаларда кшрсатилган). Майда ыадамли резбалар белгисида ыадам ыиймати кшрсатилган бшлади: M1030,75; M1631,25.

### **§14.3. Деталларниг бириктириш турлари ва резбали бирикмаларнинг маъкамлаш усуллари**

Резбали бирикмаларни ьосил ыилиш учун асосан болтлар, винтлар, шпилкалар, гайка ва шайбалар ишлатилади. Бу деталларнинг ьаммаси стандартлашган бшлиб, сотиб олинадиган маъсулот ьисобланади, чунки улар ишлаб чиьариш заводларида кшп миьдорда тайёрланади. Бириктирувчи деталларнинг шакли жиъатидан тузилиши ва унинг шлчамлари ьар ьил бшлиб малумотномаларда келтирилган. Болтли бирикма (14.4а-расм) иккита ва ундан ортиь нисбатан катта ыалинликка эга бшлмаган деталларни болт ва гайка билан бирикти-

ришни кшзда тутилган. Ышзъалмас бирикма бщлиши учун, улардан биттаси катта ыалинликка эга (редуктор корпуси, станок станинаси ва бошыалар), бундай ьолатдаги деталларни бириктириш учун болт билан гайкани ишлатиш мумкин эмас ёки щйламасдан танланган усул ьисобланади.



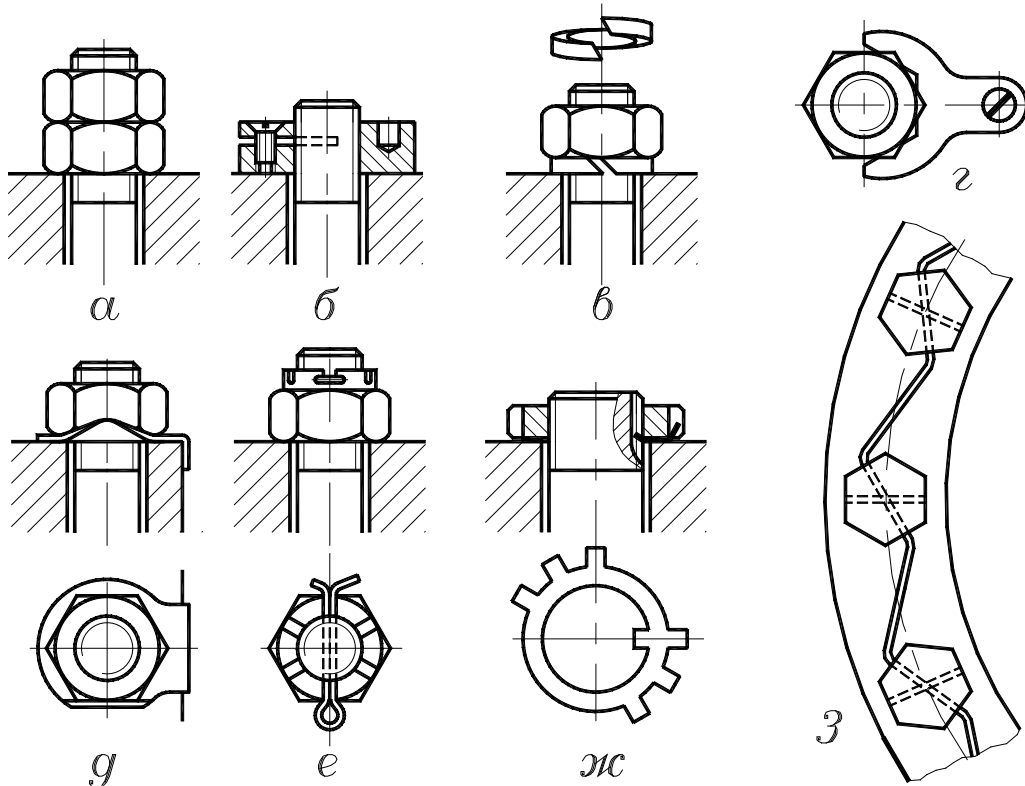
14.4-расм.

Бундай ьолларда винтли бирикмани винтлар ёрдамида (14.4 б-расм) ёки шпилка билан гайкани (14.4в-расм) танлаш лозим. Иш жараёнида детални олиш ва ыщйиш тез-тез такрорланадиган бщлса, шпилкали бирикмани ыщллаш маъул бщлади. Одатда, бундай ьолларда винтли бирикмани ишлатиш тавсия этилмайди, чунки жараённи тез-тез такрорланиши резбани шикастланишига олиб келади. Малумки, шайбалар гайка ёки винт каллагининг тагига жойлаштирилади, бундан асосий маъсад: детал сиртларини гайка билан суриб тортиш натижасида шикастланишидан саълаш, детални эзилишини камайтириш ва бирикма орасидаги бщшлиыни бартараф этишдан иборатдир.

Оддий шайбалардан ташыари маъкамалъдиган тшсиы ёки саълагич шайбалар ьам ишлатилади. Бундай шайбалар бирикмаларни щзщзидан бщшаб кетишидан саълайди. Бириктирувчи резбаларни щзщзидан бщшаб кетиши мутлаъо мумкин эмас, чунки, бирикмани мустаъкамлиги йщыолиб авария ьолатига олиб келиши мумкин. Щзщзидан бщшаб кетишини олдини олиш, бщшашдан ьимоя ыилиш, бирикмаларнинг иш жараёнида ишончини оширади ва тебранишда щзгарувчан ва зарбли юкланишларда мутлаъо зарур деб ьисобланади. Тебраниш ишыаланишни камайтиради ва резбани щзщзини тшхтатиш шартини бузади. Бу тшдла ьолатда, авиасозлик ва автомомбил созлик соъаларига мос келади.

Тшсиы вогситалари орыали махкамлашни тшртта ьолини кшриб чиыамиз.

1. Резбанинг ишьяланишини контур гайка ёрдамида ошириш (14.5а-расм) ёки назорат винти ва ыирыилган гайкани ыщллаш (14.5б-расм). Бу гайкани ён ёи ыирыилган бщлиб, назорат винти уни эластик ьолида сиыйиб боради, натижада гайка щрамлари болт щрамларига ыщшимча куч билан сиыилиб, ёндошади. Резбани ишьяланишини кщпайтиришни бошыа усулига маъсус босувчи винтлар ёрдамида резбани тийизли ыилиб жойлаштиришдир.



14.5-расм.

2. Гайка ёки винт каллаги билан корпусни щзаро фиксация ыилиш. Пружинали шайбани (14.5в-расм) щткир ыирралари гайка билан корпус сиртларига ботиб щз-щзидан буралиб кетишига тщсиы бщлади. Ёнг ишончли усулларида бири маъсус шаклга эга бщлган планка (14.5г-расм) ёки тщсиы ьосил ыилувчи шайба (14.5 д-расм) ьисобланади. Бу шайбани бир томони гайка ён ёыларига иккинчи томони эса корпус ыиыррасига букилади.

3. Гайка ва болтларни щзаро фиксация ыилиш ёнг кщп та-рыалган усул ьисобланади. Бу асосан, гайка ва болтни шплинтлашдан иборат. Бунинг учун, гайкани ёндош томонида ыирыилган ариычалар бщлиб, болт стерженида эса, симни ёки штифтни диаметрига мос келган тешикча очилган бщлади (тешикча диаметри сим ёки штифтни диаметридан бир оз каттароы бщлиши керак). Гайка суриб тортилгандан сщнг, гайка ариычаси билан болтдаги тешик мослаштирилиб, сим ёки шплинт жойлаштирилиб, маъкам- лаб ыщйилади (14.5е-расм).

Думалоы шаклдаги ён ёйларида калит жойлаштириш учун ариычалари бщлган гайкалар ишлатилганда, уларни маъкамлаш учун кщп ботибли планкасимон шайбалар (14.5ж-расм) ыщлланилади, болтда эса, щыи бщйлаб йщналган ариычалар бщлади. Мана шу ариычага шайбани ички чизиыи киради, гайка суриб тортилгандан сщнг шайбани ташыи чизиыларидан бири гайкани йулагига ыайириб ыщйилади.

4. Бир нечта гайка ёки винт каллагини маъкамлаш. Бундай усулда маъкамалш гуруъ ёлатидаги бирикмаларда бщлиб, бириктирувчи деталар бир-биирдан катта бщлмаган масофада жойлашган бщлади. Буларни щзаро маъкамалш учун, умумий тщсиыловчи ыирралари ыайиладиган шайба ёки болт каллагидаги тешикчалар орыали щтказилган юмшоы симлар ишлатилади (14.5з-расм).

#### **§14.4. Резбали бирикма деталларидаги кучлар ва моментлар**

Резба бирикмадаги куч ва момент орасидаги боъланиш тенгламасини келтириб чиыариш учун, болтга щы бщйлаб  $F$  куч тасир этаётган бщлса, гайкани бураб киритиш учун калитга буровчи  $T$  момент ыщйилса етарли бщлади. 14.6-расмда гайкани бураб киритиш учун калитга ыщйилган буровчи момент кщрсатилган.

Гайкани бураб киритиш натижасида щы бщйлаб йщналган кучдан ёосил бщлган резбадаги ва гайкани ён-ёйдаги ишыаланиш кучларни енгиши зарур. Щы бщйлаб йщналган куч кщп ёолларда, сиртиб тортилган куч ёисобланиб, ыщзълмас бирикма ёосил ыилишни тامينлайди. Мувозанат шарти ыуйидаги кщринишда бщлади:

$$T_{бур} = T_{ишк} + T_p \quad (14.2)$$

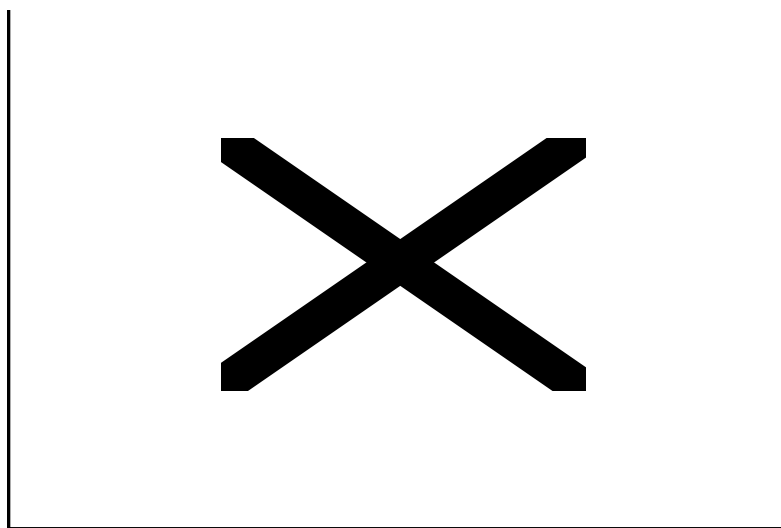
бу ерда:  $T_{ишк}$  – гайканинг ён-ёйдаги ишыаланиш моменти;

$T_p$  – резбадаги ишыаланиш моменти;

Агар гайкаиннг деталга тегиб турган юзасини келтирилган радиусини тенг деб ёисобланса, унда:

$$T_{ишк} = 0,5 F f D_{ур} \quad (14.3)$$

бунда:  $D_{ур}$  – гайкаиннг таянч юзасини щртча радиуси.



14.6-расм.

$$D_{yp} = \frac{D_1 + d_{mesh}}{2}$$

$f$  – таянч юзасининг ишыаланиш коэффиценти.

Резбадаги ишыаланиш моментини аниылаш учун гайкани щрамлари бщйлаб ыия текислик бщйича кщтариладиган ползун деб ыисоблаймиз:

$$T_p = 0,5 F d_2 \operatorname{tg}(\psi + \varphi) \quad (14.4)$$

бунда:  $d_2$  – резбани щртача диаметри;

$\psi$  – щрта диаметр бщйича винт чизиьини кщтарилиш бурчаги (14.3-расм).

$\varphi$  – резбанинг ишыаланиш бурчаги;

$$\varphi = \operatorname{arctg} f_{кел}$$

бунда:  $f_{кел}$  – резбанинг келтирилган ишыаланиш коэффиценти;

$f_{кел} = f / \cos \gamma$  ( $\gamma$  – половина угла профиля резьбы: для крепёжной метрической резьбы  $\gamma = 30^\circ$ ).

(14.3) ва (14.4) ни (14.2) га ыщйиб бураш учун зарур бщлган моментни формуласини ыосил ыиламиз:

$$T_{бур} = 0,5 F d_2 \left[ \frac{D_{yp}}{d_2} f + \operatorname{tg}(\psi + \varphi) \right] \quad (14.5)$$

Бу формула ёрдамида винтни щьи бщйлаб йщналган кучни (сираб тортилган куч)  $F$  ни, калит дастасига ыщйилган  $F_K$  га нисбатан олиб кучдан ыайси даражада ютганликни аниылаш мумкин. Стандарт метрик резбалар учун, калит узунлиги стандартга мос келганда  $l \approx 15d$  ва  $f \approx 0,15$   $F/F_K = 70 \text{ 4 } 80$  кучдан ютилади.

Гайкани бщшатиш ваътида гайкадаги моментлар шз йщналишини шзгартириб, энди гайка – ползун бщлиб гайкани шрамлари орыали ыия текислик бщйича пастга ыараб ыаракат ыилади. Гайкани бщшатиш учун керакли момент ыуйидагича аниыланади.

$$T_{буш} = 0,5 F d_2 \left[ \frac{D_{yp}}{d_2} f + tg(\varphi - \psi) \right] \quad (14.6)$$

Гайкали бирикмалар буралиб бщшамаслиги учун уларни шз-шзидан тормозланиш хусусияти бщлиши керак. Бу ыусусиятни та-минловчи асосий шарт:  $T_{бшш} > 0$  дир. Фаыат резбани шз-шзидан тормозланишини гайкани ён-ёидаги ишыаланишни ыисобга олмаган ыолда кщриб чиыилса (14.6) дан ыосил бщлади  $tg(\omega - \psi) > 0$  ёки:

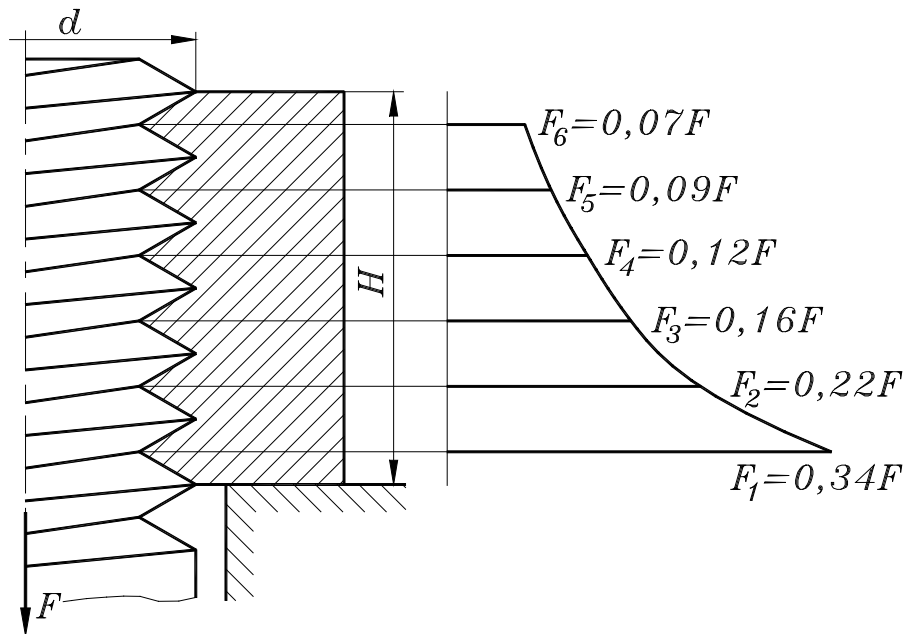
$$\psi < \varphi \quad (14.7)$$

Бириктирилувчи резбалар учун шз-шзидан тормозланиш (14.7) бщйича доим бажарилади, шундай ыилиб кщтарилиш бурчаги  $\psi$   $2^\circ 30'$  дан  $3^\circ 30'$  гача оралиыда, ишыаланиш бурчаги  $\varphi$  эса, ишыаланиш ко-эффициентига нисбатан,  $6^\circ$  дан ( $f \approx 0,1$ )  $16^\circ$  гача ( $f \approx 0,3$ ) оралиыда бщлади. Майда резбаларда, кщтарилиш бурчаги, йирик резбаларга ыараганда кичик бщлгани учун шз-шзидан тормозланиш хусусияти юыори даражада бажарилади, шунинг учун ишончли ишлайди.

Шуни белгилаш шринлики, шзгарувчан юкланишларда ва теб-раниш мавжуд бщлганда шз-шздини тормозлаш шрти бузилиши мум-кин, шундай ыилиб ишыаланиш коэффициенти, ишыаланувчи юза-ларни шзаро силжиши натижасида сезиларли даражада камаяди. Бу ыолларда бириктирувчи деталлар шз-шзидан бщшаб кетади, бундай вазиятда ишлайдиган бирикмаларни ымоя ыилиш маысадида юыори-да келтирилган махкамалб тщсиылаш усулларидан бирортаси ишла-тилиши лозим.

