

Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті

ӘОЖ 621.878.23

Қолжазба құқығында

АУКЕНОВА БЕКЗАТ ҚАБЫКЕНҚЫЗЫ

**Бульдозер - террасер үшін ауыспалы геометриясы бар қайырманьң
параметрлерін негіздеу және конструкциясын жасау**

6D071200 – «Машина жасау»

Философия докторы (PhD) дәрежесін
алу үшін дайындалған диссертациясы

Ғылыми кеңесшілер:
т.ғ.д., профессор Кадыров Ж.Н.,
т.ғ.д., профессор Жаутиков Б.А.,
т.ғ.д., профессор Дудкин М.В.
Шетелдік ғылыми кеңесші:
т.ғ.к., профессор Кустарев Г.В.
МАНМТУ (МАНИ), Мәскеу, РФ

Қазақстан Республикасы
Өскемен, 2024

МАЗМҰНЫ

БЕЛГІЛЕНУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР	4
КІРІСПЕ	5
1 БУЛЬДОЗЕРЛЕРДІҢ ЖҰМЫС ПРОЦЕСТЕРІН ҚАРҚЫНДАТУ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ЖҰМЫС ОРГАНДАРЫН ЖЕТІЛДІРУ САЛАСЫНДАҒЫ ЖҰМЫСТАРДЫ, КОНСТРУКЦИЯЛАР МЕН ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ТАЛДАУ	9
1.1 Бульдозерлердің тиімділігін арттырудың негізгі бағыттары	9
1.2 Бульдозерлермен жүргізілетін жұмыстарды талдау және бульдозерлік жұмыс органдарына қойылатын міндетті талаптарды айқындау	13
1.3. Бульдозерлік жабдық саласындағы патенттік және конструкторлық шешімдерге шолу және талдау	16
1.4 Бульдозерлік жабдық саласында тәжірибеде қолданылатын белгілі техникалық шешімдерге шолу және талдау	27
1.5 Әртүрлі конструкциялардың бульдозер қайырмаларының топырақпен өзара әрекеттесуі туралы белгілі теориялық зерттеулерге шолу және талдау ...	42
1 - бөлім бойынша қорытынды	50
2 АУЫСПАЛЫ ГЕОМЕТРИЯСЫ БАР БУЛЬДОЗЕР ҚАЙЫРМАСЫНЫҢ ОРТАМЕН ӨЗАРА ӘРЕКЕТТЕСУІНІҢ ТЕОРИЯЛЫҚ ТАЛДАУЫ	53
2.1 Бульдозер қайырмасының геометриялық параметрлерінің ауыспалы геометриямен арақатынасының оның топырақпен жұмыс істеу сипатына әсерін талдау	53
2.2 Ауыспалы геометриясы бар бульдозерлі қайырмамен топырақтың дамуын теориялық талдау	67
2.3 Ілгері қиғаш орнатылған бүйір секцияларында ауыспалы геометриясы бар қайырманы сүйреу призмасының геометриялық параметрлерін анықтау	68
2.4 Ауыспалы геометриясы бар қайырмамен қазу кедергісінің өзгеруінің әсер етуші факторларға тәуелділігін қалыптастыру.....	76
2.5 Әсер етуші факторлардан бульдозер өнімділігінің өзгеру сипатын анықтайтын көрсеткіштерді таңдау	88
2 -бөлім бойынша қорытынды	98
3 АУЫСПАЛЫ ГЕОМЕТРИЯСЫ БАР БУЛЬДОЗЕР ҚАЙЫРМАСЫНЫҢ ТОПЫРАҒЫМЕН ӨЗАРА ӘРЕКЕТТЕСУДІ ЭКСПЕРИМЕНТТІК ЗЕРТТЕУ ӘДІСТЕМЕСІ	100
3.1 Эксперименттік зерттеулерді жүргізудің міндеттері мен әдістемесі	100
3.2 Эксперименттік жабдық және өлшеу аппаратурасы, эксперименттік деректерді өңдеу.....	112
3 - бөлім бойынша қорытынды	119
4 АУЫСПАЛЫ ГЕОМЕТРИЯЛЫҚ ҚАЙЫРМА МОДЕЛІНІҢ ТИІМДІЛІГІН ЗЕРТТЕУДІҢ ЭКСПЕРИМЕНТТІК НӘТИЖЕЛЕРІН ҚОРЫТЫНДЫ ТАЛДАУ. ЕСЕПТЕУ ӘДІСТЕМЕСІ	121

4.1 Топырақпен өзара әрекеттесу кезінде ауыспалы геометриясы бар қайырма моделінің жұмыс процесін зерттеудің эксперименттік нәтижелері ..	121
4.2 Ауыспалы геометриясы бар бульдозер қайырмасының негізгі параметрлерін есептеу әдістемесі.....	128
4-бөлім бойынша қорытынды	131
ҚОРЫТЫНДЫ	134
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ.....	137
ҚОСЫМШАЛАР	153

БЕЛГІЛЕНУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР

ҚР – Қазақстан Республикасы

РФ – Ресей Федерациясы

ШҚТУ – Шығыс Қазақстан техникалық университеті

ҒЗЖ – ғылыми-зерттеу жұмысы

ЖК - жабдықтар кешені

ТӨҮ – тәжірибелік-өнеркәсіптік үлгі

ЭМ - эксперименттік модель

ҒО - жетекші шетелдік ғылыми орталықтар

СЭӘ – соңғы элементтер әдісі

БҚЕ – бағдарламалық қамтамасыз ету

БТ – бульдозер-террасер

ШОП – шығыңқы ортаңғы пышақ

КІРІСПЕ

Жұмыстың жалпы сипаттамасы. Жер жұмыстарын жүргізу кезінде еңбек, материалдық және энергетикалық ресурстардың үлкен шығындары оларды механикаландыру құралдарын үздіксіз жетілдіруді қажет етеді.

Қазіргі уақытта машинист жұмысының техникалық деңгейін, сенімділігі мен сапасын арттыру, ыңғайлылығы мен қауіпсіздігін қамтамасыз ету жаңа техниканың айтарлықтай қымбаттауымен қатар жүреді. Бұл жағдайларда оны уақыт пен техникалық мүмкіндіктер бойынша оңтайлы және ұтымды пайдалануды қамтамасыз ету ерекше маңызға ие.

Ең өнімді жұмыс жабдықтары жоғары мамандандырумен ерекшеленетін жер-көлік машиналарының жетекші түрлерінің бірін білдіретін бульдозер-трассерлерге қатысты бұл талап тек бір типтегі жұмыстардың үлкен көлемі бар объектілерде орындалады. Тиімсіз пайдаланылатын мамандандырылған машиналар мен ауыстырылатын жабдықтардың үлкен паркін ұстамау, қайта жабдықтау және қайта орнықтыру шығындарын ұлғайту үшін, дисперсті объектілерде әртүрлі жұмыстардың шектеулі көлемін орындау кезінде әмбебап мақсаттағы қайырма-малары бар бульдозерлерді қолданған жөн.

Бульдозердің әмбебап жұмыс органының перспективалық құрылысына бастапқы құрастыру тұрғысынан ауыспалы геометриясы бар үш секциялы қайырма жатады. Қайырма мен пышақтың пішінін топырақ жағдайларына және орындалатын жұмыстың технологиялық талаптарына бейімдеу және сфералық және жарты шар тәрізді қайырма-малардың, сондай-ақ шығыңқы ортаңғы пышақпен (ШОП), қисаю, айналмалы, түзу және өтпелі төсеммен қайырма-малардың кейбір артықшылықтарын біріктіру үш секциялы қайырма-маның конструкциясына мүмкіндік береді, онда орталық секция қайырма-маның симметрия жазықтығына бұрышта орналасқан топсалармен жалғанған бүйірлік жылжымалы бөлімдер қосылған.

Мамандандырылған қайырма-малардың топырақпен өзара әрекеттесу процестерін белгілі зерттеулерде көбінесе нақты ерекшеліктер ескерілмейді және қайырма-маның негізгі геометриялық параметрлерін оның әмбебап бейімделуімен тағайындауға негізді түрде жақындауға мүмкіндік бермейді. Осы мақсатта ауыспалы геометриясы бар және ең алдымен топырақты қазу кезінде жаңа әмбебап құрылымның қайырма-масымен топырақты игерудің жұмыс процесін зерттеу қажет. Бульдозер-террасердің жұмыс органын топырақ жағдайына және орындалатын жұмыстың технологиялық талаптарына басқарылатын бейімдеу мәселесін шешу бір өту процесінде бульдозердің қайта өту уақыты мен санын едәуір қысқартуға мүмкіндік беріп, сол арқылы жер-көлік машиналарының жұмыс процесінің тиімділігін едәуір арттыруға мүмкіндік береді [1-3]. Осылайша, бульдозер-террасер үшін ауыспалы геометриясы бар жаңа қайырма-маның дизайнын жасау және ол жүргізетін жұмыстардың тиімділігінің параметрлерін, атап айтқанда жұмыс процесінің қарқындылығы мен ұзақтығын негіздеу өзекті міндет болып табылады.

Диссертациялық жұмыстың идеясы оны әртүрлі топырақтарға, талаптарға және жұмыс жағдайларына бейімдеу мүмкіндігі арқылы оның жұмыс процесін күшейту, оған көлбеу орналасқан топсаларға қатысты қайырманьң бүйір бөліктерін басқарылатын бұру арқылы ауыспалы геометриясы бар жаңа бульдозерлік жабдықтың тиімділігін арттыру.

Диссертациялық жұмыста шешімі келтірілген мәселе тар шеңберде мамандандырылған жұмыс жабдықтарының функционалдық мүмкіндіктерін кеңейту және ауыспалы жұмыс жағдайларына басқарылатын, ауыспалы геометриясы бар әмбебап мақсаттағы баламалы бульдозерлік жабдықты құру арқылы жұмыс жабдығын өзгертпестен, нақты жағдайларда бульдозер-террасерлердің үздіксіз жұмысын тиімді қамтамасыз ету болып табылады.

Диссертациялық жұмыстың негізгі гипотезасы - ауыспалы геометриясы бар бульдозер қайырманьң және оның кескіш пышағының жаңа құрылымының ауыспалы өндірістік жағдайларға бейімделуіне және дамуына байланысты ауыспалы геометриясы бар қайырмамен топырақты кесудің энергия сыйымдылығын төмендету кезінде өнімділікті арттыру мүмкіндігі. Ол тұзу қайырманьң бірқатар артықшылықтарын қалқымалы ортаңғы пышақпен, бұралмалы және сфералық типтегі қайырмалар және төсеуіш қайырмамен артықшылықтарын үйлестіруді қамтамасыз етеді.

Диссертациялық зерттеудің мақсаты - ауыспалы геометриясы бар қайырманьң жұмыс процесінің мүмкіндіктері мен параметрлерін анықтау, өнімділікті арттыру және бульдозерді пайдалану объектілерін бұрыштық буын мен оның кескіш пышағының геометриялық пішінінің өзгермелі өндірістік жағдайларға бейімделуіне байланысты кеңейту.

Зерттеудің негізгі міндеттері:

- ортаңғы бөліктің жазықтығына және олардың айналасындағы бүйір бөліктердің орын ауыстыру (айналу) бұрышына бойлық және көлденең қозғалатын топсалар осьтерінің айнымалы бұрышына тәуелді ауыспалы геометриясы бар қайырманьң параметрлері мен мүмкіндіктеріне геометриялық талдау жүргізу;

- сүйреу призмасының шамасының қайырманьң негізгі параметрлері мен жұмыс режимдеріне тәуелділігін әзірлеу (ортаңғы бөліктің ені, көлденең жазықтықтағы топсалардың осьтерінің көлбеу бұрышы, топсалардың айналасындағы бүйірлік бөліктердің айналу бұрышы және қазу тереңдігі);

- қазу кедергісінің көлденең компонентінің өзгеру сипатын негізгі параметрлерден және қайырманьң жұмыс режимінен анықтайтын тәуелділікті әзірлеу (ортаңғы бөліктің ені, топсалардың айналасындағы бүйір бөліктердің айналу бұрышының көлденең жазықтығындағы топсалардың осьтерінің көлбеу бұрышы және қазу тереңдігі);

- топырақта өзгертін әртүрлі беріктіктің әсерін, қайырмань тереңдету операциясының ұзақтығын және бульдозерлердің тартқыш-ілінісу қасиеттерін ескере отырып, бульдозерлердің өнімділігін есептеу үшін тәуелділікті әзірлеу;

- топырақ типіне және жұмыс жағдайына бейімделетін ауыспалы геометриясы бар қайырманың масштабты физикалық модельдерін эксперименттік зерттеу бағдарламасы мен әдістемесін әзірлеу;

- ортаңғы секция ұзындығының, көлденең жазықтықтағы топсалар осьтерінің көлбеу бұрышының, жоспардағы бүйірлік секцияларды орнату бұрышының және сүйреу призмасы мен қазу кедергісінің көлденең компонентінің шамаларына бейімделетін типтегі қайырмамен қазу тереңдігінің әсерін эксперименттік зерттеу жүргізу;

- жұмыс жағдайларына бейімделуге мүмкіндік беретін ауыспалы геометриясы бар қайырманың негізгі параметрлерін анықтау әдістемесін әзірлеу;

- жұмыс жағдайларына және әзірленетін топырақтың қасиеттеріне бейімделе алатын, ауыспалы геометриясы бар қайырмалы бульдозерлерді қолданудың техникалық-экономикалық тиімділігін анықтау.

Зерттеу нысаны - ауыспалы геометриясы бар бульдозер қайырмасының физикалық моделі, сондай-ақ оның қазу процесі кезіндегі топырақпен әрекеттесу процестері болып табылады.

Зерттеу пәні - ауыспалы геометриясы бар қайырманың пішінінің топырақты қазудың нақты көрсеткіштеріне әсер ету заңдылықтарын анықтау.

Ұсынылған жұмыстың ғылыми жаңалығы

- жылжымалы қайырмалы жұмыс органдарының геометриялық сипаттамаларын, оның ішінде ауыспалы геометриямен және олардың жеке секцияларын функцияда еркін осьтің айналу бұрышынан және айналу осінің орналасуын анықтайтын параметрлерден есептеу әдістемесімен әзірленген;

- төменнен жоғары қарай кеңейетін орта секция және қазу кедергісінің көлденең құрамдас бөлігі бойынша топырақтың көтерілуіне төзімділіктің аналитикалық тәуелділіктерімен, сондай-ақ қиғаш орнатылған бүйірлік секциялары бар ауыспалы геометриясы бар қайырманың сүйреу призмасының биіктігі мен көлемімен, қайырманың геометриялық параметрлерінен, топырақтың физика-механикалық қасиеттерінен және қазу тереңдігінен әзірленген;

- белгілі бір топырақтағы бульдозер-терассердің техникалық өнімділігін есептеуінен алынған нақтыланған формула, рационалды, нақты жағдай үшін тартқыш-жылдамдық режимі және ауыспалы геометриясы бар жылжымалы қайырманы тереңдету операциясының уақыты, қайырманың кесу жиегіндегі тік қысымның арақатынасымен және топырақтың шекті көтергіштік қабілетімен анықталады;

- қазу кедергісінің көлденең компонентінің және сүйреу призмасының массасының топсалардың көлбеу бұрыштарына және бүйірлік бөлімдерді орнатуға, сондай-ақ қазу тереңдігіне белгіленген регрессиялық тәуелділіктері;

- ауыспалы геометриясы бар әмбебап бульдозер қауырмасының негізгі параметрлерінің ұтымды мәндерін есептеудің әзірленген әдістемесі.

Жұмыстың практикалық маңыздылығы конструкцияны негіздеуден және ауыспалы геометриясы бар әмбебап мақсаттағы жылжымалы қайырманың

негізгі параметрлерін анықтаудың әзірленген әдістемесінен, бульдозер-террасер жұмыс жабдықтарының конструкциясына алынған патенттерден тұрады.

Жұмыс Д.Серікбаев атындағы ШҚТУ машина жасау мектебінде, эксперименттік зерттеулер Мәскеу автомобиль-жол мемлекеттік техникалық университетінің жол машиналарының сенімділігі мен сапасы салалық зертханасының топырақ каналында профессор Г.В.Кустаревтің жетекшілігімен жер-жөлік машиналарының жұмыс процестерін физикалық модельдеу стендінде, эксперименттік материалды өңдеу Польша қаласындағы Вроцлав ғылым және технологиялар университетінде (Wrocław University of Science and Technology) профессор М.Млынчактың басшылығымен (Mlynczak Marek) орындалды.

Қорғауға келесідей ғылыми ережелер шығарылады:

- ауыспалы геометриясы бар жылжымалы (тартылатын) қайырманың жұмыс органдарының геометриялық параметрлерін және олардың функциядағы жекелеген секцияларын бұрылу бұрышынан және бұрылу (ұзарту) осінің орналасуынан есептеу әдістемесі;

- ауыспалы геометриясы бар әмбебап үш секциялы бейімделгіш қайырмасы бар топырақты қазу процесінің негізгі көрсеткіштерінің әсер етуші факторларға және топырақтың жай-күйіне теориялық тәуелділігі;

- бульдозер-террасердің техникалық өнімділігін анықтаудың нақтыланған тәуелділігі;

- ауыспалы геометриясы бар әмбебап тартылатын қайырмасы бар топырақты қазу процесін эксперименттік зерттеу нәтижелері.

Жұмыстың апробациясы. Зерттеу нәтижелері халықаралық ғылыми конференцияларда баяндалды және талқыланды: 80-ші (2022) МНМиНИК МАЖИ (МАЖИ, Мәскеу, РФ); «Қазіргі әлемдегі ғылым және білім: ХХІ ғасырдың сын-тегеуріндері» (2020) VI Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясында («Бөбек» ЗТБ, Нұр-сұлтан); студенттердің, магистранттардың және жас ғалымдардың «Қазақстанның инновациялық дамуына жастардың шығармашылығы» VII Халықаралық ғылыми-техникалық конференциясында, ШҚТУ, (2022); Қазақстан Республикасы Тәуелсіздігінің 30 жылдығына арналған «Ғылым, Білім және өндірістің интеграциясы – Ұлт жоспарын іске асырудың негізі» ХҒПК (№12 Сағынов оқулары) (2020), Қарту.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі. Диссертациялық жұмыс машинамен терілген мәтіннің 160 бетінде баяндалған, белгілеулер мен қысқартулардан, кіріспеден, 4 бөлімнен және қорытындыдан, 67 суреттен, 10 кестеден, 214 атаудан және 2 қосымшадан, пайдаланылған дереккөздердің тізімінен тұрады.

Автор диссертациямен жұмыс істеуге көмектескені үшін т.ғ.д., профессор А.Г.Савельевке және т.ғ.к., профессор Р.Л.Раденковқа (Болгария) үлкен алғысын білдіреді.

1 БУЛЬДОЗЕРЛЕРДІҢ ЖҰМЫС ПРОЦЕСТЕРІН ҚАРҚЫНДАТУ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ЖҰМЫС ОРГАНДАРЫН ЖЕТІЛДІРУ САЛАСЫНДАҒЫ ЖҰМЫСТАРДЫ, КОНСТРУКЦИЯЛАР МЕН ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ТАЛДАУ

1.1 Бульдозерлердің тиімділігін арттырудың негізгі бағыттары

Жер қазу машиналарының, атап айтқанда бульдозерлердің тиімділігі олардың өмірлік циклінің барлық кезеңдерінде пайда болатын бірқатар факторларға байланысты. Құрылыс техникасының техникалық деңгейі және оны пайдалану кезінде қол жеткізілетін энергетикалық, материалдық және еңбек ресурстарын үнемдеу, ең алдымен, оны жобалау кезінде енгізілген сындарлы шешімдермен анықталады. Машиналардың сапасы, өндірістік және техникалық пайдалануды ұйымдастыру осы мүмкіндіктерді пайдалану дәрежесін анықтайды.

Пайдалану саласы тарапынан өсіп келе жатқан талаптар, өнеркәсіптің серпінді дамуы және жаңа технологияларды енгізу бульдозер агрегаттарын – базалық тракторлар мен аспалы жабдықтарды, оның ішінде бульдозер-террасерлер үшін де жетілдірудің міндеттері мен негізгі жолдарын айқындайды [3, 4-6 б.]. Бульдозер-террасар (БТ) арнайы мақсаттағы аспалы жабдыққа ие, оны жаңғырту негізінен жылжымалы қайырма-лар бөлігінде, оларды тірек бетінен көтеру немесе түсіру мүмкіндігінде жүзеге асырылады[4].

Жетек және басқару жүйелері айтарлықтай жетілдіруден өтеді. Базалық тракторларда меншікті салмағы 3,5 – 6,1 кг/кВт және қысымның жоғарылауы кезінде отынды тікелей айдау, ауаны аралық салқындату арқылы турбо зарядтау, жүктемеге байланысты инъекцияны электронды реттеу арқылы қол жеткізілетін отынның меншікті шығыны 220 – 224 г/кВт.с, төмен үнемді дизельді қозғалтқыштар қолданылады [5]. Қозғалтқыштардың жаңа конструкциялары бойынша жұмыстар жүргізілуде [6]. Пайдаланудың нақты жағдайларында неғұрлым тиімді тартқыш-жылдамдық режимдерінде жұмыс істеу мүмкіндігін қамтамасыз ету үшін трансмиссиялар үздіксіз жетілдіріледі, олардың сипаттамаларын қозғалтқыштың, жүріс жабдығының сипаттамаларымен, бүкіл бульдозерлік агрегаттың динамикалық сипаттамаларымен барынша үйлестіруге қол жеткізіледі. Механикалық берілістер тарту класына байланысты гидравликалық, гидромеханикалық және электромеханикалық берілістермен ауыстырылады. Ең кең таралған гидромеханикалық беріліс қорабы қуат ағынын бұзбай берілістерді ауыстырумен жүзеге асырылады, кейбір жағдайларда олар автоматтандырылады. ПӘК-ті арттыру үшін кинематикалық схемалар жетілдіріліп, гидравликалық түрлендіргішті бұғаттауды қарастырады. ПӘК-тің қосымша өсуі гидравликалық жүйеде жұмыс сұйықтығының тербелісі мен араласуының жоғалуын азайтады [7].

Бульдозер-террасерлерді жетілдіру бойынша бірқатар конструктивтік шешімдер жекелеген тораптар мен жүйелердің жұмысын техникалық қызмет көрсетуге, бақылауға және диагностикалауға, жөндеуге және көлік өткелдеріне өнімсіз уақыт шығындарын қысқартумен байланысты. Техникалық қызмет

көрсету уақытын қысқарту үшін майлау және реттеу нүктелерінің санын азайтыңыз, кезеңділікті арттырыңыз, диагностикалық құрылғылардың қызмет көрсету және қосылу нүктелері оңай қол жетімді жерлерге шоғырланады. Жаңа техникада оператордың кабинасында визуалды және дыбыстық сигналдар түрінде ақпаратты шығара отырып немесе қозғалтқышты автоматты түрде өшіре отырып, түйіндерде микропроцессорлар мен датчиктерді қолдана отырып, аварияларды бақылау мен алдын алудың автоматтандырылған жүйелері енгізіледі [8, 9].

Жоғары сенімділікті, беріктікті және техникалық қызмет көрсетуді қамтамасыз етуге жете назар аударылады. 3...5 жыл ішінде күрделі жөндеусіз атқарымы 500 сағаттан кем емес барлық есептік ресурсты (10...15 мың сағат) әзірлеуге қабілетті машиналарды жасау үрдісі іске асырылуда [10, 11]. Тенденция прогрессивті техникалық шешімдерді, материалдар мен технологияларды іздеумен байланысты. Ағымдағы жөндеу кезінде тоқтап қалуды азайту үшін көптеген қондырғылардың модульдік орындалуы және әр модульді тәуелсіз бөлшектеу мен орнатуды қамтамасыз ететін орналасу қарастырылған. Түйіндер мен жеке элементтер мүмкіндігінше біртұтас болады.

Жұмысты автоматтандыру және қауіпсіздік деңгейін арттыру бульдозер-террасерлерді жетілдірудің маңызды бағыты болып табылады.

Оператордың шаршауының жоғарылауы және кадрлардың кетуі еңбек жағдайларын жақсартуға ерекше назар аударуды және айтарлықтай күрделі шығындарды түсіндіреді. Барлық заманауи бульдозерлердің кабинасы толығымен шыныдан жасалған, желдету, жылыту, кондиционер, реттелетін орындық, ROPS аударылған кезде және FOPS құлаған заттардан, дірілден, шудан, шаңнан навигация және операторды қорғау жүйелерімен жабдықталған. Түйіндердің жұмысын бақылаудың автоматтандырылған жүйесінің сигналдары сұйық кристалды таблоға шығарылады немесе дыбыстық хабарламалар түрінде келеді.

Автоматтандыру жолындағы келесі қадам оператордың функцияларының бір бөлігін оны түсіру және өнімділікке ықтимал төмен біліктіліктің әсерін жою үшін автоматты басқару жүйесіне беру болып табылады.

«Сат» бәсекелестігінен ұтылған, D555 «Komatsu» бульдозері серияға ешқашан бармады, ал бүгінгі күнге дейін дана түрде шығарылады, екі режимде жұмыс істейтін басқару жүйесі сыналды: «оқыту», онда борттық компьютерде қолмен басқару процесінде топырақ жағдайлары, қозғалыс жылдамдығы, қайырманың орналасу биіктігі туралы деректер жинақталады және «басқару», мұнда қайырманың орнату биіктігі бойынша орналасуы оңтайлы тарту қуатымен жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін автоматты түрде реттеледі. Фирманың мәліметінше, мұндай жүйе орта деңгейдегі бульдозерге өнімділікті 13,6% - ға арттырады және отын шығынын 13% - ға төмендетеді. Ауыр дәрежелі бульдозерде бұл айырмашылықтар сәйкесінше 25 және 32 % құрайды [12].

Бульдозерлердің жұмыс процесін жақсарту тиімділікті арттырудың үлкен резервтеріне ие. Бұл бағыт дәстүрлі механикалық және іргелі ғылымдардың жетістіктеріне негізделген жаңа әдістерді қолданумен байланысты.

Бульдозерлерге қатысты электроосмоздағы газ және сұйық майлау арқылы үйкеліс пен қайырманың жабысуын азайтуға бағытталған әдістер ең қарқынды зерттелді; бөлшектер арасындағы ілінісудің төмендеуі және қоршаған ортаның газ және гидродинамика әдістерімен бұзылуы, соққы беру әсері, әр түрлі жиіліктегі тербелістерді қолдану. Әлемнің барлық университеттерінде, мысалы, РФ (МАЖИ, БОҒЗИ машинажасауқұрылысжол, БҒЗИмашжер), ҚР (ҚарТУ, ШҚТУ, ЕҰУ, ҚазАТК, ҚазҰТЗУ), Украинада (Хади, ДИСИ.), АҚШ-та (Southwest Research Institute, Mississippi State University) және т.б., жүргізген теориялық және эксперименттік зерттеулермен келешегі расталды, зерттелетін әзірлемелер, әзірленген топсалы органдардың ұтымды құрылымдық көрсеткіштері табылды, бірақ олардың көпшілігі, аз ғана ерекшеліктерді қоспағанда, техникалық жоба мен өндіріске салынған инвестициялардың жоғары құнына байланысты әлі де өнеркәсіптік үлгіні нақтылауды күтуде [13 - 16].

Ғылыми-ақпараттық дереккөздерді қарау жетекші әлемдік концерндердің бульдозерлер мен бульдозерлік жабдықтардың барған сайын қуатты типтік өлшемдерін өндіруін көрсетеді. Оларға өте ауыр «Caterpillar» бульдозерлері (D11 CD, 634 kW) [17], D3-159УХЛ (603 кВт) [18], және KOMATSU D575A-3 SD (858 кВт) осы уақытқа дейін өнеркәсіпте өндірілген және бүкіл әлемде өз пайдаланушылары бар бульдозерлер жатады [19].

Бульдозер неғұрлым ауыр және үлкен болса, соғұрлым оның жүзіндегі нақты қысым күші сонымен қатар, әрине, мүмкіндіктер мен қолдану аясы қатты мұздатылған және тасты топырақты игеруден бастап, құрылыс материалдарын өндіру жұмыстарына дейін өнімділік жиынтығын құрайды.

Бұл ретте жұмыстарды жүргізуге жұмсалатын үлестік шығындар неғұрлым жеңіл типтік өлшемдерге қарағанда едәуір төмен. Өте ауыр машиналарды тиімді пайдалану көп жұмысты қажет етеді [20-22].

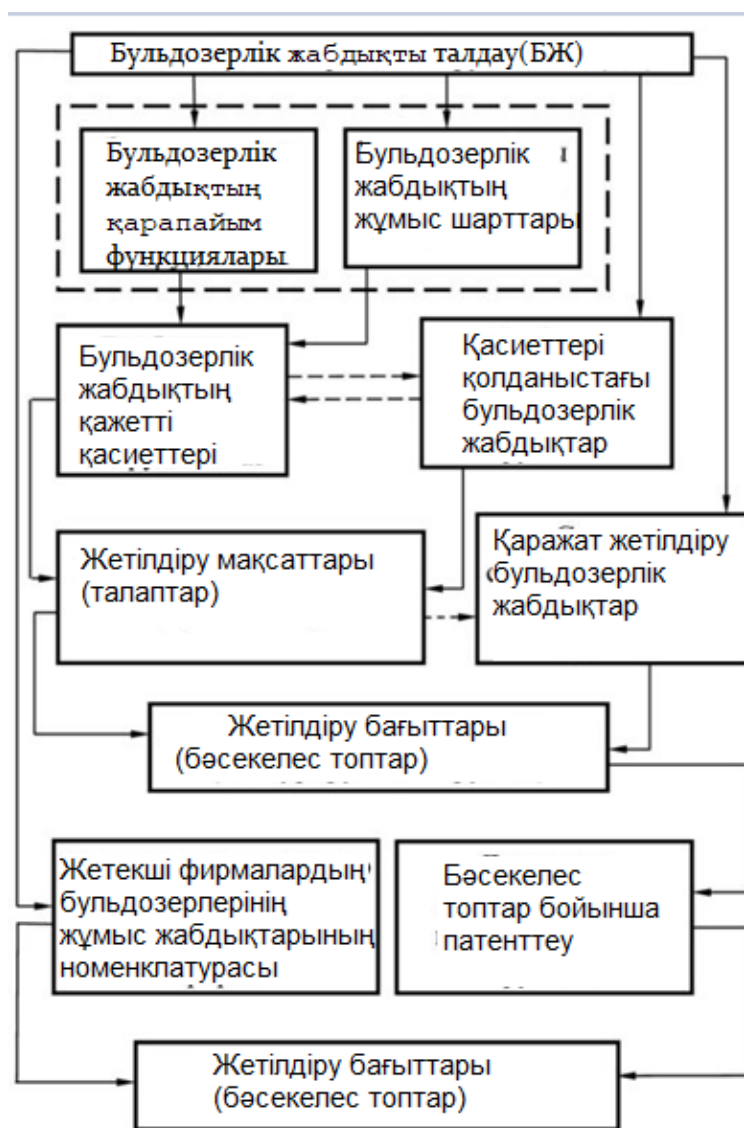
Жұмыс циклінің ұзақтығы жұмыс және көлік жылдамдығына байланысты. Оларды арттыру үшін негізгі тракторлардың энергиямен қанықтылығы үнемі артып отырады. Дәстүрлі тракторларды басқару және жартылай қатты суспензия жүйелері үшін ең қолайлы қуат қанықтылығы 7,5...8,5 кВт/т құрайды [23].

Шынжыр табанды бульдозерлердің жылдамдығын одан әрі арттыру аралас аспалы жүйелер мен автоматтандырылған басқару жүйелерін қолданумен байланысты.

Соңғы 3 онжылдықтағы кейбір зерттеулерде [24-29] жұмыс жабдықтарының, атап айтқанда, бульдозер қайырмаларының даму ортасымен стандартты өзара әрекеттесу кезіндегі дизайн эволюциясының перспективаларына талдау жасалды және бульдозерді толығымен модернизациялау үшін осы бағыттың перспективасы мен өзектілігі дәлелденді, бұл әртүрлі кластағы бульдозер өндірушілерінің қайырмалары бар және жаңа, түпнұсқа конструкцияның басқа да жұмыс жабдықтарымен мерзімді шығарылуымен расталды.