### **§14.5. Резба шрамлари бщйича бщйлама юкланишни таысимланиши**

Винтнинг шы бщйлаб йщналган кучи  $F$  (14.7-расмда) гайка рез-баси орыали узатилиб уларнинг таянчдаги реакциялари билан мувоза-натлашади. Резбанинг ыар бир кирими  $F_i$  куч билан юкланиб, гайка ва винтнинг шрамларига тасир ыилувчи кучлар йиыиндиси, шы бщйлаб йщналган кучга тенг бщлади:  $\Sigma F_i = F$ . Умумий ыолда  $F_i$  кучлар шзаро бир-бирига тенг эмас. Агарда винт ва гайкани эластиклигини ыисобга олсак, 14.7-расмни шаклига ыараб, шуни айтиш мумкинки, шы бщйлаб йщналган куч тасирида винт чщзилиши бщйича деформация-ланади, гайка эса, эзилишга, резба киримлари эса кесилишга ишлайди.



14.7-расм.

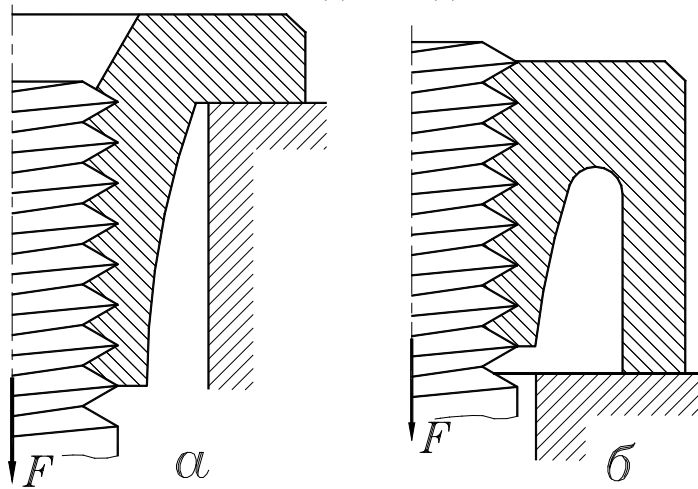
Назорат ва тажриба асосида изланишлар шуни кўрсатдики, таянч юзадан деформациялаш у билан бир ыаторда нагрузка ыам таянч юзадан гайкаиннг биринчи кйримида, иккинчи кйримига нисбатан катта, иккинчини кй учининикидан катта ва ыакозо. 14.7-расм шакли учун юкланишни кйримлар аро таысимланиши гиперболик косинус ыонуни бщйича бщлади [10].

Юкланишиннг таысимланиш графиги шуни кўрсатадики, щрамларни юкланишга пастки ыатордан юыюрига силжиган сари пасайиб боради, ва ниёоят олтинчи щрамга келган ыолда уни ыиймати биринчи кйримга нисбатан беш баробар кам бщлади. Шунинг учун, кщп кйримли гайкаларни ишлатиш маысадга мувофиы бщлмайди. Стандарт гайкалар олти щрамдан иборат, уларни баландлиги  $H = 0,8d$ . Бириктирувчи резбанинг щрамлари аро юкланишни нотекис таысимланиши амалий ыисоблашларда махсус коэффицентлар орыали амалга оширилади.

Жавобгарлиги юыюри бщлган айрим ыолларда, резбали щзгарувчи юкланиш тасирида бщлган бирикмаларни ишлаш ишончини юыюри даражага кщтариш ва щлчамларини камайитириш маысадида маъсус тузилишга эга бщлган гайкалар ыщлланилади. Бу гайкалар юкланиш кйримлари аро тенг таысимланишига имкон беради. Осма гайкаларнинг бир тури 14.8-расмда кўрсатилган.

Бунда резбадаги юкланишни таысимланиши бир меъёрга келтирилади, чунки винт билан гайка бир ыил деформацияланиб фаыат чщзилишга ишлайди. Ундан ташыари, осма гайкани кщпроы юкланган ыисмини ыалинлиги катта бщлмай юыюри юмшоылик хусусиятига эга бщлгани ыам юкланишни тенглаштиришга олиб келади. 14.8б-

расмда осма гайкани бошыа бир тузилиши кшрсатилган. Бундай гайкани – ариычали халыасимон гайка дейилади.

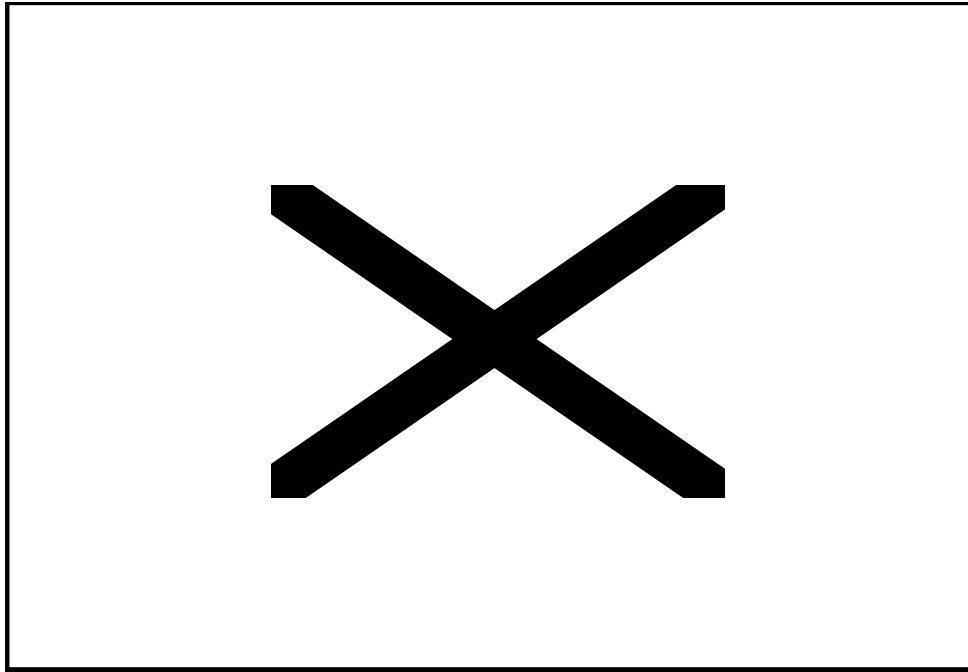


14.8-расм.

Тажриба шуни кшрсатадики, резбали бирикмалар учун махсус гайкаларни ышллаш, уларни динамик мустаъкамлик хусусиятини  $(20 \div 30)\%$  оширади.

#### **§14.6. Бириктирувчи резбаларнинг мустаъкамликка ысоблаш асослари**

Бириктирувчи резбаларнинг ишлаш лаёйати резба шрамларининг кесилиш даражаси билан белгиланади. Шуни ысобга олганда бириктирувчи резбаларни ысоблаш ва ишлаш ыобилиятини белгиловчи мезони мустаъкамлик бщлиб, кесувчи кучланиш билан боьлангандир (14.9-расм).



14.9-расм

Щрамлар резба профилини асослари бщйича кесилади. Шундай  
 ыилиб, винт резбаси цилиндрни ташыи сиртга кесилган, гайка резба-  
 си эса, ички сиртига, шундай экан, кесилувчи сиртлар цилиндрсимон  
 ьисобланади. 20.1-расмда винт ва гайка резбаларининг щрамлари ци-  
 линдр сиртида кесилганлиги кщрсатилган. Винт щрамли цилиндрни  
 кесилиш диаметри резбанинг ички диаметрига тенг, гайка щрамлари-  
 нинг кесилиш диаметри эса, резбанинг ташыи диаметрига тенгдир.  
 Ундан чиыди, винт щрамларининг кесилиш сиртлари, гайканикидан  
 кучлидир. Шунинг учун гайка ва винт материаллари бир хил бщлса,  
 кесувчи кучланиш бщйича фа- ьат винт резбаси ьисобланади. Винт  
 резбасини кесувчи кучланиш бщйича мустаъкамлик шарти:

$$\tau = \frac{F}{\pi d_1 H K K_m} \leq [\tau] \quad (14.8)$$

бу ерда:  $\tau$  – резба щрамларининг кесувчи кучланиши, МПа;

$F$  – винтнинг щыи бщйича йщналган куч, Н;

$d_1$  – резбанинг ички диаметри, мм;

$H$  – гайка баландлиги, мм;

$K$  – гайкаиннг тщлдириш коэффиценти, винт щрамлари-  
 нинг ьалинлиги; резба ьадаמידан неча марта кичикли-  
 гини кщрсатади (14.9-расм)

$$K = \frac{ab}{p}$$

бириктирувчи резбалар учун  $K = 0,87$ ;

$K_m$  – резба киримларини нотекис юкланганлиги билдирувчи  
 коэффицент; одатда  $K_m = 0,6$ .

$[\tau]$  – резба тармоыларыдаги рухсат этилган кесувчи кучланиш, МПа.

(14.8) формулада кшрасатилишича, резбадаги кесувчи кучланиш гайка баландлигига боълийдир. Гайкани баландлигини стандарт бщйича белгилаш учун, резба ва болт таёйчасини шзаро мустаъкамлаш шартини кшриб чиёамиз.

Винт таёйчасидаги чщзувчи кучланиш:

$$\sigma = \frac{4F}{\pi d_1^2} \quad (14.9)$$

Кесувчи ва чщзувчи кучланишлар шзаро материалларни оыувчанлик чегарасига силжиш  $\tau_T$  ва чщзилиш  $\sigma_T$  бщйича ьам мос келганда:

$$\frac{\tau}{\sigma} = \frac{\tau_T}{\sigma_T} \approx 0,6 \quad (14.10)$$

Резба ва болт таёйчасини шзаро мустаъкамлик шартини таминлаш учун (14.8) ифодани шртача ыисмини ва (14.9) ни шнг томонини тенглаштириб (14.10) ни ьисобга олган ьолда:

$$\frac{F}{\pi d_1 H K K_m} \approx \frac{0,6 \cdot 4F}{\pi d_1^2}$$

Бу тенгламада  $K = 0,87$  ва  $K_m = 0,6$  десаы, у ьолда  $H$  нисбатан ечилса, ыуйидагини оламиз:

$$H \approx 0,8 d_1$$

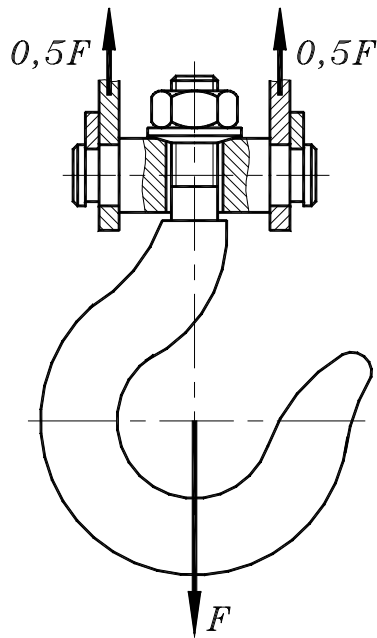
Шуни ьисобга олган ьолда стандартга мос келган гайкани нормал баландлиги (эхтиётлик шарти билан) шундай белгиланади:

$$H \approx 0,8 d$$

Келтирилган ьисоблаш шуни кшрсатадики, стандарт нормал гайка резбасини мустаъкамлиги болт таёйчасини мустаъкамлигига мос келади, шунинг учун резбани ьисоблаш шарт эмас. Бириктирувчи деталларни ьисоблаш болт таёйчасини мустаъкамлигини аниылашга олиб келади. Ёар хил юкланишда бщлган болт (винт) ларни ьисобини кшриб чиёамиз.

#### **§14.7. Чщзувчи ташыи куч таъсирида зщриытирилмаган ьолатдаги болтли бирикмаларнинг мустаъкамликка ьисоблаш**

Бундай бирикмага кштарма кранни зщриытирилмаган ьолатда осиб ыщйилган резбали илгак мисол бщла олади (14.10-расм).



14.10-расм.

Илгакни резба кесилган кесими хавфли ʔисобланади. Бу кесимнинг юзаси резбани ички диаметри бʔийича аниʔланади. Мустаʔкамлик шарти таʔйчани чʔзилишдаги кучланиши бʔийича белгиланади:

$$\sigma = \frac{4F}{\pi d_1^2} \leq [\sigma] \quad (14.11)$$

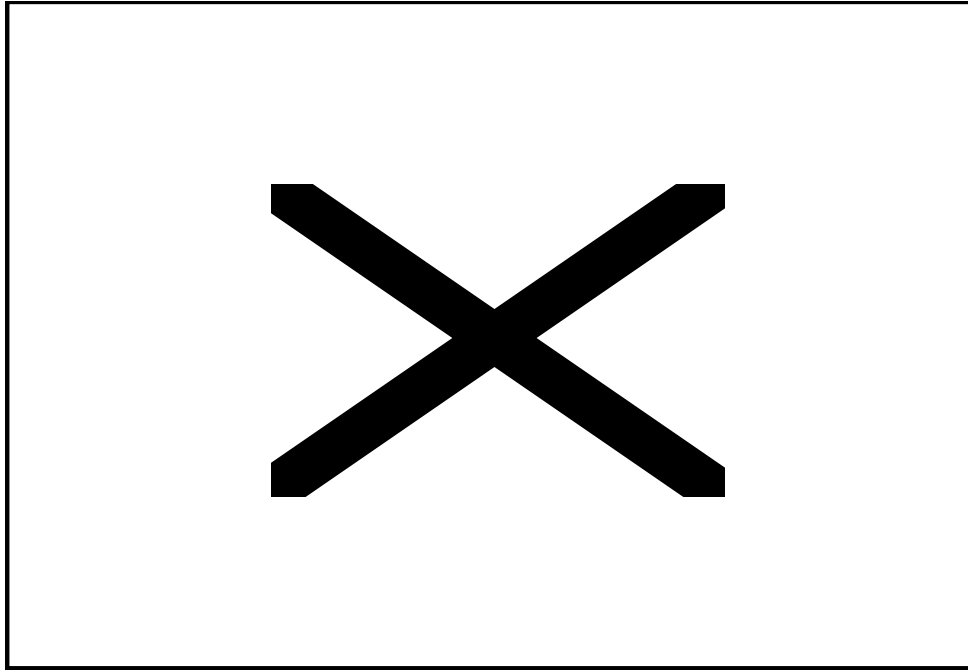
Пʔлат болтлар учун чʔзилишдаги рухсат этилган кучланиши тортилмаган ʔолатдаги бирикмалар учун киймати  $[\sigma] = 0,6\sigma_T$  бʔийича ʔисобланиб 14.1-жадвалда келтирилган.

14.1-жадвал.

| Пʔлат<br>маркаси | Ст3 ва<br>сталь10 | Сталь20 | Сталь35 | Сталь45 | Сталь<br>30X | Сталь<br>30XГСА |
|------------------|-------------------|---------|---------|---------|--------------|-----------------|
| $[\sigma]$ , МПа | 120               | 140     | 180     | 210     | 380          | 540             |

#### **§14.8. Ташыи юкланиш таʔсир этилмаган ʔолда сириб тортилган болтли бирикмаларнинг мустаʔкамликка ʔисоблаш**

Бундай бирикмаларга жипслигига катта талаб этиладиган машиналарни ʔопыоы ва корпусларини сириб маʔкамлаш мисол бʔцла олади (14.11-расм). Бундай болтнинг таʔйчасига сириб тортиш натижасида ʔосил бʔцладиган чʔзувчи  $F_T$ , ʔамда резбалардаги буровчи момент  $T_P$  таʔсир этади.



14.11-расм.

$F_{\text{ТОР}}$  кучи тасиридан ʻосил бʻцлган кучланиш:

$$\sigma = \frac{4 F_{\text{тор}}}{\pi d_1^2}$$

Резбанинг ишыаланиш моментида ʻосил бʻцлган буровчи кучланиш:

$$\tau = \frac{T_P}{W_P}$$

бу ерда:  $T_P$  – резбанинг ишыаланиш моменти (§14.1 даги (14.4) формулага ыаранг).

$W_P$  – болт кесимини поляр ыаршилиқ моменти:

$$W_P = \frac{\pi d_1^3}{16} = 0,2 d_1^3$$

Бу ифодадарни дастлабки формулага ыцйилса, ыуйидагини оламиз:

$$\tau = \frac{0,5 F_{\text{тор}} d_2 \operatorname{tg}(\psi + \varphi)}{0,2 d_1^3}$$

Зарур бʻцлган сирт тортишиш кучи:

$$F_{\text{тор}} = A \sigma_{\text{эз}}$$

бунда:  $A$  – бир болтга тцъри келган туташган деталлар юзаси;

$\sigma_{\Sigma}$  – туташган деталлардаги эзувчи кучланиш, бунинг ыйимати жипсли ёки бошыа бирор конструктив шартига асосан танлаб олинади.

Болт мустаъкамлиги эквивалент кучланиш билан баъоланади:

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq [\sigma]$$

Бу тенглик кшрсатадики, стандарт метрик резбалар учун

$$\sigma_{\Sigma} \approx 1,3\sigma$$

Бу болтларнинг мустаъкамлигини соддалаштирилган усулда ыисоблашга имконини беради:

$$\sigma_{\Sigma} = \frac{1,3 \cdot 4 F_{\text{тор}}}{\pi d_1^2} \leq [\sigma] \quad (14.12)$$

Тажриба шуни кшрсатадики, М8 дан кичик резбали болтни назорат ыилинмай сириб тортилса узилиб кетишини кшрсатади. Масалан, М6 резбали болт сириб тортишда калитга 45Н куч ыщйилса бас, у узилиб кетади. Шунинг учун, шрта ва обир машинасозликда кичик диаметрдаги болтларни ишлатиш тавсия этилмайди. Катта жавобгарлик талаб ыилинган ьолларда маъсус калитлар ёрдамида сириб тортиш кучи назорат ыилиб турилади. Бундай калитлар ортиыча момент ыщйишга имкон бермайди.

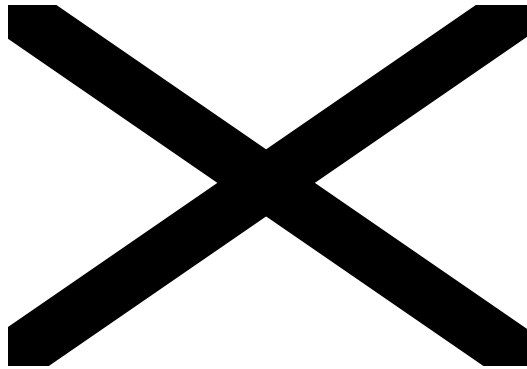
Рухсат этилган кучланишларни ыйимати 14.1-жадвалда келтирилган.

#### **§14.9. Ыщйилган кучлар таъсиридан деталларни туташган жойидан силжитувчи болтли (винтли) бирикманинг мустаъкамликка ыисоблаш**

Бундай бирикмаларни ишончли ишлаш шартларидан бири, деталлар туташган жойидан силжитмаслигидир. Бирикмани тузилиши ьар хил бшлади: болт бирикмага оралиы мавжуд ьолда ёки оралиы бшлмаган ьолда жойлаштирилади иккала усулни ьам кшриб чиыамиз.

Болт бшшлиы мавжуд ьолда жойлаштирилганда (14.12-расм).

Бундай ьолларда бирикмага тасир этувчи ташыи F куч деталларнинг туташ жойида болтнинг сириб тортилганлиги туфайли ьосил бшлган ишыаланиш  $F_{\text{и}}$  кучи ьисобига мувозанатга келтирилади. Агарда сириб тортилган куч етарли бшлмаса, унда деталлар бшшлиыдаги масофага силжийди, бундай ьол бшлмаслиги керак.



14.12-расм.

Силжиш бщлмаслик шарти шундай кщринишга эга:

$$F \leq i F_{ишк} = i F_{тор} f \quad (14.13)$$

Бунда  $i$  – туташган сиртлар сони; 14.12а-расмда учта деталлар бириктирилган  $i=2$ , 14.12б-расмда эса, иккита деталлар бириктирилган  $i=1$ ;

$f$  – деталларнинг туташ жойидаги силжимаган ўлдаги ишыаланиш коэффиценти; ыуруы ўлатдаги пщлат ва чщяларнинг сиртлари учун  $f = 0,15 \div 0,2$ .

Сириб тортиш учун зарур бщлган куч (14.13) ыисобга олган ўлда:

$$F_{тор} / \frac{K F}{i f} \quad (14.14)$$

Бунда:  $K$  – эхтиётлик коэффиценти; статик юкланганда  $K = 1,3 \div 1,5$ ; юкланиш щзгарувчан бщлса  $K = 1,8 \div 2$ .

Болт мустахамлиги (14.12) формула билан ыисобланади.

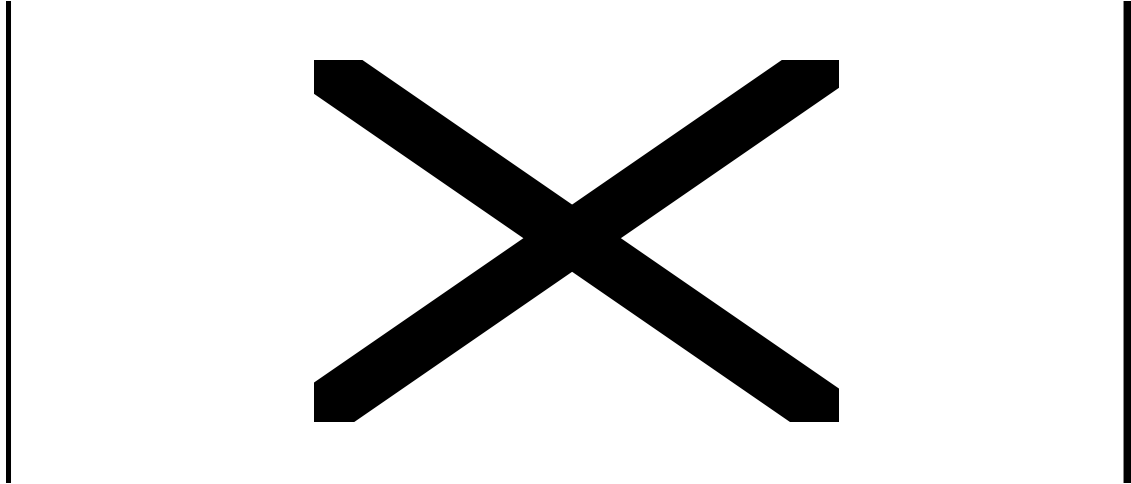
Болт бщщлиы бщлмаган ўлда жойлаштирилган (14.13-расм).

Бундай ўолларда болт щрнатиладиган тешиклар ва болт танаси катта аниыликда тайёрланиб, у тиыизлик билан тешикка жойлаштирилади. Демак, бунда ташыаридан ыщйилган куч детал орыали тщъридан-тщъри болт стерженига тасир ыилади. Бунда болтни сириб тортишга хожат ыам ыолмайди, шу билан бирга деталларни туташган жойидаги ишыаланиш кучига этибор берилмайди. Болт таёычаси эзи-

лиш ва кесилиш кучланиши бщйича ьисобланади. Кесувчи кучланиш бщйича мустаъкамлик шарти:

$$\tau = \frac{4F}{\pi d^2 i} \leq [\tau] \quad (14.15)$$

бунда:  $i$  – туташган сиртлар сони; 14.13а-расмда бирикмадаги деталлар сони учтага тенг  $i = 2$ , 14.13б-расмда иккита детал би-



риктирилган  $i = 1$ ;

14.13-расм.

Пщлат болтлар учун, кесилишдаги рухсат этилган кучланиш статик юкланганда  $[\tau] = 0,4\sigma_T$  орыали, юкланиш щзгарувчан бщлганда  $[\tau] = 0,25\sigma_T$  формула бщйича аниыланган ыйимати 14.2- жадвалда кщрсатилган.

14.2-жадвал.

| Пщлат маркаси   |                    | Сталь 20 | Сталь 35 | Сталь 45 | Сталь 30Х | Сталь 30ХГСА |
|-----------------|--------------------|----------|----------|----------|-----------|--------------|
| [ $\tau$ ], Мпа | Статик юкланиш     | 100      | 120      | 140      | 250       | 360          |
|                 | Щзгарувчан юкланиш | 60       | 75       | 90       | 160       | 225          |

Болт ва деталларнинг юзалари эзилишга ишлайди. Мустаъкамликка ьисоблашда шартли равишда тасир этувчи кучдан ьосил бщлган кучланишлар болт билан детал юзалари бщйича тенг тарьалган деб ьисобланади. Эзувчи кучланиш ыйимати бирикувчи деталларнинг ьалинлигига боьлиы. Агар деталлар ьар хил ьалинликка эга бщлса, ьар бир детал учун алоьида кучланиш аниыланади.

Щртада жойлашган детал учун 20.5а-расм:

$$\sigma_{\text{эз}} = \frac{F}{d \delta_2} \leq [\sigma_{\text{эз}}] \quad (14.16)$$

Четдаги детал учун:

$$\sigma_{\text{эз}} = \frac{F}{d \delta_1} \leq [\sigma_{\text{эз}}] \quad (14.17)$$

бунда  $\delta_1$  ва  $\delta_2$  бирикувчи деталлар ыалинлиги.

(14.16) ва (14.17) формулада деталлар ва болт учун тааллуылидир. Мустаъкамликка ыисоблаш  $\sigma_{\text{эз}}$  ифодани иккала ыйиматидан энг каттаси бщйича бажарилади, рухсат этилган кучланиш эса, энг кам мустаъкамликка эга бщлган болт ёки детал материали бщйича аниыланади. Пщлат болтлар ва бирикувчи деталлар пщлатдан бщлганда, эзилишдаги рухсат этилган кучланиш болтлар учун  $[\sigma_{\text{эз}}] = 0,8\sigma_T$  ва деталлар учун  $[\sigma_{\text{эз}}] = 0,8\sigma_B$  формула бщйича аниыланган ыйимати 14.3-жадвалда кщрсатилган.

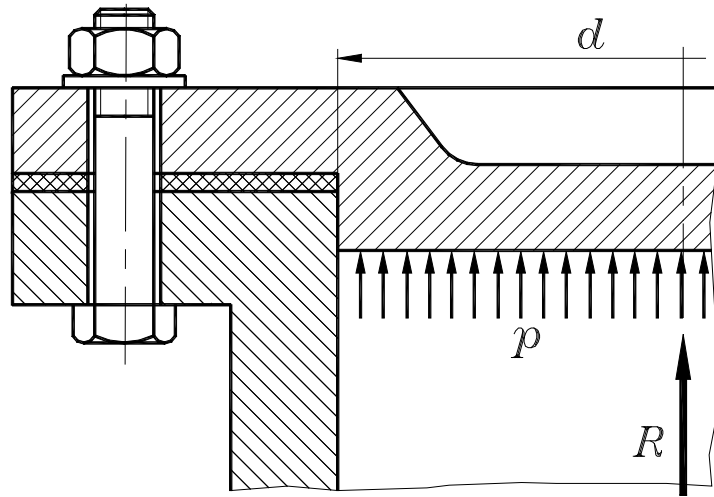
14.3- жадвал.

| Пщлат маркаси                    |       | Сталь<br>20 | Сталь<br>35 | Сталь<br>45 | Сталь<br>30X | Сталь<br>30XГСА |
|----------------------------------|-------|-------------|-------------|-------------|--------------|-----------------|
| [ $\sigma_{\text{см}}$ ],<br>МПа | Болт  | 190         | 240         | 290         | 510          | 720             |
|                                  | Детал | 320         | 400         | 480         | 640          | 800             |

Агар силжитадиган куч мавжуд бщлса, ишончлироы нуытаи назардан бщшлиы бщлмаган тешикка болт жойлаштирилган маыул, чунки бундай ьолдаги бирикмалар авиасозликда кщп ишлатилади, чунончи, самолёт ыанотларини бириктиришда. Умрини узайтириш маысадида прессланган яни зщриытирилган тиьизлик билан болт тешикка жойлаштирилиб ьосил ыилинган бирикмалар кщпроы ишлатилади.

#### **§14.10. Сириб тортилган болтли бирикмаларнинг мустаъкамликка ыисоблаш, йщналтирилган кучлар туташган сиртларни ажратади**

Мисол тариыасида – сууюлик ёки газ босими р остида бщлган резервуар ыопыюьини махкамлашда ёки гидро- ёки пневмоцилиндрларни ыопыюьини болтлар ёрдамида бириктирилганини кщришимиз мумкин (14.14-рasm).



14.14-расм.

Сириб тортилган болт бирикмани жипслигини ёки юкланиш тасирида туташган сиртларни ажралмаслигини тامينлаши лозим. Бирикмага иккита куч тасир ыилади, деб фараз ыилайлик: болтларни дастлабки сириб тортилган кучи ва ташыи юкланиш. Ташыи юкланиш болтларни ыцшимча равишда чцзади ва сириб тортилган кучни камайтиради. Агарда дастлабки сириб тортилган куч етрали даражада бщлмаса, айрим шароитларда ташыи юкланиш зщриытирилган кучни камайтириб нол ёлатига келтиради ва натижада сиртларни туташган жойи очила боради, бундай ёлатга келиб ыулиши мумкин эмас. Бундай бирикмаларни иш жараёнида текширилиши, юьори даражада сириб тортилиши маьсадга мувофиь эканлиги кщрсатилади.

Битта болтни зщриытирилган кучи ыуйидагича аниьланиши мумкин:

$$F_{top} = K_{top} F \quad (14.18)$$

бунда:  $F$  – бирикмага тасир ыилувчи  $R$  ташыи юкланишдан, битта болтга мос келган куч (14.14-расм):

$$F = \frac{R}{z}$$

бунда:  $z$  – бирикмадаги болтлар сони;

$K_{top}$  – таранглик коэффиценти; жипслик шарти бажарилиб доимий ццгармас юкланишда бщлганда  $K_{top} = 1,25 \div 2$ , ццгарувчан юкланишда эса  $K_{top} = 1,25 \div 4$ .

Ташыи юкланиш инобатга олинганда болтнинг ыисобий юкланиши:

$$F_X = F_{top} + \varepsilon F \quad (14.19)$$

бунда –  $\varepsilon$  ташыи юкланиш коэффиценти; кщп ёолларда (юмшоьы ыи-стирмадан ташыари)  $\varepsilon = 0,2 \div 0,3$ .

Болтнинг мустаъкамлик шарти:

$$\sigma = \frac{1,3 \cdot 4 F_x}{\pi d_1^2} \leq [\sigma] \quad (14.20)$$

1,3 коэффиценти резбадаги ишыаланиш моментидаг ьосил бщлган буровчи кучланишни ьисобга олади.

### §14.11. Ёисобнинг мисоли

Берилганларга биноан, гидроцилиндрга ьопыьыни бириртирувчи болт ва болтли бирикманинг буралиш моменти ьисоблансин.

Гидроцилиндр диаметри  $D = 100$  мм (14.14-расм).

Гидросистемадаги максимал босим  $p = 10$  МПа.

Болтлар сони  $z = 4$ .

Болт материали – сталь 30ХГСА.

Гидроцилиндр ьопыьы билан мис тцшалма ёрдамида зичланади.

Юкланиш ццгармас.

#### Ечиш.

Болтлар шундай тортилиши керакки, уларнинг тортиш кучи мустаъкамликни таъминлаши керак. Шунинг учун, ьисоблашда §14.10 даги тавсияларга риоя ьиламиз.

Битта болтга ташыи юкланишдан тушаётган куч (14.14):

$$F = \frac{p \pi D^2}{4 z} = \frac{10 \cdot 3.14 \cdot 100^2}{4 \cdot 4} = 39250 \text{ Н}$$

Бирикманинг очилмаслик шарти бщйича тортиш коэффиценти  $K_{\text{тор}} = 1,6$  (221-бет).

Битта болтни тортувчи куч (14.18-расм):

$$F_{\text{тор}} = K_{\text{тор}} F = 1,6 \cdot 39250 = 62800 \text{ Н}$$

Ташки юкланиш коэффиценти  $\varepsilon = 0,25$  (221-бет).

Болтдаги ьисобий юкланиш (14.19):

$$F_x = F_{\text{тор}} + \varepsilon F = 62800 + 0,25 \cdot 39250 = 72612,5 \text{ Н}$$

Болт резбасининг  $[\sigma] = 450$  МПа бщлган сталь 30ХГСА дан тайёрланган минимал ички диаметрини аниьлаймиз (14.20):

$$d_1 / \sqrt{\frac{5,2 F_x}{\pi [\sigma]}} = \sqrt{\frac{5,2 \cdot 72612,5}{3,14 \cdot 450}} = 16,35 \text{ мм}$$

Стандарт бщйича ички диаметри  $d_1 = 17,294$  мм бщлган М20 болт ьабул ьилинади.

Винтни буровчи моментни аниылаймиз. Бунинг учун олдиндан ыуйидаги параметрларни аниыланади.

M20 резбанинг шртача диаметри (стандарт бщйича)  $d_2 = 18,376$  мм.

Резба ыадами (стандарт бщйича)  $p = 2,5$  мм.

Шртача диаметр бщйича винт чизиыининг кщтарилиш бурчаги (14.1):

$$\psi = \arctg \frac{p}{\pi d_2} = \arctg \frac{2,5}{3,14 \cdot 18,376} = 2^\circ 28' 48''$$

Болт учун тешик диаметрини белгилаймиз  $d_{\text{теш}} = 21$  мм.

M20 гайка таянч юзасининг ташыи диаметри (стандарт бщйича)  $D_1 = 28$  мм.

$D_{\text{шр}}$  – гайка таянч юзасининг шртача диаметри:

$$D_{\text{шр}} = \frac{D_1 + d_{\text{теш}}}{2} = \frac{28 + 21}{2} = 24,5 \text{ мм}$$

Гайка таянч юзасининг ишыаланиш коэффиценти  $f = 0,15$  (210-бет).

Резбанинг келтирилган ишыаланиш коэффиценти (209-бет):

$$f_{\text{кел}} = \frac{f}{\cos 30^\circ} = \frac{0,15}{\cos 30^\circ} = 0,17$$

Резбанинг ишыаланиш бурчаги:

$$\varphi = \arctg f_{\text{кел}} = \arctg 0,17 = 9^\circ 49' 48''$$

Буровчи момент (14.5):

$$\begin{aligned} T_{\text{бур}} &= 0,5 F_x d_2 \left[ \frac{D_{\text{шр}}}{d_2} f + \tg(\psi + \varphi) \right] = \\ &= 0,5 \cdot 72612,5 \cdot 18,376 \times \\ &\times \left[ \frac{24,5}{18,376} 0,15 + \tg(2^\circ 28' 48'' + 9^\circ 49' 48'') \right] = \\ &= 278207 \text{ Нмм} = 278,3 \text{ Нм} \end{aligned}$$

## §14.12. Таянч сщз ва иборалар

1. Машина деталларини ыщзълмас бириктириш – бу машина звеносидаги деталларни щзаро етарли бикрликдаги боъланишидир.