Бульдозерлердің жұмыс органдарын бағыттарда жетілдіру перспективаларын анықтау маңызды міндет болып табылады:

- бульдозер қайырмаларының ең маңызды қасиеттерінің номенклатурасын анықтау;
 - пайдалану қасиеттерін едәуір жақсартуды қамтамасыз ететін ең ерекше техникалық шешімдердің анықтамалары;
 - кез келген бағыттарды дамытудың алынған перспективаларын ұсына отырып, ғылыми-техникалық ақпаратты жан-жақты талдау.
- Бульдозерлік жұмыс органдарын жетілдіру перспективаларын зерттеу нәтижелерін талдау 1.1-суретте схемалық түрде ұсынылған.



Сурет 1.1 - Бульдозерлердің жұмыс органдарын жетілдіру үрдістерін талдау схемасы

Бульдозерлік жабдықтың қасиеттері функционалдық мақсаттағы талаптарды да, оларды қанағаттандыру мүмкіндіктерін де көрсетеді. Осылайша, жабдықтың маңызды қасиеттерінің тізімін және оған қойылатын талаптарды бульдозерлер орындайтын жұмыстарды талдау негізінде анықтауға болады, ал

дамыған өнеркәсіптік елдердегі патенттеу динамикасын талдау және өндірілген бульдозер жабдықтарын, жетекші фирмалар мен ұйымдарды жаңарту кезінде іздестіру негізінде бульдозер конструкцияларын жетілдірудің ең перспективалы бағыттарын анықтауға болады.

1.2 Бульдозерлермен жүргізілетін жұмыстарды талдау және бульдозерлік жұмыс органдарына қойылатын міндетті талаптарды айқындау

Бульдозерлік техниканың қолданыстағы топырақ түрлерін игеру үлесі мұздатылған және тасты жыныстарды қоса алғанда, жалпы көлемнің 70% - на дейін құрайды, бұл ретте бульдозерлік жұмыстардың барлық объектілері мен түрлері топырақпен және оларда өндірілетін жұмыстармен таусылмайды [30-32].

Бульдозерлердің табысты қолданылатынын шетелдік фирмалардың материалдарында, нормативтік және анықтамалық басылымдарды [33-34] зерттеу анализі көрсетеді:

- көлік құрылысында-автомобиль және темір жолдар, әуеайлақтар құрылысының барлық кезеңдерінде;

- өнеркәсіптік және азаматтық құрылыста-негізгі жұмыстарға дайындық үшін аумақтарды тазарту, іргетастарға арналған шұңқырларды дайындау, аумақтарды абаттандыру кезінде;

- гидротехникалық құрылыста-бөгеттер, дамблар, каналдар салу кезінде;

- мелиорациялық жұмыстарда-суару және бұру арналарын салу кезінде, жерді рекультивациялау кезінде;

- пайдалы қазбалар мен құрылыс материалдарын өндіру кезінде;

- ауыл шаруашылығы үшін-жаңа жерлерді игеру, күріш чектерін жоспарлау және т.б;

- орман шаруашылығында;

- мұнай және газ құбырларын төсеу кезінде;

- энергетикада-көмірді тиеу және оны жағуға арналған жабдыққа жылжыту кезінде;

- металлургияда (кен, ыстық қож), карьерлерде және құрылыс материалдары зауыттарында хоперлер мен өздігінен тиегіштерде тиеу кезінде, құрғақ жүктерді түсіру және айлақ шаруашылықтарындағы қоймаларға қызмет көрсету кезінде сусымалы материалдарды жылжыту, тиеу және түсіру кезінде және т.б;

- автомобиль жолдарындағы қар тазалау іс-шараларында, қысқы жолдарды төсеу және қар үйінділерін тазалау кезінде [35-37].

Әр түрлі дереккөздерде [38-41] бульдозер жұмыстары әртүрлі белгілер мен олардың комбинациялары негізінде жіктеледі. Атап айтқанда, мыналар: орындалатын операциялар, өндірістік қызмет салаларына қатынасы, жұмыс объектілері, технологиялық циклдегі орны және басқалары жатады.

Бульдозерлердің жұмыс жабдықтарының сипаттамалық қасиеттерін және оларға қойылатын талаптарды анықтау үшін, белгілі бір жабдықтардың белгілі бір жұмыс түрлерін орындауға жарамдылығын бағалау үшін бульдозерлік

жұмыстарды сипаттайтын негізгі белгілерді бөліп көрсеткен жөн (сонымен қатар 1.2 суретті қараңыз) [42]:

- қарапайым операциялардың түрлері;
- әсер ету объектісінің түрі;
- өңделген беттің түрі;
- әзірлеу (тасымалдау) қашықтығы;
- көлемі.

Орындалатын қарапайым операцияларды бульдозерлік жабдықтың қолданыстағы түрлерін функционалды талдау және жұмыс органдарының қоршаған ортамен өзара әрекеттесу процестерін талдау негізінде бөлуге болады. Мұндай қарапайым операциялар [43]:

1. Кескіш құралды енгізу-жапыру, қысу, ығысу және ортаның массивтен алшақтау деформацияларындағы кедергілерді жеңуге байланысты операция.

2. Кесу-пайда болған қысу деформациялары кезінде (алдыңғы беті мен пышақтың күңгірттену алаңы), ортаның массивтен бөлінуімен ығысу мен созылуы кезінде кедергілерді еңсере отырып, ортаның бір бөлігін массивтен бөлу операциясы.

3. Қайырма алдында топырақтың жиналуы - бұл жалпы жағдайда кесілген жоңқаларды қайырма бетімен көтеруге, оны алға қарай аударуға және пайда болған қарсылықтарды жеңе отырып, сызу призмасын қалыптастыруға байланысты операция.

4. Материалды жылжыту-пышақпен ұсталатын материал бульдозер қозғалысының кері бағытында әрекет ететін тірек бетіндегі үйкеліс күштерін жеңе отырып алға жылжитын операция.

5. Материалдың қозғалыс ережелеріне қарай жылжуы-массивтен бөлінген материалға бульдозердің қозғалыс бағытына бұрышпен бағытталған тірек беті мен қайырма бойымен үйкеліс күштерін еңсеру үшін энергия берілетін операция.

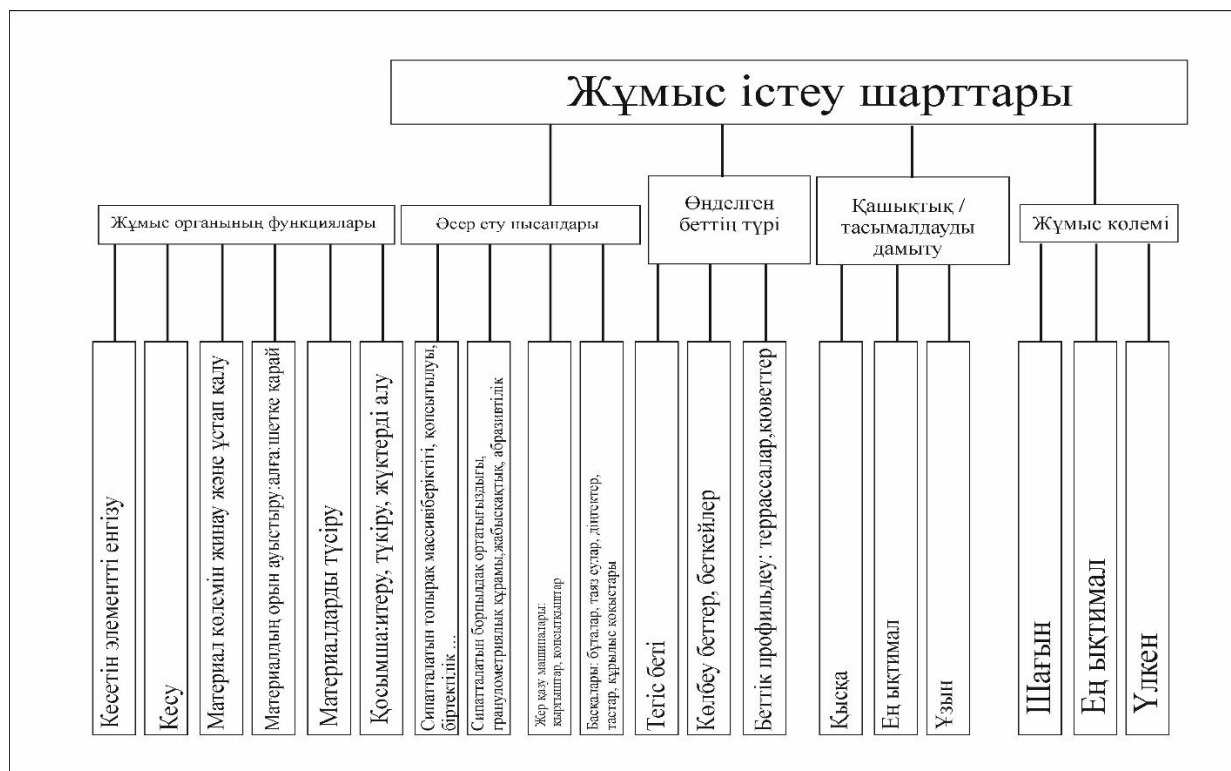
6. Көмекші операциялар-белгілі бір қарсылықтарды жеңу үшін қатты объектілерге энергияны жеткізуге байланысты операциялар (итеру, тамырымен жұлу және басқалары).

Бульдозерлік жабдықтардың әсер ету объектілеріне мыналар жатады: топырақ - массивте және қопсытылған, борпылдақ материалдар - кен, көмір, ағаш жоңқалары, құрылыс қоқыстары, қар-мұз түзілімдері, өсімдіктер - ағаштар, бұталар, діңгектер. Нысандар әртүрлі физика-механикалық қасиеттерімен ерекшеленеді, олардың өзгеру ауқымы кең.

Топырақты дамытудың дәстүрлі әдісінде олардың механикалық қасиеттері маңызды: ілінісу, қысуға төзімділік, созылу, ығысу, сыртқы және ішкі үйкеліс, абразивтілік [44,45].

Топырақтың механикалық қасиеттері олардың ылғалдылығы мен температурасына байланысты және соңғысының тербелісімен өзгереді.

Көлемді жұмыстарда өңделген беттің түрі келісілмейді, бірақ террасаларды, кюветтерді және басқаларын жоспарлау, кесу кезінде белгілі бір профильді алу орындалатын жұмыстың мақсаты болып табылады.



Сурет 1.2 - Бульдозерлік жабдықпен орындалатын жұмыстар

Материалды тасымалдау қашықтығы бульдозердің өнімділігін және қайырмалардың сақтау және ұстау қабілетін арттыру талаптарын айтарлықтай анықтайды.

Жұмыс көлемі қолданылатын жабдықтың мөлшерін, өнімділігін, оның мамандану немесе әмбебаптық деңгейін, жабдықты ауыстыру немесе бульдозерді қайта орналастыру қажеттілігін анықтайды.

Тиімділікті бағалаудың жалпы критерийлерімен бірге бульдозерлік жұмыстардың ерекше белгілерінің ең тән үйлесімі-энергия сыйымдылығы, материал сыйымдылығы және өнімділік бульдозерлік жабдыққа қойылатын талаптарды нақтылауға мүмкіндік береді. Мәселен, мысалы, массивке тиімді енгізу үшін, әсіресе беріктігі жоғарылаған кезде, кесу жиегінің минималды ұзындығына, мүмкін үлкен кесу бұрышына тереңдету күшінің концентрациясы қажет. Дәл осындай жоғары беріктік жағдайында кесу операциясы кесу жиегінің минималды ұзындығына күш шоғырлануын қажет етеді, бірақ кесу бұрышы аз. Жеңіл сусымалы материалдарды тиімді жинау және жылжыту үшін қайырма үлкен сақтау және ұстау қабілетіне ие болуы керек.

Беттерді жоспарлау кезінде қайырмаларды тегістеу (яғни, призма жиынтығынсыз кесу және жылжыту кезінде) өнімділікті арттыру үшін үлкен ұстау ені (қайырманың ұзындығы) қажет. Жүктерді түсіру және манипуляциялау үшін жетегі бар қосымша жабдық қажет. Үлкен көлемдегі жұмыстарда жұмыс жабдықтарын пайдалану ықтималдығынан жоғары мамандану және нақты жағдайларға максималды сәйкестік талабы туындайды, жұмыстың жиі өзгеретін

түрлерімен әмбебаптық, жабдықтың параметрлерін кең ауқымда бейімдеу мүмкіндігі қажет.

Бульдозерлік жабдықтың функционалдық мақсатынан келесі талаптарды қорытындылай келе, оны жетілдірудің негізгі мақсаттары болып табылатындарды бөліп көрсетуге болады:

- жинақтау және ұстау қабілетін арттыру;
- тереңдету мен кесудің нақты күш-жігерін арттыру;
- қайырмадағы жұмыс кедергісін төмендету, атап айтқанда-материалды үйінді бетімен көтеру, қазу жұмыс процесінің энергияны көп қажет ететін бөлігі;
- бульдозерді қолдану аясын кеңейту, оны уақыт бойынша пайдалану коэффициентін жақсарту;
- қайырманы ауыстыруға уақыт пен қол еңбегінің шығындарын азайту.

1.3. Бульдозерлік жабдық саласындағы патенттік және конструкторлық шешімдерге шолу және талдау

Өнеркәсіптік дамыған елдердің патенттік қорларын, жетекші шетелдік (американдық, жапондық, неміс, итальяндық) фирмалардың өнімдері мен іздеу бағыттарын, соның ішінде қазіргі уақытта бульдозерлер немесе олардың қондырмаларын шығармайтын, бірақ бұрын оларды өндіруде озық позицияларға ие болған фирмаларды талдау: – «Caterpillar», «Komatsu», «J. Deere», «Aebi-schmidt», «Dresser», «Clark», «Scantui», «Zoomlion», «Case», «Terex», «Balderson», «Rome», «Fleco», «ATECO», «Kubota», «Liebherr», «LIUGONG», «Kaelble-Gmeinder», «HBXG» және т.б., жоғарыда аталған бульдозерлік жабдықты жетілдірудің барлық мақсаттарына көп көңіл бөлінетінін көрсетеді [46-49].

1. Бульдозер қайырмалары бүкіл әлемде әртүрлі жіктеледі, бірақ олардың негізгі негізгі параметрлері мен пішіні ортақ және үш топпен ұсынылған:

2. Бұрылмайтын қайырма. Кез - келген қолданыстағы пышақты бұрылмайтын етіп көрсетуге болады-сфералық, жарты шар тәрізді және түзу. Айналмалы емес қайырма жүріс жақтауына перпендикуляр орнатылады және жұмыс кезінде тек тік көтерілу мен төмендеумен сипатталады.

3. Бұрылмалы қайырма. Атаудың өзі қайырманның жүріс жақтауына қатысты мүмкін болатын жан-жақты бұрылуы, үйінді салу кезінде оның тез бейімделуі, қар тазалау жұмыстары, өсімдіктер, құрылыс қоқыстарын жинау және траншеяларды толтыру туралы айтады.

4. Әмбебап қайырма. Бөлшектерді топсалы бекіту арқылы ол жұмыс жақтауына қатысты жұмыс орнын өзгерте алады [50, 51].

Тереңдетудің үлестік күш-жігерін және үлестік қысым күш-жігерін ұлғайту бульдозерлік жабдықты жетілдірудің маңызды бағыттарының бірі болып табылады.

Қатты мұздатылған және тасты қосындылары бар топырақтарда тиімді жұмыс істеу үшін әртүрлі техникалық әдістер мен құралдар қолданылады: қайырманың көп бағытты қисаюы, бүйірлік пышақтар мен тістерді, соның ішінде

копсытқыштарды, сондай-ақ қайырманьң шығыңқы ортаңғы пышақтарын (ШОП) орнату.

Оларды кеңірек қарастырайық. Әлемде жұмыс істейтін қазіргі заманғы бульдозерлердің барлығы дерлік көлбеу гидравликалық цилиндрлер мен басқарылатын көлбеу компенсаторлық құрылғылардан тұратын жүздің жан-жақты қисаюын басқару жүйесімен жабдықталған. Жеңіл бульдозерлердің бөліктерінде және кейбір ауыр (Dozer Dressta TD-8 SLT, Dressta TD-40E) [52], әлі күнге дейін бұралу бұрандалы тіректердің көмегімен қолмен жүзеге асырылады. Үлкен қиғаш бұрышқа (14° дейін) және операциялардың ыңғайлылығына гидравликалық көліктерді қолдану арқылы қол жеткізіледі. Кейбір модельдерде екі гидравликалық сорғысы бар схема қолданылады. Мысалы, D11N «Caterpillar» ауыр бульдозеріндегі «Қос қисаю» қисаю бұрышын " жалғыз " кезінде 7,5° - тан 17° - қа дейін арттыруға мүмкіндік береді. Алайда, қисаю күші 60%-тан астам төмендейді [53, 54].

Ауыстырылатын топырақтың бір бөлігін кез-келген бағытта әртүрлі қисайту немесе қайта бағыттау мәселелері әсіресе бульдозер-терассерлер үшін өзекті.

Қисаю механизмінің көптеген кинематикалық схемаларын итергіш жақтаудың түріне қарай бірнеше топқа бөлуге болады: итергіш жолақтармен, С-тәрізді қоршаумен және ішкі типтегі жақтаумен. Бұл схемалардың дамуы өткен ғасырдың басында тез басталды және қазіргі ғасырдың соңғы 20 жылында мүлдем азайған жоқ, керісінше, компьютерлік өңдеудің арқасында неғұрлым жетілдірілген ұтымды түрге ие болды. Сондықтан, диссертацияда өткен ғасырдың перспективалық схемалары мен қазіргі жылдардағы жетістіктер бір зерттеудің буыны ретінде салыстырылады, өйткені қазіргі кезде ғана ойлап табылған құрылыстың жалпы өсуінің көп бөлігі бағдарламалық жасақтаманың дамуымен белгіленген мақсаттарға сәйкес жүзеге асырылуы мүмкін болды.

Қолданылған конструкциялардың ең түпнұсқасы АҚШ патенті бойынша № 2837845 [55] және АҚШ патенті бойынша №3662841[56], Caterpillar [57] «Le Tourneai» фирмаларының бульдозерлерінде қолданылуы болып табылады. Қазіргі уақытта «Le Tourneau» негізінен доңғалақты тиегіштерді шығарады, бірақ олардың әртүрлі қайырмалары бар бульдозерлерді өндіру тәжірибесі қазір зерттеу үшін қызықты.

«Caterpillar» бульдозер қайырмасының қисаюын жүзеге асыру гидравликалық цилиндр мен бұрандалы тұтастырғышты қолдану арқылы жүзеге асырылады [58]. Бульдозердің қозғалысы кезінде қисаюдың гидравликалық цилиндрлері оператор басқаратын қисаю бұрышын түзетуді жүзеге асырады. Қайырманьң қажетті қисаюын орнатқан кезде ол өшіру клапанымен бекітіледі.

Жұмыс органы мен итергіш жолақтарды қисаю кезінде кинематикалық байланыстыру және көлденең күштердің әсерінен қайырманьң деформациясын болдырмау үшін әртүрлі схемалардың қисаюын өтеу механизмі қолданылады [59]. Бірқатар мамандардың пікірінше, «Катерпиллер» компаниясы қолданатын көлденең штангасы бар схема ең перспективалы болып табылады, ол

қайырманьң тракторға жақындауын қамтамасыз етеді және осының арқасында кесу жиегіне тереңдету күшін арттырады [60].

Пышақтың қисаюымен қазу кезінде базалық машинада жұмыс істейтін бұру моменті оның тарту мүмкіндіктерін пайдалануға мүмкіндік бермейді. Маңызды кемшілік-сызу призмасының шамасының айтарлықтай төмендеуі.

Бүйірлік тістер мен пышақтарды орнату. Кескіш пышақтың шеттеріне орнатылған тістер мен арнайы пішінді бүйір пышақтар қайырманьң қисаюының әсерін арттырады. Осы бағыттағы соңғы ұсыныстар болып, мысалы, «Esco» (пат. АҚШ № 3638736), ауыстырылатын ұштары бар дәнекерленген бүйірлік тістер (пат. АҚШ №4055223) табылады. [61, 62].

Қопсытқыш тістерді қайырмаға орнату. Қайырмадағы қопсытқыш тістер мұздатылған және тасты топырақтарда өнімділікті 20...40% арттыруға мүмкіндік береді [63]. Алдыңғы қопсытқыштар әдеттегі қайырмаға төменгі және жоғарғы ұстағыштардың көмегімен орнатылады, мысалы, «Young» компаниясының дизайнында [64] немесе қайырма қорабының ішіне салынады (пат.АҚШ №3038267, №3857447) [65, 66]. Дірілдейтін қопсытқыштарды гидравликалық басқарумен соңғы патент бойынша «Катерпиллер» компаниясы Д4...Д9 класты бульдозерлерде қолданады. Бұл бульдозерлерде цикл уақытын тиімді пайдалануға мүмкіндік беретін «Presco» [67] фирмасының қайырмалары да қолданылады.

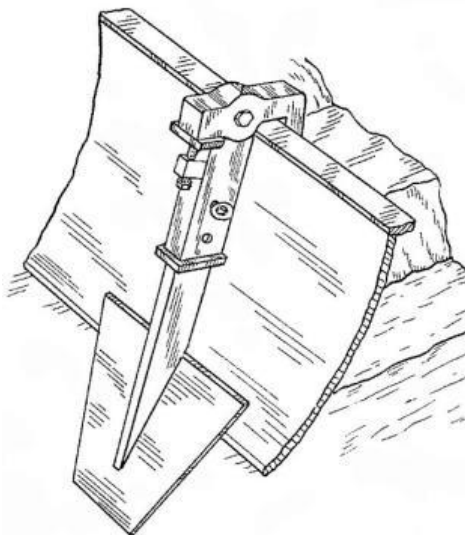
Шығыңқы ортаңғы пышақ қайырмасы (ШОП). ШОП бар қайырма топыраққа әсер ету күштерінің үлкен концентрациясы бар даму процесін топырақтың бір мезгілде жинақталуымен және қозғалуымен біріктіреді. Бұл жағдайда шағын тарту призмасы пайда болады, кейінірек бүйірлік білікшелердегі шығындар басталады, қопсыту операцияларын жою қажетті өту санын екі есе азайтады, ал орталық қолданба қайырмаға жүктеме ашылу сәттерін азайтады, бойлық тұрақтылық пен басқаруды жақсартады [68].

Алынбалы және басқарылатын түрдегі ШОП-ты ажыратады. ДЗ-54 бульдозерінде биіктігі 200 мм ШОП жабдығының 200 мм биіктіктегі өндірістік сынақтар ДорНИИ динамикалық тығыздық өлшегішінің 8-10 соққы беріктігі бар саздақта өнімділіктің 12,9% - ға, ал ауыр сынық сазда (20-25 соққы санымен) өнімділіктің артуы 17-31% құрады. Орнату және бөлшектеу 10-12 минутта жүзеге асырылады [69]. Жетілдірілген конструкциялар, мысалы, авт.куәлік №775242 және басқалары алынбалы ШОП-ты әртүрлі қайырмаларға орнатуға мүмкіндік береді [70].

ШОП-ты қолмен монтаждау-бөлшектеу операцияларының қажеттілігі жойылған көптеген конструкциялар жасалды. Кейбір алғашқы конструкцияларда гидравликалық цилиндрлердің көмегімен бағыттағыштар бойынша ШОП ұзартылады [71, 72]. Бұл схеманың артықшылығы ШОП биіктігін қадамсыз реттеу мүмкіндігі, бірақ рельстерді топырақпен бітеу пышақтың кептелуіне және сенімділіктің төмендеуіне әкеледі. Бұл кемшілік АҚШ-тың №3238648 патенттік дизайнында жойылды, онда ШОП тербелмелі тұтқаға орнатылады, оның бос ұшы қаттылық қорабына ілінеді [73]. Жетек

гидравликалық цилиндрі ШОП-тың негізгі деңгейде немесе шығыңқы күйде орнатуды қамтамасыз етеді.

№2726463 АҚШ патенті ШОП -ты орнату мен реттеуді ең айқын және қол жетімді түрде көрсетеді (1.3-сурет) [74]. Құрылғы автоматтандыру құралдарын қолданудың алғашқы күндерінде жасалған, сондықтан дизайнның кемшіліктеріне қолмен реттеу және ШОП-ты бекітудің қиындықтары, бұл бақылаусыз берік топырақтағы қайырманың бұрышын өзгерте алады.



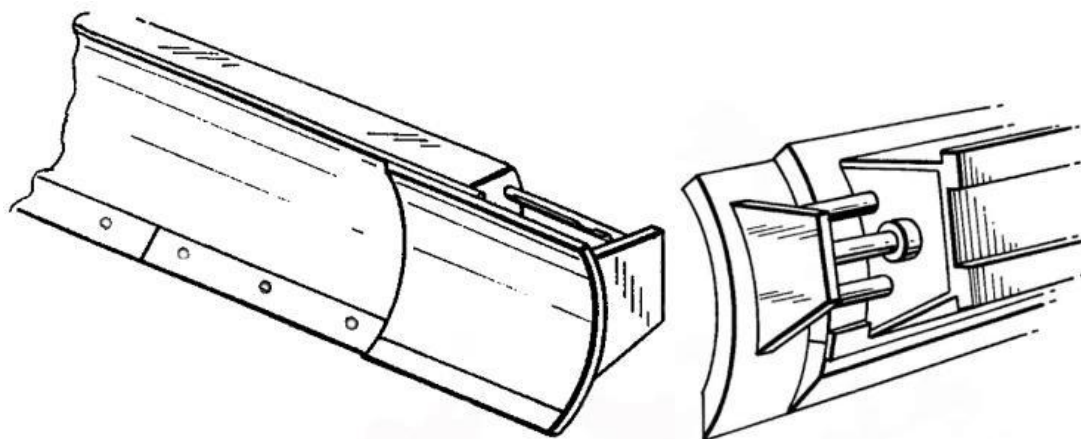
Сурет 1.3 - US2726463 АҚШ өнертабысы бойынша шығыңқы ортаңғы пышағы бар бульдозер қайырмасы - қопсыту құрылғысы

Бірқатар ұсыныстар (автор. куәлік №458637, 514066, 635179 және басқалар) гидравликалық цилиндрді пышақ жүктемесінен түсіруге және соңғысын сенімді бекітуге бағытталған [75-77].

Құрылымдардың үлкен тобында ШОП-ты жаққармауышпен біріктіру ұсынылады (автор. куәлік №№823507, 891854 және басқалар) [78, 79]. Сонымен қатар, кесу тиімділігі артады, призманың ұсталуы жақсарады (жақтың қармауыштары), ал ұстау орындалатын жұмыс көлемін кеңейтеді. Эксперименттік және өндірістік сынақтардан өткен бұл жабдықты жұмыстардың үлкен спектрін орындайтын шағын және орта қуатты бульдозерлерде қолдану ең тиімді болып табылады [80]. Металл сыйымдылығының жоғарылауына байланысты ШОП бар қайырмалар жаппай қолдануды таппады.

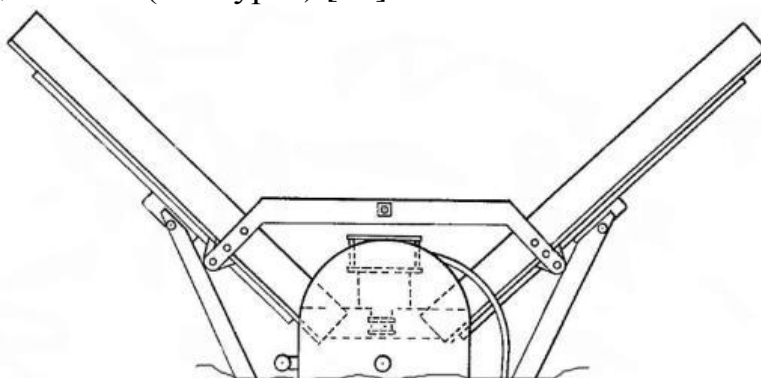
Қайырмадағы жұмыс кедергісін азайту. Топырақты игерудегі ең энергияны қажет ететін операция үшін, қайырманың профилі бойынша жоңқалардың қозғалысы, оған қарсылық барлық қарсылықтардың жартысына жеткенде, осы уақытқа дейін энергия сыйымдылығын төмендетудің ең көп таралған және жетілдірілген бағыты геометриялық параметрлерді ғылыми негізделген рационализациялау және қайырманың профилі мен ені бойынша өзгеру болып қала береді [81]. Қайырманы реттеудің ең кең таралған және кеңінен қолданылатын схемасы АҚШ патентіндегі №4369847 (1.4-сурет) [82]

сияқты, қайырманьң бойымен көлденең табан бойымен қозғалатын қайырманьң бүйірлік жылжымалы бөлімдерін гидравликалық цилиндрлермен кеңейту болып табылады. Операторда оның пішінін өзгертпестен, қайырманьң итеру мүмкіндігі бар. Қайырма түзу болып қалады және оған жоғары қарсылық күштері әсер ете бастайды, бұл бүйірлік бөлімдерді нығайту және пышақты ауырлату қажеттілігіне әкеледі.



Сурет 1.4 - №4369847 АҚШ өнертабысы бойынша қайырма құрылғысы

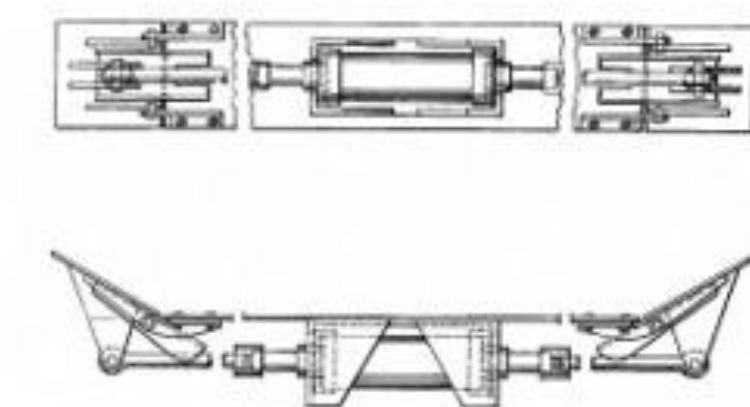
Кейде бульдозердің жұмысында топырақ ағынын кез-келген бағытқа бағыттау немесе топырақ сүйреу призмасын ұлғайту қажеттілігі туындайды, бұған қайырманьң геометриясын (профилін) өзгерту арқылы қол жеткізуге болады. Мысалы, АҚШ-тың №2777219 патенті бойынша жиналмалы қайырманьң канаттары пышаққа сфералық қайырмаға ұқсайтын пішін бере алады, бірақ ұстағыш шыбықтардың әлсіз беріктігіне байланысты мұндай қайырмалар траншея қазғыш немесе бұта кескіш ретінде артқы жағын кесу және қазу үшін жиі қолданылған (1.5-сурет) [83].



Сурет 1.5 - №2777219 АҚШ патенті бойынша қайырманьң жиналмалы канаттары

АҚШ-тың №3477151 патенті бойынша қайырма бүйірлік бөлімдерді екі жақты гидравликалық цилиндрмен бүктеу арқылы жарты шар тәрізді қалыпқа

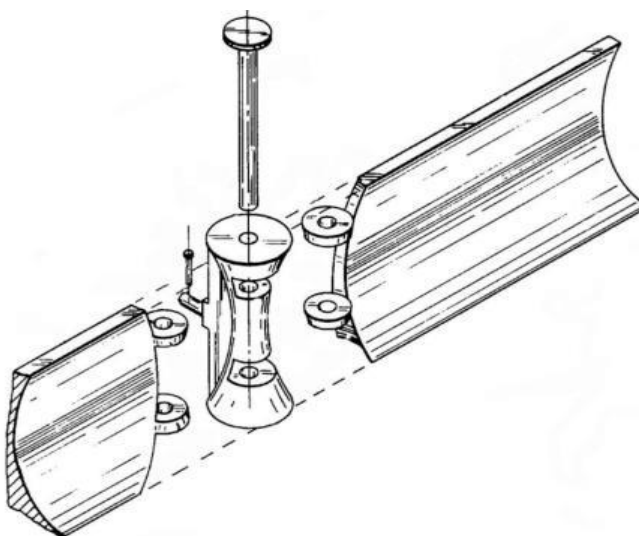
жақын пішінге ие болуы мүмкін, бұл тартудың ұлғайтылған призмасын сақтауға мүмкіндік береді, бірақ қайырманың жүзі, оның бүйір бөлімдері сияқты, жұқа болып көзделгендіктен, бұл қайырманың жұмысы қар тазалау кезінде ғана жарамды (1.6 сурет) [84].