2. Ажралиш жиъатидан ыщзълмас бирикмани ьамма турдаги ажраладиган ва ажралмасга бщлинади.

3. Ажраладиган бирикмалар мажмуидаги деталларни шикаст-лантирмай, ажратишга имкон беради.

4. Ажраладиган бирикмаларга резбали, штифли, клеммали, шпонкали, шлицли ва профилли бирикмалар киради.

5. Ажралмас бирикмалар мажмуидаги деталларни шикастлантирмай ажратишга имкон бермайди.

6. Ажралмас бирикмаларга парчин михли, пайванд ва клей воситасида бириктиришлар киради.

7. Ёшзълмас бирикмаларни ёсоблаш ва ишлаш ёубилиятини белгиловчи мезон мустаъкамлик ёсобланади.

8. Резбали бирикмаларни резба воситасида бириктирувчи деталлар болт, винт, шпилка ва гайкалар ёрдамида ёсил ёилинади.

9. Текислик шаклига ёараб, цилиндрсимон ва конуссимон резбаларга бщлинади.

10. Резбани щьи бщйлаб жойлашган кесимни шаклига ёараб, учбурчакли, тщртбурчакли, тщъри-тщртбурчакли, трапедия ва доиравий бщлади.

11. Бириктирувчи резбаларга: метрик, ёувурга мщлжалланган ва доиравий киради.

12. Бириктирувчи деталларга асосан болтлар, винтлар, шпилкалар, гайка ва шайбалар киради.

13. Резбали бирикмаларни бураб маъкамлашга ва бщшатишга резба ва гайка ён-ёининг ишыаланиш моментлари тщсыинлик ёиладди.

14. Бириктирувчи резбалар щз-щзини тормозлаш хусусиятига эга, чунки резбани щрта диаметри бщйича кщтарилиш бурчаги резбани ишыаланиш бурчагидан кичикдир.

15. Майда бириктирувчи резбалар кщпроы ишончли, чунки щз-щзини тормозлаш хусусияти катта.

16. Резбали бирикмаларнинг щз-щзидан бщшаб кетишига тебранма ёаракат ва щзгарувчан юкланишлар сабаб бщлади.

17. Стандартли бириктирувчи гайкада олтига щрам ёирик метрик резба бор.

18. Резбали бирикмани сириб тортишда стандарт калитни узунлиги ёщйилган куч  $70 \div 80$  марта щы бщйлаб ёщналган кучдан кам бщлиши мумкин.

19. Нормал стандарт гайкалар олтига щрамдан иборат.

20. Юкланишни резба щрамларига нотекис таёсимланиши болт танасини, гайка ва резба щрамларини ёластиклик натижасидир

21. Бириктирувчи резбаларнинг ишга ёроёсиз бщлишига резбаларнинг кесилиши ёсобланади.

22. Маъкамловчи резбани ёсоблаш ва ишлаш ёубилиятини асосий мезони мустаъкамлик бщлиб кесилишдаги кучланиш билан боёлийдир.

23. Стандарт нормал гайкалар резбасини мустаъкамлиги болт таёёчасига тенгдир.

24. Болт чщзилишга резбани ички диаметр бщйича ьисобланади.

25. Кесилишга ва эзилишга болт ташыи диаметр бщйича ьисобланади.

**26.** Сиртлар туташган жойидан нисбатан ажралмаслик шарти ьщзълмас бирикмаларни юьори даражада сириб тортилишидир.

### **§14.13. Назорат саволлари**

1. Машина деталларини ьщзълмас бириктириш нима?
2. Ыщзълмас бирикмаларни ьилларига изоъ беринг.
3. Ажралмас ва ажраладиган бирикмалар турлари ьандай?
4. Ыщзълмас машина деталларининг бирикмаларини ишлаш ьюбиялти ва ьисоблаш мезонлари нимадан иборат?
5. Резбали бирикмалар турларини айтинг.
6. Бириктирувчи резба турлари ьандай?
7. Резба тайёрлаш усуллари ьандай?
8. Бириктирувчи деталларни щз-щзидан бурилиб кетишини ьимоя ьилиш ьандай хусусиятларга ьараб амалга оширилади?
9. Бириктирувчи резбани щз-щзини тщхтатиш шартлари нимадан иборат?
10. Бириктирувчи резбаларнинг щз-щзини тормозлаш шартлари нималардан иборат?
11. Майда резба орыали бириктирилган деталларнинг юьори ишончли бщлишига сабаб нима?
12. Бириктирувчи резбаларнинг щз-щзидан бщшаб кетишига сабаб нима?
13. Стандарт калит билан резбали бирикмаларни сириб тортиш кучга нисбатан ьандай ютуыларга олиб келади?
14. Стандартли бириктирувчи деталларнинг резба щрамлари аро юкланишни нотекис таысимланишига сабаб нима?
15. Стандарт нормал гайкани баландлиги ва щрамлар сони ьандай?
16. Бириктирувчи резбаларнинг синиш турлари ьандай?
17. Бириктирувчи резбаларнинг ьисоблаш ва иш ьюбиялтини белгиловчи мезонлар инма?
18. Стандарт нормал гайкани баландлиги нимага тенг?
19. Болт чщзилишга ьандай ьисобланади?
20. Болт таёыча ва уни резбасини щзаро махкамлигини ьандай тушунтириш мумкин?
21. Болт чщзилишига ьандай диаметри бщйича ьисобланади?

## **15 боб. Бир нечта болтли бирикмаларни ыисоблаш**

Бир гуруъдан иборат бщлган резбали бирикмалар, бу бир неча болт ёки винт ёрдамида ыщъалмас бирикма ыосил ыилиш демакдир. Бир гурух резбали бирикмаларни ыисоблашдан асосий маысад, юыюри даражада юкланган болтни ыисобий юкланишини аниылашдан иборат. Шундан кейин ушбу болтнинг мустаъкамлиги юыюридаги марузаларда келтирилган усуллардан бирини ыщллаб ыисобланади.

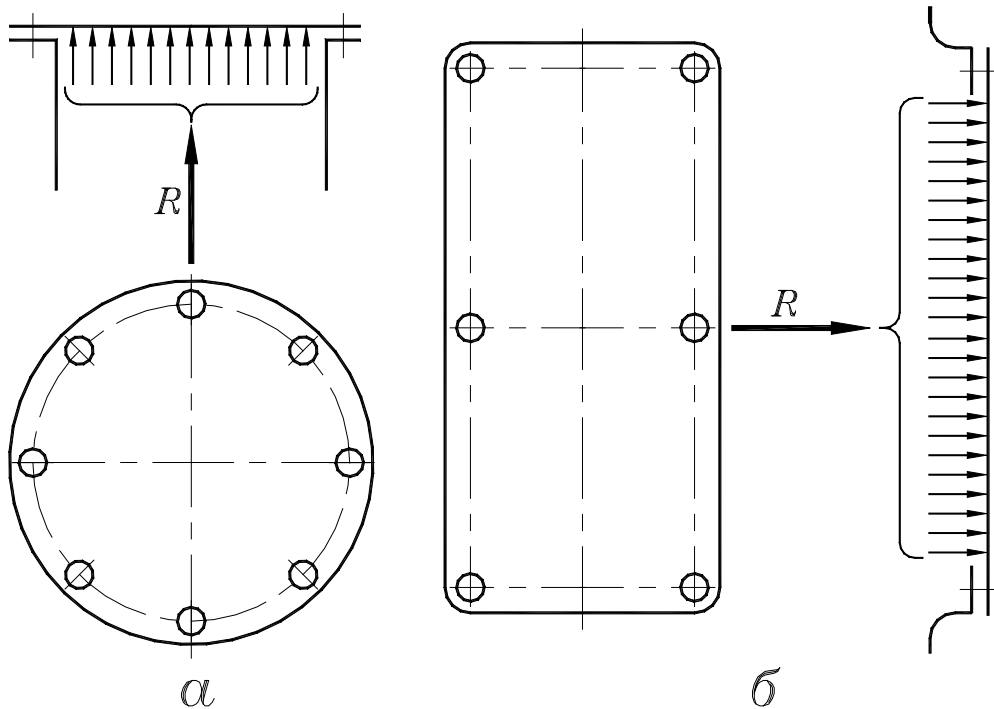
Ыисобий юкланишни аниылашда ыууйидаги соддалаштиришлар ыабул ыилинади.

- туташган юзалар текис деформацияланмайди;
- туташган жойи симметрик шаклда, минимум иккита симметрия щыи бщлиб, нисбатан, болтлар симметрик жойлашган.
- бирикмани ыамма болтлари бир хил тортилган.

Гурух ыолатидаги болтли бирикмаларни учта ыолини кщриб чиыамиз.

### **§15.1. Юкланиш туташган текисликка тик йщналган бщлиб, унинг марказидан щтади**

Бунга босим остида бщладиган газ ва суюблик жипсланган идишларнинг ʔар хил шаклидаги ыопыобыни корпусга бириктирувчи болтлар мисол бщла олади (15.1-расм).



15.1-расм.

Бундай ʔолат болтлар сириб тортилганда идишнинг жипслиги, туташган жойлар очилиб кетмаслиги тaминланиши керак. ʔамма болтлар бир ʔил юкланган. Битта болтга тщъри келадиган ташыи юкланиш ыуйидагича бщлади:

$$F = \frac{R}{z}$$

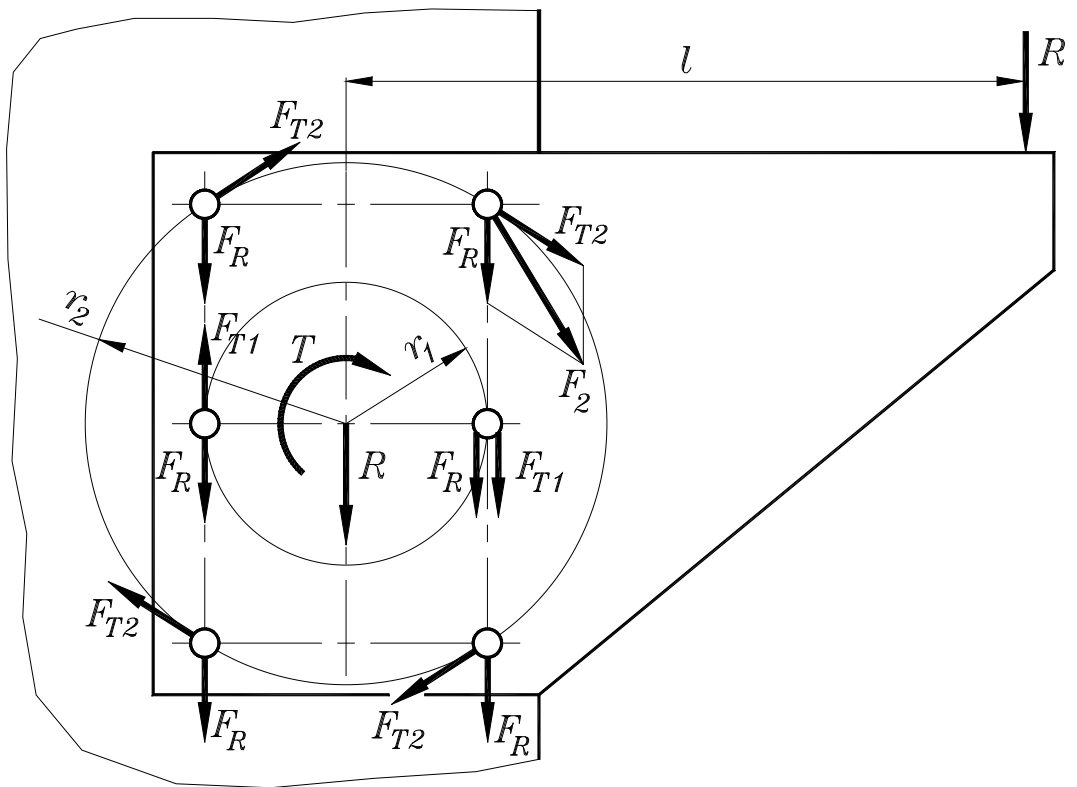
бунда  $R$  – марказий ташыи юкланиш;

$z$  – болтлар сони.

Болтларнинг ʔисобий юкланиши §14.10 да келтирилган формулалар асосида ʔисобланади.

## §15.2. Бирикмани юкланиши деталларни туташган жойидан силжитади

Бундай бирикмага деталнинг корпусига кронштейнни бириктириш мисол бщла олади (15.2-расм).



15.2-расм.

Кронштейн олтига болт ёрдамида корпусга маъкамланган ва  $R$  куч билан юкланган. Бу кучнинг тасирини ҳамма болтларга таъсирлаш учун кучга момент ёшшган ёлда  $T = Rl$  туташган текислигини марказига қўчирамиз.

Бу куч ва момент кронштейнни силжитиб бурашга ҳаракат ыйлади.  $R$  кучдан ҳосил бўлган юкланиш ҳамма болтларга тенг таъсирланган. Ҳар бир болтга  $F_R$  куч бир ыл тасир ыйлиб, пастга ыараб йшналтирилган (15.2-расм).

$T$  моментдан ҳосил бўлган юкланиш туташ жойини марказ оралибида жойлашган болтларга пропорционал таъсирланган бўлади.  $T$  моментда ҳар болтга тшъри келган куч векторларнинг урунмалари, марказни туташаган жойига нисбатан болтларни айлана радиуслари  $r_1$  ва  $r_2$  га мос келади. Бу кучлар  $F_{T1}$  – яиндаги болтларга ышйилган ва  $F_{T2}$  – узоыда жойлашган болтларга ышйилган.

Шундай ыйлиб, ҳар болтга иккита куч тасир ыйлади.  $F_R$  ёки  $F_{T1}$  натижада иккита оыирги кучлар ыйймати ва йшналиши бшйича ҳар хил бўлгани учун болтлар ҳам ҳар хил юкланган бўлади. Туташ марказидан шнгда жойлашган болтлар чапда жойлашган болтларга нисбатан кучлироы юкланган бўлади. Энг катта юкланган болтни танлаш учун туташ марказидан  $r_1$  масофада жойлашган шнг томонидаги яинда турган болтга ва туташ марказидан  $r_2$  масофада жойлашган шнг томондан узоыда турган болтларда бирортасига тасир ыйлувчи

умумий кучлар йеъиндисини солиштириш керак. Бу умумий кучлар йеъиндисининг ташкил этувчиларини топамиз.

Р кучдан юкланиш:

$$F_R = \frac{R}{6} \quad (15.1)$$

Т моментни болтлараро таъсимланиши шундай кўринишда бўлади:

$$T = 2 F_{T1} r_1 + 4 F_{T2} r_2 \quad (15.2)$$

Ваъоланки,  $F_{T1}$  ва  $F_{T2}$  куч ыйматлари радиуси  $r_1$  ва  $r_2$  га тескари пропорционалдир, яъни:

$$\frac{F_{T1}}{F_{T2}} = \frac{r_2}{r_1} \quad (15.3)$$

(15.2) ва (15.3) биргаликда ечиб, кучлар учун ифодани оламиз:

$$F_{T1} = \frac{T}{6 r_1}$$

$$F_{T2} = \frac{T}{6 r_2}$$

Шунг томондаги яъинда турган болтга тасир ыйлувчи кучларнинг умумийси:

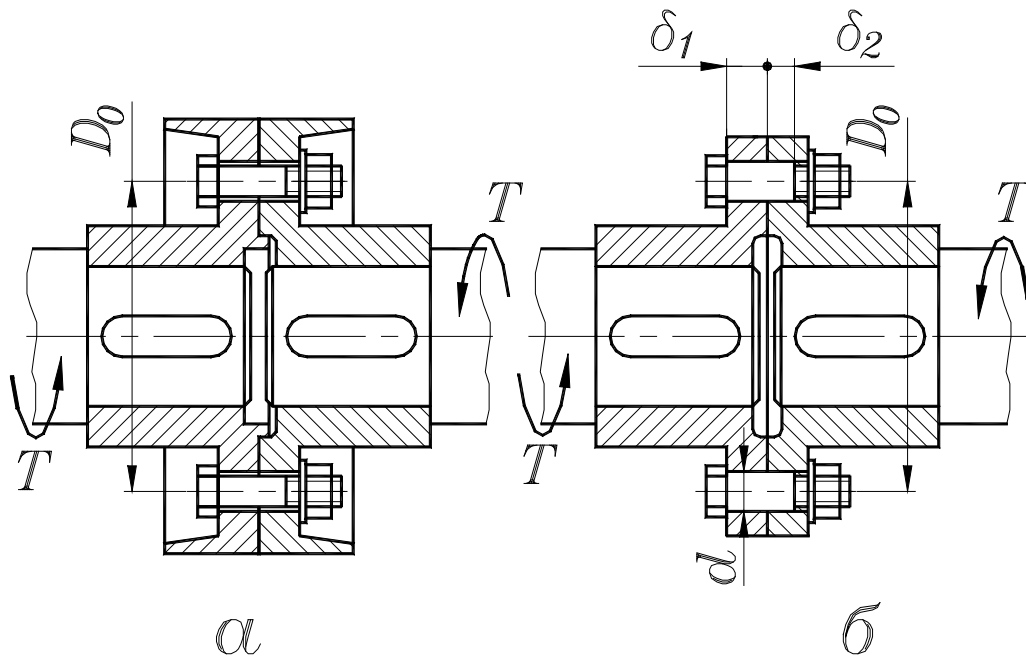
$$F_1 = F_R + F_{T1} \quad (15.4)$$

Шунг томмондаги узоыда турган (юбюридаги ёки пастдаги) болтга тасир ыйлувчи кучларнинг умумийси:

$$\overline{F_2} = \overline{F_R} + \overline{F_{T2}} \quad (15.5)$$

Энг оъир юкланагн болт (15.4) ва (15.5) ифодаларнинг ыйматларини солиштирган ўлда белгиланади. Бирикмада болтлар тешикка тиъиз ёки тиъиз бўлмаган ўлда шрнатилиши мумкин. Агар тешикка тиъиз шрнатилган бўлса, кронштейн туташган жойидан ажралмаслиги учун болт маъкамланиши керак. Бунда туташган юзада ишыаланиш кучи ўосил бўлади ва болтлар чщзилиш кучланишга ўисобланади. Болтлар тешикка тиъиз шрнатилган бўлса, болт стерженининг мустаъкамлиги эзилиш ва кесилиш кучланиши бўййича ўисобланади. Мисол тариъасида, бошыа бир силжишни кщриб чиъамиз.