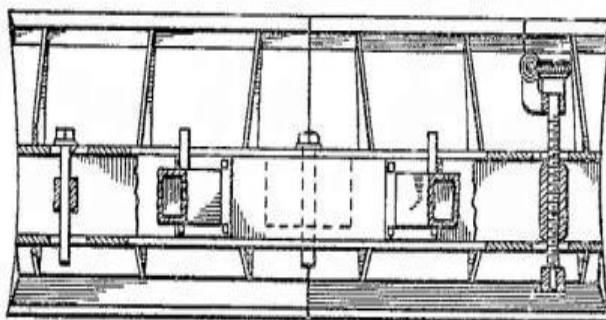
Сурет 1.6 - №3477151 АҚШ патенті бойынша қар тазалағыш қайырма

АҚШ-тың №4135583 патенті бойынша қос қалақты қайырма, қайырма қалақтарының кез келгенінің көлденеңінен бұрылу бұрышы шамалы өзгерген кезде, топырақты көрші қалаққа қарай бағыттай бастайды, бұл жылжытылатын сүйреу призмасының көлемін едәуір қысқартады және қайырманың көлбеу бұрышын өзгертуге мүмкіндік бермейді, өйткені бұл жағдайда бұрылған қалақ кеңістікте еркін ілінеді немесе қалақшаның көлбеу бұрышын өзгертуге мүмкіндік бермейді және жерге терең енудің қажеті жоқ (1.7-сурет) [85].

Дәл осындай қос қалқанды қайырма АҚШ-тың №1976597 патентінде ұсынылған, айырмашылығы орталық топсаның қозғалмайтындығынан бүйірлік беттерді алға жылжыту қайырманы бекітудің бүйірлік тұтқаларының ұзындығының механикалық өзгеруіне байланысты болады (1.8-сурет) [86].



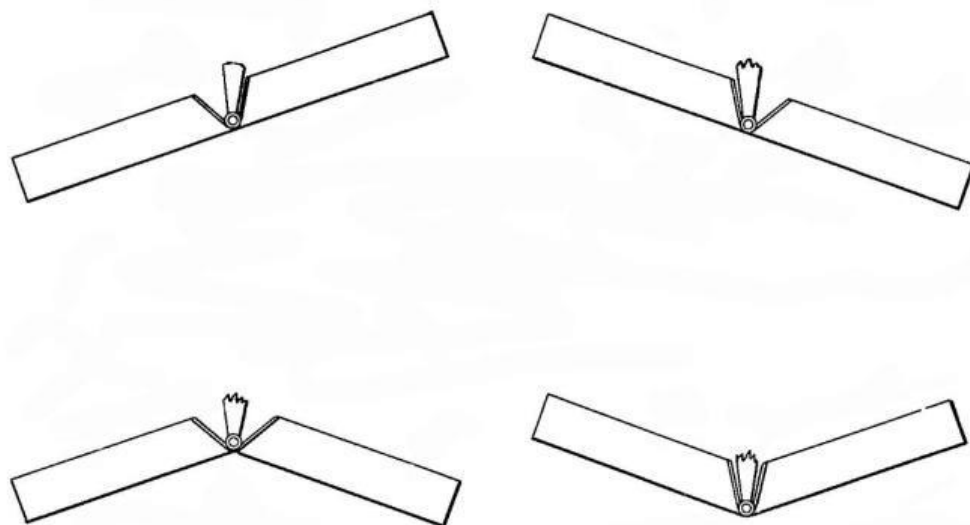
Сурет 1.7 - №4135583 АҚШ патенті бойынша қос қалқанды қайырма



Сурет 1.8 - №1976597 АҚШ патенті бойынша қос қалқанды жылжымалы қайырма

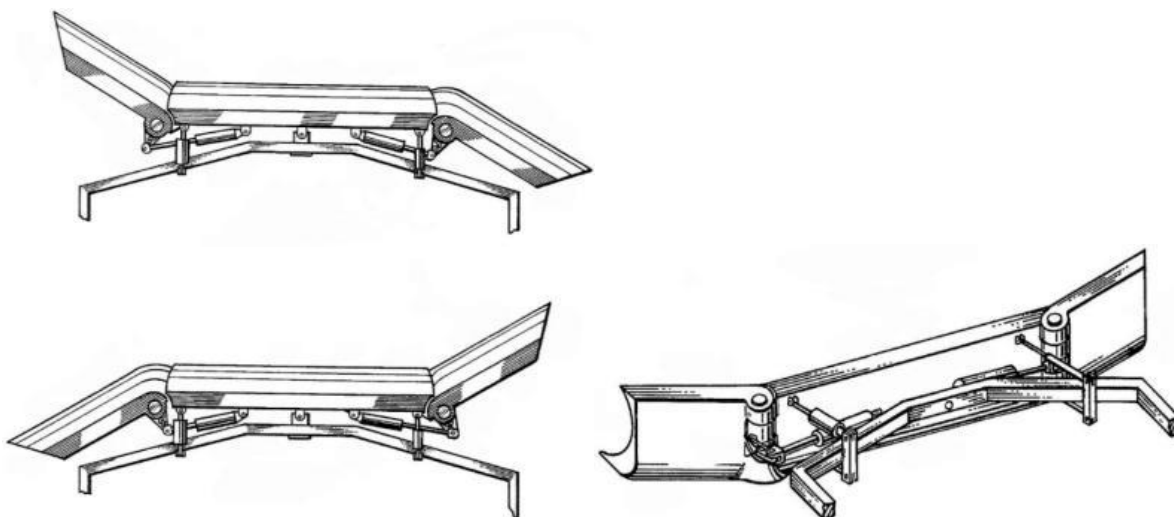
№1997001 АҚШ патенті бойынша бульдозерде қос қалқанды қайырма геометриясын өзгертіп қана қоймай, оны әзірленетін бетке бұрышпен бұруға мүмкіндік туды (1.9-сурет) [87].

Қайырманың шеттері бір-біріне тәуелсіз көтерілуі немесе өңделетін топыраққа түсуі мүмкін. Конструкторлардың ойынша, қайырманың орталық топсасы бульдозерлік жабдықтың артық тербелістерін болдырмау үшін базалық машинаға мүмкіндігінше жақын орналасқан, осыған байланысты кесілген топырақ қайырмадан тікелей машинаға ауысып, оператордың шолуын бұзуы мүмкін. Қайырма дінгектерді жүлу кезінде, гумусты және жабысқақ топырақтарда жұмыс істегенде кеңінен қолданылады, бірақ ол топырақ призмасын жинақтауға және оны едәуір қашықтыққа жылжытуға оң сипаттамаларға ие емес [88].



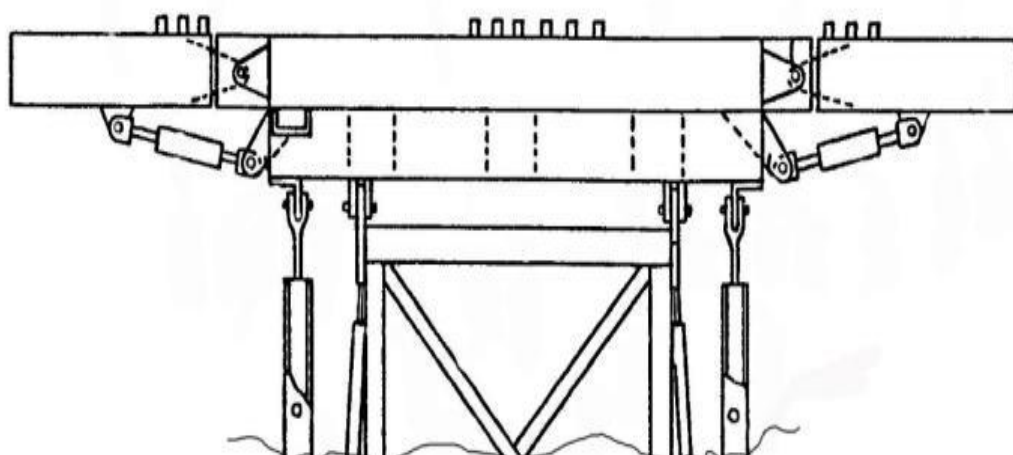
Сурет 1.9 - №1997001АҚШ өнертабысы бойынша қайырманың жабдықтары мен жұмысы

№4099578 АҚШ патенті бойынша бульдозердің буындасқан немесе жиналмалы қайырмасы (1.10-сурет), сондай-ақ ЕР0007000В1 (1.11, 1.12-сурет) Еуропатент бойынша қайырмасы алдыңғы конструкциялардың барлық жағымды қасиеттерін біріктіреді, бірақ оларда бүйірлік бөлімдері бүйірлерінде орналасқан негізгі пышақ ретінде орталық бөлім әрекет етеді [89,90].

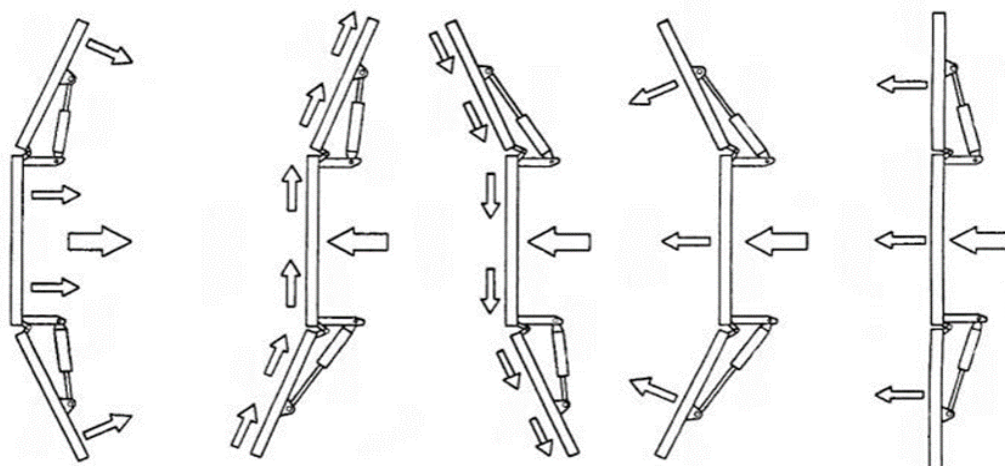


Сурет 1.10 - №4099578 АҚШ патенті бойынша бүйір қанаттарының ауыспалы бағдары бар қар тазалағыш қайырма

Бүйірлік бөлімдердің трансформациясы тасымалданатын топырақ ағындарын орталық бөліктің кез келген жағына қайта бағыттауға мүмкіндік береді, сонымен қатар үйіндіге жарты шар тәрізді пішін бере алады. Бірақ қайырманың көлбеу бұрышын өзгерту тек түзу қайырма жағдайында мүмкін болады, өйткені басқа жағдайда бүйірлік бөлімдер топыраққа қажетсіз кесіледі. Қайырманың өзі көлденеңінен бұрылмайтын етіп жасалған



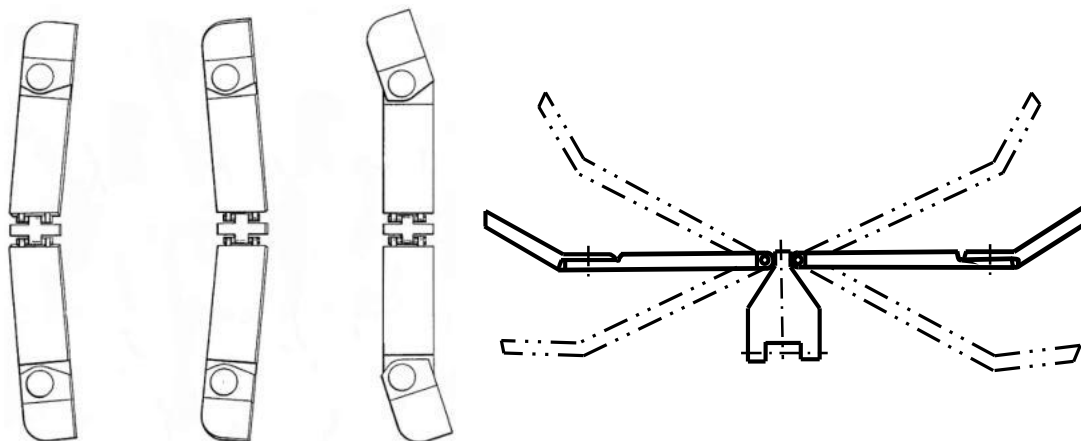
Сурет 1.11 - №0007000 Европатент бойынша бульдозерлі қайырмасы бар гидравликалық мәжбүрлеумен 1-ші кесу жазықтығында пішінін өзгерту



Сурет 1.12 - №0007000 Европатент бойынша нысанды өзгертуді гидравликалық мәжбүрлеумен бульдозер қайырмасының жұмысы

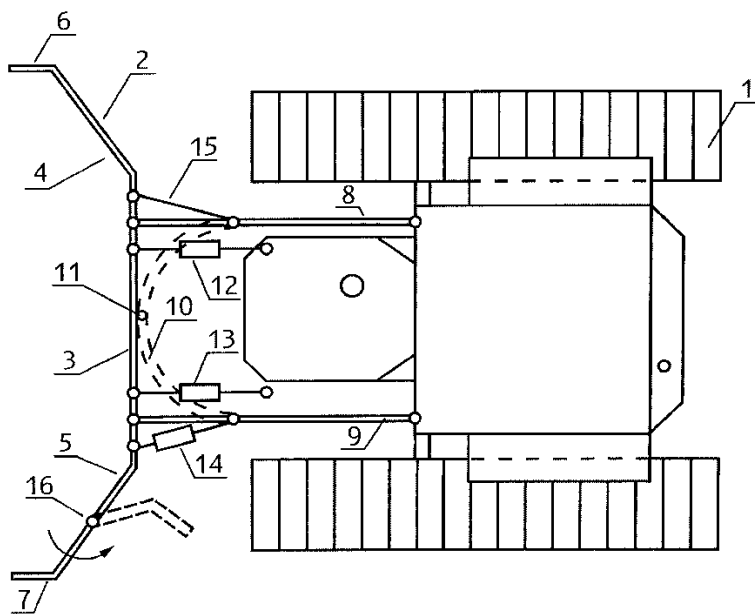
АҚШ-тың №4552226 (EP0124922A1) патенті бойынша пышақтың конструкциясы 2 Жартылай қалақшаның 4 буындасының есебінен әзірленіп жатқан топырақтың беткі контурына бейімделуді күшейтуді қамтамасыз етеді (1.13-сурет) [91]. Бөліктің немесе бүкіл жартылай бөліктің орналасуының әр өзгерісі жеке гидравликалық цилиндр арқылы жүзеге асырылады. Алайда, қайырманың көлбеу бұрышын өзгерту қайтадан түзу қайырма күйінде немесе жартылай қайырмалардың ұштары артқа бұрылған күйде мүмкін болады. Құрылымды бұзуға қабілетті айтарлықтай қарсылықтарға байланысты мұндай қайырманыңтас эскизінде жұмыс істеуі қиын.

Ұқсас функциялар пайдалы модельге арналған патент бойынша RU №142956 жиналмалы бүйірлік бөлімдері бар қайырманы да қамтамасыз ете алады, ол сфералық (U) қайырма түрінде болуы мүмкін, және сәйкесінше бульдозердің өнімділігін арттыратын жоғары сүйреу призмасын жинақтап, жылжыта алады (1.14-сурет) [92].



Сурет 1.13 - №4552226 АҚШ патенті бойынша гидравликалық басқаруы бар бульдозер қайырмасы

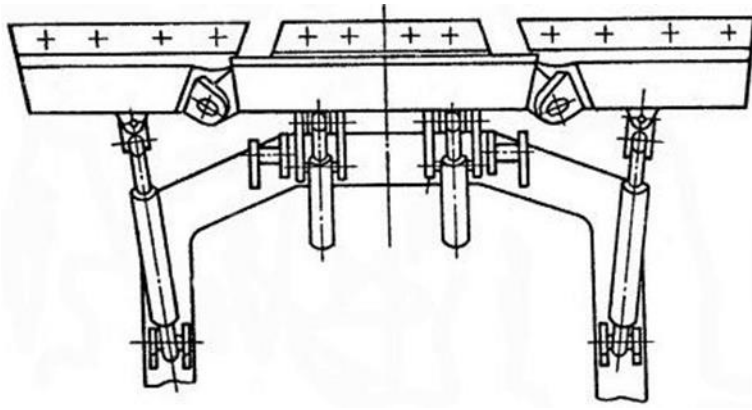
Кемшілігі қайырманың кеңейтілген өлшемдері, оны тасымалдауды қиындатады, ол үшін әрқашан бүйірлік бөлімдерді бүктеуіңіз керек. Сондай-ақ, кемшілігі тік жазықтықтағы қайырмаға бөлінген қысымның және қысымның нақты күшінің төмендеуі.



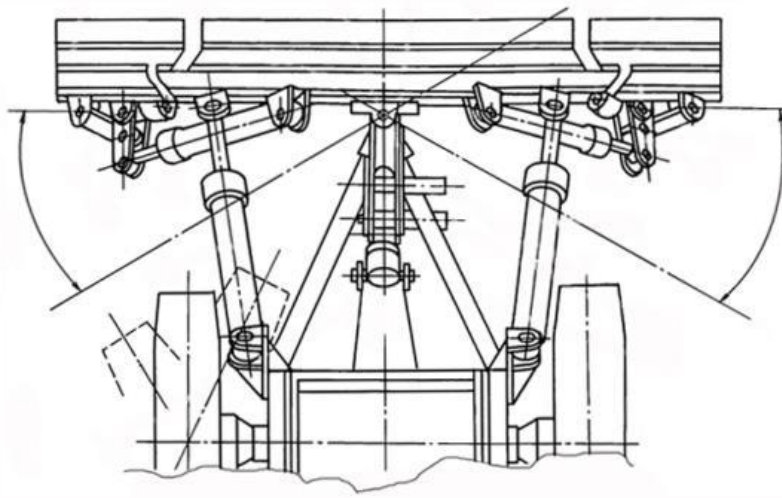
Сурет 1.14 - Пайдалы модельге RU №142956 патент бойынша басқарылатын бүйір беті бар бульдозер қайырмасы

МАЖИ-де әзірленген RU №1553619, №2034115 және №1548351 бірлескен (Болгария, Ресей) патенттері бойынша бульдозерлік жабдықтар үлкен перспектива мен ғылыми қызығушылық тудырады (сурет 1.15-1.17) [93-95]. Бұл үш секциялы, кеңейту мүмкіндігі бар қайырмалар, олардың бүйір бөліктері тік немесе көлбеу буындардың айналасында алға немесе артқа бұрылу мүмкіндігіне ие. Көрсетілген қайырмалар геометриясын өзгерту арқылы түзу, жарты шар және сфералық үйінділердің барлық оң сипаттамаларын біріктіре алады, дамыған топырақтың контурына бейімделіп, кесілген топырақты ұзақ қашықтыққа жылжыта алады. Құрылымдардың кемшілігі топсаларды орнату орындарында пайда болатын, топырақтың қайырма бойымен қозғалуына қосымша қарсылық тудыратын және қозғалатын топырақтың артық жоғалуына әкелетін айтарлықтай саңылаулар. Кронштейндер қорғалмаған, яғни оны тасымалдау кезінде топырақпен бітеліп қалады. Сондай-ақ, топырақтың өңделмеген бөліктері топсалардың астында қалады.

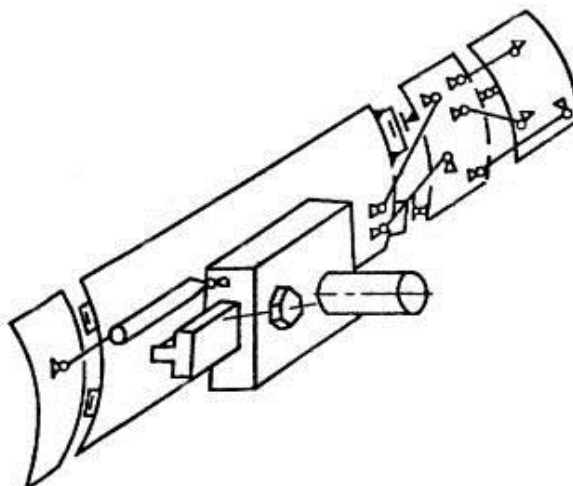
Алдыңғы патенттерде көрсетілген кемшіліктер ҚР №7055 пайдалы моделіндегі патентте алынып тасталды (1.18-сурет) [96].



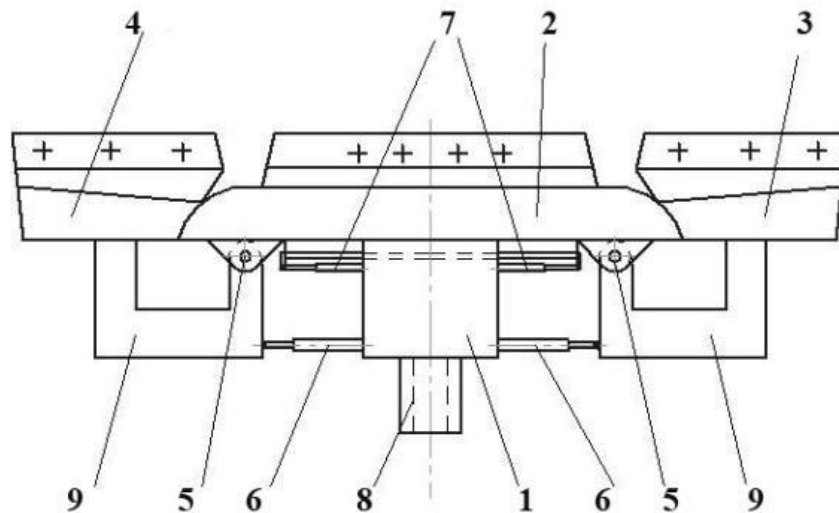
Сурет 1.15 - KZ №1553619 патент бойынша буддозерлік жабдық



Сурет 1.16 – RU №2034115 патенті бойынша қайырма үлгісіндегі жұмыс жабдығы



Сурет 1.17 - KZ №1548351 патент бойынша бульдозердің жұмыс органы



Сурет 1.18 - ҚР № 7055 пайдалы моделіне патент бойынша өзгермелі геометриясы бар бульдозер-террасер жабдығы

Барлық оң сипаттамаларды сақтай отырып, қосымша бүйірлік бөлімдер қайырманың геометриясын өзгерте алады және топсаларды қамтитын арнайы секторлардың арқасында кездейсоқ алға-артқа бұрыла алады. Қайырманың ортаңғы бөлігін оның осі бойымен жылжыту және еңкейту мүмкіндігі пайда болды. Барлық осы факторлар қайырманы әзірленетін беттің контурына бейімдеудің өнімділігі мен әмбебаптығын арттырып қана қоймайды, сонымен қатар ол жұмыс істеген кезде топырақтың кейінгі жоғалуынсыз қайырманың сфералық профиліне өтуге мүмкіндік береді.

Жаңа дизайнның жұмысын оңай түсіндіруге болады. Қайырма бульдозерге 1 жақтау арқылы қосылады, оның шығыңқы айналмалы осі 8 пышақты айналмалы оське айналдырады. 2 пышақтың ортаңғы бөлігі (бөлімі) гидравликалық цилиндрлермен көлденең қозғалу мүмкіндігімен бекітілген 6. Ортаңғы қайырма 2 бүйірлік бөлімдерге (3 және 4) 5-топсалы секторлармен біріктірілген, олар жүзетін топырақтан қорғалған. Кесілген топырақтың жүзге ағу кедергісін азайту үшін бүйірлік бөліктер алға қарай бұрылып, қайырмаға сфералық профиль береді, ал ортаңғы бөліктің пішіні жоғары қарай кеңейеді. Бұл жағдайда топырақтың бүйір қабаттары орташамен аз әрекеттеседі.

1.4 Бульдозерлік жабдық саласында тәжірибеде қолданылатын белгілі техникалық шешімдерге шолу және талдау

Көбінесе техникалық шешімдер пайдалану кезінде жұмыс жабдықтарын ұсынады. Мысалы, «Катерпиллер» компаниясының бульдозерлік жабдықтарының ең озық модельдерін тәжірибелік қолдануды жан-жақты талдағаннан кейін, компания дәстүрлі түрде шығарған қайырмалардың профилін жетілдіру туралы директива қабылданды, оның нәтижелері дереу ақпараттық брошюраларға жіберіледі [53, 4-26 б.; 54, 1-15 б.; 67, 1-7 б.].

«N» сериялы бульдозер қайырмалары үшін кесу бұрышы 50° -ден 53° - қа дейін ұлғайтылды, көлбеу бұрышы мен пышақтың қисықтық радиусы 3° - қа пропорционалды түрде қосылды. Жоғарыда айтылғандардың барлығы процестің энергия сыйымдылығының төмендеуіне және топырақтың жылжымалы призмасының көлемінің қосымша өсуіне әкелді [97].

Либхерр PR 754 бульдозерлеріне және басқаларының алдыңғы жағына ілінген жабдықтар 4-тен 10-шы буынға дейінгі эволюцияда инновациялық дизайн шешімдері мен қуатын біріктіреді [98]. Бұл техникадағы рельеф мәндері, қайырманың көлбеу және тұрақтандыру бұрыштары 3 деңгейдің көмегімен жүйелі түрде сақталады: қайырманың прогрессивті тұрақтануын бойлық реттеу үшін «Free Grade», қайырманың өзін-өзі реттейтін орналасуы (көлбеуі) үшін «Definition Grade» және жұмыс циклдерін қысқарту мақсатында рельефті, үш өлшемді модельдеу үшін «3D Grade» [99].

Қайырманың жинақтау және ұстау қабілетін арттыру. Жұмыста [32, 24-38 б.] жинақтау және ұстау қабілетін арттыруды қамтамасыз ететін бульдозер қайырмаларының конструкциялары мыналарға жіктеледі: қосымша жабдықтары бар қайырмалар, арнайы пішінді қайырмалар және жоспардағы түзу емес пішінді қайырмалар.

Қайырманың қосымша жабдықтарына мыналар жатады: ашқыштар, кеңейткіштер, ұзартқыштар.

Қайырманың ұштарында екі шығыңқы қалқан болып табылатын ашық хаттар кесу процесіне қатыспайды. Олар жеңіл құрғақ материалдарда жұмыс істегенде бульдозердің өнімділігін орта есеппен 5-15% - ға арттыруға мүмкіндік береді [100]. «Катерпиллер» және «Фиат–Алис» фирмаларының бульдозерлерінде ұзындығы ұзартылған ашықтары бар және оларға сүйреу призмасының астынан шығарылған қосымша пышақпен орнатылған қорап қайырмасы қолданылады [53, 4-26 б.; 54, 1-15 б.; 67, 1-7 б.]. «Фиат–Алис» фирмасының мәліметі бойынша, ені 8,5 м және ұзындығы 3 м болатын осындай қайырмасы бар бульдозер бір циклде 115 м^3 ағаш чиптерін жылжытады. 21С бульдозеріндегі ұқсас дизайнды компания ұсақталған әктас пен көмірді жылжыту үшін сәтті қолданады. ТКЖИ-де (қазір, 2016 жылдан бастап, Ташкент автомобиль жолдарын жобалау, салу және пайдалану институты) алынбалы құрылым әзірленді, бұл тікелей қайырманы аз байланысқан топырақтарда жұмыс істеу үшін «қорапқа» тез айналдыруға мүмкіндік береді [101]. Ылғалды топырақтарда ашқыштар қайырманың жабысуын арттырады, тау жыныстары мен мұздатылған жерлерде олар тез бұзылады, бұған жол бермеу үшін тік рельестерге орнатылатын алынбалы ашқыштар жасалды [102]. №2763944 АҚШ патенті бойынша ашықхаттардың дизайны оларды әртүрлі мөлшерге шығаруға немесе қайырманың бетін артынан тазартуға мүмкіндік береді, бірақ сенімділігі төмен және құрылымның күрделілігіне байланысты қолданбаларды таппады [103].

Кеңейткіштердің мақсаты ұқсас. ДЗ-37 бульдозерінде қолданылатын кеңейткіштердің құрылымы қарапайым болып келеді [104]. Төменгі жиектері кесу процесіне қатыспайтындай етіп, 30° бұрышта болттарға қайырма бетіне

кисық парақтар орнатылады. ZD3000 «Zettelmeyer» (ГФР) бульдозерінде жұмыстық күйін 25⁰ бұрышымен алға немесе жұмыс істемейтін – қайырмамен қолмен орнатылатын топсалы монтаждалған кеңейткіштер қолданылды [105]. Олардың ұтымды параметрлерін негіздеген В.В. Лихачевтің гидрооқшаулағыштарының құрылысы [106, 107] оларды ерікті жұмыс немесе жұмыс емес жағдайға орнатуға мүмкіндік береді. Бірқатар ұсыныстар гидравликалық цилиндрлерді түсіру мақсатында жетекті жетілдіруге бағытталған (автор. куәлік №№417579, 901396), кеңейткіштердің бұрылу бұрышын ұлғайту (пат. АҚШ №4369847) [108, 109; 82, 1-2 б].

Ұзартқыштар сыйымдылықты арттырады және қайырманың жоспарлау қабілетін жақсартады. Олар жеңіл және сусымалы материалдарды әзірлеуге және жылжытуға, аумақтарды жоспарлауға және қайырмаларды тегістеуге арналған. Нақты күш-жігерді төмендетпеу үшін қайырмада ұзартқыш конструкциялар жасалды, бұл қажет болған жағдайда оларды оңай және тез бөлшектеуге мүмкіндік береді. №627220 авторлық куәлік бойынша ұзартқыштарды бекіту тораптары радиалды саусақтардың көмегімен қайырманың ұштарындағы төлкелерге бекіту үшін Г-тәрізді ойықтары бар құбырлы тікенектер түрінде орындалған [110]. Қолмен жұмыс жасауды және қадамсыз реттеуді жою үшін екі немесе үш бөлімнен тұратын конструкциялар ұсынылады, онда бөлімдер бір-біріне қатысты бағыттаушылар бойымен қозғалады [82, 1-4 б.; 84, 1-6 б.; 111]. Жоғары металл сыйымдылығы және керісінше, төмен сенімділік бұл ұсыныстарды қолдануға ықпал етпеді.

Пішіні бойынша қайырмалардың бірқатар модельдері, әсіресе жеңіл борпылдақ топырақты дамыту үшін немесе ерекше жағдайларда жұмыс істеу үшін, мысалы, су асты, дәстүрліден айтарлықтай ерекшеленеді.

Құрылымы өткен ғасырда, 1964 жылы ұсынылған қорап қайырмасы (пат. АҚШ №3121964), қайырмалы бетінен, бүйір қабырғаларынан, түбінен және алға шығарылған пышақтан тұрады, «Катерпиллер» фирмаларының доңғалақты бульдозерлерімен және сирек шынжыр табанды – «Балдерсон» фирмасының ВD 9-14 қайырмаларымен ұзақ қашықтыққа ағаш жоңқаларын, ағаш жаңқаларын және басқа да жеңіл материалдарды тасымалдау кезінде қолданылады [112].

Қайырма - шөміш №255855 авторлық куәлік бойынша, әртүрлі материалдарды айтарлықтай қашықтыққа шығынсыз әзірлеуді және тасымалдауды қамтамасыз етеді, бірақ үлкен металл сыйымдылығымен ерекшеленеді [113].

30-шы жылдары патенттелген грейферлі қалақшасы бар қайырма өз қолданысын қалақшаның гидравликалық жетегін (пат. АҚШ №2326338) және D155W «Комацу» суасты бульдозеріндегі аралық тұтқаларды ретке келтіргеннен кейін тапты [114].

Жоспардағы түзу емес қайырмалар. Бұл конструкциялар қайырманың бүйір бөліктерін алға жылжыту арқылы қол жеткізілетін жинақтау және ұстау қабілетінің артуымен сипатталады.

Екі секциялы қайырмалар тұрғысынан ойыс қайырмалардың үлкен жабысқақтығы мен энергия сыйымдылығы оларды көлемді жұмыстарда қолдануға кедергі келтіреді [115].

Зияткерлік меншік құжаттарымен қорғалған қайырмалардың бірқатар конструкциялары (АҚШ, Польша, Германия, Ұлыбритания, РФ, Қазақстан және басқа елдер) секцияларға ұтқырлық беруге, гидрожетекті, секциялардың түйісу торабын және оларды бекіту құрылғыларын әмбебап жабдық ретінде пайдалану мақсатында жетілдіруге бағытталған (Жол төсегіштер).

Жоспардағы пішінді жетілдірудің ең маңызды нәтижесі сфералық және жарты шар тәрізді қайырмалар жасау болды. Олардың әртүрлі модификациялары орта және ауыр кластағы бульдозерлердегі жетекші фирмалар ең көп қолданатын қайырмалар номенклатурасының маңызды бөлігін құрайды.

Жарты шар тәрізді қайырмалар қысқа, шеткі пышақтардың ішкі жазықтығымен, $15..25^\circ$ бұрышта орнатылған бүйір бөлімдерімен ерекшеленеді, бұл сүйреу призмасын жылжыту кезінде шығындарды азайтады, құрылымның беріктігі мен қаттылығын арттырады. Барлық жетекші фирмалар орта және ауыр дәрежелі бульдозерлерде 8В...FD 50 «Фиат-Алис» фирмасы, Д80...Д475 «Комацу», Д6Н...Д10 «Катерпиллер», ТД15Е...ТД40 «Дрессер» қолданады. Ресей Федерациясындағы жақын көршілерде ДЭТ-250М2, Т-25.01, Т-330, Т-500, Т-75.01 тракторлары негізінде бульдозерлер жарты шар тәрізді қайырмамен жабдықталған [116].

Сфералық қайырмалар (пат. АҚШ №2485407) [117] ені ұлғайған және үш бөліктен тұрады, олардың орташа ұзындығы пышақтың ұзындығының $0,35...0,40$ құрайды, ал бүйірлері орташа $25...30^\circ$ дейінгі бұрышта орнатылған. Сфералық қайырманың дизайны 1,5 есе үлкен сүйреу призмасын жинауға және $1,9...2,5$ материалды жоғалтуға мүмкіндік береді [100, 16-24 б.]. Соңғы жылдары сфералық қайырма орта және әсіресе ауыр дәрежелі бульдозерлерді ауыстыратын жабдықтың негізгі түрлерінің біріне айналды: Д6Н...Д11 «Катерпиллер», Д375...Д475 «Комацу», Д3ОВ...FD 50 «Фиат –Алис», ТД-40 «Дрессер» [118].

Кесу жиегінің үлкен ұзындығы және тереңдетудің төмен күші сфералық қайырманы негізінен қопсытылған топырақтар мен басқа да сусымалы материалдардың қозғалысына қолдануды шектейді.

«Caterpillar», «Komatsu», «Фиат-Алис» фирмалары сфералық қайырмалардың бірқатар мамандандырылған түрлерін қолданады [105, 1-9 б.]:

- ауыр жоспарлау жұмыстары үшін, берік құрылымымен, тозуға төзімділігімен ерекшеленеді, жарылған тас материалдарын, қиыршық тастарды және т. б. жылжыту үшін қолданылады;

- көмірді жылжыту үшін, үлкен өлшемдерімен, бүйірлік бөлімдерімен, итергіш жолақтардың артында және қосымша көлденең тіректермен бекітілген. Ашық өндіру кезінде көмірді тырмалау үшін, оны қоймалар мен электр станцияларында жылжыту үшін және $28... 30^\circ$ бұрышта орнатылған. Жоспардағы бүйірлік бөлімдер жылжу кезінде көмірді тығыздайды, өздігінен жану қаупін азайтады;

- ағаш жоңқаларын жылжыту үшін, сфералық қайырмалар арасында ең үлкен мөлшерімен және жеңіл құрылымымен ерекшеленеді. Ағаш өңдеу зауыттарында қолданылады, онда 41В «Fiat-Kobelco» бульдозері, мысалы, ені 8,5 м болатын осындай пышақпен 6 м³ ағаш жоңқаларын жылжытады [119];

- қалпына келтіру жұмыстары үшін ашық тау-кен жұмыстарынан кейін жер учаскелерін қалпына келтіру үшін, қопсытылған топырақты құю және тегістеу үшін қолданылатын ені ұлғайтылған үйінді.

Қалпына келтіру жұмыстарын жүргізу үшін - бос жыныстардың қайырмаларын тегістеу үшін 1980 жылы «Болдерсон» және «Russel & Sons» фирмалары түзу (аз масса) және сфералық қайырманың артықшылықтарын біріктіретін қайырма жасады. Түзу қайырма үш бөлімнен тұрады - орташа және екі бүйір, қисықтық радиусы өзгермелі, ортаңғы бөлікпен түйіскен жерде 1,016 м және пышақтың соңында 0,762 м құрайды. Тікелей қайырмада топырақтың ортасына қарай қозғалысы қамтамасыз етілді, бұл Д9Н «Катерпиллер» бульдозерлеріне жүк көтергіштігі төмен қайырмаларда бір өткелде 15 м³ дейін борпылдақ топырақты жылжытуға мүмкіндік берді [120].

Идеяның одан әрі дамуы «Russel & Sons» фирмасының жоспардағы ойыс жүзі болып табылады, ол қисықтық радиусы ортасына қарай ұлғаятын айнымалысы бар екі қатаң байланысқан бөлімнен және кескіш пышақ орнатылған түбі - үшбұрышты тақтадан тұрады [121].

Жоспардағы түзу емес пішінді қайырмаларға төрт секциялы, бес секциялы, жоспардағы жартылай шеңберлі қайырмалар жатады [122-124]. Олардағы энергия сыйымдылығының төмендеуі негізсіз, өйткені ол бульдозерлік жабдықтың күрделілігінің жоғарылауына байланысты, демек, буындардың сенімділігі мен көп секциялы қайырма жасау технологиясының төмендеуіне байланысты.

Жабдықтың әмбебаптығын кеңейтуді қамтамасыз ету.

Өзіне тән технологиялық операциялар мен іске асыру мүмкіндіктерінің кешені ретінде ұсынылатын бульдозерлік жабдықтар мен орындалатын жұмыстардың алуан түрлілігі қолдану кезінде бірдей емес (1.2-сурет).

Тәжірибеде орындалатын жұмыс түрлері бойынша ең алдымен, қисаю механизмі бар бульдозер-террасердің тікелей жүзі күтулерге сәйкес келеді,

Бірақ мұндай қайырма қарапайым және әрдайым белгілі бір жағдайларда жұмыс істей алмайды, сондықтан ауыспалы өндірістік жағдайларда жұмыс істеу мүмкіндігі бар мамандандырылған әмбебап және көпфункционалды үйінділерді жасау қажеттілігі туындады.

Қазіргі уақытта бульдозерлік жабдықтың әмбебаптығын кеңейтудің ең кең тараған тәсілі-қайырманың белгілі бір дәрежеде еркіндігін қамтамасыз ету-бойлық, сәйкесінше көлденең тік жазықтықтарда көлбеу және қисаю, көлденең бұрылу. Кең ұтқырлық орындалатын жұмыстардың ауқымын едәуір кеңейтеді. Айналмалы жабдық террастарды кесу, кюветтерді үзу, траншеяларды толтыру, бойлық-дөңгелек схема бойынша қайырмаларды жоспарлау және салу кезінде қолданылады. Мұндай жағдайлардың көпшілігінде қайырманың қисаюы қажет.

Айналмалы жабдықтың дәстүрлі дизайны қайырманьың орналасуын өзгерту және оны қисайту үшін көп уақыт пен қол еңбегін қажет етеді. Белгілі бір жұмыстардағы гидрофицирленген бұрылыс өнімділікті 18...60% арттыруы мүмкін [125]. Бульдозерлер гидрофицирленген бұрылыспен және жабындымен. С-тәрізді жақтауды «Кейс» компаниясы шығарады. Бұрылыс гидравликалық цилиндрлер арқылы раманың бойлық элементтерінде орналасқан бағыттағыштар бойымен итергіш тіректері бар сырғытпаларды жылжыту арқылы жүзеге асырылады, мысалы, 1150С, 1450В модельдерінде АҚШ №4023624 патент бойынша [126]. Рельстердің қосымша ұзындығын қамтамасыз ету үшін (қайырманьы 20...25° бұру үшін), доңғалақ буындары жетекші дөңгелектерге дейін артқа жылжиды.

Жеңіл және кейбір орташа бульдозерлерде шетелдік фирмалар қайырманьың нақты күшін барынша арттыруға мүмкіндік беретін ішкі жақтауды қолданады, бірақ сонымен бірге үш гидравликалық цилиндр мен эмбебап топса арқылы осы жақтаумен өзара әрекеттесетін қайырманьың енін азайтады.

Екі гидравликалық цилиндр екі бағытта да қайырманьы жоспарда 25° - қа дейін ашады, ал үшіншісі жақтауға бекіту арқылы қисаюды қамтамасыз етеді. Кейбір жағдайларда жабдықтың қаттылығын арттыру үшін бағыттағыштары бар қосымша жақтау қолданылады, оған қатысты қайырма қисайған кезде бұрылады.

Пайдалану жағдайларына бейімделу мүмкіндігін жақсарту үшін кейбір бульдозерлерде барлық ауыстырулар толығымен гидрофицирленген-жоспардағы бұрылыс, қайырманьың көлбеуі және оның қисаюы болады. Ол үшін екі гидравликалық цилиндр қолданылады. Жұмыс сұйықтығын әртүрлі қуыстарға бағыттай отырып, олар қисаюды жүзеге асырады, аттас қуыстарға - көлбеу бұрышын өзгертеді.

Эмбебап айналмалы жабдықтың жұмыс органының дизайнының қарапайымдылығы сонымен бірге маңызды кемшілік болып табылады. «Катерпиллер» фирмасының мәліметі бойынша, оның жаппай жұмыстағы өнімділігі 50...75% құрайды, [57, 4 б.; 67, 2-13 б.] материалды бір жаққа тиімді жылжыту жағдайынан тағайындалған айналмалы қайырманьың геометриялық параметрлерінің өзгермейтіндігімен түсіндірілетін фронтальды қайырма жабдығының өнімділігімен түсіндіріледі.

Жұмыс жабдықтарының эмбебаптығын кеңейтудің тағы бір жолы - жұмыс органының параметрлерін өзгерту.

Ұқсас конструкциялар жоғарыда қарастырылды. Олар сипаттамалық геометриялық параметрлерді реттеу арқылы мүмкіндік береді, мысалы, білік бетінен қисықтық радиусы, қосымша жұмыс органдарын (көлбеу, рипперлер және т.б.) немесе элементтерді, мысалы, ұзартқыштарды, ашқыштарды тез және ыңғайлы орнату және бөлшектеу, сонымен қатар қосымша органдардың немесе элементтердің орналасуын реттеу арқылы. әртүрлі жұмысшылар және жұмыс істемейтін жағдайға дейін, өзгермейтін параметрлері бар эмбебап жабдыққа қарағанда жоғары тиімділікпен жабдықты қолдану аясын едәуір кеңейтіңіз.

Сфералық бульдозерлік жабдықтың әртүрлі топырақ жағдайларына бейімделуін қамтамасыз ететін дизайн шешімдері перспективалы болып

табылады. Алайда, сфералық қайырмалардың өзі, ең өнімді бола отырып, кемшіліктеріне байланысты қолдануда шектеулі.

Әр түрлі пішінді бүйірлік бөлімдері бар сфералық қайырманың алдыңғы бетінің белгілі бір бұрышында қайта құру эксперименттері сфералық қайырманың түзу және керісінше өтуін қамтамасыз ететін жаңа үйінді конструкцияларын әзірлеумен аяқталды (пат. АҚШ №2674817) [127].

Бұл жағдайда ортаңғы бөлік түзу қайырмамен ауыстырылады, одан жүк көтергіштігі төмен топырақты жоспарлау кезінде бүйірлік бөлімдерді бөлшектеуге болады, осылайша қайырманың басқарылатын ұзындығы мен жабдықтың массасын азайтады және берік топырақты кесу үшін нақты күш-жігерді арттырады.

Ортаңғы пышақ АҚШ №3528509 патенті бойынша сфералық қайырмамен басқарылады, сонымен қатар АҚШ №3857447 патенттағы гидравликалық жетекпен үздіксіз реттеледі. [128, 129].

Сфералық қайырмаларды пайдалану олардың жұмысында, әсіресе бір-бірімен байланыссыз топырақты қазу және тасымалдау кезінде әртүрлі талаптарды қатаң сақтау қажеттілігіне байланысты шектеледі.

Ортаңғы бөлімде топырақ қабатын жабысқақ және дөңес ету жоспарда 30° дейінгі бұрышта ұзындығы бойынша шағын бүйір бөлімдер қойылған кезде мүмкін болады, бұл сонымен қатар сүйреу призмасының айтарлықтай жиналуына әкелді [32, 24-34 б.].

Ортаңғы бөліктің ұзындығын гидравликалық цилиндрлерге жалғанған қораптың бүйірлік бөлімдерінің түзу жүзіне бекітілген бағыттағыштар бойымен қозғалатын тұрақты бұрышты монтаждау арқылы реттеуге болады [89, 1-4 б.].

Сондай-ақ, а.с. №288678 конструкциясында сфералық қайырманың ортаңғы және бүйір бөлімдерімен көтерілетін топырақ ағындарының бір-біріне әсерін болдырмауға әрекет жасалды [130].

Онда параллелограммдық суспензияда тік қозғалу мүмкіндігі бар, осылайша кесу процесінен шығу мүмкіндігі бар, қайырманың барлық беттеріндегі қабаттардың қозғалысына әсер ететін орташа жазықтық орналастырылған.

Топырақ материалын алу бұл жағдайда қиғаш кесуді жүзеге асыратын бүйірлік бөлімдер есебінен жүзеге асырылады. Дәл осы жағдайда топырақтың бүйірлік ағындарының ортаңғы қайырма бойымен қозғалатын топырақ қабатын қыспауына байланысты, демек, қозғалысқа тиісті кедергілердің болмауы, энергия сыйымдылығы мен белгілі бір дәрежеде жабысқақтық төмендейді.

Ұқсас өңдеу АҚШ №3424251 патенте берілген, мұнда пышақ қайырманың ортаңғы бөлігінде қатты бекітілген, ал қайырма беті жылжымалы және жетек арқылы жоғары көтерілуі мүмкін [131].

Әзірленген топырақ ортаңғы бөлімде алынған терезеден өтіп, скрепермен немесе тиегішпен таңдалған жинақы білікті құрайды.

Сфералық қайырманың қасиеттерін өзгертудің ең үлкен мүмкіндіктері бөлімдердің топсалы байланысын қамтамасыз етеді. Ол төмен байланысқан және құрғақ топырақ материалдарын жылжыту кезінде қайыраманың пішінін

сфералықтан, берік материалдарды әзірлеу кезінде түзу сызыққа дейін, сондай-ақ төсемге айналдыру кезінде өзгертуге мүмкіндік береді.

Бүйірлік бөлімдерді орнату бойынша үш секциялы қайырмаға қолмен бекіту арқылы АҚШ №2230704 патент бойынша үш орынның бірінде жүзеге асырылды: а) алдыңғы бұрышпен; б) артқа бұрышпен; с) ортаңғы қалақша бойымен [132].

Кейінгі конструкцияларда, мысалы, пат. АҚШ №4099578, бүйірлік бөлімдерді бұру қазірдің өзінде гидравликалық жетекпен жүзеге асырылады [133].

Бұл жағдайда пышақтың ортаңғы бөлімі екі гидравликалық цилиндр арқылы бойлық тік жазықтықта қисаю және еңкейту мүмкіндігімен С-тәрізді жақтауға орнатылады.

Бүйірлік бөліктер ортаңғы бөлікке топсалы түрде орнатылады, оған қатысты гидравликалық цилиндрлердің күшімен алға және артқа ауытқуы мүмкін, өз кезегінде бүйірлік бөліктердің кронштейндеріне өзектермен орнатылады.

Осылайша, қайырманың қандай да бір көлбеуі жағдайында жоспардағы бүйірлік қайырма бөлімдерінің орналасу бұрышына тәуелсіздік беру әрекеті жасалды. Өнеркәсіптік тұрғыдан алғанда, гидравликалық цилиндрлерді жылжытатын бүйірлік бөлімдері бар, жүздің ортаңғы бөлігіне қатысты 45° - қа дейін қисайған мұндай топсалы үш секциялы жүзді алғаш рет АТЕСО және VAMA фирмалары шығарды [134].

Төртеуінен тұратын бульдозер қайырмаларының конструкциялары (авт. күн. №479856) және одан да көп топсалы байланысқан секциялар осы уақытқа дейін жоғары күрделілікке байланысты қолданылмады [123, 1-6 б.]. Көптеген ішкі еркіндік дәрежелері бар қайырмаларды жасау бойынша қосымша ізденістер кеңірек мақсат қоюмен сипатталады. Мысал ретінде АҚШ №4552226 патент бойынша көп мақсатты, Еуропаның көптеген индустриалды дамыған елдерінде патенттелген жабдықты келтіруге болады [91, 1-9 б.]. Жабдық (1.13-сурет) гидравликалық цилиндрлердің көмегімен көлденең жазықтықта бұрылу мүмкіндігі бар топсалы ішкі типтегі итергіш жақтаудан тұрады, қайырманың 2 топсалы бөлімі орнатылады. Оларға қарай, жоспардағы бұрышта көлденең топсаларға қосымша сыртқы топса бөлімдері орнатылады, олардың әрқайсысы гидравликалық цилиндрлер арқылы қажетті қиғаш бұрышқа дейін тік жазықтықта бұрыла алады. Қайырмамен жақтауды бұру әртүрлі беттерді өңдеу кезінде кесу жиектерінің көлбеуін және құрама қайырманың тік профилін өзгертуге мүмкіндік береді. Еркіндік дәрежелерінің көптігі дизайнды едәуір қиындатады және оның сенімділігін төмендетеді.

Үш секциялы МАЖИ қайырмалары топырақ жағдайларына және орындалатын жұмыстарға үлкен бейімделгіштікке ие (1.15-1.17-сурет) [93, 1-4 б.; 94, 1-14 б.; 95, 1-4 б.]. Олар дизайн бойынша қарапайым және белгілі бір әмбебаптыққа ие. Құрылымдардың кемшілігі-бүйір айналмалы бөліктер мен орталық қайырма арасындағы саңылаулар, бұл бүйір бөліктердің орналасуы мен көлбеуін өзгертуге ғана емес, сонымен қатар өздері арқылы тасымалданатын

топырақтың едәуір көлемін өткізуге мүмкіндік береді. Бүйір бөліктердің кесу жиектерін бұру кезінде бақылаусыз көтерудегі МАЖИ конструкцияларының екінші кемшілігі. Сонымен қатар, жиектер әр түрлі биіктікке көтеріледі, бұл біркелкі емес, арық із қалдырады, ал ортаңғы қайырма тереңдету күшінің артуына байланысты үлкен тереңдікке ене бастайды. Бірақ қайырманың ортаңғы бөлігінің кеңеюіне байланысты топырақтың көтерілуі аз қарсылық пен жабысқақтықпен жүреді, бұл, сайып келгенде, тұтастай алғанда процестің энергия сыйымдылығын белгілі бір дәрежеде төмендетуі мүмкін. Қарастырылып отырған қайырмалардың конструкциялары жабдықтың әмбебаптығын және оның функционалдығын арттыра отырып, ұстау енін өзгертуге мүмкіндік береді, әсіресе террасалық бульдозерлер мен траншеялар мен төсемдерді толтыру жұмыстары үшін.

Барлық кемшіліктері бар бұл қайырмалар әмбебап және пішіні жағынан олар сфералық және айналмалы, сондай-ақ түзу және бағыттаушы артықшылықтарға ие болуы мүмкін.

Қайырма пішініндегі кейбір өзгерістер өндірістік қажеттілікке байланысты және патенттелмегенімен, жеткілікті түрде таратылды. Мысалы, Clark фирмасы стандартты қайырманы тасымалдау шелегіне ұқсайтындай етіп жаңартты, бірақ бір маңызды айырмашылықпен – бүйір қабырғаларының бірі қайырманың ортаңғы бөлігіне бұрышпен қиғаш болды (1.19-сурет) [135]. Қайырманың бұл дизайны кесілген материалды едәуір қашықтыққа тасымалдауға арналған, ал егер мүмкін болатын ең үлкен сызу призмасының көлемі асып кетсе, материал автоматты түрде өздігінен қайырманың қиғаш қабырғасы бойымен бүйірлік роликке ауысады. Мұндай қайырманың кемшілігі оның біркелкі толтырылмауы және тасымалданатын топырақтың бүйірлік роликке өтуінің бақыланбауы болды. Бірақ олар тік қабырғаға жақсы жұмыс істейді.



Сурет 1.19 - Clark компаниясының қайырмасының бір жағы қиғаш ожау тәрізді қайырма

Келесі практикалық модернизациялар түзу қайырмаға әсер етті, оның бүйір жиектеріне әр түрлі ілмектер дәнекерленді және биіктігі мен ені бойынша әр түрлі бөлімдер бекітілді және топырақты субстрат жазықтықтарымен ұстап тұру арқылы призманың көбірек жиналуына ықпал ететін қайырма кеңейткіштері немесе бүйірлік қақпақтар ретінде пайдаланылды (1.20-сурет, а және б) [136].



а) алдыңғы көрініс; б) артқы көрініс.

Сурет 1.20 - CaterpillarD5G: бүйірлік кеңейткіштері бар түзу қайырма

Қаптамалардың өздері, әдетте, қолмен, белгілі бір бұрышпен, тікелей қайырманың бетіне бекітілді, оған тасымалданатын топырақтың көбірек жиналуы үшін қосымша парақ қайнатылуы мүмкін. Сонымен қатар, қақпақтардың өздері әртүрлі профильде болуы мүмкін және 1.21 [137] суреттегідей қайырманың көлденеңінен әр түрлі бұрыштарда өз күштерімен көрсетілуі мүмкін.

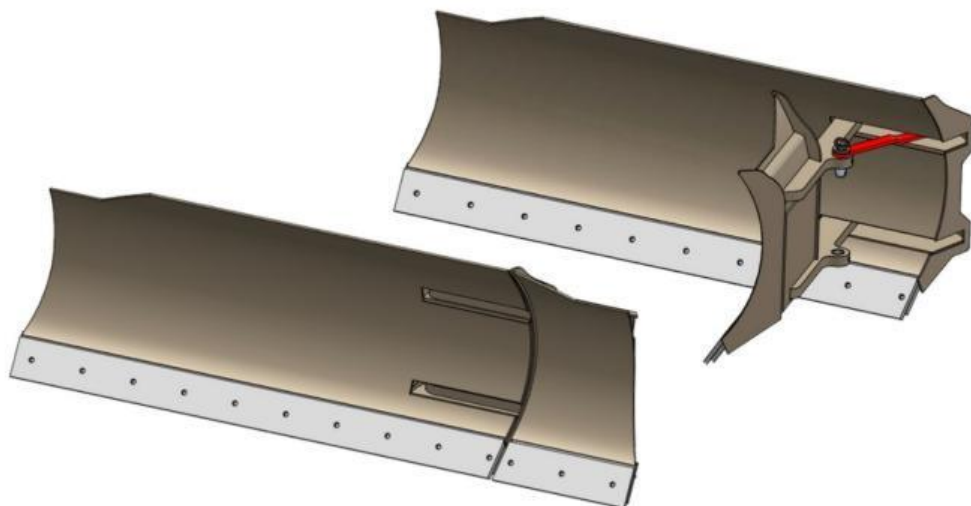


Сурет 1.21 – Қолмен реттелетін ұстау бұрышы бар жылжымалы бүйірлік қақпақтары (секциялары) бар бульдозер жүзі

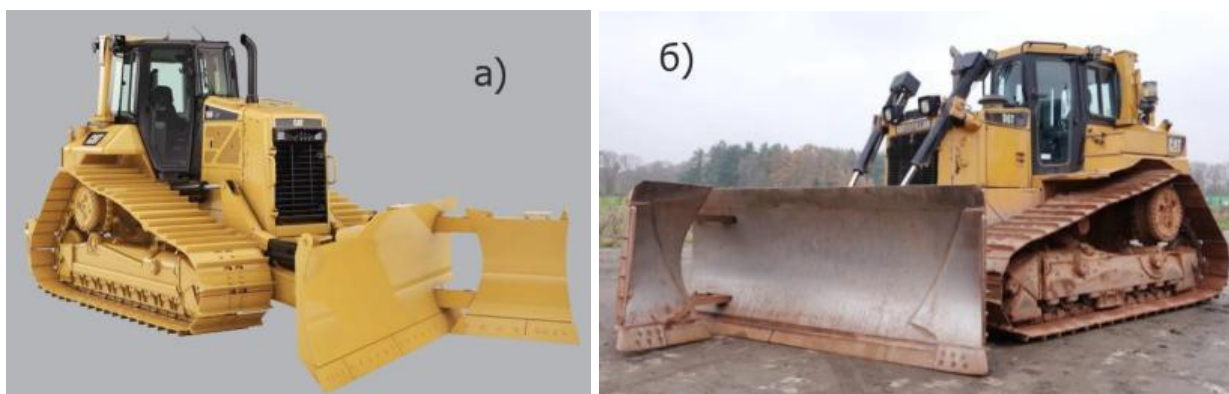
Ауыспалы геометриясы бар бульдозер қайырмаларының тұтас сериясы кең қайырмаларды жаңғырту кезінде оларды тасымалдау кезінде рұқсат етілген көлік өлшемдері шеңберіне келтіру кезінде пайда болды. Стандартты көлік платформалары кейде 2,5 метрден астам бульдозер қайырмаларына айналды. Сондықтан «GDM Snc di Giuseppe di Mauro & C» итальяндық фирмасы компьютерлік модельдеу арқылы жиналмалы, бір жағынан бөлінген қайырма жасалды, ол жұмыс кезінде максималды ұзындығын қарапайым түрде қолданды және тасымалдау кезінде топсалы бүктелді (1.22-сурет) [138]. Сонымен қатар, тапсырыс берушінің қалауы бойынша қайырма кез-келген шетінен болуы мүмкін.

Бастапқыда негізгі қайырма пен еңкейтілген бүйірлік бөлікті байланыстыратын топса автоматтандырылмаған, бөлім қолмен бүктелген, үлкен саңылаулары бар, бірақ содан кейін жұмыс кезінде бүйірлік бөлімді бұру реттеліп, жұмыс кезінде де қолданыла бастады, гидравликалық цилиндрлер қайырмаға қажетті профиль береді, мысалы, сол жақ (1.23, а-сурет) немесе оң жақ (1.23-сурет, б) пышақты түрлендіру арқылы, бүйірлік бөлімнің бұрылуынан қайырма түрлендірілген әртүрлі профильдердің қайырмалардың мүмкіндіктерін барынша алу [139,140].

Инновацияны пайдалану құқығын әлемнің барлық жетекші бульдозерлік фирмалары сатып алды, олар көлемді жиналмалы қайырманы кеңінен қолдана бастады (1.22-сурет).



Сурет 1.22 - GDM фирмасының бір жағында топсалы-бөлінген (жиналмалы) жүзі бар бульдозерлі қайырма



Сурет 1.23 - жан-жақты орналасуы бар бөлінген қайырманың артикулярлы бүйірлік бөлімі

Қайырманың топсалы бекітілген бүйір бөліктерінің орналасуы, бағыты және еңкею бұрышы қолмен де, гидравликалық цилиндрлермен де мүмкін болды (1.24-сурет) [141, 142]. Бүйірлік бөлімдерді артқа еңкейту арқылы түзу қайырманың жұмыс енін азайту мүмкін болды (1.25-сурет) [143, 144]. Сондай-ақ, бүйірлік секцияларға перпендикуляр қосымша тақтайшалар орнатыла бастады, олар түзу қайырманы қорапқа немесе жарты шарға айналдырды (1.26-сурет) [145, 146].

Сондай-ақ, базалық машинаның техникалық мүмкіндіктерін мүмкіндігінше толық пайдалану үшін, оған максималды ұзындықтағы қайырманы іліп қою арқылы, ол екі жағынан бөлініп, екі бүйірлік бөліктер бүктелген кезде жасала бастады, бұл бульдозерді кез-келген жүк платформасында, соның ішінде автомобильде бүктелген қайырмамен еш қиындықсыз тасымалдауға мүмкіндік берді, ал бөлімдерді көлденеңінен бұру пышақ профилі сфералық профильге дейін өзгерді, бұл сөзсіз бульдозердің өнімділігі мен тиімділігін арттырды (1.27-сурет) [147].



Сурет 1.24 - Қайырманың пішінін өзгертуге мүмкіндік беретін Caterpillar бульдозер қайырмасының артикуляцияланған және гидравликалық басқарылатын бөлімі



а) komatsu және б) Caterpillar, қайырманың жұмыс өлшемдерін төмен қарай өзгертуге қабілетті.

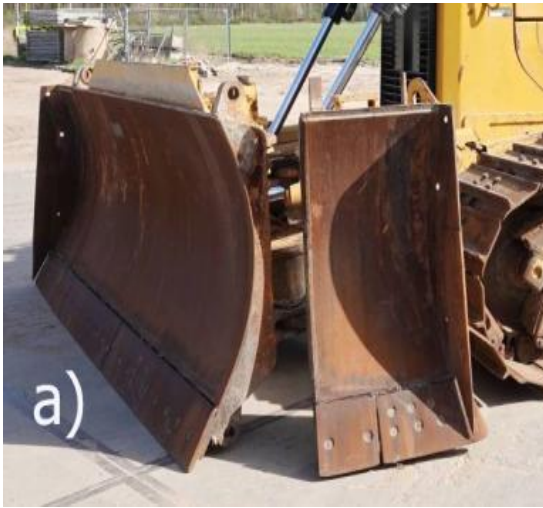
Сурет 1.25 - Бульдозерлердің бүйір бөліктері артқа қарай қисайған түзу қайырмалар

Бүйірлік бөлімдер мен кеңейткіштерді бұруды автоматтандыру іс жүзінде бүйірлік бөлімдердің қосымша бекіту тетіктерінен және оператордың қайырманы қажетті күйге келтіру үшін физикалық күш-жігерінен арылуға мүмкіндік берді және гидравликалық цилиндрлердің көмегімен оператордың орнынан қайырмаға бүйірлік бөлімдер мен кеңейткіштерді қайырма жазықтығына кез-келген бұрышқа орнату арқылы профильді түзуден сфераға өзгертуге мүмкіндік берді [24, 3 б.].

Қайырма геометриясының өзгеруі дәстүрлі емес қайырмаларда да қолданылады. Мысалы, «Skeeg Pro Plus» қайырма жабдықтары шағын тракторларда қолданылады, оларға үлкен жалпақ қайырманы іліп қою мүмкін емес. Сондықтан қолданылатын пышақтың пішіні ерекше, бірақ ол көлденең жазықтықта емес, тік жазықтықта бүктелуі мүмкін (1.28-сурет). Бұл қайырмалар бетті жоспарлау және тегістеу кезінде тек тікелей профильде жұмыс істейді [148].

Ауыспалы геометриясы бар қайырмаларды ең үлкен қолдану қар тазалау техникасында жүзеге асырылады (1.29-сурет) [136, 2-66 б.]. Мұнда түзу қайырма қорапқа, сфераға, соқаға немесе басқа органға айналуы мүмкін. Қабылданған пішіндердің әртүрлілігі тазартылатын аймақтың күндізгі бетінен төмен қайырманың кесілмегендігімен және стандарттар бойынша үлкен бульдозер қарсылықтарының болмауымен түсіндіріледі, сондықтан қайырмалар көбінесе тік буындарда бүйір бөліктері бар берік полимерлерден жасалады.

Бульдозерлік жабдықтың функционалдық мүмкіндіктерін жетілдіру бойынша белгілі мәліметтердің патенттік-техникалық талдауы бульдозерлік жұмыстарды талдау кезінде бөлінген мақсаттардың өзектілігін дәлелдейді.