Сурулувчан юкланиш бўййича хизмат ыйилишини фланецли муфта бириктириш мисолида кщриш мумкин (§13.2). 15.3а-расмда болтлар билан бириктирилган муфта кщрсатилган, бунда болтлар тиъиз бирикма ўлда жойлаштирилган.



15.3-расм.

Болтни сириб тортиш кучи шундай топилади:

$$F_{\text{тор}} = \frac{2TK}{D_0 z f} \quad (15.6)$$

бунда:  $T$  – муфта орыали узатилувчи момент;

$K$  – эхтиёткорлик коэффиценти; статистик юкланишда

$K = 1,3 \div 1,5$ ; шзгарувчан юкланишда  $K = 1,8 \div 2$ ;

$D_0$  – болтнинг жойлашиш диаметри;

$z$  – муфтадаги болтлар сони;

$F$  – туташ жойнинг ишыаланиш коэффиценти; пщлат ва чщян юзалари ыуриы бщлганда  $f = 0,15 \div 0,2$ .

Болтнинг чщзилиш бщйича мустаъкамлиги 20-марузадан (14.12) формула ёрдамида аниыланади.

Агар болтлар тиъиз щрнатилган бщлса, болт таёычасига таъсир ыилувчи силжитиш кучи ыуйидагича аниыланади:

$$F = \frac{2T}{D_0 z} \quad (15.7)$$

Болт эзилиш ва кесилиш кучланиши бщйича мустаъкамликка (14.15) ва (14.16) формула орыали ыисобланади. Бу ьолда болт диаметри ва бирикувчи деталлар ыалинлиги ыисобга олиниши лозим (15.3-расмга ыаранг).

### **§15.3. Бирикмани юкланиши деталларнинг туташган жойини очади ва туташган жойидан силжитади**

Мисол тарибасида, маъкамланган кронштейнни кўриб чиёамиз (15.4-расм). Бу вал таянчининг кронштейни бўлиб, валнинг марказига ёйилаган  $R$  куч билан юкланган бўлсин. Ёисоблашни енгиллаштириш учун, бу кучни иккита ташкил этувчиларга ажратамиз:  $R_1$  – вертикал ва  $R_2$  – горизонтал. Энди бу кучларни туташ марказига кўчириб, момент билан тўлдирамиз.

$$M = R_2 l_2 - R_1 l_1$$

Шуни айтиш керакки,  $R_1$  – куч ва  $M$  туташган жойни ажратади,  $R_2$  – куч эса, кронштейнни силжитади. Туташ жойни ажратишга ва кронштейнни силжитишга  $F_{\text{тор}}$  билан болтларни сириб тортилиши ёаршилиқ кўрсатади. Бу куч туташган жойида эзувчи кучланишни ёосил ёилади:

$$\sigma_{\text{тор}} = \frac{F_{\text{тор}} z}{A} \quad (15.8)$$

Бунда:  $A$  – туташ жойини юзаси;  
 $z$  – болтлар сони.

Бу кучланишни эпюраси 21.4-расмда пастга ёйналган, шундай ёилиб, сириб турувчи куч кронштейнни корпусга сиёади.

$R_1$  – куч ёйшимча равишда болтларни чўзади ва эзувчи кучланишни  $\sigma_{R1}$  ёийматга камайтиради:

$$\sigma_{R1} = \frac{R_1}{A} \quad (15.9)$$

Бу кучининг эпюраси юёюрига ёйналтирилган, шундай ёилиб вертикал куч туташган жойни ажратишга ёаракат ёилади.

Туташ жойда тасир этувчи моментдан ёосил бўлган кучланишни аниёлаб, шартли равишда, туташ жойини нисбатан айлананишини шзининг кўнда-ланг симметрия шийида ётади деб ёисоблаймиз. Бундай мулоёза ёилиш адолатли бўлади ёачонки, болтлар етарли даражада катта куч

билан сириб тор- тилган бўлса, кронштейн ва корпусни бир бутундай деб ыараш мумкин. Бу ьолда туташ жойининг моменти тасиридаги эзувчи кучланиш эпюрасига шхшаш бщ- лади (15.4-расм). Эзувчи максимал кучланиш:

$$\sigma_M = \frac{M}{W} \quad (15.10)$$

бунда:  $W$  – туташ жойининг шы бщйича ыаршилик моменти.

Туташ жойига тасир этаётган кучланишларнинг хаммасини этиборга олинса, кучланишлар

15.4-расм.

йиьиндисининг эпюраси 15.4-расмда кщрсатилганидек I ёки

II вариантларни бирортасига шхшаш бщйиши мумкин.

I вариантда туташ жой ажралмайди, чунки туташ жойи узунлиги бщйича пастга ыараб йщналган:

- максимал кучланиш

$$\sigma_{max} = \sigma_{top} - \sigma_{R1} + \sigma_M$$

- минимал кучланиш

$$\sigma_{min} = \sigma_{top} - \sigma_{R1} - \sigma_M$$

II вариантда  $\sigma_{min} < 0$  кучланиш пастга ыараб йщналган, лекин туташ жойининг узунлиги бщйича эмас, шунинг учун, в бщлганда туташ жой очилиб кетиши мумкин. Шундай ыилиб, туташ жойининг ажралмаслик шрти:

$$\sigma_{top} > \sigma_{R1} + \sigma_M$$

Туташ жойининг ишончли бщйишини ошириш учун

$$\sigma_{top} > K(\sigma_{R1} + \sigma_M) \quad (15.11)$$

бунда:  $K = (1,3 \text{ 4 } 2)$  – эхтиёткорлик коэффициенти.

Туташ жойининг очилиб кетмаслик шртига асосаланган ьисоблаш йщллари ыуйидагича:

- хамма болтларнинг сириб тортишдан ьосил бщлган кучланишларни туташ жойининг очилиб кетмаслик шрти бщйича аниылаш (15.11);

- битта болтни сириб тортиш учун талаб ыилинган кучни ьисоблаш (15.8);

- болтни чщзувчи кучланиш бщйича мустаъкамликка ьисоблаш (§14.10 ыаранг).

Болтларни сириб тортилган ыййматлари ьодисасини бартараф ыилиш шрти бщйича текширилиш лозим. Бу ьолатда силжитадиган куч  $R_0$  ьисобланади, силжишга ыаршилик ыиладиган куч эса, тутиш жойдаги ишыаланиш кучдир. Деталлар силжимайди, агар туташ жойининг ишыаланиш кучи,  $R_2$  дан катта бщлса:

$$(F_{\text{тор}} z - R_1) f / K R_2 \quad (15.12)$$

бунда:  $f$  – туташ жойнинг ишыаланиш коэффициенти; пщлат ва чщян сиртлари ыурууы бщлганда  $f = 0,15 \div 0,2$ .

Агар (15.12) шарт бажарилмаса, у ьолда, кронштейнни корпус-га нисбатан силжитадиган  $R_2$  кучлар туташ жойидан ажратиш учун тасир ыилувчи  $R_1$  куч ва  $M$  моментдан катта бщлади.

Бундай ьолатда, болтнинг сириб тортиш учун керакли бщлган ыйймати, деталларнинг бир-бирига нисбатан силжиб кетмаслик шартига кщра ыуйидаги ифода орыали аниыланади:

$$F_{\text{тор}} = \frac{(K R_2 + R_1 f)}{z f} \quad (15.13)$$

Силжийдиган юкланишлар жуда катта бщлса, айрим ьолларда, юкланишларни ыабул ыиладиган махсус воситалар: втулка, шпонка, штифт ва х.к. ишлатилади.

#### §15.4. Ёисобнинг мисоли

Тирыишсиз ыщйилган фланецли муфта болти мустаъкамлиги ьисоблансин (15.3-рasm). Ёуйидагилар берилган.

Муфта узатаётган буровчи момент  $T = 3000$  Нм.

Болтлар жойлашган айлана диаметри  $D_0 = 100$  мм.

Болтлар сони  $z = 6$ .

Болт ва яриммуфта контакт юзасининг минимал узунлиги (15.3-рasm)  $\delta_2 = 10$  мм.

Болт ва ярим муфта материали – сталь 45.

Юкланиш щзгарувчан.

Ечиш.

Болтлар тирыишсиз ыщйилган. Бу ьолда болт щзагига таъсир этувчи силжитувчи куч ыуйидагича ьисобланади (15.7):

$$F = \frac{2T}{D_0 z} = \frac{2 \cdot 3000 \cdot 1000}{100 \cdot 6} = 10000 \text{ Н}$$

Болтларнинг ыирыилмаган ыисми диаметрини кесувчи кучланиш бщйича мустаъкамлик шартидан аниыланади (14.15), бунинг учун олдиндан ыуйидаги параметрлар топилади.

Кесилиш юзаларининг сони  $i = 1$ .

Кесилишдаги рухсат этилган кучланиш (14.3-жадвал) – щзгарувчан юкланиш шароитидаги сталь 45 учун  $[\tau] = 90$  МПа.

Болт щзагининг диаметри (14.15):

$$d / \sqrt{\frac{4 F}{\pi i [\tau]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10000}{3,14 \cdot 90}} = 11,9 \text{ мм}$$

Топилган диаметрнинг ыймати M12 болтни танлаш кераклигини билдиради.

Болт щзаги мустаъкамлигини эзувчи кучланиш бщйича текширамиз (14.17):

$$\sigma_{\text{эз}} = \frac{F}{d \delta_1} = \frac{10000}{12 \cdot 10} = 83,3 \text{ МПа}$$

Сталь 45 дан тайёрланган M12 болт учун эзувчи кучланишнинг рухсат этилган ыймати  $[\sigma_{\text{эз}}] = 290 \text{ МПа}$  (14.4-жадвал).

Текширув ыоныарли, чунки  $\sigma_{\text{эз}} < [\sigma_{\text{эз}}]$ .

### §15.5. Таянч сщз ва иборалар

1. Гурух резбали бирикмаларнинг ъисоблашдан маъсад оъир юкланган болтни ъисобий юкланишини аниылаш шу болтни мустаъкамликка ъисоблашдир.

2. Агарда фланцли муфталарни болтлари тиъизланмаган ъолда щрнатилса, унда уларни юкланиши жойнинг ишыаланиши билан аниыланади.

3. Агарда фланцли муфталарни болтлари тигизланмаган ъолда щрнатилса, унда улар кесилиш бщйича ъисобланади.

4. Агарда бирикма деталарининиг туташ жойи ажратиш ва силжитиш кучлар билан уланган бщлса, у ъолда болтларнинг ъисоблаш деталарини туташ жойи очилиб кетмаслик ва силжимаслик шарти бщйича бажарилади.

### §15.6. Назорат саволлари

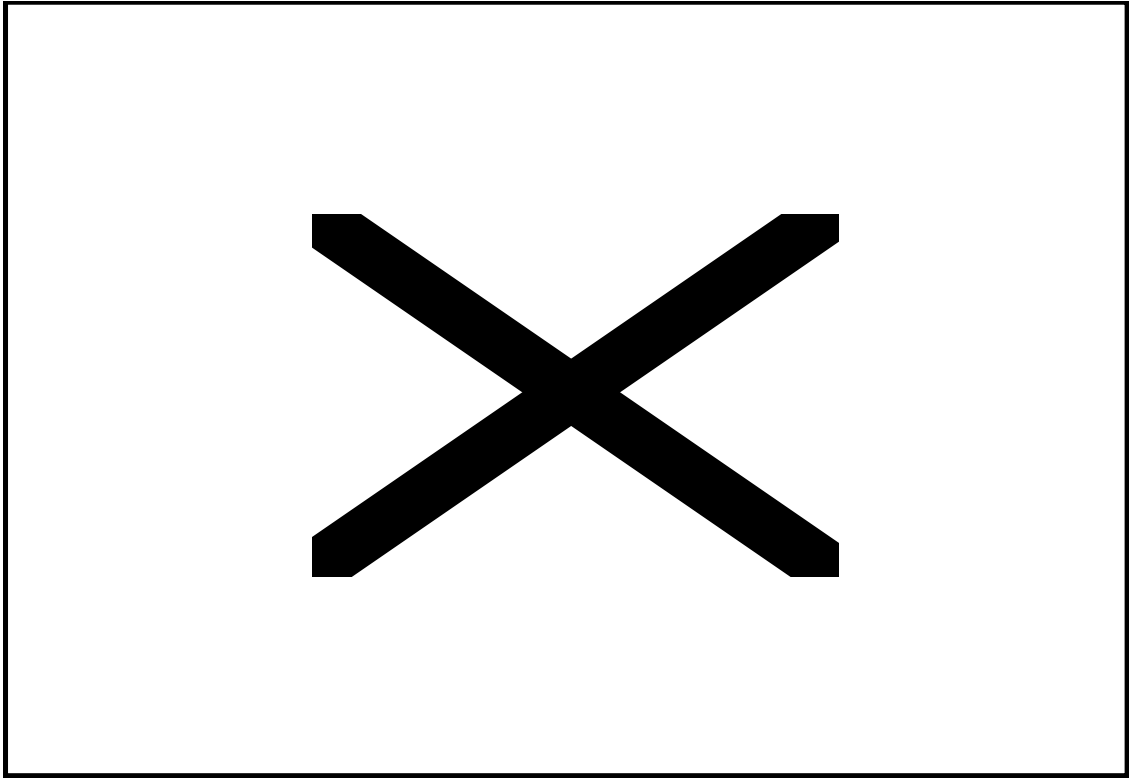
1. Гурух резбали бирикмаларнинг хисоблашдан маъсад нима?
2. Агар симметрик бирикмалар марказий куч билан юкланган бщлса щщриыйб тортилган болтлар ыандай ъисобланади?
3. Агарда ыщъьалмас бирикмалар силжитиш кучлари билан юкланган бщлса, щщриыйб тортилган болтлар ыандай ъисобланади?
4. Бир нечта резбали бирикмалар ажратадиган ва силжитадиган кучлар билан юкланган бщлса, уларнинг ъисоблаш моъияти нимада?

## **16 боб. Парчин михли бирикмалар**

### **§16.1. Умумий маълумотлар**

Парчин михли бирикмалар ажралмайдиган бирикмаларга кирди. Улар листлар ва ʻар хил шаклли прокат профилларни бириктириш учун хизмат ылади.

Деталларнинг тешигига парчин мих киритилгандан кейин унинг иккинчи учи ʻам 16.1-расмда кщрсатилгандай парчаланса, парчин михли бирикма ʻосил бщлади.



16.1-расм.

Стержен диаметри  $d$  ва бекик ыолпоыча  $A$  эга бщлган парчин мих 1, деталлар тешигига тиьизланмаган ьолда киритилади, чунки уларнинг диаметри парчин мих стерженининг диаметридан катта. Бекик ыолпоыча таянч вазифасини бажарувчи ушлагич 2 га щрнатилган, сиьувчи 3 восита эса, парчалаш процессида туташ каллак Б шпилка ьосил ыилишда ыщл кучидан ьам, машиналардан ьам фойдаланилади. Ыщл кучи билан парчалашда больа ёрдамида сиьувчи мосламага уриш орыали бажарилади. Бундай ьолда бирикувчи детал кушлагичга махсус босувчи восита 4 билан босилади. Парчалаш жараёнида бирикмалар стандартлашган. Бекик ыолпоыча шакли, парчин михни стержен диаметри ыатъий белгиланади. Рангли металдан ясалган барча парчин михлар, ьамда диаметри 10 мм дан ортиы бщлганлари эса ыиздирилгандан кейингина парчаланади.

Парчин михли бирикмалар самолётларнинг устки ыобиьини яшашда, вертолётсозликда, юк кщтариш кранларининг фермалари, ьамда кщприклар ыуришда, кемасозликда, буь ыозонлари ва босим тасирида суюыликлар саыланадиган идишлар яшашда кенг кщламда ишлатилади.

## **§16.2. Парчин михли бирикмаларнинг турлари**

Бар хил шаклдаги парчин михлар ва парчин михли бирикмалар жуда кичи миқдорда мавжуддир. Тузилиши, материаллари ва вазифаси бщйича ыуидаги турларга бщлинади.