Сурет 1.26 - Негізгі қайырмаға орнатылған көлденең тақтайшалары бар бульдозер қайырмасының бүйірлік кеңейткіштері



Сурет 1.27 - Екі жағынан топсалы бульдозер қайырмасы



Сурет 1.28 – бүйірлік бөлімдерді тік бүктейтін «Skeer Pro Plus» топсалы қайырмасы



Сурет 1.29 - «VAMARoadblades» фирмасының ауыспалы геометриясы бар полимерлі қайырмасы

Бульдозерлік жабдықтардың кең спектрін шығаратын жетекші фирмалардың ғылыми-техникалық саясаты да оларға қол жеткізуге бағытталған. Жабдықты жетілдірудің барлық қолданылатын және ұсынылатын құралдарын талдау келесі негізгі бағыттарды бөлуге мүмкіндік береді:

- жоспардағы дәстүрлі қайырма пішінін және оның профиль пішінін өзгерту;

- бульдозер қайырмасын қосымша жұмыс элементтерімен жабдықтау, мысалы, тістермен, шаңғылармен, ШОП, ашықхаттармен және т. б.;

- бульдозерлік жабдықты қосымша жұмыс органдарымен, мысалы, копсытқыштармен, бұрағыштармен, шнектермен және басқалармен жабдықтау;

- объектіге қауіпсіз тасымалдауды қамтамасыз ететін әзірленетін техниканың көліктік габариттерін қамтамасыз ету;

- бульдозердің жұмыс органының белгілі бір сыртқы және/немесе ішкі еркіндік дәрежелерін қамтамасыз ету. Мұнда сыртқы дегеніміз бойлық және көлденең тік жазықтықтардағы қайырманың көлбеуі және көлденең жазықтықта бұрылу, ішкі-қайырма мен қосымша элементтер мен жұмыс органдары арасында жүзеге асырылатын еркіндік дәрежелері. Белгілі бір (атап айтқанда, нөлдік) еркіндік дәрежесін қамтамасыз ету жетілдіру құралдарының алғашқы үш тобының кез келгенін қолданумен қатар жүреді.

Кестеде көрсетілгендей оларды біріктіру. 1.1, бульдозерлік жабдықты бес бәсекелес топқа бөлуге мүмкіндік береді:

С-дәстүрлі қайырма пішінінен, қосымша жұмыс элементтерінің немесе қосымша еркіндік дәрежесін енгізбестен органдардың болуымен ерекшеленетін мамандандырылған бульдозерлік жабдық;

Т-конверттелетін жабдық. Бұл топқа монтаждау және бөлшектеу жұмыстарының көмегімен түрлендіруге және қайырманың жекелеген бөліктерін, қосымша элементтерді немесе мүшелерді қайта құруға мүмкіндік

беретін құрылғылар мен құрылғылардың болуымен ерекшеленетін жабдық кіреді;

АФ-бейімделгіш қайырма пішіні бар бульдозерлік жабдық. Бұл топқа монтаждау-бөлшектеу операцияларынсыз Орындалатын жұмыстардың түрлері мен жағдайларына нысанды бейімдеу қамтамасыз етілетін жетегі бар қосымша жұмыс элементтерімен жарақтандырылған, бір-бірімен жалғанған, жекелеген, жетегі бар бөліктері, дәстүрлі нысандағы қалақшасы немесе қалақшасы бар жабдық жатады;

АП-бульдозерлік жабдық бейімделетін қалақша жағдайы бар. Бұл топқа итергіш жақтауға жылжымалы орнатылған қайырма, жетек механизмі және басқару жүйесі (көбінесе автоматтандырылған) бар жабдық кіреді, онда пышақтың орналасуын монтаждау және бөлшектеу операцияларынсыз орындалатын жұмыстардың түрлері мен жағдайларына бейімдеу қамтамасыз етіледі;

К-орындалатын жұмыстардың түрі мен жағдайларына байланысты іріктеп немесе бір мезгілде қолдану мүмкіндігімен жұмыс органдарының қайырмасына бір немесе одан да көп қосымша құрамдастырылған жабдық.

Кесте 1.1- Бульдозерлік жабдықты топтарға бөлу

Жетілдіру құралдары	Еркіндік дәрежелерін қамтамасыз ету (ЕД)			
Пішінді өзгерту	С	Т	АФ	АП
Қосымша элемент	С	Т	АФ	АП
Қосымша жұмыс органы	С	Т	К	К
СС қайырмаға әсер ету түрі	ажырамас құрылым	ажырамас құрылым	Ішкі СС	Сыртқы СС

1.5 Әртүрлі конструкциялардың бульдозер қайырмаларының топырақпен өзара әрекеттесуі туралы белгілі теориялық зерттеулерге шолу және талдау

Ашық интернет және кітапханалық деректер базасы кеңістігінде талдау үшін А.Н. Зеленин, Н.Г. Домбровский, В.И. Баловнев, Ю.А. Ветров, В.П. Горячкин, К.А. Артемьев, И.А. Недорезов, А.С. Қадыров, Р.А. Кабашев, Н.Т. Сурашов, А.С. Орынбасарова, К.К. Шестопалова, Р.К. Құдайбергенова, Г.Н. Карасева және басқа да белгілі ғалымдар өнеркәсіп қолданатын үйінділер формасының олар әзірлейтін материалдардың кедергісіне әсерін зерттеуде, сондай-ақ үйінділердің ұтымды параметрлерін анықтауда өздерінің ғылыми іздерін қалдырғаны сөзсіз [1, 17-44 б.; 4, 31-145 б.; 25, 132-260 б.; 26, 230-261 б.; 27, 33-97 б.; 28, 54-62 б. және т.б.].

Академик В.П. Горячкин ұсынған соқаның жалпы кедергісін есептеу формуласы, қайырманың аналогы ретінде, оның топырақпен өзара әрекеттесуінің негізгі физикалық заңдылықтарын көрсетеді, бірақ кесу ені мен тереңдігінің қатынасы өзгертін, сондай-ақ жоңқалардың өзгертін қимасы бар

жер қазатын машиналардың қайырмаларын есептеу кезінде бұрмаланған нәтижелер береді [149].

Соқаны кесуге төзімділік күші (В.П. Горячкин бойынша):

$$W_p = f \cdot G_{гр} + k_p \cdot b \cdot h + \varepsilon \cdot b \cdot h \cdot V^2, \quad Н$$

мұндағы f – болат түрен бойынша топырақтың үйкеліс коэффициенті;

$G_{гр}$ - сынадағы топырақ көлемінің салмағы, Н;

h - түренмен кесу тереңдігі, м;

b - кесу ені, м;

ε – кесу кезіндегі энергия шығынының коэффициенті;

V^2 - кесу жылдамдығы, м/с.

k_p - топырақтың кесуге төзімділігі, Н/м²;

Бірақ Н.Г. Домбровский шамамен есептеулер үшін В.П. Горячкиннің жеңілдетілген математикалық тәуелділігін қолдануды ұсынды. Жұмыс органының траекториясына жанасатын қазуға төзімділік күші эксперимент жүргізілген қайырма немесе топырақ материалының түрі үшін тікелей эмпирикалық әдістермен алынған кесуге ерекше қарсылық арқылы болады.

Олармен жоңқалардың қалыңдауы кезінде қазу процесі энергияны аз қажет етеді деген тұжырымдар ұсынылды, өйткені пышақтың шығыңқы кесу жиегі қайырманың жерге кесілуін жеңілдетеді [150].

Н. Домбровский формуласы бойынша ортақ қазу кедергісіне кіретін тангенс күші табылады, Н [151]:

$$P_{ск1} = P_{топ.кедерг} + P_{trib.k} + P_{ауысу}$$

мұндағы $P_{топ.кедерг}$ — топырақтың дамуына қарсылық күші;

$P_{trib.k}$ — әзірленіп жатқан материалға шөміштің үйкеліс кедергісі;

$P_{ауысу}$ — сүйреу призмасына жұмсалған қозғалыс күші және кесуге төзімділік күштерінің топырақ параметрлеріне тәуелділігі:

$$W_p = k_p b h = k_p F, \quad Н \quad (1.1)$$

мұндағы k_p – материалдың қазуға (кесуге) салыстырмалы кедергісінің коэффициенті; Н/м²;

b – қазудың ені; м;

h – қазу тереңдігі; м;

F - материалдың чиптерінің шартты қимасының ауданы, м².

А.Н. Зеленин топырақты қазу бойынша эксперименттік зерттеулердің едәуір көлемін жүргізді, ол тік профильдермен және жоспарлау периметрлерімен өндірістік эксперименттер негізінде кесу күшіне топырақтың қайрауының, бұрыштарының, ұзындығының (енінің) және тереңдігінің әсерін, сондай-ақ

топырақтың қасиеттерін анықтады және топырақты кесуге жалпы қарсылықты табудың белгілі эмпирикалық тәуелділігін ұсынды [152].

А.Н. Зеленин формуласы бойынша топырақ үшін кесуге төзімділік анықталады [153]:

$$W_p = C \cdot h^{1,35} \cdot (1 + 0,1S) \cdot \beta \cdot \left[1 - \frac{90-\delta}{180}\right], \text{ Н}$$

мұндағы

C - ДорНИИ қалақты аспаптың әсер ету мөлшері.

h - қазу тереңдігі (кесу), м;

S – қазу ені, м.

δ – қазу бұрышы, град;

β – қайырма профилінің қайрау коэффициенті.

А.Н. Зеленин тығыздалған ядроны қазу процесінің кесілген топырақ материалындағы кернеулердің таралуына, өзара сырғанау денелерінің пішіні мен бетінің орналасуына тәуелділігінің пайда болуын зерттеді, бұл топырақты кесу және қазу процесінің физикалық негіздері мен заңдылықтарын анықтау үшін қажет.

Аталған мәселелерді зерттеуді заманауи дизайн құралдарын қолдана отырып озық жол фирмалары жүргізеді [154 - 157].

Ю.А. Ветров қарсылық күштерінің топырақты кесу параметрлеріне тәуелділігін эксперименталды түрде дәлелдеді және топырақтың кесуге төзімділігін табу үшін тәуелділікті тудырды [158, 159].

$$W_p = P_{св} + P_{бок.} + P_{бок.ср.} + P_{пл.изн.}, \text{ Н} \quad (3.5)$$

Ол ойықтың бүйірлеріндегі топырақтың бұзылуын ескеретін эмпирикалық формулалармен қазуға қарсылықты анықтауды ұсынды. Ол қарапайым пышақпен жұмыс істеген кезде кесу күштерін табудың нәтижелерін және басқа пішіндерді пышақпен кесу кезінде қолдануды ұсынды.

Жоңқалардың пайда болу процесінің қайырма бетінің профилінің сипаттамаларына тәуелділігі және қайырманың биіктігі бойынша топырақ қысымының ыдырауы, қайырмадағы қарсылық бағытының мәніне бірқатар ғалымдар эксперименталды түрде зерттелді.

Н.Л. Жихарев бұрылмайтын түзу қайырмаға дейін топырақтың қозғалғыштығын зерттеп, оны үш өзара байланысты аймаққа бөлді - жоңқалардың пайда болуы, оның қайырма беті бойымен қозғалу аймағы және жоңқалардың жойылуымен сүйреу призмасының пайда болу аймағы [160]. Топырақтың қайырманың биіктігіне көтерілуі шектеулі және пайда болған жоңқалардың беріктік сипаттамаларына және қарсылық мәндеріне байланысты екендігі тіркелді. Қайырма бойымен байланыссыз топырақтарда жоңқалар іс жүзінде көтерілмеді, бірақ қазудың соңғы сатысында үлкен қисықтығы бар қайырмаларда олардың кейбір учаскелерінде жоңқалардың тежелуімен тоқырау аймақтары пайда болды.

Бұл жағдайларда қайырманың беті сырғанау беті болып табылмайды және жоңқалардың көтерілуі ең аз қарсылықпен беткейде жүреді. Н.Л. Жихарев жоңқалардың ілгерілеуіне ең аз кедергісі бар қайырма ең жақсы жинақтау қабілетімен ерекшеленеді деген ережеге сүйене отырып, тікелей қайырманың параметрлерін анықтау әдістемесін жасады. Көлденең профиль үшін олар тізбекті сызық теңдеуін алды, сәйкесінше қисықтық радиусы, кесу және аударылу бұрыштары үшін ұсынылады: $R \approx 0,27 \text{ Н}$, $\alpha_p=30^0$ и $\psi=75^0$ [161].

Тұрақты қисықтық радиусы бар, төменгі жағында қисықтық және жоғарғы жағында қисықтық бар әртүрлі қайырма пішіндерінің әсерін зерттеуді бірқатар шетелдік фирмалар мен ғалымдар бірінші болып қолға алды [162-164]. Өлшеу әдістерінің жетілмегендігі, көптеген факторлардың бір мезгілде өзгеруі, топырақ жағдайындағы айырмашылықтар авторлар алған ұсыныстарда айтарлықтай айырмашылықтарға әкелді. Тік қайырманың ұтымды профилі ретінде И.А. Недорезов [130, 1-5 б.] және Г. Дресс [162] төменгі жағында қисықтығы жоғары эвольвентті профильді, Г. Кюн [163] - параболалық, Cat фирмасы – артикуляцияланған [164], В.И. Баловнев [165], Г. Тиро [166]- цилиндрлік ұсынды.

Айырмашылықтармен тізімделген « α_p » кесу бұрыштары, « ε » қондырғылары және « ψ » аударылу бұрыштары, сондай-ақ қайырманың қисықтық радиусы R айтарлықтай айырмашылықтарға ие.

А.А. Яркин өз зерттеулерінде қазу процесінің энергия сыйымдылығы мен ағынының әртүрлілігінің қайырманың профилінің сипаттамаларына тәуелділігін жалпылап, әртүрлі орнату бұрыштары, кесу, аударылу және қазу тереңдігі бар 8 және әртүрлі қайырмаларда тәжірибелер жүргізді, ал егер қайырманың профилі топырақ жағдайлары мен қазу тереңдігіне сәйкес келмесе, призма бір уақытта қайырманың жабысуымен және қуат тұтынудың өсуімен ісінген. Сүйреу призмасының максималды көлемінде минималды қуат тұтынуды қамтамасыз ететін профиль сипаттамалары ұсынылды. [167]:

$$\alpha_p = 45^0,$$

$$\psi = 70^0;$$

$$\varepsilon = 80^0;$$

$$R_1=0,8\text{Н}$$

$$R_2 = 1,1\text{Н}$$

мұндағы R_1 және R_2 – қайырма профилінің қисықтығының төменгі және жоғарғы радиусы.

Пышақ тозған кезде тік қысымның тез төмендеуіне және пышақтың қажетті беріктігін сақтай отырып, минималды артқы бұрышты қамтамасыз етудегі қиындықтарға байланысты кесу бұрышы $\alpha_p = 40...45^0$ оңтайлы деп санауға болмайды. Тікелей қайырманы негізгі орнату кезінде түпкілікті ұсынылған профиль параметрлері келесідей [168]:

$$\alpha_{p0} = 55^0,$$

$$\begin{aligned}\psi_0 &= 75^\circ, \\ \varepsilon_0 &= 75^\circ, \\ R_0 &= 0,99 \text{ Н.}\end{aligned}$$

Эксперименттік нәтижелерді жалпылау және оларды қолдану аясын эксперимент жағдайынан тыс кеңейту қажеттілігі топырақты кесу мен қазудың аналитикалық теориясын құруға бағытталған көптеген жұмыстардың пайда болуының алғышарты болды.

Кулон-Мордың беріктік жағдайына сүйене отырып, бірқатар авторлар массивтен жалпақ пышақпен бөлінген дененің тиысу бетінде пайда болатын күштерді анықтау үшін тәуелділіктерге ие болды. Ығысу бұрышы осы беттегі ең аз қарсылық жағдайынан анықталады. Кесуге төзімділікті анықтайтын басқа жұмыстардың негізі тіреу қабырғасындағы топырақтың пассивті қысымының Кулон теориясы болып табылады [169-171].

Бұл теорияға сәйкес пышақ пен ығысу жазықтықтары арасында орналасқан топырақ сынасының тепе-теңдігі қарастырылады.

Егер ең аз қарсылық жазықтығында топырақтың шығуы орын алса, онда жазықтықтың көлбеу бұрышын да дәл осылай анықтауға болады.

В.В. Соколовскийдің жазық мәселесінде борпылдақ ортаның адгезиямен шекті тепе-теңдігінің аналитикалық шешімі ұсынылды. Оның шешімі ығысу бетінің пішіні мен орналасуының алдын-ала тапсырмасынан бас тартуға және қайырманьң алдындағы бүкіл топырақ массивінің кернеу күйінен шығуға мүмкіндік берді [172].

Е.И. Берестов бірлескен авторлармен бірге С.С. Голушкевичтың өткір және мұқалған пышақпен кесу күшін анықтауда, сондай-ақ жұмыс жабдықтарын жерге көму кезіндегі максималды кедергілерді табу әдісін қолданды [173].

Анизотропты сусымалы ортаның шекті тепе-теңдігін табудың екі өлшемді есептері С.В. Сейфуллинаның зерттеулерінде шешілді. [174].

Г.Н. Карасевпен кесу күшін есептеудің жаңа әдісі (үшбұрыш әдісі) жасалды, оның ерекшелігі оның негізінде тығыздалған ядро түзілуімен нақты бұзылу жағдайларын ескеретін Зелениннің беріктік шарты жатыр, ал Г.В. Кустарев пен А.И. Доценко сусымалы орта статикасының ережелеріне негізделген кесу күштерін есептеу үшін аналитикалық тәуелділіктер алынды [175].

В.И. Баловнев ұсынған бірыңғай аналитикалық тәсіл және төртінші координатты таңдау негізінде жер қазу машиналарымен топырақты қазу теориясын құру бойынша көптеген міндеттерді шешті [176]. Жол-құрылыс машиналарының оңтайлы параметрлерін анықтау және топырақты массивтен бөлу кезінде пайда болатын құбылыстарды зерттеу кезінде кең өткір пышақпен, түтіккен пышақпен және өткір ұстау бұрышымен орнатылған пышақпен кесуге қарсылықты анықтау міндеттері шешілді.

Алынған қатынастар кесуге төзімділіктің оның тереңдігіне және пышақтың құрылымдық параметрлеріне, адгезиясы бар борпылдақ топырақтың пайдалану қасиеттеріне тәуелділігін көрсетеді.

Топырақ материалдарын қайырма бетімен кесу кезінде пайда болатын құбылыстарды талдау үшін кесілген элементінің осы бетіндегі қозғалыстың дифференциалдық теңдеуі ұсынылған.

Көлденең профильдің әртүрлі параметрлері бар беттердегі теңдеуді біріктіру олардың жоңқа қозғалысының кедергісіне әсерін талдауға, анықтау әдісін жасауға және цилиндрлік бет үшін $20^\circ < \alpha_p \leq 50^\circ$ $R = 0,9...1,1$ Н шегінде болатын пышақтың қисықтық радиусының ұтымды мәндеріне ұсынуға мүмкіндік берді.

Айналмалы қайырмалы қозғалыс бағытына қандай да бір өткір бұрышпен орнатқан кезде оның жұмыс процесіне кейбір ерекшеліктер қосады.

Айнымалы ұстау бұрышы бар қиғаш қазу және бос материалдарды тәуелсіз тасымалдау пышақ алдында қозғалатын призманың кедергісі мен көлемін, бөлшектердің қозғалу траекториясын, кесу Күшін және чиптердің жоғары қозғалуына төзімділікті өзгертеді.

Көптеген аналитикалық және эксперименттік зерттеулер оңтайлы ұстау бұрыштары мен айналмалы пышақ профилінің пішіндерін анықтауға бағытталған. Профиль қисықтығының тұрақты радиусы бар пышақтың салыстырмалы түрде аз жинақтау қабілеті бар екені анықталды, сондықтан ол айналмалы пышақ үшін ең ұтымды ретінде ұсынылады, ал қисықтық радиусын [177, 178] формуласы бойынша табуға болады.

$$R = \left(\frac{H}{2 \sin \frac{90^\circ - \alpha_p - \psi}{2}} \right)$$

Мұндағы ұтымды мәндер $\alpha_p = 60...75^\circ$ және $\psi = 20...30^\circ$.

Р.Л. Раденков қиғаш сына қозғалысын тәуелсіз жұмыс және жылжымалы қозғалыстарға орналастыра отырып, қайырмалардың жылжымалы қозғалысы кезінде бөлшектердің абсолютті қозғалысы жүрмейтінін, олардың абсолютті жылдамдығы сына жұмыс бетіне қалыпты тік жазықтықта жататынын және оның бағыты ортаның деформация түрімен анықталатынын мойындайды. Бөлшектердің жұмыс бетіндегі қозғалыс жылдамдығы абсолютті жылдамдық пен сына қозғалысының жылдамдығы арасындағы айырмашылық ретінде анықталады. Сынаның нақты қозғалысын екі тәуелсіз қозғалысқа орналастыруға болады деген болжам бөлшектердің жылдамдығы мен траекториясын, қайырмаға әсер ететін күштерді анықтауда қателікке және сайып келгенде дұрыс емес тұжырымдарға әкелді. Ол $\gamma_{3x} = 90^\circ - \delta$ ұстау бұрышында топырақтың бүйірге жылжуы мүмкін екенін растады және кез келген топырақты жылжыту үшін $\gamma_{3x} = 26,5^\circ$ [179] ұсынды.

Қиғаш кесудің тиімділігі туралы даулы мәселені зерттей отырып, Н.Т. Сурашов ұстау бұрышының 90° - дан 30° - қа дейін төмендеуімен қазудың меншікті кедергісі $20...30\%$ төмендейтінін анықтады. Әр түрлі қазу тереңдігінде және қиғаш қазу кезінде $\gamma_{3x} = 35^\circ$ ұстау бұрышын және қозғалу кезінде 28° бұрышты ұсынды [180].

В.Л. Дворкова $\gamma_{3x} = 26^0$ жылжу кезінде $\gamma_{3x} = 45...60^0$ қазу кезінде ұстау бұрышын ұсынады [181].

В.С. Березин III және IV санаттағы топырақты бульдозерлермен тиімді игеру үшін қайырманьң топырақпен өзара әрекеттесу аймағында шамамен 3,0...4,0 МПа үлкен қысым мен жанасу қысымын қамтамасыз ету қажет екенін анықтады. Конструктивті түрде, бұл жоспарда немесе VSN көмегімен қиғаш бұрышқа қайырма орнату арқылы жүзеге асырылуы мүмкін. Т-130 тракторы негізінде бульдозер қайырмасының жоспарында орнатудың шекті рұқсат етілген бұрышын есептеу оның түзу сызықты қозғалысты сақтау шартымен $\alpha_y = 35^0$ ($\gamma_{3x} \geq 55^0$) шамасымен шектелгенін көрсетті. Бульдозердің қысым орталығының алға жылжуын шектеу одан да қатал, оған сәйкес орнату бұрышы іс жүзінде әдетте $\alpha_y \leq 25^0$ қабылданады. Үшбұрышты жоңқалармен кесуге төзімділіктің алынған тәуелділігін талдай отырып, ол 10-сыныпты бульдозерлермен IV санаттағы топырақты жобалауға $\beta = 15...20^0$ қиғаш бұрышын ұсынды. Бульдозердің түзу сызықты қозғалысын қамтамасыз ету бойынша шектеулерді теориялық және эксперименттік талдау негізінде және неғұрлым жүктелген шынжыр табанды шекті сүйрету бойынша $\beta = 12...15^0$ қисаюының ұтымды бұрышы түпкілікті ұсынылды. Шығыңқы ортаңғы пышақпен (ШОП) пышақпен қазу процесін зерттеу және ортаңғы пышақпен кесудің ұтымды параметрлері мен режимін анықтау бірқатар теориялық және эксперименттік жұмыстарға арналған. В.С. Березин IV санаттағы топырақтағы қайырманьң тереңдігін (ЖолҒЗИ тығыздағышының 35 соққысы) ШОП енін анықтау кезінде критерий ретінде қабылдады және эксперименттік зерттеулермен расталған әр түрлі топырақ типтері үшін теориялық тұрғыдан ұтымды мәндерін алды [182].

Г.Н. Карасевтің еңбектерінде қиғаш кесу жағдайында үшбұрышты қиманың жоңқаларын кесу процесі зерттелді [183]. Үшбұрышты пышақтағы кернеулер диаграммасының ерекшеліктерін ескеру үшін тікбұрышты пышақпен салыстырғанда Л.А. Галиннің шешімі қолданылды, бұл сына тәрізді штамптың серпімді жартылай кеңістікке басылуы үшін [184]. Бұл жағдайда кернеулердің тікелей интеграциясы сызықтық диаграмманың көлемін анықтаумен ауыстырылады, бұл қайырмадағы кедергілерді анықтау үшін есептеу моделінің айтарлықтай күрделенуіне әкеледі.

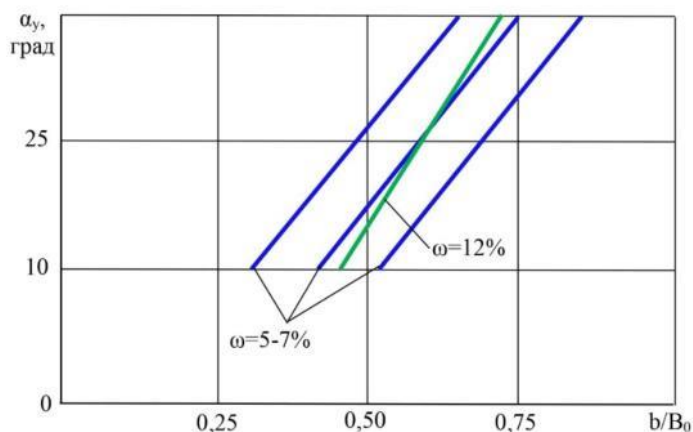
ШОП рационалды параметрлерін теориялық және эксперименттік тұрғыдан Л.А. Хмара авторлармен бірге зерттеді. Қазудың минималды энергия сыйымдылығының критерийі бойынша және Бульдозерді ШОП құрған депрессияға түсірмеу шартын ескере отырып, олар ШОП мен қайырма параметрлерінің арақатынасын ұсынды: $V_{шоп}=(0,3-0,4)V$ и $h_{шоп}=(0,15-0,20)H$ [185].

Энергия сыйымдылығы $h/V_{шоп}$ қатынасына байланысты мұздатылған топырақтың дамуын В.З.Иофик эксперименталды түрде зерттеді. Олар блокталған кесуге орташа максималды және орташа кедергінің минималды мәндеріне $h/V_{шоп} = 1/12$ и $h/V_{шоп} = 1/3$ арқылы қол жеткізілетінін анықтады, соның негізінде $1/12 \leq h/V_{шоп} \leq 1/3$ [186].

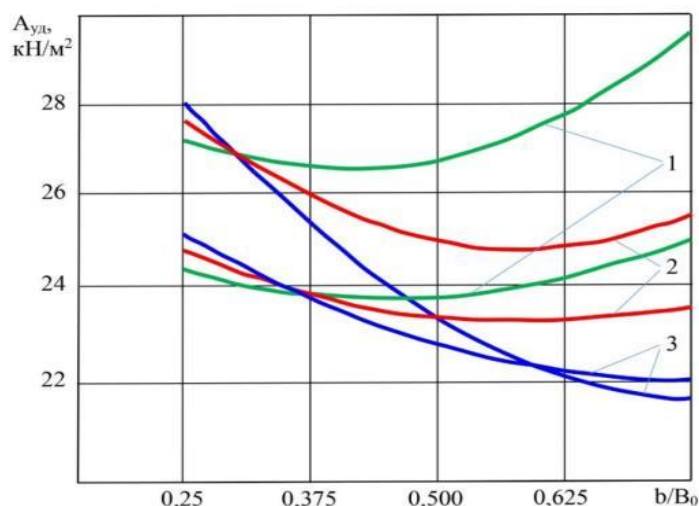
Сфералық типтегі қайырмалардың алғашқы зерттеулеріне И.А. Недорезов жасаған, кесуге қатыспайтын ортаңғы бөлімі бар сфералық пышақтың негізгі параметрлерін анықтаған, ортаңғы бөліктің және V - тәрізді пышақтың әр түрлі ұзындықтағы түзу, сфералық модельдерінің МАЖИ-де орындалған салыстырмалы сынақтары жатады [187]. Түсіру бұрышы бульдозердің қысым центрініңмещысуы және $\gamma_{3x} = 60^\circ$ тең болу шартымен мүмкіндігінше аз қабылданды. Ортаңғы бөліктің ұзындығы бүйірлік бөлімдер бойымен қозғалатын жер ағындарының өзара әрекеттесуін болдырмау шарттарынан анықталды:

$$b = 2H \frac{90^\circ - \alpha_\rho + \psi}{(\sin\psi + \cos\alpha_\rho) \operatorname{tg}(\alpha_\gamma + 5^\circ)}$$

Физикалық модельдердегі сфералық типтегі қайырмаларды кешенді теориялық және эксперименттік зерттеуді В.И. Козликин жүргізді [188]. Ол алған аналитикалық және регрессиялық тәуелділіктер сфералық типтегі қайырмалардың негізгі параметрлерінің, қазу тереңдігінің және топырақтың физикалық-механикалық сипаттамаларының қазу кедергісіне, сызу призмасының мөлшеріне және тасымалдау кезінде топырақтың жоғалуына әсерін бағалауға мүмкіндік береді. b/B ортаңғы бөлігінің салыстырмалы ұзындығын бір уақытта ұлғайту және жоспардағы ау бүйірлік бөлімдерін орнату бұрышын төмендету кезінде сүйреу призмасының шамасы 1,5 есеге дейін артады, ал бүйірлік роликтердегі шығындар 1,9..2,5 дейін төмендейді. Сонымен қатар, қазудың минималды энергия сыйымдылығы жағдайынан b/B мен α_γ арасында тікелей пропорционалды байланыс бар екендігі шығады (1.30-сурет). Қарама-қайшылық ылғалды топырақтарда күшейеді, онда қазу ортаңғы бөліктің салыстырмалы ұзындығында және бүйірлік қондырғының үлкен бұрышында орташа қабаттың қысылуына және қайырманың жабысуына байланысты энергия сыйымдылығының жоғарылауы байқалады (1.31-сурет).



Сурет 1.30 - жоспардағы бүйірлік бөлімдерді орнату бұрышының $C_M=8$ кезіндегі b/B қатынасына тәуелділігі ($A_{уд} \rightarrow \min$ шарты сақталған кезде)



Сурет 1.31 - жоспардағы бүйірлік бөлімдерді орнату бұрышының әртүрлі мәндеріндегі қазу қуатының b/B қатынасына тәуелділігі:
 1) $\alpha_y = 10^\circ$; 2) $\alpha_y = 20^\circ$; 3) $\alpha_y = 30^\circ$

Қарама - қайшылық жүздің сфералық түрінің екі түрі ұсынылатындығымен шешіледі-жартылай сфералық, жалпы мәні бар және сфералық; материалдың үлкен көлемін едәуір қашықтыққа жылжытуға арналған.

Рационалды дизайн параметрлері анықталды: жарты шар $b/B = 0,73...0,80$ және $\alpha_y = 25...300$ және сфералық $b/B = 0,35...0,40$ және $\alpha_y = 22...25^\circ$, олар жетекші шетелдік фирмалардың тәжірибесімен жақсы үйлеседі.

Бульдозердің ауырлық центрінің алға жылжуына байланысты жүріс бөлігінің алдыңғы роликтерінің тозуын болдырмау үшін БОҒЗИ машинажасаудың құрылыс жол мамандары $\alpha_y = 15^\circ$ ұсынады. Грейдер-элеваторларға арналған совок типті жұмыс органдарының ұтымды параметрлерін зерттеу кезінде оның жоғары қарай кеңеюі есебінен көтерілу бетінде қозғалатын жер асты ағынының бүйірлік қысылуын (кептелуін) төмендету мүмкіндігі дәлелденді [189].

1 - бөлім бойынша қорытынды

Бульдозерлердің жұмыс процестерін қарқындалту және олардың жұмыс органдарының конструкцияларын жетілдіру саласындағы жұмыстарға жүргізілген талдау келесі қорытындылар жасауға мүмкіндік береді:

1. Функционалды және эргономикалық көрсеткіштерді жетілдіру, бульдозерлердің сенімділігін, қауіпсіздігін және автоматтандыру деңгейін арттыру олардың үздіксіз қымбаттауына әкеледі. Машиналарды неғұрлым қарқынды пайдалану мүмкіндігін іске асыру пайдаланушы ұйымдар үшін ерекше маңызға ие, ол негізінен жұмыс жабдығының түрі мен дизайнымен анықталады.

2. Белгілі бір жұмыс түрлеріне арналған бульдозерлік жабдықтың жеке қасиеттерін жақсарту жабдықтың тар мамандануына, басқа жұмыс жағдайларында тиімді пайдалану мүмкін еместігіне әкеледі. Бульдозерлерді ауыстырылатын жабдықтармен жабдықтау үрдісі байқалады. Алайда,

жабдықтың мамандандырылған түрлері, үлкен еңбек сыйымдылығымен және ауыстырудың күрделілігімен ерекшеленеді, әрдайым үнемді бола бермейді. Кейбір жағдайларда, мысалы, шалғай, қол жетпейтін аудандарда, қолайсыз климаттық және басқа факторлардың әсерінен, кішігірім ұйымдардың күшімен жұмыс жасағанда, мамандандырылған жабдықты ауыстыру іс жүзінде қиын. Бұл жағдайларда бульдозерлерді пышақтың пішінін немесе түрін өзгертуге қабілетті әмбебап жабдықтармен жабдықтаған жөн.