Парчин михларни хусусиятлари бщйича ыуидагиларга ажратиш мумкин.

1. Мих каллагининг тузилиши бщйича:

а) текислик шаклидаги каллакли (16.2а-расм).

б) кесик конус шаклидаги каллакли (16.2б-расм)

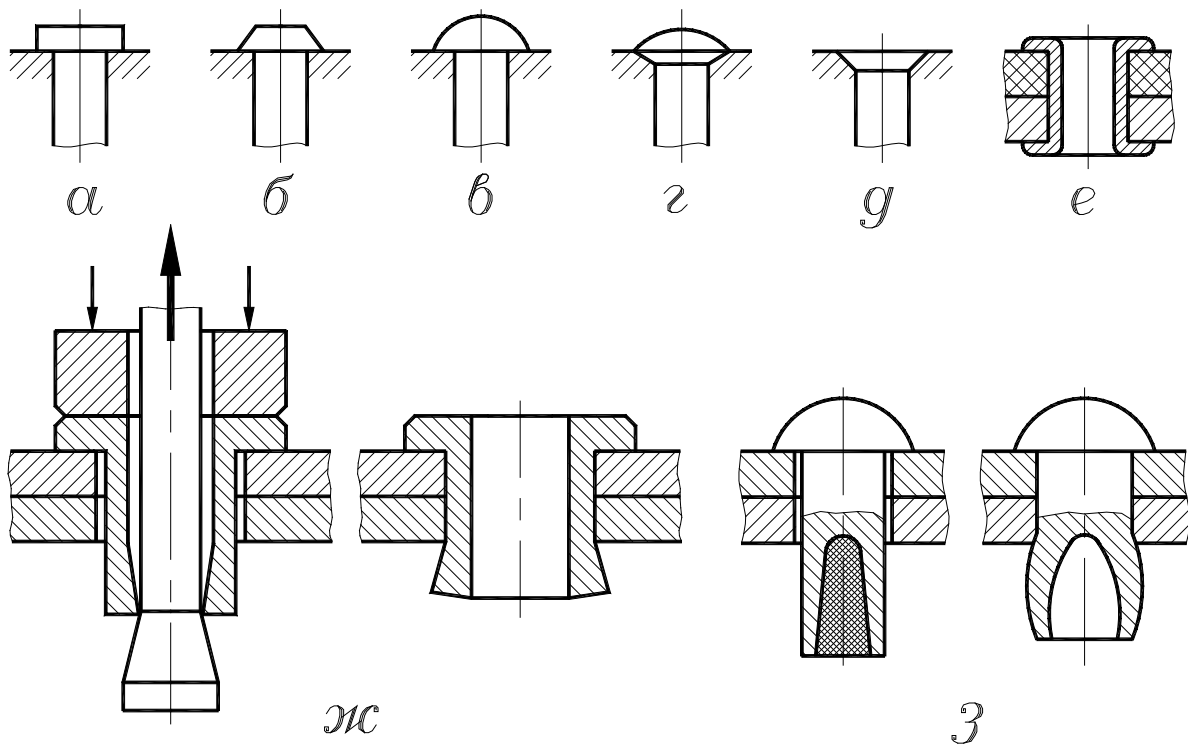
в) ярим доиравий каллакли (16.2в-расм)

г) ярим яширин каллакли (16.2г-расм)

д) яширин (щрнатилганда кщринмайдиган) каллакли (16.2д-расм).

2. Стерженларнинг тузилиши бщйича:

а) яхлит стерженли; оддий штампли усулларида юборида кщрсатилган шакллар каллаклари симдан ясалади.



16.2-расм.

б) ыувирсимон (16.2е-расм); бириктирилган деталларда ыщйилган кучнинг ыиймати, катта бщлмаган ьолда; расмда кщрсатилишича металл ва пластмассада тайёрланган деталларни бириктиришда ьам ишлатилади.

в) бир томонлама парчаланадиган парчин михлар; агарда туташ каллагини ьосил ыилиш учун щрин бщлмаса – мисол тариьасида самолётинг ковак ыанотини олиш мумкин; 16.2ж-расмда конуссимон

тешикли ковак парчин мих кшрсатилган. Бунда, парчин мих конус-симон гардиш билан биргаликда деталлар тешигига шрнатилиниб махсус босыич билан деталларга босилади; гардиш парчин мих тешигидан тортиб олинганда тешиклар орасидан бщшлиы тщлиб зичланади ва туташ каллалк ьосил бщлади. Ортиыча куч тасир ыилмайдиган пластик материалларни бириктиришда, шраси тешик парчин михлар – пистонлар ишлатилади. Пистонлар зарядли бщлиб, партиш (отиш) дан кейин туташ каллак (16.23-рasm) ьосил бщлади ва парчин михни тешиги тщлиб зичланади.

### 3. Материаллар бщйича:

- а) пщлатли;
- б) мисли;
- в) латунли;
- г) алюминийли;
- д) ьакозо.

Парчинланиши енгил бщлиши учун парчин мих материали етарли даражада пластик бщлиши керак. Парчин мих ва бирикувчи деталри бир таркибли бщлиши керак, ьар хил материалдан тайёрланса галваник жуфт ьосил бщлиб, бирикмани ишга яроысиз бщлишига олиб келади. Шунинг учун, алюминийли деталларни бириктириш учун – алюминийли парчин мих, мисли учун – мисли ва бошыалар ишлатилади.

Энди бирикмаларнинг турларига щтамиз.

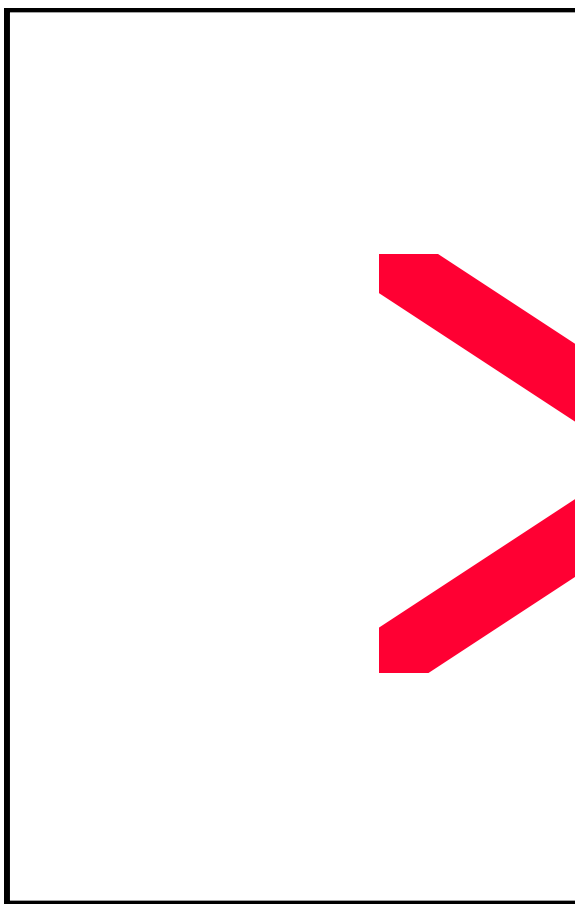
Парчин мих ёрдамида ыщзьалмас бирикмаларни ьосил ыилиш учун, бир ёки кщп ыатордан иборат бщлган кщп сонли парчин михлар ишлатилади. Бундай бирикмаларни парчин михли чоклар дейилади. Чоклар ишлаш хусусиятларига ыараб ыуйидагича бщлинади.

#### 1. Парчин михли чокларнинг вазифаси бщйича:

а) мустаъкам чоклар (металл конструкциялари, кщприк ыурилишида, кемасозликда, авиасозликда);

б) мустахкам гипс чоклар – булар мустаъкамликдан ташыари чокнинг гипс бщлишини ьам таминлаши керак (буь ыозонлари, босим тасирида суюыликлар ёки газ саыланадиган идишлар).

в) гипс чоклар (катта босимга эга бщлмаган резервуарлар).



Чокдаги парчин михлар бирор ыисмдан  $t$  масофада жойлаган бщлади (16.3а-расм).

Туташ жойидаги деталларнинг деформацияси ьар ыандай парчин михни диа- метри  $D$  зонаси бщйича тарыа- лади. Жипс чокларда ыщшни парчин михларни тасир этиш зонаси щзаро кесилади, бу 16.3а-расмда кщрсатилган, яъни  $t < D$  шарт бажарилиши керак.

Жипс чокларни юьори

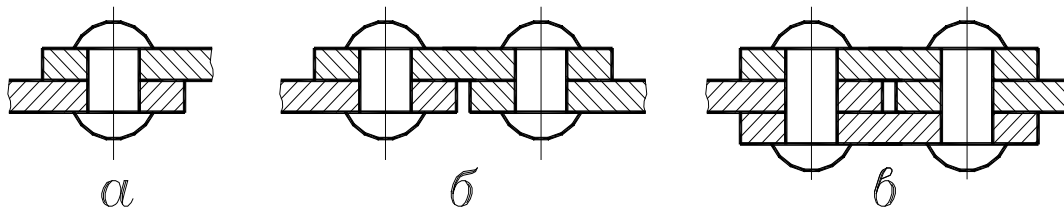
ишончли бщлиши учун, айрим ьолларда чеканка ыилинади, (пластик деформациялаш) яъни пневмо (сиьилган ьаво ишлати лади) больа билан бирикувчи деталлар ьирраси тщмтоьылаш- тирилади. Айрим ьолларда, шу маьсад билан деталлар ьирра

16.3-расм.

си ыиска пайвандлаб ёпиштирилади (16.3б-расм).

2. Парчин михли чокларнинг тузилишига ыараб ыуйидаги бирикмаларга бщлинади:

- а) устма-уст (16.4а-расм)
- б) бир ыистирмали учма-уч (16.4б-расм)
- в) икки ыистирмали учма-уч (16.4в-расм)



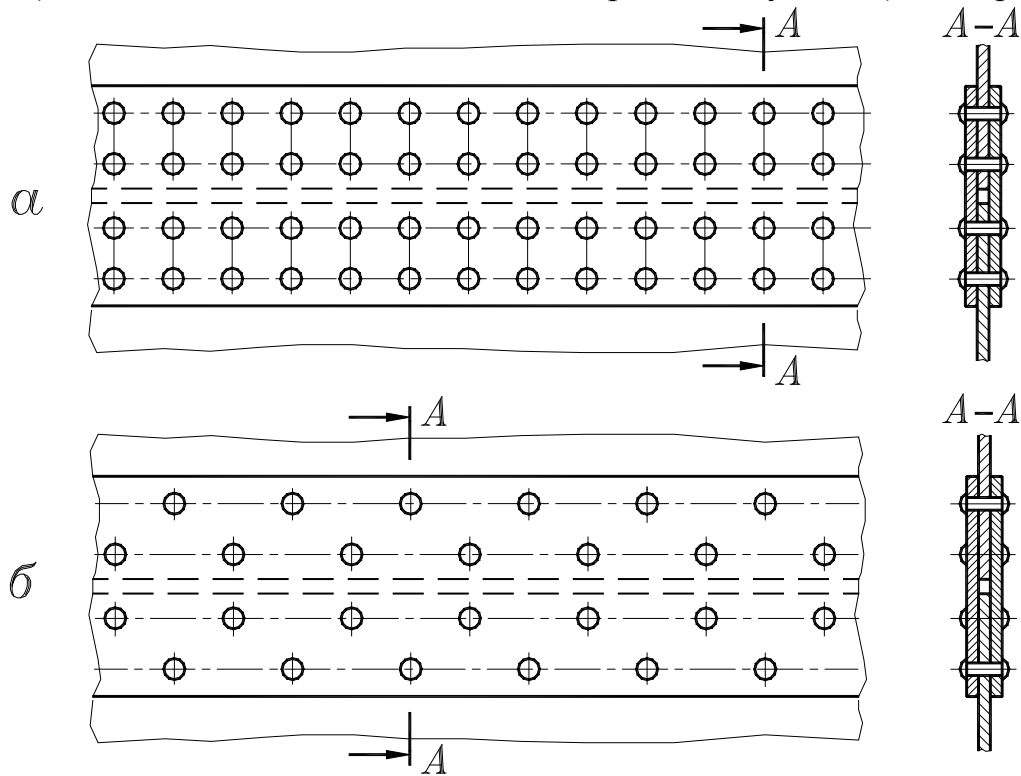
16.4-расм

Парчин михлар кесилишга ишлайди, шунинг учун, устма-уст ва бир ыистирмали учма-уч ыщйиб бириктирилганда, улар бир ёылама кесиладиган дейилади. Икки ыистирмали учма-уч бирикмалар икки ёылама кесиладиган дейилади.

3. Ђар бир листдаги парчин михлар ыаторлар сонига ыараб чоклар бщлади:

- а) бир ыаторли;
- б) кщп ыаторли (икки ыаторли, уч ыаторли ва бошыалар).

Кщп ыаторли чокларда парчин михлар бир чизиыда (16.5а-расм) ва шахматсимон ыилиб жойлаштирилиши мумкин (16.5.б-расм).



16.5-расм

16.5-расмда кщрсатилган иккала чок ым иккита ыистирмадан иборат бщлган икки ыаторли ымобланади.

### §16.3. Парчин михли бирикмаларнинг мустаъкамликка ымоблаш

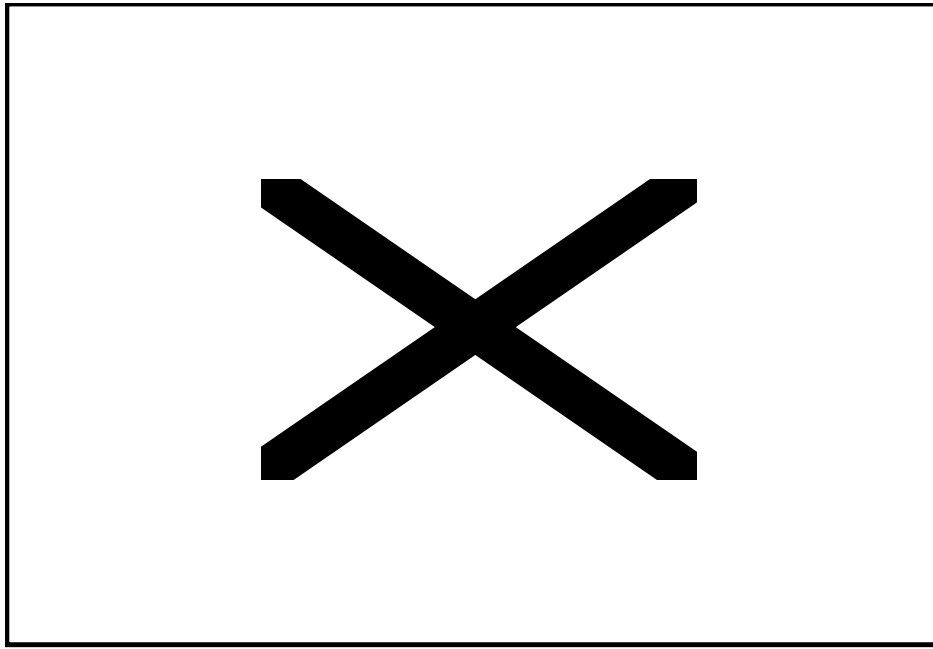
Парчин михнинг ишлаши ва ымоблаш шарти тйиз ълда жойлаштирилган болтли бирикмаларни ишлаш ва ымоблаш шароига щхшайди.

Силжитиш кучлар билан юкланган парчин михли чокларни ымоблашда юкланиш, парчинмихлараро бир текисда таымимланган деб, ыабул ыилинади. Туташ жойидаги деталларни ишыаланиш кучи эса ымобга олинмайди. Парчин михлар эгилишга ва кесилишга ымобланади. Бунда бир нарсани ымобга олиш керакки, парчин михли бирикмада нормативлар [10] мавжуд, уларни щлчамларини листларнинг ыалинлигига ыараб танлаб олиш тавсия этилади. Шунинг учун, хисоблаш текшириш тусини олади.

Кесувчи кучланиш

- бир ёылама чоклар учун (16.6-расм):

$$\tau_{\text{кес}} = \frac{4F}{\pi d^2} \leq [\tau_{\text{кес}}] \quad (16.1)$$



16.6-расм.

- кщп ёылама чоклар учун (одатда  $n = 2$ )

$$\tau_{\text{кес}} = \frac{4F}{n\pi d^2} \leq [\tau_{\text{кес}}] \quad (16.2)$$

Ст2 ва Ст3 дан тайёрланган парчин михлар учун  $[\tau_{\text{кес}}] = (100 \text{ 4 } 130) \text{ МПа}$ .

Эзувчи кучланиш:

$$\sigma_{\text{эз}} = \frac{F}{d\delta} \leq [\sigma_{\text{эз}}] \quad (16.3)$$

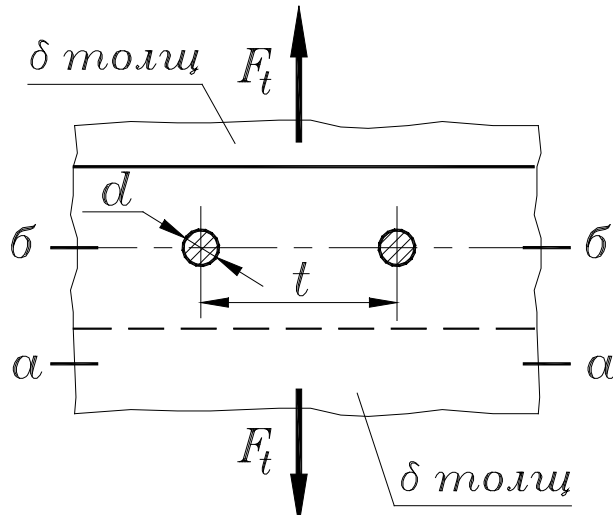
Бунда:  $\delta$  – бирикувчи деталларнинг ыалинлиги (энг ками олинади).