3. Қолданыстағы түрлердің ішіндегі ең әмбебап болып табылатын бұралмалы-бұралмалы жүзі бар бульдозерлік жабдық қайырманы бұруды қажет ететін жұмыстарда ғана тиімді қолданылады. Альтернативті әмбебап жабдық әртүрлі жағдайларда жұмыстың кең спектрін орындау мүмкіндігіне ие болуы керек, бұл жұмыстың ең ықтимал түрлерінде жоғары тиімділікпен үйлеседі.

4. Жаппай жұмыстарда тиімділігі жоғары сфералық типтегі қайырмалардың әртүрлі модификациялары есебінен жетекші фирмалардың бульдозерлерінің ауыспалы жұмыс жабдықтарының номенклатурасын кеңейту тенденциясы бар. Шектеу-тереңдету қабілетінің төмендігі, қазу қуатының жоғарылауы және бульдозердің маневрін нашарлататын сфералық пышақтың көлемділігі.

5. Ең үлкен динамикамен (өсу қарқынымен) оның геометриясын әртүрлі талаптарға өзгерту арқылы қақырманың пішінін бейімдеуге байланысты жаңа техникалық шешімдер тобы ерекшеленеді. Жаңа патенттік шешімдерде сфералық қақырмаларға бейімделу қасиеттерін беруге көп көңіл бөлінеді.

6. Топсалардың көлбеу орналасуы бар үш секциялы қайырманың ұсынылған дизайны (1.18-сурет) негізгі функционалдық қасиеттердің бүкіл кешенін әртүрлі талаптарға бейімдеуге мүмкіндік береді. Ол тікелей пышақтың бірқатар артықшылықтарын ШОП, айналмалы және сфералық типтегі қайырмалар және тығыздағыш қалақшасы бар қалақшаның артықшылықтарымен үйлестіруді қамтамасыз етеді. Жұмыс процесін талдау және ауыспалы геометриясы бар осындай бейімделетін қайырма дизайнының параметрлерін есептеу әдістерін әзірлеу әмбебап мақсаттағы өзгермелі геометриясы бар балама бульдозерлік жабдықты жасау үшін үлкен қызығушылық тудырады және маңызды.

Ортамен өзара әрекеттесу процестерін және әртүрлі типтегі қақырмалардың негізгі параметрлерін есептеу әдістерін талдау келесі қорытындылар жасауға мүмкіндік береді:

1. Бульдозер қайырмаларының негізгі геометриялық параметрлерін есептеу әдістері-тік, айналмалы, тік жазықтықта, ШОП және сфералық, жеткілікті толықтығымен жасалған және осы уақытқа дейін орындалған эксперименттік және теориялық зерттеулермен негізделген.

2. Көрсетілген қайырмалар түрлерінің ортасымен өзара әрекеттесу процестерін зерттеу және кейбір негізгі параметрлердің ұсынылған ұтымды мәндерін жоғарыда негізделген өзгермелі геометриялық үйінді дизайнына дейін кеңейту мүмкін емес.

Мұның негіздемесі әртүрлі қайырмаларды, соның ішінде ауыспалы геометриясы бар қайырманы қолданудың және дәстүрлі типтегі қайырмалардың ұқсас жұмыс процестерімен салыстыра отырып, осындай қайырма үшін бірқатар жұмыс процестерін орындаудың айтарлықтай айырмашылықтары мен шарттарынан туындайды.

Мысалы, ортаңғы дәстүрлі b/V секциясының салыстырмалы ұзындығының және сфералық қайырмалардың шеткі секцияларының көлбеу бұрышының рационалды мәндері қайырма ұстаудың тұрақты ұзындығымен белгіленеді, дәстүрлі конструкциялардың рационалды өлшемдері мен қисаю бұрышы құрылымның басқа параметрлерінің өзгеруіне тәуелсіз болған жағдайда орнатылады.

Ауыспалы геометриясы бар қайырма параметрлерін алдын-ала геометриялық талдау, алайда, түсіру ұзындығы, ШОП ұзындығы мен биіктігі (шығыңқы ортаңғы бөлік), топсалы бүйірлік және қосымша бөліктердің қисаю бұрышы, демек, бүйірлік бөлімдердің әрқайсысы кесетін жоңқалардың пішіні мен өлшемдері b/V , α_y және γ пен Θ бұрыштарының параметрлерінің функциялары болып табылатындығын көрсетеді тік бойлық және көлденең жазықтықтарға қатысты бүйірлік бөлімдердің осьтерін қиғаш топсалы орнату.

3. Ауыспалы геометриясы бар қайырмамен топырақты кесудің энергия сыйымдылығын азайта отырып, өнімділікті арттыру мүмкіндігі ұсынылған зерттеулермен расталады, бірақ негізгі параметрлерді эксперименттік және теориялық талдау жеткіліксіз, мысалы, ортаңғы бөліктің төмен қарай тарылу бұрышы, сондай-ақ олардың рационалды мәндері бойынша әлі де аз ұсыныстар.

2 АУЫСПАЛЫ ГЕОМЕТРИЯСЫ БАР БУЛЬДОЗЕР ҚАЙЫРМАСЫНЫҢ ОРТАМЕН ӨЗАРА ӘРЕКЕТТЕСУІНІҢ ТЕОРИЯЛЫҚ ТАЛДАУЫ

2.1 Бульдозер қайырмасының геометриялық параметрлерінің ауыспалы геометриямен арақатынасының оның топырақпен жұмыс істеу сипатына әсерін талдау

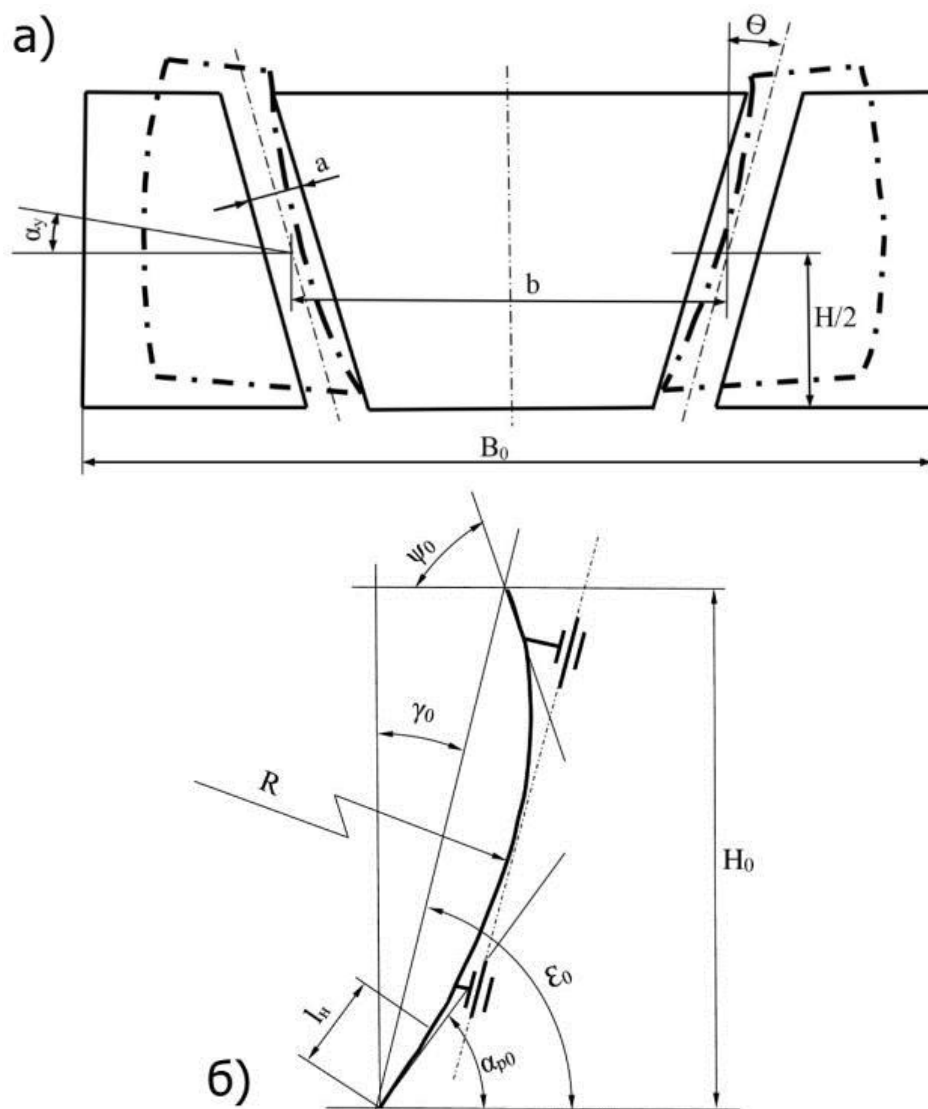
Бульдозер қайырмасының топырақпен өзара әрекеттесуі, әртүрлі жағдайларда түрлі операцияларды орындау мүмкіндігі мен тиімділігі оның геометриялық параметрлеріне байланысты. Ұсынылған қайырманың дизайны оны көлбеу орналасқан топсаларға қатысты бүйірлік бөлімдерді бұру арқылы әр түрлі талаптарға бейімдеуге мүмкіндік береді.

Қайырманы тік жазықтықта негізгі орнату және ортаңғы бөліктің жазықтығында бүйірлік бөліктерді орнату кезінде оны 2.1-кестеде келтірілген келесі негізгі параметрлер сипаттайды (2.1- сурет) [190]:

Кесте 2.1 - Қайырманы орнатудың негізгі параметрлері

№ р/н	Параметр	Белгілеу
1	Ұзындығы (максималды ұстау ені)	B_0
2	Биіктігі	H_0
3	Топсалы осьтер арасындағы қашықтық (биіктіктің ортасында)	b
4	Топсалы осьтердің жүздің симметрия жазықтығына көлбеу бұрышы	Θ
5	Симметрия жазықтығына параллель тік жазықтықта топса осьтерін орнату бұрышы	\square_0 ($\gamma_0=90^0-\square_0$)
6	Профильдердің қисықтық радиусы	R
7	Кесу бұрышы	A_{p0}
8	Аударылу бұрышы	ψ_0
9	Көршілес бөлімдер арасындағы алшақтық	a
10	Қайырма бетінің төменгі жағындағы түзу бөліктің ұзындығы	l_n

Бүйірлік бөлімдердің топырақпен өзара әрекеттесуін анықтайтын геометриялық сипаттамалардың φ айналу бұрышына және b , γ және Θ буындарының осьтерінің орналасуын сипаттайтын параметрлерге тәуелділіктерін анықтау үшін аналитикалық геометрияның математикалық аппаратын есептеу кезінде (соның ішінде ДК-де) неғұрлым формальды және ыңғайлы ретінде қолданған жөн [191].



Сурет 2.1 - Ауыспалы геометриясы бар тартылатын бейімделетін бульдозер қайырмасының негізгі параметрлерінің диаграммасы

Төменде қабылданған белгілер көрсетілген (2.2 сурет) [190, 556 б.]:

□ - бүйірлік бөлімді тік жазықтықта орнату бұрышы немесе бөлім жазықтығы мен көлденең жазықтық арасында қоршалған бұрыш;

α_p - бүйірлік бөлікті кесу бұрышы немесе көлденең жазықтықта пышақтың кесу жиегінен өтетін бөліктің бетіне жанама арасындағы бұрыш;

γ_ϕ - бұрыш (қайырманың қозғалыс бағыты мен оның кесу жиегінің көлденең жазықтыққа проекциясы арасындағы бүйір бөлігін немесе AB_1B_2 өткір бұрышын нақты түсіру);

β – бүйірлік бөліктің кесу жиегі мен оның пышақ жазықтығының көлденең жазықтықпен (күндізгі бетімен) қиылысуы арасындағы бұрыш;

$\beta_{пер}$ – бүйірлік бөліктің қиғаш бұрышы немесе оның кесу жиегі мен көлденең жазықтық арасындағы BAV_1 бұрышы;

$\delta_{отк}$ – көлденең жазықтықтағы бульдозердің бойлық осіне перпендикуляр тік жазықтыққа бүйірлік бөліктің кесу жиегінің проекциясы арасындағы түзілген көлбеу бұрышы немесе B_2AB_3 бұрышы;

α_y – жоспардағы бүйірлік бөлімді орнату бұрышы немесе бүйір және ортаңғы бөліктің түзуші беттері арасындағы BAV_2 өткір бұрышы;

α_{yt} – бүйірлік бөліктің кесу жиегінің көлденең жазықтыққа проекциясы мен бульдозердің бойлық осіне перпендикуляр тік жазықтық арасындағы B_1AB_2 өткір бұрышы;

q – бүйірлік бөлімдегі AB кесу жиегінен өтетін түзу;

n_i - түзу, i – сол түзуші бойынша бүйір бөліктің бетіне тиетін жазықтыққа қалыпты (атап айтқанда: n_n – пышақ жазықтығына қалыпты);

m - көлденең жазықтықпен бүйірлік пышақ жазықтығының түзу қиылысы;

t - ортаның кесілген бөлшектерінің қозғалыс траекториясына бүйірлік бөліктің пышағы арқылы түзу, жанама;

p - n және q түзулеріне перпендикуляр түзу;

ξ_x, ξ_y, ξ_z – түзудің полярлық бұрышы (q және X, Y, Z осьтерінің координаталарының арасындағы бұрыш);

v_x, v_y, v_z – n_i түзуінің полярлық бұрышы;

μ_x, μ_y, μ_z - m түзуінің полярлық бұрышы;

$\lambda_x, \lambda_y, \lambda_z$ – l түзуінің полярлық бұрышы;

τ_x, τ_y, τ_z – t түзуінің полярлық бұрышы;

π_x, π_y, π_z – p түзуінің полярлық бұрышы.

Сызбада (2.2, а-сурет) ортаңғы және бүйірлік бөлік олардың төменгі кесу және жоғарғы жиектері арқылы өтетін жазықтықтармен ұсынылған. Топырақтың көлденең тірек бетімен айналмалы топса осінің қиылысу нүктесі $OXYZ$ оң жақ координаталық жүйесінің басталуымен таңдалады, оның X осі бульдозердің қозғалысына бағытталған, ал Z осі күндізгі бетке перпендикуляр. XOZ жазықтығымен Θ бұрышын және YOZ жазықтығымен $\gamma = 90^\circ - \square$ бұрышын құрайтын айналмалы топсаның геометриялық осі екінші қозғалмайтын оң жақ координаталық жүйенің \tilde{Z} осіне $O\tilde{X}\tilde{Y}\tilde{Z}$ сәйкес келеді $O\tilde{X}\tilde{Y}\tilde{Z}$.

\tilde{X} осі ортаңғы бөліктің жазықтығына перпендикуляр, \tilde{Y} осі осы жазықтыққа параллель.

$O\tilde{X}\tilde{Y}\tilde{Z}$ координаталық жүйесін екі дәйекті айналу арқылы түрлендіруге болады: X осіне қатысты бұрышқа ($-\Theta$) және $OXYZ$ координаталық жүйесінің Y осіне қатысты бұрышқа ($-\gamma$).

Бұл түрлендірудің операторы екі матрицаның көбейтіндісіне тең T матрицасымен ұсынылады T_1 және T_2 :

$$T_1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta & \sin\theta \\ 0 & -\sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} - \text{бұрышқа айналу матрицасы } (-\Theta),$$

$$T_2 = \begin{pmatrix} \cos\gamma & 0 & \sin\gamma \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\gamma & 0 & \cos\gamma \end{pmatrix} - \text{бұрышқа айналу матрицасы } (-\gamma).$$

$$T = T_1 \cdot T_2 = \begin{pmatrix} \cos\theta & 0 & -\sin\theta \\ \sin\theta \cdot \sin\gamma & \cos\theta & \sin\theta \cdot \cos\gamma \\ \cos\theta \cdot \sin\gamma & -\sin\theta & \cos\theta \cdot \cos\gamma \end{pmatrix}$$

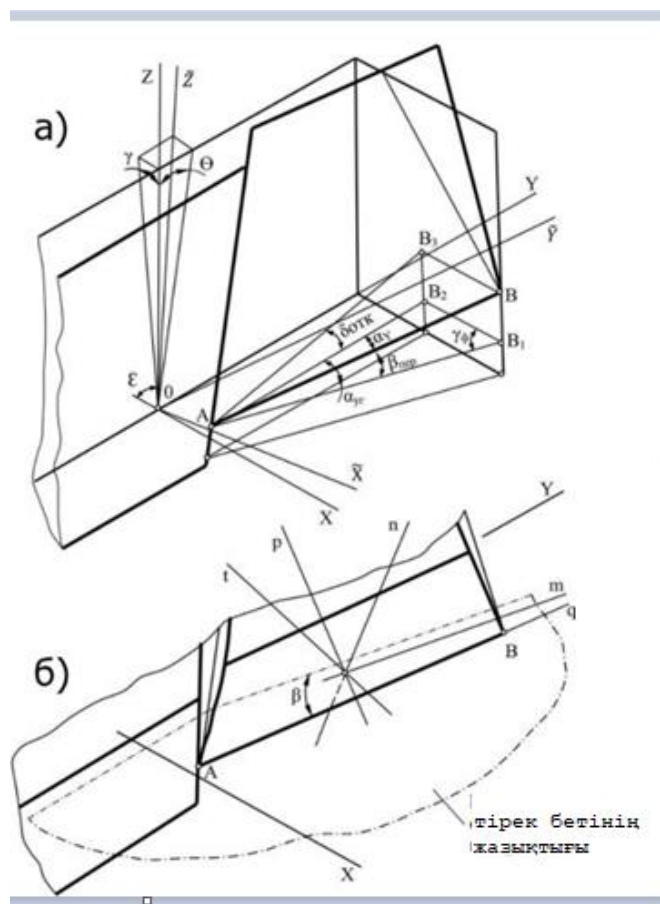
Екі координаталық жүйедегі бүйірлік бөлік нүктелерінің координаттары арасындағы байланыс арақатынаспен белгіленеді:

$$\vec{V} = T \cdot \vec{V}' = T^{-1} \cdot \vec{V}'$$

мұнда \vec{V}' – бүйірлік бөлімдерді негізгі орнату кезінде $OXYZ$ жүйесіндегі еркін нүктенің радиус векторы;

\vec{V} – $\widetilde{O\tilde{X}\tilde{Y}\tilde{Z}}$ жүйеде де;

T^{-1} – матрица, T кері матрица.



Сурет 2.2 - Ауыспалы геометриясы бар бейімделетін тартылатын бульдозер қайырмасының геометриялық сипаттамаларының диаграммасы және талдауы

Айналмалы топсаның осіне қатысты бүйірлік бөлімді бұру кезінде оған тиесілі кез келген нүктенің радиус-векторы $O\tilde{X}\tilde{Y}\tilde{Z}$ жүйесінде \tilde{A} – және $OXYZ$ жүйесінде A – матрицаларымен ұсынылған сызықтық оператордың көмегімен түрлендіріледі:

$$\begin{aligned}\vec{V}' &= A \cdot \vec{V} \\ \vec{V}' &= \tilde{A} \cdot \vec{V}\end{aligned}\quad (2.1)$$

мұндағы \vec{V}' және \vec{V} - радиусы векторлар $OXYZ$ жүйесінде және сәйкесінше $O\tilde{X}\tilde{Y}\tilde{Z}$ бұрышқа бұрылған бүйірлік бөліктің нүктелері φ .

Бүйірлік бөлімді айналдыру \tilde{Z} осіне қатысты жүзеге асырылады және \tilde{A} $O\tilde{X}\tilde{Y}\tilde{Z}$ жүйесіндегі айналу матрицасы тікелей жазылады:

$$\tilde{A} = \begin{pmatrix} \cos\varphi & \sin\varphi & 0 \\ -\sin\varphi & \cos\varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Матрицада \tilde{A} бұрышы φ бөлімді алға бұрған кезде оң болады (2.2-сурет) және негізгі қондырғыдан артқа бұрылған кезде (-) белгісімен белгіленеді.

A матрицасы келесі өрнектеп анықталады:

$$A = T \cdot \tilde{A} \cdot T^{-1}$$

Үш матрицаны және A матрицасының элементтері үшін кейбір түрлендірулерді көбейткеннен кейін аламыз:

$$\begin{aligned}a_{11} &= 1 - (1 - \cos\varphi) \cdot \cos^2\gamma \\ a_{21} &= -\sin\theta \cdot \sin 2\gamma \cdot \frac{1 - \cos\varphi}{2} - \cos\theta \cdot \cos\gamma \cdot \sin\varphi \\ a_{31} &= -\cos\theta \cdot \sin 2\gamma \cdot \frac{1 - \cos\varphi}{2} + \sin\theta \cdot \cos\gamma \cdot \sin\varphi \\ a_{12} &= -\sin\theta \cdot \sin 2\gamma \cdot \frac{1 - \cos\varphi}{2} + \cos\theta \cdot \cos\gamma \cdot \sin\varphi \\ a_{22} &= 1 - (1 - \cos\varphi) \cdot (\sin^2\theta \cdot \sin^2\gamma + \cos^2\theta) \\ a_{32} &= \sin 2\theta \cdot \cos^2\gamma \cdot \frac{1 - \cos\varphi}{2} + \sin\gamma \cdot \sin\varphi\end{aligned}\quad (2.2)$$

$$\begin{aligned}a_{13} &= -\cos\theta \cdot \sin 2\gamma \cdot \frac{1 - \cos\varphi}{2} - \sin\theta \cdot \cos\gamma \cdot \sin\varphi \\ a_{23} &= \sin 2\theta \cdot \cos^2\gamma \cdot \frac{1 - \cos\varphi}{2} - \sin\gamma \cdot \sin\varphi \\ a_{33} &= 1 - (1 - \cos\varphi) \cdot (\cos^2\theta \cdot \sin^2\gamma + \cos^2\theta)\end{aligned}$$

Енді біз бүйірлік бөлімнің қалаған геометриялық сипаттамаларын ерікті түрде орнатқан кезде білдіреміз, яғни $\varphi \neq 0$:

а) Бүйірлік бөлімнің ерікті нүктесінің координаттары.

$\vec{V}(X_{oi}, Y_{oi}, Z_{oi}) - \varphi = 0$ кезіндегі i - нүктенің радиус-векторы болсын. (2.3)
сәйкес, $\varphi \neq 0$ -де бізде $\vec{V}^i = A \cdot \vec{V}$ немесе координаттарда бар:

$$\begin{pmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_{0i} \\ Y_{0i} \\ Z_{0i} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} \cdot X_{0i} + a_{12} \cdot Y_{0i} + a_{13} \cdot Z_{0i} \\ a_{21} \cdot X_{0i} + a_{22} \cdot Y_{0i} + a_{23} \cdot Z_{0i} \\ a_{31} \cdot X_{0i} + a_{32} \cdot Y_{0i} + a_{33} \cdot Z_{0i} \end{pmatrix} \quad (2.4)$$

б) бағыттаушы вектор \vec{q} прямой түзу q .

$\varphi = 0$ кезінде бүйірлік бөліктің кесу жиегі Y осіне параллель болады, сондықтан түзудің бағыттаушы векторы q және негізгі координаталық вектор $\vec{j}(0, 1, 0)$ коллинеарлы болады.

Бүйірлік бөлімді бұру кезінде ($\varphi \neq 0$): $\vec{q} = A \cdot \vec{j} \cdot \cos \zeta x, \cos \zeta y, \cos \zeta z$

Айналу кезінде векторлық модульдер сақталатындықтан, $|\vec{q}| = |\vec{j}| = 1$ және q координаттары оның бағыттаушы косинустарына тең. Содан кейін:

$$\begin{pmatrix} \cos \zeta x \\ \cos \zeta y \\ \cos \zeta z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{12} \\ a_{22} \\ a_{32} \end{pmatrix} \quad (2.5)$$

в) бағыттаушы вектор \vec{n}_i түзуге n_i .

$\varphi = 0$ кезінде бүйірлік бөліктің j -сол түзуші бетіндегі тангенс жазықтығына қалыпты бірлік вектор координаттармен анықталады:

$$\vec{n}_{i0} (\sin \alpha_{i0}, 0, \cos \alpha_{i0})$$

мұндағы α_{i0} -тангенс пен көлденең жазықтық арасындағы өткір бұрыш $\varphi=0$.

Бүйірлік бөлікті φ бұрышына бұрған кезде бізде $\vec{n}_i = A \cdot \vec{n}_{i0}$, ал координаттар (бағыттаушы косинустар) \vec{n}_i тең болады:

$$\begin{aligned} \cos v_x &= a_{11} \cdot \sin \alpha_i + a_{13} \cdot \cos \alpha_i \\ \cos v_y &= a_{21} \cdot \sin \alpha_i + a_{23} \cdot \cos \alpha_i \\ \cos v_z &= a_{31} \cdot \sin \alpha_i + a_{33} \cdot \cos \alpha_i \end{aligned} \quad (2.6)$$

Бүйірлік бөліктің пышақ жазықтығына қалыпты векторлардың координаттарын есептеу кезінде және бөлімнің жазықтығында α_{i0} орнына α_{p0} , сәйкесінше \square_0 ауыстырылуы керек.

г) бағыттаушы вектор \vec{P} прямой тікелей рейс.

$\varphi = 0$ кезінде түзу p XOZ -ге параллель жазықтықпен бүйірлік бөліктің пышақ жазықтығының қиылысында жатыр. Осылайша, бірлік векторының координаттары $\vec{P}_0 \vec{P}_0 (-\cos \alpha_{p0}, 0, \sin \alpha_{p0})$.

Бүйірлік бөлімді φ бұрышына бұрған кезде бізде бар $\vec{P} = A \cdot \vec{p}_0$, және координаттар үшін (бағыттаушы косинустар) \vec{P} аламыз

$$\begin{aligned}\cos\pi_x &= -a_{11} \cdot \cos\alpha_{p0} + a_{13} \cdot \sin\alpha_{p0} \\ \cos\pi_y &= -a_{21} \cdot \cos\alpha_{p0} + a_{23} \cdot \sin\alpha_{p0} \\ \cos\pi_z &= -a_{31} \cdot \cos\alpha_{p0} + a_{33} \cdot \sin\alpha_{p0}\end{aligned}\quad (2.7)$$

Векторы \vec{n} , \vec{q} и \vec{P} образуют правую координатную систему.

д) Бағыттаушы вектор \vec{m} прямой түзу m .

М түзуі көлденең жазықтықпен бүйірлік бөліктің пышақ жазықтығының қиылысында орналасқандықтан, оның бағыттаушы векторы векторлық көбейтіндіге тең

$$\vec{m} = \vec{k} \cdot \vec{n}_H$$

мұндағы \vec{k} (0, 0, 1) $-xOy$ көлденең жазықтығына қалыпты негізгі координаталық вектор.

\vec{m} векторының m_x , m_y және m_z құраушылары тең:

$$\begin{aligned}m_x &= \begin{vmatrix} 0 & 1 \\ \cos v_y & \cos v_z \end{vmatrix} = -\cos v_y \\ m_y &= \begin{vmatrix} 1 & 0 \\ \cos v_z & \cos v_x \end{vmatrix} = \cos v_x \\ m_z &= \begin{vmatrix} 0 & 0 \\ \cos v_x & \cos v_y \end{vmatrix} = 0\end{aligned}$$

$|\vec{m}|$ модулі үшін келесідей: $\vec{m} = \vec{k} \cdot \vec{n}_H \cdot \sin(\widehat{n_H z}) = 1 \cdot 1 \cdot \sin v_z = \sin v_z$
Бағыттаушы косинустар \vec{m} тең:

$$\begin{aligned}\cos\mu_x &= \frac{m_x}{|\vec{m}|} = -\frac{\cos v_y}{\sin v_z} \\ \cos\mu_y &= \frac{m_y}{|\vec{m}|} = \frac{\cos v_x}{\sin v_z} \\ \cos\mu_z &= \frac{m_z}{|\vec{m}|} = 0\end{aligned}\quad (2.8)$$

е) Бағыттаушы вектор \vec{t} түзу t .

Түзу t ортаның бөлшектерінің бүйірлік пышақ бойымен қозғалу траекториясына сәйкес келеді, яғни:

1) Пышақ жазықтығында жатыр;

2) Ол M түзуімен қиылысады оның және күндізгі бетінің бұрышы $\alpha_x = \gamma_\phi$, мұндағы γ_ϕ - бұл бүйірлік бөлімді ұстаудың нақты бұрышы немесе бүйірлік бөліктің қозғалыс бағыты мен оның кесу жиегінің көлденең жазықтыққа проекциясы арасындағы бұрыш [192].

Бірінші шартты векторлық туынды түрінде жазамыз

$$\vec{n}_H = \vec{m} \cdot \vec{t}\quad (2.9)$$

ал екіншісі - скалярлық туынды

$$\vec{m} \cdot \vec{t} = |\vec{m}| \cdot |\vec{t}| \cos \gamma_\phi \quad (2.10)$$

(2.8) теңдігінен аламыз:

$$|\vec{n}_H| = |\vec{m}| \cdot |\vec{t}| \cdot \sin \gamma_\phi$$

немесе, $|\vec{n}_H|$ и $|\vec{m}|$ модульдерінің мәндерін қойғаннан кейін

$$1 = \sin \nu_z \cdot |\vec{t}| \cdot \sin \gamma_\phi$$

Осыдан $|\vec{t}|$ модулі бойынша аламыз

$$|\vec{t}| = \frac{1}{\sin \nu_z \cdot \sin \gamma_\phi} \quad (2.11)$$

Оның анықтамасы бойынша γ_ϕ бұрышы μ_x бұрышымен бірдей, сондықтан

$$\sin \gamma_\phi = \sin \mu_x = \sqrt{1 - \cos^2 \mu_x} \quad (2.12)$$

(2.11) қайта түрлендіргеннен кейін (2.7) өрнекті пайдалана отырып, теңдік $\cos^2 \mu_x + \cos^2 \mu_y + \cos^2 \mu_z = 1$ аламыз

$$\sin \gamma_\phi = \frac{\cos \nu_x}{\sin \nu_z} \quad (2.13)$$

\vec{t} векторлық модулі үшін (2.12) - ді (2.10) ауыстырғаннан кейін біз аламыз

$$|\vec{t}| = \frac{1}{\cos \nu_z}$$

Енді векторлық көбейтіндіге ораламыз (2.8), оны үш теңдеумен жазыңыз:

$$n_x = \begin{vmatrix} m_y m_z \\ t_y t_z \end{vmatrix}; \quad n_y = \begin{vmatrix} m_z m_x \\ t_z t_x \end{vmatrix}; \quad n_z = \begin{vmatrix} m_x m_y \\ t_x t_y \end{vmatrix} \quad (2.14)$$

Теңдеулердің біріншісінде (2.13) m_x , m_y және m_z компоненттерін бұрын алынған тәуелділіктермен (2.7) ауыстырғаннан кейін және $|\vec{t}|$ модулі арқылы t_y және t_z компоненттерін білдіргеннен кейін:

$$t_y = |\vec{t}| \cdot \cos \tau_y = \frac{\cos \tau_y}{\cos \nu_x}$$

$$t_z = |\vec{t}| \cdot \cos \tau_z = \frac{\cos \tau_z}{\cos \nu_x}$$

Аламыз

$$\cos v_x = \begin{vmatrix} -\cos v_x & 0 \\ \frac{\cos \tau_y}{\cos v_x} & \frac{\cos \tau_z}{\cos v_x} \\ \cos \tau_z & \cos v_x \end{vmatrix} \quad (2.15)$$

Түрлендірулерден кейін біз екінші теңдеудің біріншісіне тең екендігіне көз жеткіземіз, ал үшіншіден аламыз

$$\cos v_x \cdot \cos \tau_x + \cos v_y \cdot \cos \tau_y = -\cos v_x \cdot \cos v_z \quad (2.16)$$

Енді скаляр көбейтіндісін (2.9) векторлардың координаттары арқылы білдірейік

$$m_x \cdot t_x + m_y \cdot t_y + m_z \cdot t_z = |\vec{m}| \cdot |\vec{t}| \cdot \cos \gamma_\phi$$

Екі бөлікті $|\vec{t}|$ бөле отырып және $\cos \gamma_\phi = \cos \mu_x = -\frac{\cos v_y}{\sin v_z}$ және $|\vec{m}| = \sin v_z$ қойып біз аламыз

$$-\cos v_y \cdot \cos \tau_x + \cos v_x \cdot \cos \tau_y = \cos v_y \quad (2.17)$$

(2.15) және (2.16) теңдеулер жүйесін шешкен кезде біз аламыз:

$$\cos \tau_x = \frac{-\cos^2 v_x \cdot \cos v_z + \cos^2 v_y}{\sin^2 v_z} - 1, \quad (2.18)$$

$$\cos \tau_y = \frac{\cos v_x \cdot \cos v_y \cdot (1 - \cos v_z)}{\sin^2 v_z}$$

(2.14) $\cos \tau_z = \cos v_x$.