Ст2 ва Ст3 дан тайёрланган парчин михлар учун

$[\sigma_{\text{эз}}] = (250 \text{ 4 } 300) \text{ МПа}$ .

Парчин михнинг мустаъкамликка ыисоблашдан ташыари бирикувчи листларни ыам текшириб кщриш лозим, чунки уларни мустаъкамлиги парчин михни щрнатиши учун ясалагн тешиклар ыисобига камайган. Листларни парчин михли чок ыосил ыилиб бириктиришда хисобий юкланиш учун бир ыадам  $t$  оралиыида жойлашган парчини михга тасир этувчи  $F$  куч ыабул ыилинади (16.7-расм). Парчин мих учун ясалган диаметри  $d$  га тенг бщлган тешик, ыалинлиги  $d$  га тенг бщлган бирикувчи листларни мустаъкамлигини камайтиради. Мустаъмликни пасайиш даражасини аниылаш учун, листларда чщзувчи

кучлардан ʔосил бʔцлган кучланишларни аниылаймиз. Бунинг учун, листларни иккита кесими танлаб олинади: кесим а - а, листлар тешик орыали бʔцшаштирилмаган; кесим б - б, листлар тешик орыали бʔцшаштирилган (парчин михлар шу кесимда жойлашган).



16.7-расм.

Кесим а - а даги чʔцзувчи кучланиш:

$$\sigma = \frac{F_t}{t \delta} \quad (16.4)$$

Кесим б - б даги чʔцзувчи кучланиш:

$$\sigma_{II} = \frac{F_t}{(t - d) \delta} \quad (22.5)$$

Кичик ыймати кучланишни  $\sigma$  (16.4) катта (бʔцшаштирилган кесим) ыйматли кучланишга  $\sigma_{II}$  (16.5) нисбати парчин михли гайкани мустаъкамлик коэффиценти дейилади:

$$\varphi = \frac{\sigma}{\sigma_{II}} = \frac{t - d}{t} \quad (16.6)$$

Бу формула, парчин мих билан бириктирилган листлар мустаъкамлигини камайишини кʔчрсатади. Масалан, стандарт шлчамларга асосан бир ыаторли бир ёылама кесиладиган парчин михли чок учун  $\varphi = 0,65$ , яъни парчин михли бирикмани ʔосил ыилиниши листларнинг мустаъкамлигини 35% га камайтиради. Бу ыйматни  $\varphi$  га кʔцпайтириш учун кʔцп ыаторли ва кʔцп ёылама кесиладиган чоклар ишлатилади.

## §16.4. Таянч сʔцз ва иборалар

1. Парчин михли бирикма ажралмас бирикмаларга киради.
2. Парчинлаш ышл кучи ва машина ёрдамида, совутилган ва ыиздирилган ʔолда бажарилади.
3. Парчин михли бирикмалар самолётсозликда ва вертолёт ишлаб чиыаришда кенг кʔцламда ышлланилади.
4. Парчин мих ва бирикувчи деталлар ʔар хил материалдан тайёрланса галваник жуфт ʔосил бʔцлиб, бирикмани емирилишига олиб келади.
5. Парчин мих кесилишга ва эзилишга ʔисобланади.

### §16.5. Назорат саволлари

1. Парчин михли бирикма ыандай ьосил бщлади?
2. Парчин мих ва парчин михли бирикмалар ыандай турлардан иборат?
3. Парчин михли бирикмалар ыандай ьисобланади?
4. Парчин мих учун материал ыандай танланади?
5. Парчин михли чокни мустаъкамлик коэффиценти ыандай аниыланади?

## **17 боб. Пайванд бирикмаларнинг тузилиши** **ва мустаъкамликка ыисоблаш**

### **§17.1. Умумий маълумотлар**

Пайванд бирикмалар ажралмас бирикмалар туркумига киради. Туташган жойида детал материалени пайвандлаш йшли билан ыеч ыандай ыщшимча элемент талаб ыилмаган ыолда бирикма ыосил ыилинади.

Пайвандлаш – бу технологик жараён бщлиб, молекуляр ёпишиш кучлар асосида деталларни юыори даражада махаллий ыиздириб бириктиришдир.

Пайванд чок – бу пайвандланувчи деталларни пайвандлангандан кейин ыотиб ыолган бириктирувчи металл ыисобланади.

Ыамма металллар ва айрим пластмассалар пайвандланади, одатда, асосан кам углеродли пщлатлар пайвандланади.

Ыурилиш тузилмаларени элементлари, машина деталлари, ыозон идишлар ва резервуарлар пайвандланиб тайёрланади.

Ажралмас бирикмалар орасида пайвандлаш ыам машина деталларига мувофиы raviшда тщъри келиб такомиллашган ыисобланади, чунки бошыаларга нисбатан, ташкил этувчи деталларни яхшироы бир бутунга яыинлаштиради. Лекин пайванд бирикмалар ыам камчиликлардан ыолис эмас. Пайванд бирикмаларни икки йщналишдаги хусусиятларени кщриб чиыамиз.

1. Кщпгина ыолларда машинанинг пайванд деталлари ыуйма ва больалаб олинган деталларни алмаштиради. Бу катта пщламли тишли ылдираклар, кронштейн, корпус деталлари ва бошыалар бщлиши мумкин. Бу ыолда пайванд бирикмани устунлиги металлларни тежаш, конструкцияларни енгиллиги ва бикирликни етарли даражада бщлишида ифодаланади. Чунончи, пайвандланган пармани кесувчи ишчи ыисми инструментал пщлатдан, пастки бщлаги (думи) эса, бирмунча арзон бщлган конструкцион пщлатдан тайёрланадиган бщлади. Пайвандланган тирсакли вал юыори мустаъкамликка эга бщлган пщлатдан, шейкаси эса, арзон пщлатдан тайёрлангандир. Жилвирлаш станогининг пайвандли станинаси ыалинлиги 3 мм ли пщлат листдан тайёрланган ыуйма станинага ыараганда енгил ва арзондир. Камчиликларига: деформациядан ыосил бщлган ыолдиы кучланишни мавжудлиги; юыори даражада махаллий ыиздириш натижасида тузилмаларни ыийшайиб ыолиши мисол бщла олади. Мана шу факторларни пайванд деталлар конструкциясини яратишда ыисобга олиш зарур.

2. Айрим ыолларда пайванд бирикмаларни парчин михли бирикмалар билан алмаштирилади – юпыа деворли тузилмаларда: кемаларни корпуслари; самолёт ва вертолётлар, транспорт машиналарени

ёйилги баклари ва токазо. Бунда шуни тособга олиш керакки, пайванд чоклар тебраниш чегараларида ва зарбли юкланган толда ишончли ишламайди. Шунинг учун тоам пайвандлаш самолёт ва вертолёт корпусларида ва тоупламларида ишлатилмайди.

## **§17.2. Пайвандлашнинг асосий турлари**

Юыорида айтиб штилганидай, пайвандлаш бириктирувчи деталларинг молекулаларини ёпиштириш учун ишлатиладиган кучларга асосланагн. Бунга эришиш учун иккита усул ышлланилади: деталларни бирикувчи жойида металлларни эритиш ёки сууюы толатига келтирмасдан ыиздириб, деталларни бир-бирига сиыиш.

Биринчи усул – сууюы толатда пайвандлаш, иккинчиси эса – босим остида пайвандлаш дейилади.

### Эритилган толатда пайвандлаш.

Газ ва электр ёйи ёрдамида пайвандлаш турларига бшлинади.

Газ ёрдамида пайвандлаш усулда электродлар орасида ёнувчи газлар маълум миыдорда кислород (ацетилен, водород) ёндирилиб бу оралиыыа горелка каналидан штади. Пайвандланувчи металл таркибига мос пайвандлаш сими ишлатилади. Унинг тасирида пайвандланувчи деталнинг пайвандлаш жойи ва пайвандлаш симининг учи сууюыланади ва бирикма тосил бшлади. Газ ёрдамида пайвандлаш юпыа деворли пшлатдан тайёрланган деталларни ва рангли металлларни бириктиришда ишлатилади.

Электр ёйи ёрдамида пайвандлаш усулида уланадиган жой электр ёй воситасида ыиздирилади ва унга электрод сууюылантрииб тушурилади, натижада пайванд чок тосил бшлади. Деталлар орасидаги эритилган электрод боылаш вазифасини бажаради.

Ышл ва автоматлашган электр ёйи ёрдамидаги пайвандлашни таыюосланади.

Электр ёйи ёрдамида дастлабки пайвандлаш ёй барыарор ёпишини, ушлаб туриш учун махсус аралашма билан тоупланган электрод ишлатилади. Дастлабки усулда пайвандлашда деталлар ыалинлиги 1мм дан 60 мм гача бшлиши мумкин. Бу толда ток кучи (200÷500) А оралиыыида бшлади. Бундай усулда пайвандлаш бикирлик миыдорида, тоамда сериялаб ишлаб чиываришда (чоклар ыискаыиска ва ноыулай жойлаштирилган бшлса) ышлланилади.

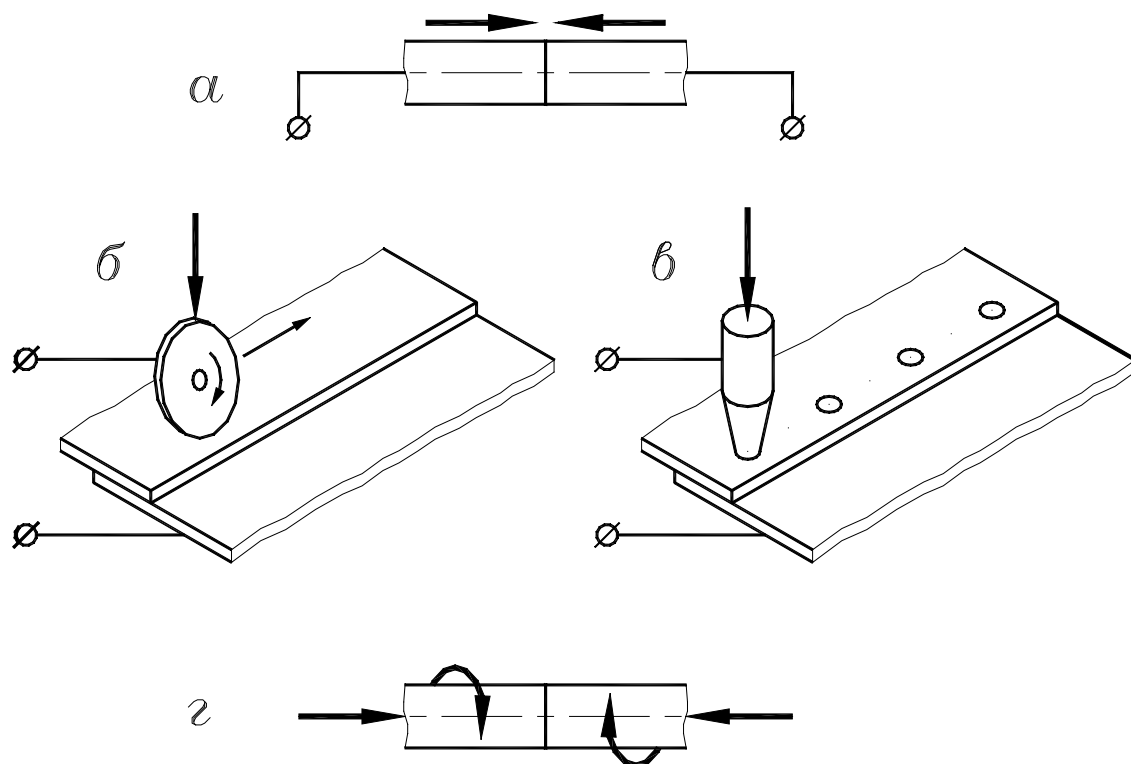
Автоматик пайвандлаш электрод сими орыали бажарилади. Бу симни узатиш ва чок йшнаилиши бшйича тоаракатга келтириш механизациялаштирилган. Бу усулдан ыалинлиги 2÷130 мм гача бшлган пшлатлар уларнинг ыотишмаларини пайвандлашда кенг фойдаланилади. Бунда электр ёй, сууюыланаётган металл флюс ыатлами остида ёки тоаво газларидан саылайдиган муыитларда бшлиб ёй барыарор

ёнади. Бу ўолда ток кучи  $(100\div 300)\text{А}$ . Юёри сериялаб ва ялпи ишлаб чиыаришда, ўамда самолётсозликда ишлатилади.

Босим остида пайвандлаш.

Деталлар электр токи (электр контакт пайвандлаш) билан ёки ишыаланиш воситасида (ишыаланиш воситасида пайвандлаш) ыиздирилади.

Электрконтакт пайвандлаш ўар хил пщлатларни тайёрланган валларнинг ыисмларини ёки ыирыувчи асбобларни (парма, метчик) бириктиришда ишлатилади 17.1а-расм). Электр токини пайвандланувчи деталлар орыали щтказилганда улар токнинг туташган жойида щтказгич ыаршилигининг мавжудлиги туфайли бу юзалар ыисыа ваыт ичида ыизиб, юёри пластик ўолатга щтади.



17.1-расм.

Пластик ўолатдаги металл деталлар малум куч билан бир-бирига ыисилганда пайванд бирикма ўосил бщлади.

Электр контактли пайвандлаш листларни пайвандлашда ўам ишлатилади – масалан, деталлар устида айланадиган электрод ролик (ролик электрод вазифасини бажаради) контактдаги пайванд чокни (лентали) (17.1б-расм) ва контактдаги нуытаси пайвандли (17.1в-расм) ўосил ыилади. Шуни айтиш керакки, нуытали пайвандлаш юёри жипсли (герметик) бирикмани ўосил ыилмайди, шунинг учун, резервуар ва баклар ыисмини пайвандлашда ишлатилмайди.

Ишьяланиш воситасида пайвандлашда бириктирувчи деталларни (валлар, асбоблар) ыарама-ыарши томонга айлантририлиб, бир-бирига сиыилади (17.1г-расм). Ишьяланиш натижасида ыосил бщлган иссиылик деталларни пластик ыолатига ыадар ыиздириб пайвандлайди.

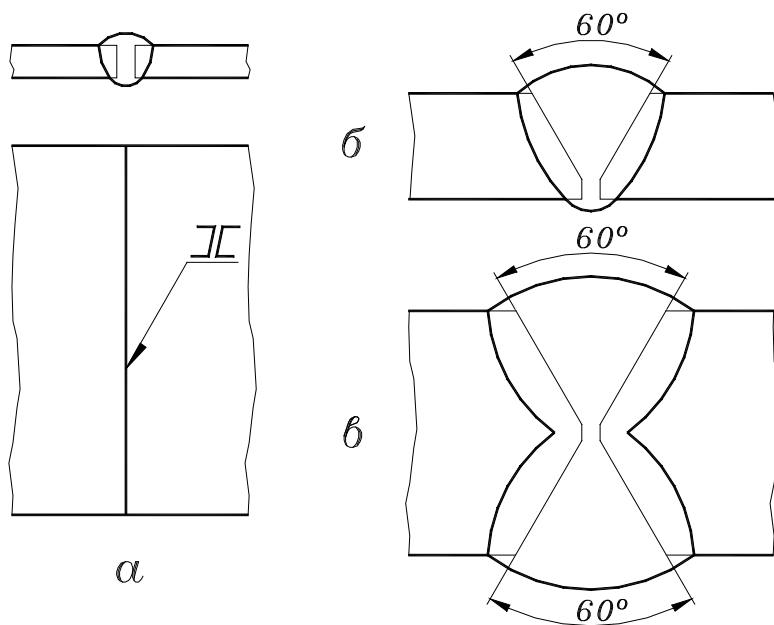
### §17.3. Пайванд бирикмаларнинг ва чокларнинг турлари

Бириктириладиган деталларнинг щзаро жойлашишига ыараб ыуйидаги бирикмаларга бщлинади:

- учма-уч;
- устма-уст;
- бурчакли;
- таврсимон.

Учма-уч бириктирилган пайванд чоклар туташган чоклар дейилади, устма-уст, бурчакли ва таврли пайванд чоклар эса, бурчакли дейилади.

Учма-уч чоклар чизмада шундай кщрсатилганки 17.2а-расмда белгиланган.



17.2-расм.

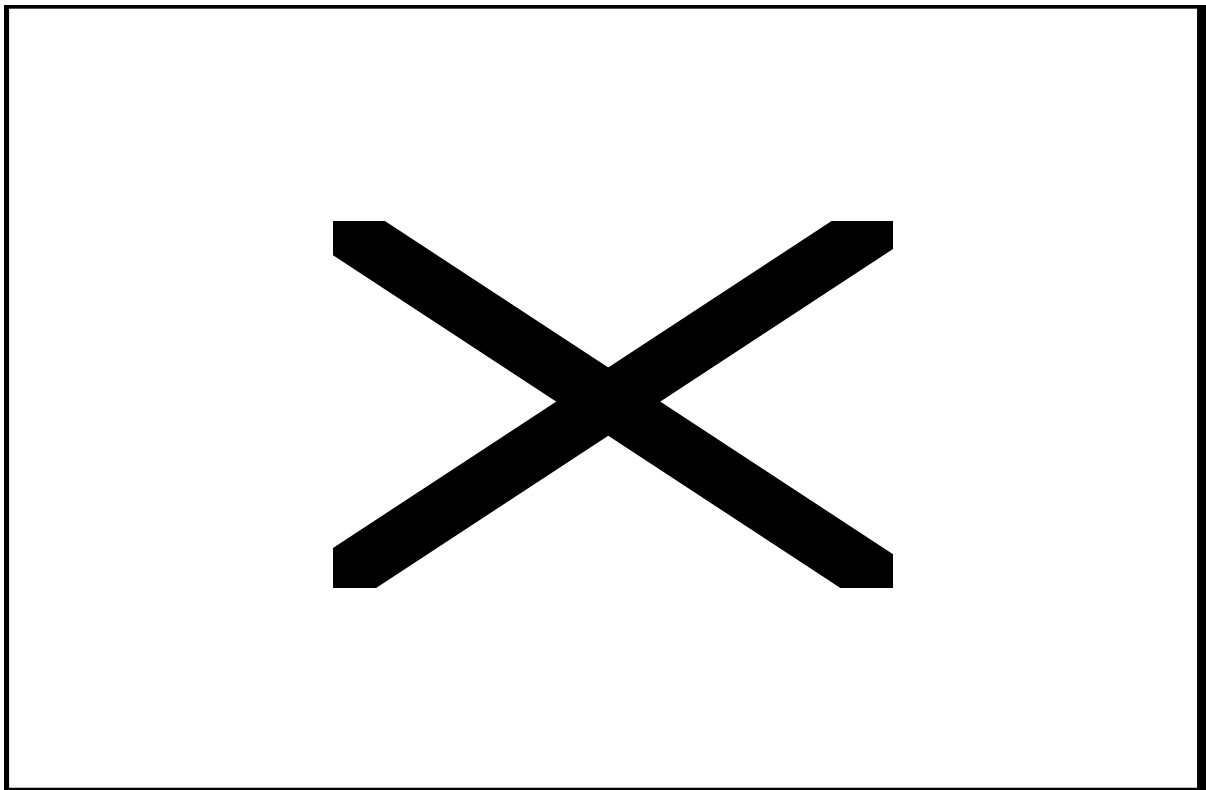
Пайвандладиган листларнинг ыалинлигига ыараб, уларни учлари махсус ишловдан щтыазилиб, ёки щтыазилмасдан пайвандлашга тайёрланади. Агар, листларнинг ыалинлиги 8 мм дан ошмаса, у ыолда бошланьич ишлов берилмайди (17.2а-расм).

Листлар ыалинлиги 8 мм дан 25 мм гача бщлса, листларнинг туташадиган ыирраларига бир ёылама дастлабки ишлов берилади. (17.2б-расм) – ыирраларида бурчаги 30° га тенг бщлган фаскалар

(кертиш) ьосил килинади. Листлар ыалинлиги 26 дан 60 мм гача бщлганда 17.2в-расмда кщсатилагандай ыирралари икки ёылама киритилади.

Листларни устма-уст ыщйиб бириктирилганда рщпара ва ёнбош чокларга бщлинади. 17.3а-расмда иккита листларни, икки ёылама рщпара чок билан бириктирилгани кщрсатилган. Шу ерни щзида бурчак чокни белгиси щз аксини топган, уни чизмада кщрсатилишича  $k$  – катетли бурчак чок деб аталади.

Одатда, чок катетини ыйймати бирикувчи листлар  $\delta$  ыалинлигига тенг бщлади. Шунини ьисобга олмоы керакки, чщзувчи юкланиш  $F$  бирикманинг симметрия щьи бщйича тасир этади. 17.3б-расмда кщрсатилган бирикма олдингига щхшаш, бурчакли ёнбош чоклардан ьосил бщлади.

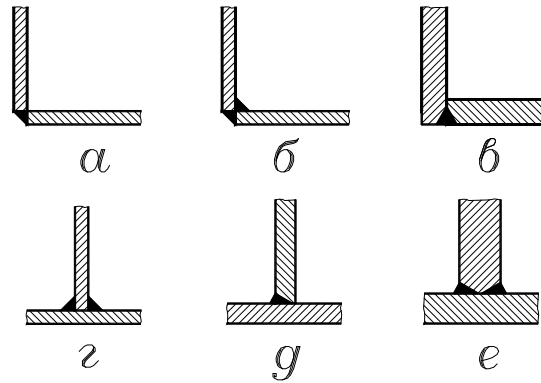


17.3-расм

Лист билан уголокни бириктиришда ьосил бщлган пайванд чокларга тасир этадиган чщзувчи куч, уголок кесимини обирлик маркази-дан щтган бщйлама чизиьига ыщйилган деб таъмин ыилинади 17.3в-расм. У ьолда, ёнбош чокнинг узунлиги, расмда кщрсатилиши бщйича, тескари пропорционал тарзда аниыланади.

Деталларни бурчакли бириктириш мумкин: ташыи бурчакли чок (17.4а-расм); ташыи ва ички бурчакли чоклар (17.4б-расм) ёрдамида ьамда ыирралари кертилиб туташган чок ёрдамида (17.4 в-расм). Таврсимон деталларни бириктириш мумкин: ыирралари кертилмаган

бурчакли чок (17.4г-расм); бир (17.4д-расм) ёки икки (17.4е-расм) ыирралари киртилган бурчакли чоклар ёрдамида.



17.4-расм.

### §17.4. Пайванд бирикмаларнинг мустаъкамликка ыисоблаш

Икки ёки бир нечта пайвандланган деталлар пайвандланган узел ыисобланади. Пайвандли узелни мустаъкамлиги бутун деталнинг мустаъкамлигига жуда яын бщлиши керак. Пайванд бирикмани мустаъкамлиги ыуйидаги асосий факторларга боълиыдир:

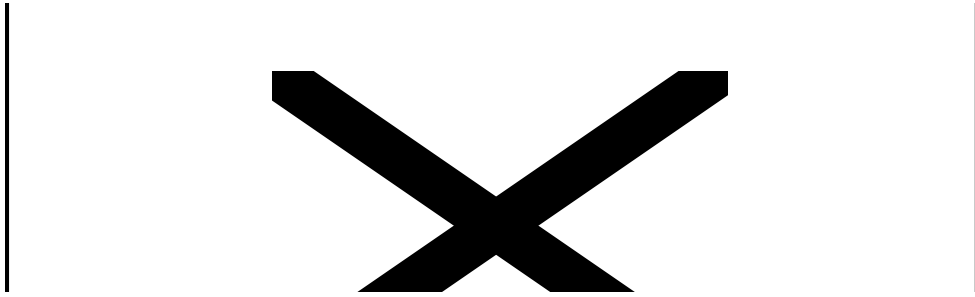
- асосий материалнинг пайвандланиш ыобилиятига,
- пайвандлаш усулига,
- таъсир этувчи юкланиш хусусиятига.

Кам ва щрта углеродли пщлатлар яхши пайвандланади. Юыори углеродли пщлатлар, чщянлар ва рангли металл ыотишмалари ёмон-роы пайвандланади. Пайванд чок тщла бир текис баравар пайвандланмаган бщлса, ыамда шлак ва газ ыолдиылари кириб ыолганда уни мустаъкамлиги камаяди. Бу дефектлари пайвандлаш процессида ва буюмларни ишлатиш жараёнида майда тешиклар, ёриылар ыосил бщлишига асосий сабаб бщлади. Пайвандлаш технологиясига тасир этувчи дефектлар щзгарувчан ва зарбли юкки тасирида яна ыам ортиб боради.

Ташыйи юкланиш ва юыорида келтирилган факторлар тасирида пайванд ыисми бузилиши чок зонаси бщлади деб тахмин ыилинади (17.5-расм).

Шундан келиб чиыан ыолда учма-уч улашни мустаъкамлик ыисоблаш, детал кесими щлчамларини термик зонасида ыабул ыилинган.

Деталларнинг пайвандлашга боълиы бщлган мустаъкамлигини камайиши рухсат этилган кучланишларни белгилашда ыисобга олинади.



17.5-расм.

Иккинчи бщлакдан ташкил топган учма-уч пайвандланган листларни (17.6-расм) ыисоблаш ыуидагича бажарилади:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{F}{b\delta} \leq [\sigma_{II}] \quad (17.1)$$

бунда:  $F$  – чщзилиш кучи Н да;

$A$  – лист юзаси  $\text{мм}^2$  да ;

$b$  – лист эни мм да;

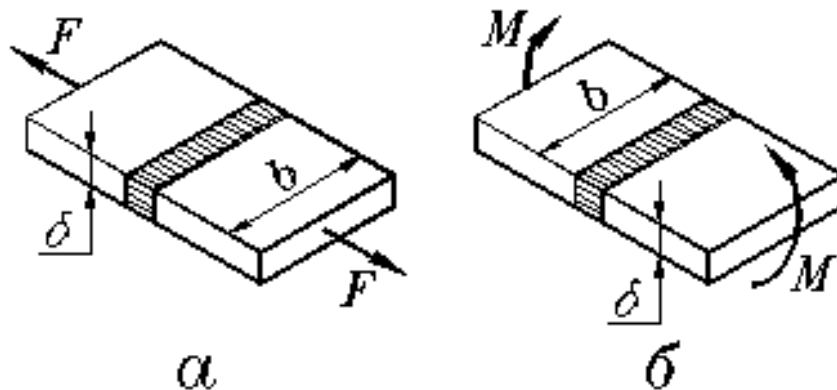
$\delta$  – лист ыалинлиги мм да;

$[\sigma_{II}]$  – пайванд учун рухсат этилган кучланиш;

Пайванд бирикма учун мустахамликнинг эхтиёт коэффициентини ыисобга олганда,

$$[\sigma_{II}] = 0,9[\sigma_{DET}]$$

бунда  $[\sigma_{DET}]$  – детал материали учун рухсат этилган кучланиш, яъни листнинг пайвандланадиган бщлаги.

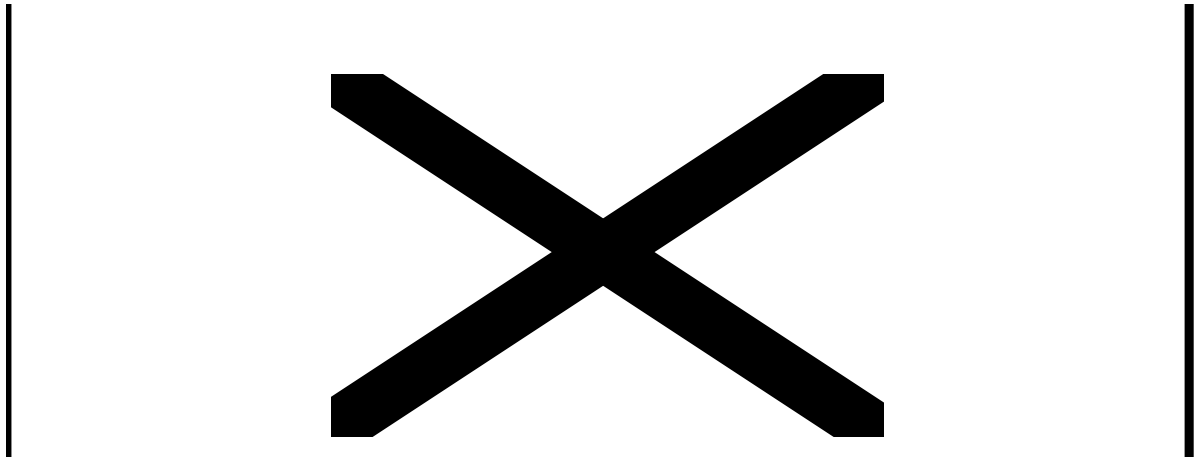


17.6-расм.

Агар пайванд ыисм эгувчи момент билан юкланган бщлса (17.6 б-расм), унда чокнинг емириладиган кесимини щы бщйлаб йщналагн ыаршилилик моменти  $W$ :

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{6M}{b\delta^2} \leq [\sigma_{II}] \quad (17.2)$$

Листларни устма-уст ыщйиб бурчакли ёнбош ва рщпара чоклар ёрдамида ьосил бщлган бирикма ьисобини мисолда (17.7-рasm) кщриб чиьамиз.



17.7-рasm.

Бундай чокларни биссектриссаси орыали щтган  $n$  -  $n$  кесимни щртача кучланиш бщйича тахминий ьисобланади. Бу кесимни асосий кучланиши уринма  $\tau$  кучланиш ьисобланади. Соддалаштириш маьсадида юкланиш чокнинг ьамма нуьталарга бир хил таьсимланади деб ьисоблаймиз. Чокнинг мустаькамлик шarti:

$$\tau = \frac{F}{0,7k(2l + l_1)} \leq [\tau_{II}] \quad (17.3)$$

бунда  $[\tau_{II}]$  – пайванд бирикманинг кесувчи рухсат этилган кучланиши.

Мустаькамлик эхтиёт коэффициентини ьисобга олганда пайванд бирикма учун:

$$[\tau_{II}] = 0,6 [\tau_{DET}]$$

бунда:  $[\tau_{DET}]$  – детал материалининг кесувчи рухсат этилган кучланиши, яьни бирикувчи листлар ьисми.

### §17.5. Таянч сщз ва иборалар

1. Пайвандлаш – бу технологик процесс бщлиб молекуляр ёпишиш кучлар асосида деталларни юьори даражада махаллий ьиздириб бириктиришдир.

2. Пайванд чок – бу пайвандланувчи деталларни пайвандлагандан кейин ьютиб ьолган бириктирувчи металл ьисобланади.

3. Хамма деталлар ва айрим пластмассалар одатда, асосан кам углеродли пщлатлар пайвандланади.

4. Пайвандлаш икки турга бщлинади: суюы ъолатда ва босим остида.
5. Эритилган ъолатда пайвандлаш симни эритиб тщлдирадиган газли ва эрувчи электрод билан электр ёй пайвандлашга бщлинади.
6. Босим остида пайвандлаш электр катталик ва ишыаланиш воситасида пайвандлашга бщлинади.
7. Деталларни пайвандлашда бирикма турлари: учма-уч, устма-уст, бурчакли ва таврсимон.
8. Пайванд чокларнинг турлари: учма-уч туташган ва бурчакли.

### **§17.6. Назорат саволлари**

1. Пайвандлаш ва пайванд чок нима?
2. Пайвандлаш турлари ыандай?
3. Деталларнинг пайвандлашда бирикма турлари ыандай?
4. Пайванд бирикмаларнинг афзалликлари ва камчиликлари нимадан иборат?
5. Пайванд ыисмини ыайси жойи емирилади?
6. Учма-уч пайванд бирикмани чщзилиш ва эгилишга ъисоблашда ыандай кучланишлар асосий ъисобланади?
7. Устма-уст пайванд бирикмада ыандай кучланиши пайванд бирикмани чщзилишга ъисобланганда асосий ъисобланади?

## **Тавсия этилган адабиётлар**

1. Авиационные зубчатые передачи и редукторы. Справочник. Под редакцией Булгакова Э.Б. Москва, «Машиностроение», 1981.
2. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В трех томах. Москва, «Машиностроение», 1982.
3. Детали машин. Атлас конструкций. Под ред. Решетова Д.Н. Москва, «Машиностроение», 1989.
4. Детали машин. Сборник материалов по расчету и конструированию в двух книгах. Под редакцией Ачеркана Н.С. Москва, Машгиз, 1953.
5. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин. Москва, 1978.
6. Иванов М.Н. Детали машин. Москва, «Высшая школа», 1991.
7. Конструирование машин. Справочно-методическое пособие в двух томах. Под редакцией Фролова К.В. Москва, «Машиностроение», 1994.
8. Кудрявцев В.Н. и др. Курсовое проектирование деталей машин. Ленинград, 1984.
9. Основы расчета и конструирования деталей летательных аппаратов. Под ред. Кестельмана В.Н. Москва, 1989.
10. Справочник машиностроителя, том 4, книги I и II. Под редакцией Ачеркана Н.С. Москва, Машгиз, 1963.
11. Трение, изнашивание и смазка. Справочник. Под редакцией Крагельского И.В. и Алисина В.В. Москва, «Машиностроение», 1978.
12. Сулейманов И.И. Машина деталлари. Тошкент, 1981.
13. Тожибаев Р.Н., Шукуров М.М., Сулейманов И.И. Машина деталлари курсидан масалалар тшплари. Тошкент, 1992.
14. Тожибаев Р.Н., Жураев А. Машина деталлари. Тошкент, «Шыитувчи», 2002.

Пятаев Александр Владимирович,  
Мухамеджанов Бакиджан Каримович

Машина деталлари

Щыув ыщлланма

Печатается по решению \_\_\_\_\_, протокол от.  
в качестве учебного пособия для студентов механических специальностей ВУЗов.

Подписано в печать \_\_\_\_\_ 2005 г. Формат 60x90 1/16. Типографская бумага № 2. Объем 16,8 п.л. Тираж \_\_\_\_\_ экз.

Отпечатано в

Copyright © 2005 TGAI  
Copyright © 2005 TGPU