ж) тік жазықтықта бүйірлік бөлімді орнату бұрышы $-\alpha_\phi$.

α_ϕ бұрышы арасындағы бұрыш жазықтықта қалыпты векторы \vec{n}_\square ($\cos v_{x\square}, \cos v_{y\square}, \cos$) және көлденең қалыпты векторы $\vec{k} \rightarrow (0, 0, 1)$ ретінде анықталады

$$\cos \alpha_\phi = \frac{\cos v_{z\square} \cdot 1}{|\vec{n}_\square| \cdot |\vec{k}|} = \cos v_{z\square}$$

$$\alpha_\phi = \arccos(\cos v_{z\square}).$$

Мұнда $\cos v_{z\square}$ (2.5) бойынша есептеледі, мұндағы $\alpha_i = \alpha_0$

з) бүйірлік бөлімді кесу бұрышы $-\alpha_{p\phi}$

$\vec{n}(\cos v_x, \cos v_y, \cos v_z)$ және $\vec{k}(0, 0, 1)$ қалыпты векторлары бар жазықтық арасындағы бұрыш ретінде анықталады:

$$\cos \alpha_{p\varphi} = \frac{\cos v_z \cdot 1}{|\vec{n}| \cdot |\vec{k}|} = \cos v_z$$

немесе $\alpha_{p\varphi} = \arccos(\cos v_z)$.

Мұнда $\cos v_z$ (2.5) бойынша есептелінеді, $\alpha_i = \alpha_{p0}$.

к) Бұрыш β .

Анықтама бойынша β бұрышы түзулер арасындағы бұрышпен бірдей q және m , яғни бірлік арасында $\vec{q}(\cos \xi_x, \cos \xi_y, \cos \xi_z)$ и $\vec{m}(\cos \mu_x, \cos \mu_y, \cos \mu_z)$.

Сәйкесінше

$$\cos \beta = \frac{\cos \xi_x \cdot \cos \mu_x + \cos \xi_y \cdot \cos \mu_y + \cos \xi_z \cdot \cos \mu_z}{|\vec{q}| \cdot |\vec{m}|}$$

$$\cos \beta = \cos \xi_x \cdot \cos \mu_x + \cos \xi_y \cdot \cos \mu_y$$

Мұндағы \vec{q} және \vec{m} бірлік векторларының компоненттері (бағыттаушы косинустар) (2.4) және сәйкесінше (2.7) бойынша есептеледі

$$\beta = \arccos(\cos \beta).$$

л) Бүйірлік бөліктің қиғаш бұрышы - $\beta_{\text{пер}}$.

Анықтамаға сәйкес, бұл түзу q немесе оның q век бағыттаушы векторы $\vec{q}(\cos \xi_x, \cos \xi_y, \cos \xi_z)$ мен қалыпты $\vec{k}(0, 0, 1)$ век векторы бар көлденең жазықтық арасындағы бұрыш

$$\sin \beta_{\text{пер}} = \frac{\cos \xi_z \cdot 1}{|\vec{q}| \cdot |\vec{k}|} = \cos \xi_z$$

мұнда (2.4) бойынша: $\cos \xi_z = a_{32}$

$$\beta_{\text{пер}} = \arcsin a_{32}$$

мұнда α_{32} (2.2) бойынша есептелінеді.

м) Пайда болған көлбеу бұрышы – $\delta_{\text{отк}}$

$\delta_{\text{отк}}$ анықтау үшін көлденең жазықтықтағы YOZ жазықтығына бүйірлік бөліктің кесу жиегінің проекциясы арасындағы бұрыш ретінде біз Ч кесу жиегі жатқан түзудің симметриялық теңдеуін жазамыз (сурет. 2.2, а):

$$\frac{X-X_A}{\cos \xi_x} = \frac{Y-Y_A}{\cos \xi_y} = \frac{Z-Z_A}{\cos \xi_z} \quad (2.18)$$

мұнда X_A, Y_A, Z_A – (2.3) бойынша есептелінеді.

2.2 суретке сәйкес, келесідей жазуға болады

$$tg \delta_{отк} = \frac{Z - Z_A}{Y - Y_A}$$

ал (2.18) келесідей

$$tg \delta_{отк} = \frac{\cos \xi_z}{\cos \xi_y}$$

$$\delta_{отк} = arctg \frac{a_{32}}{a_{31}}$$

н) Жоспардағы бүйірлік бөлімді орнату бұрышы - α_y

Анықтамаға сәйкес α_y түзу q мен координаталық ось арасындағы бұрышпен бірдей, яғни Y

$$\alpha_y = arccos(\cos \mu_y)$$

мұнда $\cos \mu_y$ (2.7) бойынша есептелінеді

о) бұрыш $\alpha_{yг}$

2.2, а суретіне сәйкес:

$$tg \alpha_{yг} = \frac{X - X_A}{Y - Y_A}$$

ал (2.18) аламыз

$$\frac{X - X_A}{Y - Y_A} = \frac{\cos \xi_x}{\cos \xi_y}$$

немесе

$$tg \alpha_{yг} = \frac{\cos \xi_x}{\cos \xi_y} = \frac{a_{12}}{a_{22}}$$

$$\alpha_{yг} = arctg \frac{a_{12}}{a_{22}}$$

Осылайша, функциядағы ауыспалы геометриясы бар бейімделгіш қайырманьң топырағы туралы өзара әрекеттесу процесін анықтайтын геометриялық параметрлерді есептеуге мүмкіндік беретін тәуелділіктер алынады: ортаңғы бөліктің ұзындығының қайырманьң максималды еніне қатынасы - b/B_0 , бульдозердің бойлық және көлденең жазықтықтарында топсаларды орнату бұрыштары - γ және Θ ; топсаларға қатысты бүйірлік бөлімдердің айналу бұрыштары - φ .

Орындалған есептеулердің нәтижелері оның технологиялық мүмкіндіктерін кеңейтуді және өнімділігін арттыруды қамтамасыз ететін Нұсқаулықтың бірқатар ерекшеліктерінің әсерін бағалауға мүмкіндік береді. Бүйірлік бөліктердің бұрылу бұрыштарының әртүрлі тіркесімдеріндегі пышақтың сипаттамалық жұмыс позициялары 2.3 суретте көрсетілген [190, 555 б.].

2.3, а суреті бойынша [190, 555 б.; 87, 1-4 б.] қайырманы орнату. Профильдеу жұмыстарын толтыруға мүмкіндік береді қайырмаларды дамыту және өнімділігі түсіру еніне пропорционалды басқа жұмыстар. Есептеулерге сәйкес, $b/B_0 = 0,375$ қатынасында, мысалы, бүйірлік бөлімдерді 30^0 -ге дейін бұру арқылы түсіру ені 10% - ға азаяды. Бұл дәстүрлі түзу қайырмамен бірдей көліктік өлшемдері бар бейімделгіш типтегі қайырманың максималды ұстау ені (және сәйкесінше өнімділігі) 1.1 есе үлкен болуына мүмкіндік береді.

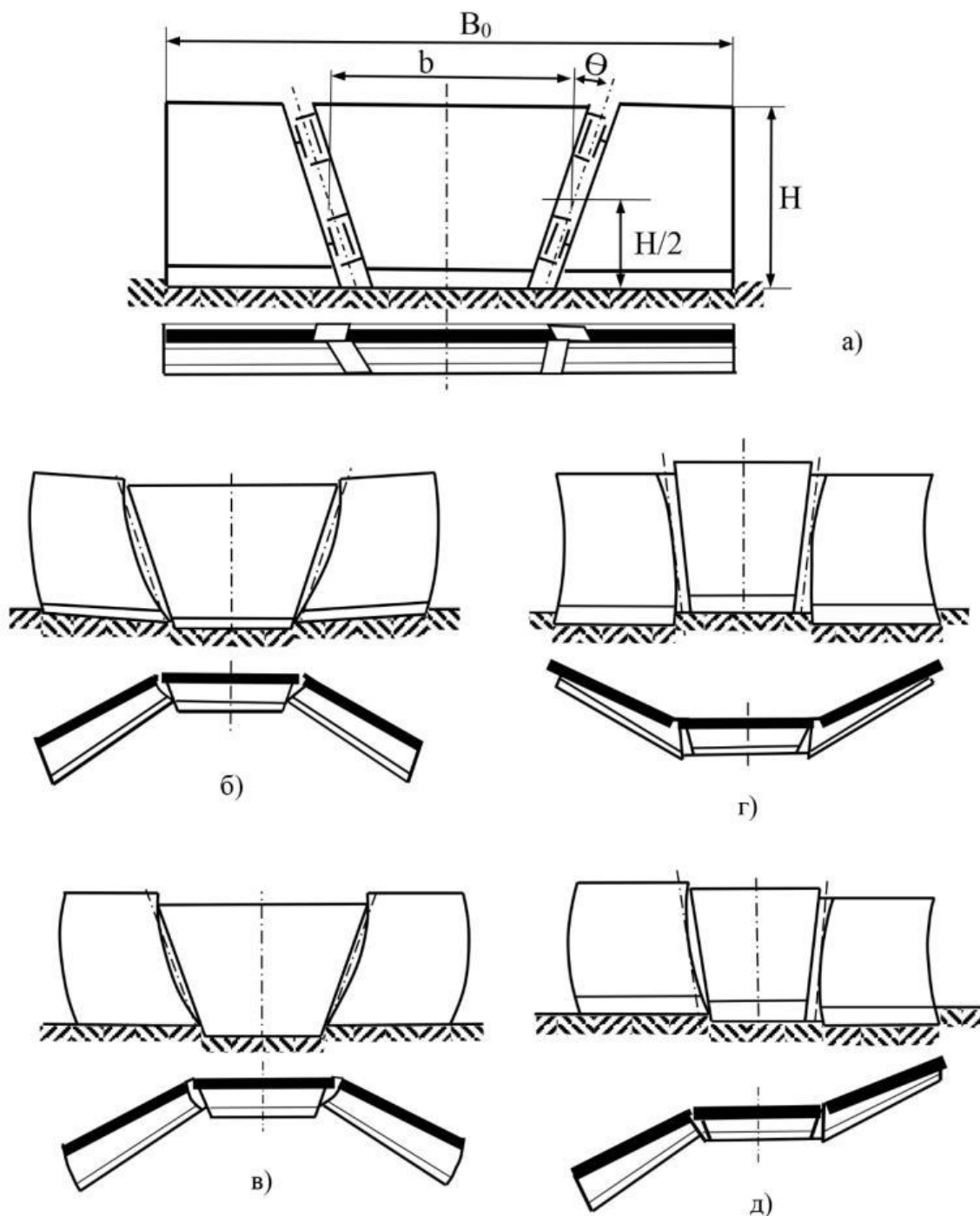
Бүйірлік бөліктерді алға бұра отырып, қайырманы орнатқан кезде (сурет бойынша. 2.3, б) $b/B_0 = 0,375$, $\Theta = 14^0$ және $\varphi = 30^0$ кезінде, мысалы, бүйірлік пышақтардың кесу жиектерінің 9^0 бұрышқа қисаюуы және ортаңғы пышақтың шығыңқы бөлігінің шамасы - пышақ биіктігінің орта есеппен 3% қамтамасыз етіледі [190, 555 б.; 90, 1-3 б.].

Осындай қайырмамен және тік пышақпен кесілген жоңқалардың өлшемдерін шығыңқы ортаңғы пышақпен салыстыру (В.С. Березиннің өлшемдерімен) олардың шамамен бірдей үлестік тереңдету және қысым күшін қамтамасыз ететіндігін, демек, IV санаттағы берік топырақты игеруге тең мүмкіндік беретіндігін көрсетеді [190, 555 б.; 182, 86-118 б.].

Тәуелділік есебі (2.17) Θ бұрышының ұлғаюымен бүйір жоңқалар бөлшектерінің қозғалыс траекториясының бүйірлік пышақтар бойымен түзуші ортаңғы бөлікке қарай ауытқуы азаятынын анықтауға мүмкіндік берді.

2.4 Суреттегі кестеге сәйкес $\Theta 0^0$ – ден 21^0 ға дейін ұлғайған кезде $\cos t_y$ мәні $1,4$ есе азаяды, демек, топырақтың бүйір қабатын алға жылжытатын, бірақ сонымен бірге ортаңғы қабаттың қозғалысын қысатын және тежейтін күштің құрамдас бөлігі [190, 556 б.].

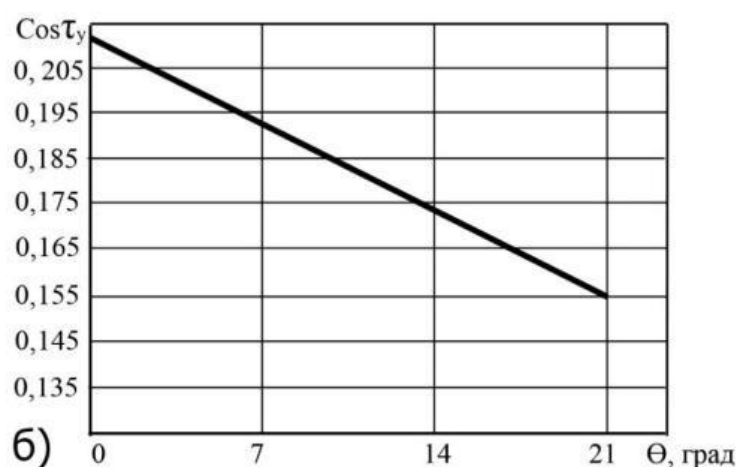
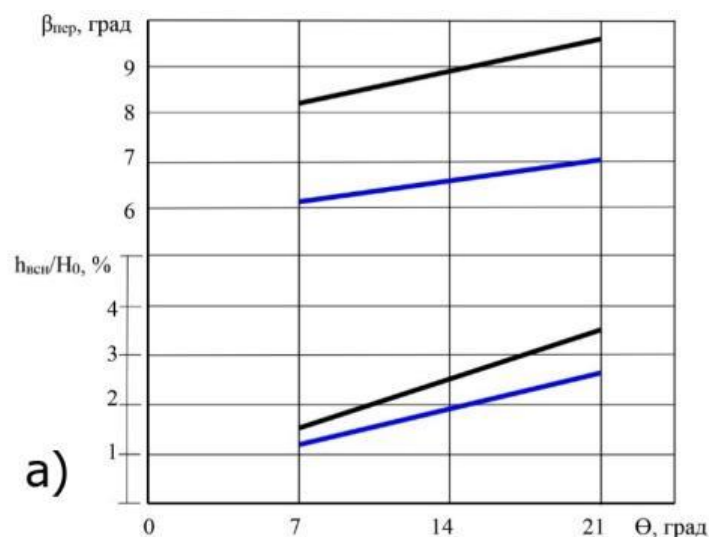
Осылайша қол жеткізілген энергия сыйымдылығының төмендеуі қазу тереңдігін, топырақтың жинақталған призмасының мөлшерін және нәтижесінде дамыған топырақты шектеулі, шағын өндірістік қашықтыққа жылжытқанда ауыспалы геометриясы бар қайырмамен жабдықталған бульдозердің өнімділігін арттыруға мүмкіндік береді.



Сурет 2.3 - Әртүрлі қондырғыларда ауыспалы геометриясы бар бейімделетін тартылатын бульдозер қайырмасын қолдану схемасы

2.3-сурет бойынша пышақты алға қарай бұрылған бүйір бөліктердің пышақтарының қисаюына орнатқан кезде ортаңғы бөліктің орнату бұрышының ұлғаюымен өтеледі ($\gamma = 90^\circ - \varepsilon$ бұрышының азаюымен) [91, 1-2 б.; 190, 555 б.].

Оның негізгі мәннен өзгеруі $\varepsilon_0 = 75^\circ$ -ден $\varepsilon = 85^\circ$ -ге дейін, яғни сериялық бульдозерлерде жүзеге асырылатын шектерде қиғаштық бұрышын азайтуға мүмкіндік береді $\Theta = 14^\circ$ мысалы, $\beta_{пер} = 2^\circ$ дейін.



а) қайырманың биіктігіне жатқызылған ортаңғы пышақтың шығыңқы бөлігінің шамасы- $h_{всн}/H_0$; б) бүйірлік секциялардың пышақтарындағы топырақ бөлігінің траекторияларының көлбеуі және түзуші ортаңғы секция- $\cos\tau_y$.

Сурет 2.4 - Θ буындарының көлбеу бұрышының әсері

Мұндай қайырманы орнату топырақтың едәуір көлемін жоғары қашықтыққа ұстап тұруға және жылжытуға мүмкіндік береді. Орташа пышақтың шығыңқы бөлігінің аз мөлшері пышақтың биіктігінен 2-3% дейін, бүйірлік роликтердегі топырақтың жоғалуын өтейтін қосымша кесуді қамтамасыз етеді.

Бүйірлік бөлімдерді артқа бұру (2.3 г - сурет), олардың қарама-қарсы жаққа бұрылуы (2.3 д - сурет), сондай-ақ бүйірлік пышақтардың қисаюы, қажет болған жағдайда ортаңғы бөлімнің орнату бұрышының өзгеруімен өтелуі мүмкін [89, 1-2 б.; 90, 1-3 б.].

Қайырманы орнату кезінде 2.3 г - сурет бүйірлік бөлімдерді артқа және 2.3-сурет.д бойынша бұру қарама-қарсы бағытта бұрыла отырып, бүйірлік пышақтардың қисаюы ортаңғы бөліктің орнату бұрышының өзгеруімен бірдей өтелуі мүмкін [3, 4-8 б.].

Бұл кезде бірінші жағдайда ортаңғы және бүйірлік пышақтардың кесу жиектерінің деңгейлері мен екінші жағдайда бүйірлік пышақтардың деңгейлері арасындағы айырмашылық қайырманың биіктігінің сәйкесінше 4 және 8% - дан аспайды ($\Theta = 14^0$ және $\varphi \leq 30^0$ кезінде). Осылайша, пышақ жүйесінің ерекшеліктері пионер жолдарын төсеу, жолдарды қардан тазарту, траншеялар мен шұңқырларды толтыру, бойлық – дөңгелек схема бойынша қайырма салу және басқалары сияқты жұмыстардың сапасына айтарлықтай әсер етпейді, онда бейімделетін типтегі қайырма төсем немесе айналмалы қайырма ретінде пайдаланылуы мүмкін.

2.2 Ауыспалы геометриясы бар бульдозерлі қайырмамен топырақтың дамуын теориялық талдау

Айналмалы типтегі жаңа және қолданыстағы әмбебап қайырманың түбегейлі айырмашылығы-ауыспалы геометриясы бар қайырма, айналмалы қайырмадан айырмашылығы, топырақтың қозғалыс бағыты бойынша дамуы, жиналуы және қозғалуымен байланысты жаппай жұмыстарда ең жоғары тиімділікке ие болуы керек. Осылайша, бүйір бөлімдерді ілгері, ортаңғы бұрышқа орнатқан кезде сфералық типтегі қайырмаға ұқсас конфигурацияда ауыспалы геометриясы бар қайырманың жұмыс процесін талдау өте маңызды. Қолданыстағы зерттеулерді талдау көрсеткендей, дәл осы жағдайда оның ерекшеліктерін ескере отырып, ауыспалы геометриясы бар қайырманың негізгі геометриялық параметрлерінің ұтымды мәндерін анықтауға арналған негізделген ұсыныстар жоқ.

Бүйірлік бөлімдер ілгері бұрышпен орналастырылған ауыспалы геометриясы бар зерттелетін қайырма ортасымен өзара әрекеттесу процесінің барысын зерттеуге арналған алдын ала эксперименттердегі визуалды бақылаулар сфералық және түзу қайырмалардың жұмыс процестерінің бірнеше ұқсас компоненттерін анықтады [193].

Дегенмен, олардың дизайн ерекшеліктері жұмыстағы белгілі бір айырмашылықтарды анықтайды.

Әр түрлі параметрлері бар қайырма модельдерімен байланыстырылған топырақты қазу кезінде бұрын белгіленген сипаттамалық аймақтар байқалды- ортаңғы және бүйірлік бөлімдерде жоңқалардың пайда болуы, секциялар бетіндегі қабаттардың көтерілуі және қабаттардың жойылу аймағы және сүйреу призмасының пайда болуы [179, 83 б.].

Ортаңғы бөліктің шығыңқы пышағы және қиғаш және белгілі бір бұрышта орнатылған бүйірлік бөліктердің пышақтары күрделі пішінді жоңқаларды кесіп тастайды. Кесу тереңдігіне байланысты бүйірлік чиптердің көлденең қимасы үшбұрышты немесе трапеция тәрізді болады, ал олардың максималды қалыңдығы орташа чиптің қалыңдығынан аз болады.

Сонымен қатар, күрделі пішінді жалпы жоңқаның тұрақты қима ауданы кезінде ауыспалы геометриясы бар зерттелетін қайырманың секциялары бойынша топырақтың көтерілуін бақылау егер экспериментте ортаңғы бөліктің салыстырмалы ұзындығын немесе жоспардағы бүйірлік бөлімдерді орнату

бұрыштарын немесе топса осьтерінің көлбеу Θ бұрыштарын кезең-кезеңімен өзгертетін болса, онда топырақтың көтерілуінің бақыланатын биіктігі жоғарыда көрсетілген параметрлердің әрбір қатынасы үшін айтарлықтай өзгеруі мүмкін екенін көрсетті

Бір қызығы, барлық жағдайларда ол түзу қайырманьң көтерілу биіктігінің көрсеткіштерінен асып түседі және сфералық қайырмалардың көтерілу биіктігімен салыстырылады. Бұрыштың біршама ұлғаюымен Θ , ортаңғы бөліктің жоғары қарай кеңеюінің сәйкес ұлғаюымен ортаңғы қабаттың бүйірлік қысылуы төмендейді, ал жеткілікті үлкен мәндермен Θ толығымен жойылады, бұл ортаңғы бөлікке іргелес призма аймағында тік жарықтардың пайда болуымен көрінеді (сурет 2.5.а) [190, 557 б.]. Екінші жағынан, жоспардағы бүйір бөлімдерді орнатудың өзгермейтін бұрышында топсалардың Θ көлбеу бұрышының ұлғаюы ШОП биіктігінің жоғарылауына, осылайша ол кесетін чиптердің қалыңдығы мен беріктігіне әкеледі. Призманың көлемінде қайырманьң ортаңғы бөлігінде ядро байқалады (2.5 б - сурет), тығыздығы мен биіктігі призманың қалған бөлігіне қарағанда жоғары. Осылайша, Θ бұрышының призманың биіктігіне әсері жеткіліксіз деп қорытынды жасауға болады.

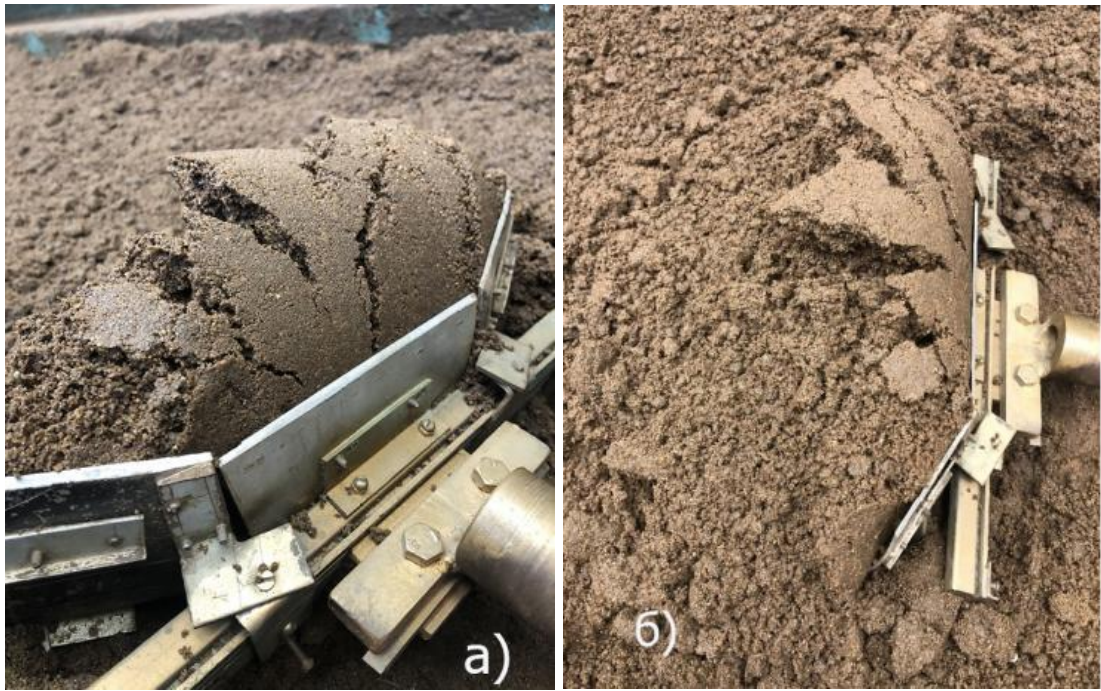
Бұзылу аймағында ортаңғы және бүйірлік бөліктердің бетінен түсетін топырақтың жалпы қабаты жинақталған призманың бетімен жоғары және алға жылжиды. Сыну призманың алдыңғы беткейінің жоғарғы жиегі арқылы қабатқа аударылған кезде пайда болады. Төмен қарай жылжып, қоқыстар призманың немесе бүйірлік роликтердің бетінде тепе-теңдік күйіне жеткенше қопсытылады. Призманың биіктігі оның ядросының беріктігімен шектеледі.

Призмадағы ядроның белгілі бір биіктігінде шекті тепе-теңдік аймағы пайда болады. Тепе-теңдіктің бұзылуы оның сырғанау бетіндегі аймақтың құлауына әкеледі. Қайырманьң ең үлкен жинақтау қабілетіне қол жеткізілгеннен кейін, бүйірлік роликтерде қозғалатын және жоғалған топырақ мөлшерінің салыстырмалы теңдігі пайда болады.

2.3 Ілгері қиғаш орнатылған бүйір секцияларында ауыспалы геометриясы бар қайырмань сүйреу призмасының геометриялық параметрлерін анықтау

Ағымдағы сүйреу призмасының көлемін анықтауға мүмкіндік беретін математикалық (аналитикалық) тәуелділікті әзірлеу және шығару кедергісінің мөлшерін, бульдозердің өнімділігін және тиімділіктің басқа көрсеткіштерін есептеу мен талдауда өте маңызды.

Призманың мөлшері әртүрлі конструкциялар мен қайырмалардың геометриялық параметрлеріне, сондай-ақ қазу режимдеріне және топырақтың физикалық параметрлеріне қатысты айтарлықтай өзгеруі мүмкін.



Сурет 2.5 - $\Theta=30^{\circ}$ бұрышы бар ауыспалы геометриясы бар қайырмамен топырақты қазу

Бақылау және талдау кезінде ауыспалы геометриясы бар қайырма топырағын сүйреу призмасын жинақтау және қалыптастыру процесі сфералық қайырма топырақ призмасының ұқсас жинақталуымен және қалыптасуымен айтарлықтай ұқсастықты көрсетті, атап айтқанда геометриялық параметрлердің призмадағы топырақтың қалдық ілінісуі, оның биіктігіне, пішініне және көлеміне айтарлықтай әсері.

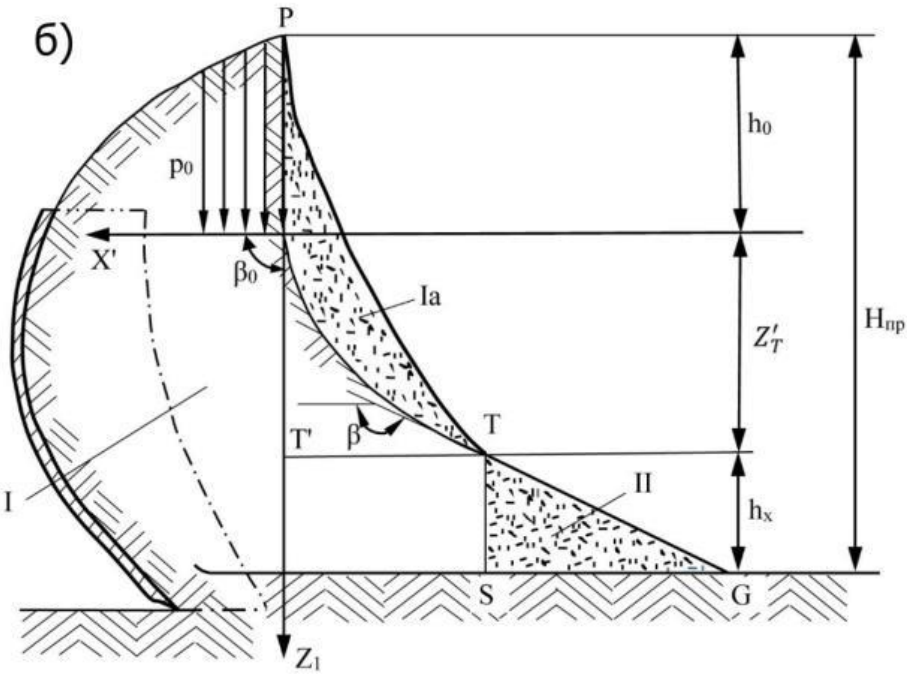
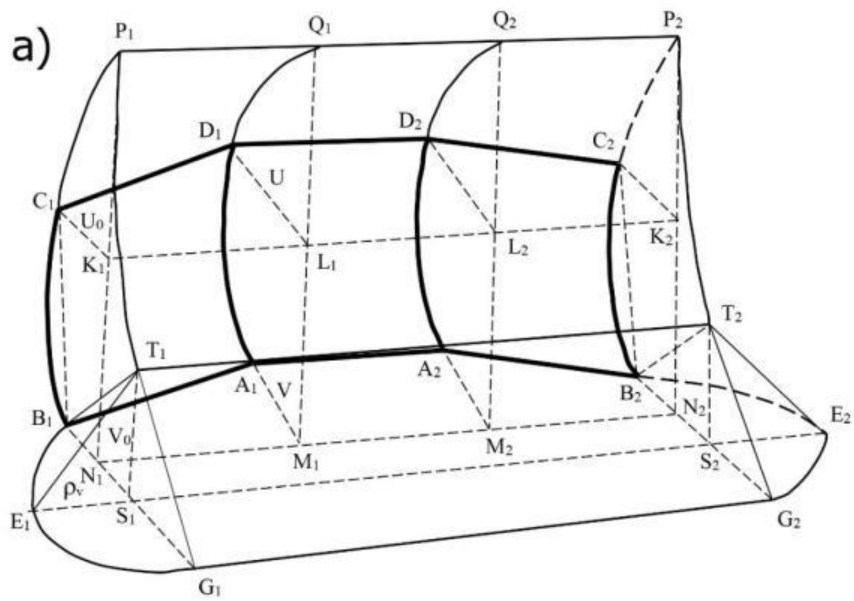
Алайда, сфералық қайырманың сүйреу призмасының көлемін анықтауға арналған тәуелділіктер [32, 76-84 б.; 187, 36-39 б.] өзіне тән кемшіліктерге байланысты сүйреу призмасының математикалық моделіне негіз бола алмайды:

1. Көптеген тәуелділіктер түзу қайырманы тарту призмасының көлемін тұрақты түзету коэффициентіне көбейту немесе қайырманың тән геометриялық параметрлерін ескере отырып, қосымша көлем қосу арқылы алынады.

2. Призмадағы топырақ, әдетте, ілінусіз борпылдақ орта ретінде қарастырылады, сфералық қайырма Γ , әсіресе ортаңғы бөліктің алдында, қалдық ілінісуді ескермейді.

3. Призманың биіктігі ауыспалы геометриясы бар қайырманың биіктігіне тең қабылданады немесе белгілі бір жағдайларға ғана қатысты регрессиялық тәуелділікпен анықталады.

Сүйреу призмасының пайда болу процесінің визуалды мониторингі негізінде ауыспалы геометриясы бар қайырманың алдындағы сүйреу призмасының моделі жасалды және есептелді, егер $\Theta = 0^{\circ}$ тең болса, призманың сфералық қайырмасының алдындағы белгілі сүйреу моделімен бірдей болады (2.6 а - сурет) [190, 558 б.].



а) аксонометриядағы шартты көрініс; б) бульдозердің бойлық бөлігіндегі көлденең қима.

Сурет 2.6 - Бүйір бөліктері қиғаш орнатылған қайырманьң сүйреу призмасының сызбасы

Қарастырылып отырған жағдай үшін шартты түрде кейбір болжамдар қабылданды:

1. Игерілетін саздар мен саздақтар біріктірілген топырақтарға жатады;
2. Жұмыс жүргізудің орысиз технологиясы.
3. Призманың мөлшері мен құрылымын бағалау жұмыстың белгіленген кезеңінде ғана жүзеге асырылады – қазу аяқталған кезде, сондай-ақ көлденең учаскеде шығындарды өтеумен кесу арқылы тасымалдау кезінде;

4. Сүйреу призмасы ішкі күйдің екі аймағына тән: бір топырақта (сурет. 2.6.б) толығымен босатылған, ал екіншісінде ілінісу арқылы байланысқан.

Бірінші аймақ (I) артқы жағында қайырма бетімен және цилиндрлік беттермен шектелген $C_i D_i Q_i P_i$ (мұндағы $i = 1; 2$) және $D_1 D_2 Q_2 Q_1$ (2.6 а - сурет.) оларға және қайырма бөлімдеріне ортақ геометриялық осьтермен және R қисықтық радиусымен; бүйірінде – $V_i C_i P_i T_i S_i$ тік жазықтықтарымен ($i = 1; 2$), жоғарғы жағында – $P_1 P_2 T_2 T_1$ жазықтығымен.

Екінші аймақ (II) жоғарыдан $T_1 T_2 G_2 G_1$ жазықтығымен және $P_i E_i G_i T_i$ ($i = 1; 2$) конустық беттерімен шектелген және олардың қосытылған топырақтың сыртқы бетінің жазықтығына бейімділігі оның қозғалу кезіндегі ішкі үйкеліс бұрышына тең.

5. Топырақтың бүйірлік роликтерге шығуы тек екінші аймақта мүмкін, қайырманьң жоғарғы жағына құю болмайды.

Сүйреу призмасын (көлемін) қосынды түрінде анықтаймыз:

$$V = \sum_{k=1}^{\delta} V_k$$

мұндағы

V_1 – пирамиданың көлемі $S_1 T_1 G_1 G_2 T_2 S_2$;

V_2 – екі жартылай конусынтың көлемі $V_i E_i G_i T_i$;

V_3 – призманың көлемі $P_1 T_1 S_1 N_1 N_2 P_2 T_2 S_2$;

V_4 – призманың көлемі $V_1 N_1 N_2 B_2 C_1 K_1 K_2 C_2$;

V_5 – пирамиданың көлемі $C_1 K_1 K_2 C_2 P_2 P_1$;

V_6 - қайырма бөлімдерінің цилиндрлік беттерімен және $V_i A_i D_i C_i$ и $A_2 A_1 D_2 D_1$ жазықтықтарымен шектелген көлемі

V_1 және V_2 көлемдерін анықтау үшін $\Delta T_i S_i G_i$ және $\Delta T_i S_i E_i$ ($i = 1; 2$) бірдей үшбұрыштардың ауданын анықтау керек (сурет.2.6), онда

$$\sphericalangle T_i E_i S_i = \sphericalangle T_i G_i S_i = \rho_v$$

мұндағы ρ_v – табиғи көлбеу бұрышы бар борпылдақ топырақ үшін сәйкес келетін қозғалыс кезінде ішкі үйкеліс бұрышы (2.6 б - сурет). Тұрақты қазу режимінде бүйірлік роликтердің көлденең қимасының ауданы $F_{б,в} = 2 \cdot S_{\Delta T_i S_i E_i}$ кесілген чиптің ауданына тең $F_{сmp} = B \cdot h_{э,к}$, сондықтан

$$S_{\Delta T_i S_i G_i} = S_{\Delta T_i S_i E_i} = \frac{1}{2} \cdot B \cdot h_{э,к} \quad (2.20)$$

мұндағы $h_{э,к}$ – призма жиынтығының соңындағы қазу тереңдігі (бейімделетін типтегі қайырма үшін - орташа), $h_{э,к}$ шамасы бульдозердің қуат балансымен анықталады.

Тасымалдау режимінде призманы бағалау кезінде

$$S_{\Delta T_i S_i E_i} = S_{\Delta T_i S_i G_i} = \frac{1}{2} \cdot K_n \cdot V \quad (2.21)$$

мұндағы $K_n=0.025\dots 0.032$ – біріктірілген топырақтар үшін шығын коэффициенті [194].

V_1 көлемі үшін қазудың соңында аламыз

$$V_1 = B \cdot S_{\Delta T_i S_i G_i} = \frac{1}{2} \cdot B^2 \cdot h_{\text{э,к}}$$

немесе шығындарды өтей отырып, топырақты жылжыту режимінде

$$V_1 = B \cdot S_{\Delta T_i S_i G_i} = B \cdot K_n \cdot V$$

$T_i S_i = h_x$ сегментін белгілеу (сурет 2.7.б), аламыз [190, 558б.]:

$$E_i S_i = h_x \cdot \text{ctg} \rho_v,$$

$$S_{\Delta T_i S_i E_i} = \frac{1}{2} \cdot h_x^2 \cdot \text{ctg} \rho_v$$

$$V_2 = 2 \cdot \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h_x^2 \cdot \text{ctg} \rho_v \cdot h_x = \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot h_x^3 \cdot \text{ctg} \rho_v \quad (2.22)$$

Мұнда h_x (2.22) өрнегінен анықталады, оған $S_{\Delta T_i S_i G_i}$ (2.20) немесе (2.21) арқылы ауыстырылады:

$$(2.20) \text{ бойынша} \quad h_x = \sqrt{B \cdot h_{\text{э,к}} \cdot \text{tg} \rho_v}$$

$$(2.21) \text{ бойынша} \quad h_x = \sqrt{K_n \cdot V \cdot \text{tg} \rho_v}$$

V_3 көлемін анықтау үшін $P_i T_i S_i N_i$ трапециясының ауданын анықтау қажет (сурет 2.7,а).

$$S_{P_i T_i S_i N_i} = N_i \cdot S_i \frac{T_i S_i + P_i N_i}{2} \quad (2.23)$$

Мұнда сегменттер $N_i S_i$ және $T_i P_i$ сүйреу призмасының шыңдары мен оның ең қопсытылған II аймағы арасындағы көлденең және тік осьтік қашықтық, яғни призманың бойлық қимасындағы P_i және T_i нүктелері арасындағы қашықтық (2.6 б- сурет).

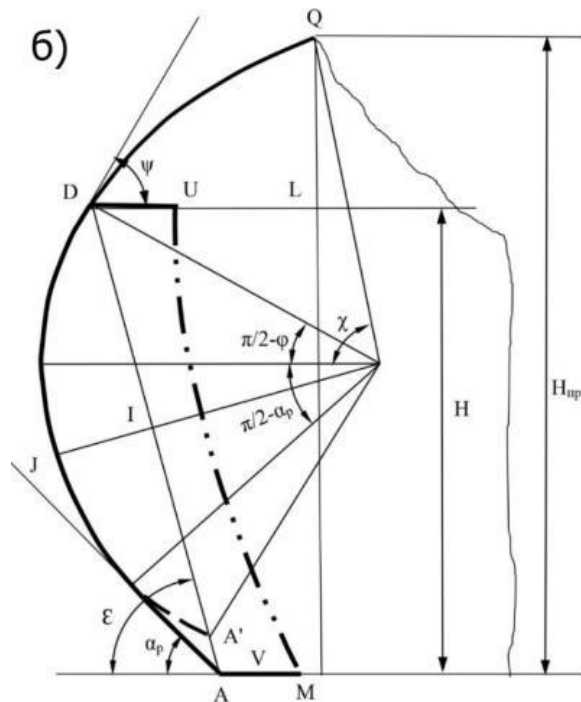
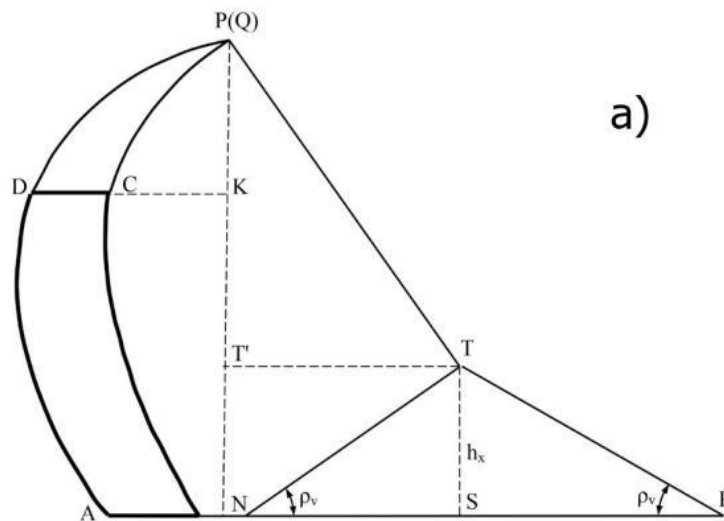
P_i нүктесінің призма шыңының T_i нүктесіне қатысты орнын анықтау үшін проф. Соколовский [172, б. 173-182] берген қосымша жүктеме ρ_0 кезінде тең тұрақты көлбеу қисығының параметрлік теңдеулерін қолданамыз;

$$X' = \frac{2C}{\gamma} \cdot \ln \frac{\sin \beta}{\sin \beta_0} \quad (2.24)$$

$$Z' = \frac{2C}{\gamma} \cdot (\beta - \beta_0) \quad (2.25)$$

мұндағы β – шектік тепе-теңдік аймағын үстіңгі артта бөлетін қисық пен көлденең X' осі арасындағы бұрыш

$$\beta_0 = \frac{\pi}{2} + \frac{\rho_0}{2C} - 1 \quad (2.26)$$



Сурет 2.7 - Сүйреу призмасын анықтауға арналған схемалар

Жоңқалардың бұзылуының I_α аймағының әсерін елемей, көлбеу тұрақтылығын шамалы арттыра отырып, қабылдаймыз

$$\beta_0 = \frac{\pi}{2}$$

Осыдан (2.26) $\rho_0 = 2C$, ал x осінің астындағы тік көлбеудің критикалық биіктігі X'

$$h_0 = \frac{\rho_0}{\gamma} = \frac{2C}{\gamma} \quad (2.27)$$

T_i нүктесіндегі $\pi - \rho_v$ бұрышы

Онда (2.24), (2.25) және (2.27) бізде бар

$$N_i S_i = X' = \frac{2C}{\gamma} |\ln \sin \rho_v|$$

$$T_i' P_i = h_0 + Z' = \frac{2C}{\gamma} + \frac{2C}{\gamma} \left(\pi - \rho_v - \frac{\pi}{2} \right) = \frac{2C}{\gamma} \left(1 + \frac{\pi}{2} - \rho_v \right)$$

Призманың толық биіктігі

$$H_{\text{пр}} = P_i N_i = h_x + \frac{2C}{\gamma} \left(1 + \frac{\pi}{2} - \rho_v \right) \quad (2.28)$$

$N_i S_i$, $T_i S_i$ және $P_i N_i$ сегменттерінің шамаларын өрнекке қою арқылы (2.23) трапеция ауданын анықтаймыз

$$S_{P_i T_i N_i} = \frac{2C}{\gamma} \cdot \left[\frac{C}{\gamma} \cdot \left(1 + \frac{\pi}{2} - \rho_v \right) + h_x \right] |\ln \sin \rho_v|$$

Онда $V_3 = B \cdot S_{P_i T_i N_i}$ көлемі келесідей көрсетіледі

$$V_3 = \frac{B \cdot 2C}{\gamma} \cdot \left[\frac{C}{\gamma} \left(1 + \frac{\pi}{2} - \rho_v \right) + h_x \right] |\ln \sin \rho_v|$$

Қайырманың жерге көмілу шамасын (h_k) елемей, V_4 көлемін $B_1 B_2 N_2 N_1 C_1 C_2 K_2 K_1$ кесілген пирамидасының көлемі ретінде анықтаймыз

$$V_4 \approx \frac{1}{3} \cdot H \cdot (S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 S_2})$$

мұнда H – қайырманың биіктігі, м,

$$S_1 = 2 \frac{C_i K_i + D_i L_i}{2} \cdot K_i L_i + D_i L_i \cdot L_1 M_2 - \text{жоғарғы табанның ауданы.}$$

$$S_2 = 2 \cdot \frac{B_i N_i + A_i M_i}{2} \cdot N_i M_i + A_i M_i \cdot M_1 M_2 - \text{кесілген призманың төменгі табанының ауданы.}$$

Жазуды жеңілдету үшін келесі белгілерді қабылдаймыз:

$$D_1 L_1 = D_2 L_2 = u$$

$$C_1 K_1 = C_2 K_2 = u_0$$

$$A_1 M_1 = A_2 M_2 = v$$

$$B_1 N_1 = B_2 N_2 = v_0$$

$$D_1 D_2 = L_1 L_2 = \frac{B-b_1}{2}$$

$$A_1 A_2 = M_1 M_2 = \frac{B-b_2}{2}$$

мұнда $B = b \pm (B_0 - b) \cos \alpha_{\text{yT}}$ – биіктікте бейімделетін қайырма ұстағышының ені $H/2$;

$B = B_0$ – сфералық қайырманың ұстағышының ені;

$b_{1,2} = b \pm H \cdot \text{tg} \theta$ – жоғарғы деңгейдегі ортаңғы бөліктің ұзындығы, сәйкесінше, бейімделгіш типтегі қайыраманың төменгі жиегі;

$b_{1,2} = b$ сфералық пышақ үшін де.

Параметрлер арасында геометриялық тәуелділіктер бар:

$$V = u - H \cdot \text{tg}(90^\circ - \varepsilon) = u - H \cdot \text{tg} \gamma$$

$$u_0 = u - \frac{B - b_1}{2} \cdot \text{tg} \alpha_{\text{yT}}$$

$$V_0 = V - \frac{B - b_2}{2} \cdot \text{tg} \alpha_{\text{yT}} = u - H \text{tg} \gamma - \frac{B - b_2}{2} \cdot \text{tg} \alpha_{\text{yT}}$$

Белгісіз шаманы u геометриялық қатынастардан 2.7,б суреттінен анықтаймыз:

$$u = R \cdot (\sin \psi - \cos x)$$

$$H_{\text{np}} - H = R \cdot (\sin x - \cos \psi)$$

онда

$$X = \text{arc sin}(\cos \psi + \frac{H_{\text{np}} - H}{R})$$

$$u = R \cdot \left[\sin \psi - \cos \text{arc sin}(\cos \psi + \frac{H_{\text{np}} - H}{R}) \right]$$

мұнда H_{np} - (2.28) өрнегімен анықталады.

Табанның аудандары келесідей анықталады

$$S_1 = 2 \cdot \frac{u + u_0}{2} \cdot \frac{B - b_1}{2} + u \cdot b_1 = \frac{u(B + b_1) + u_0(B - b_1)}{2}$$

және

$$S_2 = 2 \cdot \frac{v + v_0}{2} \cdot \frac{B - b_1}{2} + v \cdot b = \frac{v \cdot (B + b_2) + v_0(B - b_2)}{2}$$

Кесілген пирамиданың көлемі үшін V_4 аламыз

$$V_4 = \frac{H}{6} \left[\frac{u(B + b_1) + v(B + b_2) + u_0(B - b_1) + v_0}{\sqrt{[u(B + b_1) + u_0(B - b_1)] \cdot [v(B + b_2) + v_0(B - b_2)]}} \right]$$

Дұрыс емес пирамиданың V_5 көлемі $C_1C_2K_2K_1P_1P_2$ көрсетілген:

$$V_5 \approx \frac{\pi}{4} (H_{\text{пр}} - H)^2 \cdot (B + b_1)$$

V_6 көлемін басқа $A'JD$ шектелген сегменттің ауданы арқылы анықтаймыз (сурет 2.7.б):

- сфералық типтегі қайырмалар үшін:

$$S_{A'JD} \approx \frac{2}{3} \cdot AD \cdot l \cdot \frac{2}{3} \cdot R^2 \cdot \sin(\varepsilon + \psi) \cdot [1 + \cos(\varepsilon + \psi)]$$

$$V_6 \approx \frac{2}{3} \left(b + \frac{B - b}{\cos \alpha_y} \right) \cdot R^2 \cdot \sin(\psi + \varepsilon) \cdot [1 + \cos(\varepsilon + \psi)]$$

- ауыспалы геометриясы бар қайырма үшін:

$$V_6 \approx \frac{2}{3} \cdot B_0^2 \cdot R^2 \cdot \sin(\varepsilon + \psi) \cdot [1 + \cos(\varepsilon + \psi)]$$

Ауыспалы геометриямен (атап айтқанда, сфералық қайырмамен) қайырманы сүйреу призмасының көлемін құрайтын жеке көлемдерді анықтау формулалары 2.1-кестеде келтірілген. Сүйреу призмасының жалпы көлемінің 2-3% құрайтын V_6 көлемін елемеуге болады

2.4 Ауыспалы геометриясы бар қайырмамен қазу кедергісінің өзгеруінің әсер етуші факторларға тәуелділігін қалыптастыру

Есептеу схемасы (сурет 2.8) (кестеде есептеу үшін мәліметтер. 2.1 кестесінде көрсетілген) қайырманың ауыспалы геометриямен қоршаған ортамен күштік өзара әрекеттесуін талдау үшін жұмыстарда баяндалған аналитикалық

әдістің негізгі ережелеріне сәйкес салынған [172, 220-241 б.; 177, 46-78 б.; 179, 94-95 б.].

Кесте 2.1- Сүйреу призмасының параметрлері мен көлемін есептеу

Белгілеу	
Сфералық қайырма	Ауыспалы геометриясы бар қайырма
$h=h_k$ – қазу тереңдігі $h=h_n$ – кесу тереңдігі $B = B_0$ $b_1 = b_2 = b$	$h=h_{э,к}$ – қазу тереңдігі орташа $h=h_{э,п}$ – кесу тереңдігі орташа $B = b + (B_0 - b) \cos \alpha_{yг}$ $b_{1,2} = b \pm H \cdot tg \theta$
$u = R \cdot \left[\sin \psi - \cos \arcsin \left(\cos \psi + \frac{H_{np} - H}{R} \right) \right]$ $v = u - H \cdot tg \gamma$ $u_0 = u - \frac{B - b_1}{2} tg \alpha_{yг}$ $v_0 = v - \frac{B - b_2}{2} tg \alpha_{yг}$ $H_{np} = \frac{2C}{\gamma} \left(1 + \frac{\pi}{2} - \rho_v \right) + (B \cdot h \cdot tg \rho_v)^{1/2}$	
Есептеу формулалары	
$V_1 = \frac{B^2 \cdot h}{2}$ $V_2 = \frac{2\pi}{3} \cdot ctg \rho_v \cdot (B \cdot h \cdot tg \rho_v)^{3/2}$ $V_3 = \frac{2C}{\gamma} \cdot B \cdot \left[\frac{C}{\gamma} \left(1 + \frac{\pi}{2} - \rho_v \right) + (B \cdot h \cdot tg \rho_v)^{1/2} \right] \ln \sin \rho_v $ $V_4 = \frac{H-h}{6} \cdot \{ u(B + b_1) + v(B + b_2) + u_0(B - b_1) + v_0(B - b_2) + \sqrt{[u(B + b_1) + u_0(B - b_1)] \cdot [v(B + b_2) + v_0(B - b_2)]} \}$ $V_5 = \frac{\pi}{4} (H_{np} - H)^2 \cdot (B + b_1)$	

Осыған сәйкес негізгі болжамдар қабылданды: топырақты борпылдақ ортаның қасиеттері бар масса түрінде ұсынуға болады – кесу кезінде ілінісу және қайырманың бетімен қозғалу кезінде және аударылғаннан кейін ілінісусіз; үйкеліс кезінде топырақтың үйкеліс бұрышы ішкі үйкеліс бұрышынан аз; сырғанау беттері ең аз кедергісі бар қозғалыс бағытына сәйкес келетін пішінге ие; секциялар бойынша қозғалу қайырмалар топырақ қабаттары сығылмайды;

оларды құрайтын бөлшектердің жылдамдығы бірдей; Инерция күштерін елемеуге болады. Талдауды жеңілдету үшін кескіш пышақтарда мұқалу алаңдары жоқ екендігі қабылданды.

Қазу кедергісінің құрамдас бөліктерін анықтау суперпозиция принципіне негізделген, барлық кедергілер сфералық қайырмаларды зерттеу кезінде жасалғандай ортаңғы және бүйірлік бөлімдер үшін бөлек есептеледі [178, 799-803 б.].

Есептеу схемасын құру және әртүрлі кедергілерді анықтау кезінде оның параметрлері мен эксперименттік зерттеулер арасындағы геометриялық тәуелділіктерді талдау кезінде анықталған ауыспалы геометриясы бар бейімделгіш қайырманың ерекшеліктері ескеріледі. Әр секция алдындағы топырақтың кернеулі күйі шартты түрде тегіс деп саналды, процестердің кеңістігі іргелес топырақ қабаттарының өзара әрекеттесуінің қосымша күштерін енгізу арқылы ескерілді.

Кесуге қарсылық күшінің көлденең компонентін анықтау үшін өрнек әділ:

$$P_{01} = P_p + P_{пр} + P_{гор}, \quad H$$

P_p - топырақ қабаттарының қайырмасынан бір жаққа жылжытылатын тиеуді ескере отырып қазуға төзімділік;

$P_{пр}$ – қайырма призмасының алдындағы сүйреу кедергісі;

$P_{гор}$ – көлденең жазықтықтағы қайырма бойымен топырақтың көтерілуіне төзімділік.

2.8 кестедегі суретке сәйкес өрнек келесідей болады:

$$P_{01} = P_{p,c} + P_{пл,c} \cdot \cos\alpha_p + 2P_{p,\delta} + 2P_{пл,\delta} \cdot \cos\tau_x + P_{пр}, \quad H$$

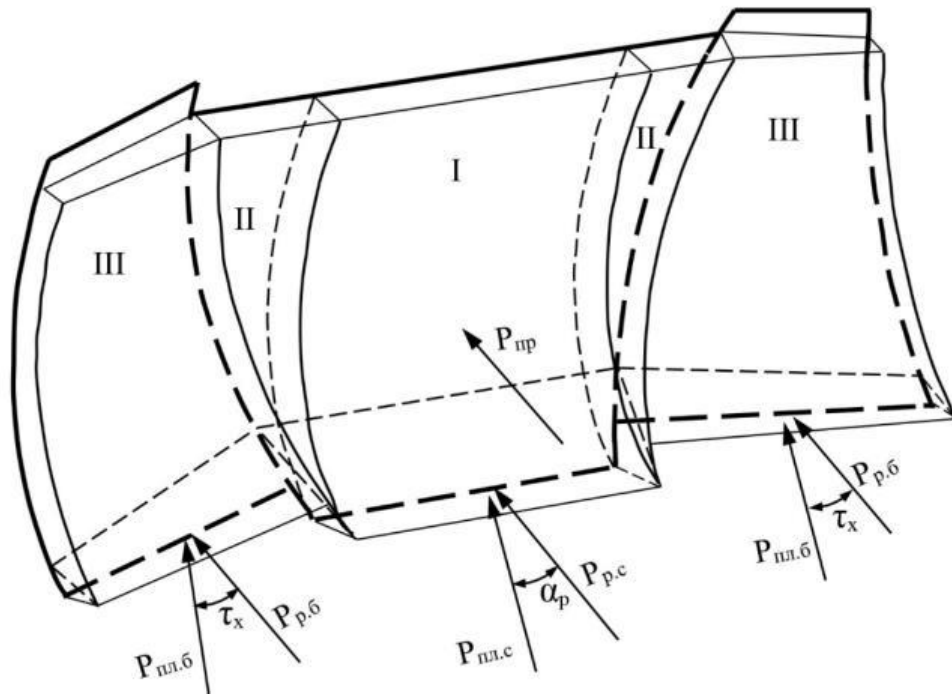
Мұнда "с" және "б" индекстері сәйкесінше ортаңғы және бүйірлік бөлімдерге жатады.

Ортаңғы бөлімнің кесу кедергісі белгілі формула бойынша анықталады, H [193, б. 67-85; 195]:

$$P_{p,c} = (1 + \operatorname{ctg}\alpha_p \cdot \operatorname{tg}\delta) \cdot A_1 \cdot b_c \cdot h_c \left[\frac{y^* h_c}{2} + C_0 \cdot \operatorname{ctg}\rho \left(1 - \frac{1}{A_1} \right) + P_{пл,c} \right] \quad (2.29)$$

мұндағы A_1 – кейбір жағдай үшін $\alpha_p > \arcsin \frac{\sin \delta}{\sin \rho} - \frac{\delta}{2}$ формуласы бойынша алынатын өлшемсіз коэффициент

$$A_1 = \frac{\cos\delta(\cos\delta + \sqrt{\sin^2\rho - \sin^2\delta})}{1 - \sin\rho} \cdot e^{(2\alpha_p - \pi + \delta + \arcsin \frac{\sin\delta}{\sin\rho})\operatorname{tg}\rho}$$



Сурет 2.8 - Ауыспалы геометриясы бар жылжымалы бульдозерлі қайырмаға қазу кедергісінің негізгі құрамдас бөліктерінің әрекет ету сызбасы

$P_{пл,с}$ – өрнек бойынша анықталатын орта секция бойынша қозғалатын топырақ қабатынан кесілген жоңқаларға орташа қысымы

$$P_{пл,с} = \frac{P_{пл,с} \cdot \sin \alpha_p}{b_c \cdot a_c}, \text{ Па,}$$

Онда

$$a_c = \frac{tg \alpha_p + tg \psi}{tg \alpha_p \cdot tg \psi} \cdot h_c \quad - \text{ орташа жоңқалардың қалыңдығы;}$$

$$\psi \approx \frac{\pi}{4} - \frac{\rho}{2} \quad - \text{ ығысу бұрышының орташа мәні;}$$

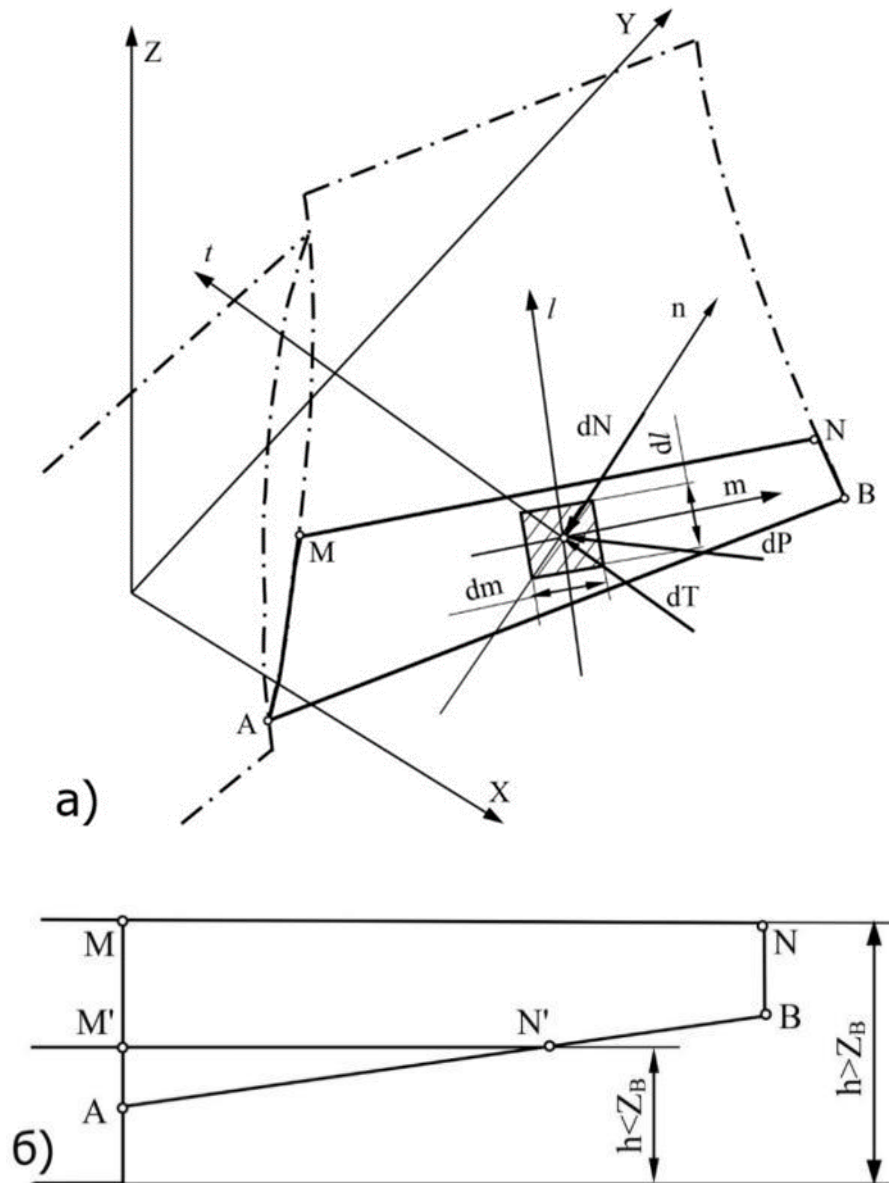
$$h_c = \frac{B_0 \cdot h_{э,к} + (Y_B - Y_A)(Z_B + Z_A)}{b + 2(Y_B - Y_A)} \quad - \text{ орташа пышақпен кесу тереңдігі, м;}$$

C_0 - бұзылмаған құрылыммен топырақтың ілінісуі, Па.

Бүйірлік кесуге төзімділіктің көлденең компонентін анықтау бейімделетін типтегі қайырманың бірқатар ерекшеліктерін ескере отырып байланысты. Бүйірлік бөлімді ұстаудың өткір бұрышына орнатқан кезде топырақты массивтен бөлу оның көлденең бағытта қозғалуымен бірге жүреді. Көлденең жазықтықпен қайырманың қиылысу сызығына траекторияның көлбеу бұрышының есептік мәні ретінде түсіру бұрышына тең мәнді қабылдауға болады [196]. Бұл жағдайда біз бүйірлік қайырманың ұзындығы бойынша ортаңғы және бүйірлік чиптердің траекторияларының қиылысуынан деформациялар шамалы деп қабылдаймыз. Осылайша, траекторияның бағыты t бүйір бөлігіндегі

топырақтың қозғалысы полярлық бұрыштармен анықталады τ_x, τ_y, τ_z тәуелділіктермен есептеледі (2.17). Көлденең жазықтыққа қатысты бүйірлік бөліктің қисаюы массивтен бөлінген жоңқалардың пішінін өзгертеді. Кесу тереңдігіне байланысты ол үшбұрышты немесе трапеция тәрізді болуы мүмкін.

Бүйірлік бөлімнің пышақ жазықтығында таңдаңыз (сурет 2.9) dF элементар алаңы және онымен n, m және l осьтерімен қосалқы координаталық жүйені байланыстырамыз, олардың бағыты бағыттаушы векторлармен анықталады $\vec{n}, \vec{m}, \vec{l}$ (2.1-тармақты қараңыз) [178, 801-803 б.].



Сурет 2.9 - Ауыспалы геометриясы бар қалқымалы қайырманың бүйірлік секциясымен кесуге кедергіні есептеу схемасы

Элементар алаңдағы кесуге төзімділік күшінің көлденең компоненті X осіне проекциялардың қосындысына қалыпты қысым күшіне және пышақ бойымен топырақтың үйкеліс күшіне тең:

$$dP_{p,\delta} = \cos v_x \cdot dN + \cos \tau_x \cdot dT$$

Алаңға қалыпты қысымның күші:

$$dN = \sigma_n \cdot dF$$

мұндағы $\sigma_n = A_1 \left[\gamma \cdot z + c_0 \cdot ctg \rho \cdot \left(1 - \frac{1}{A_1} \right) + p_{пл,\delta} \right]$ – платформа бетіндегі қалыпты кернеу,

$$dF = dm \cdot dl = \frac{dy \cdot dz}{\cos v_x}$$

dT пышақ алаңындағы топырақтың үйкеліс күші пышақ бойымен топырақ бөлшектерінің қозғалысына кері бағытта әрекет етеді.

$$dT = tg \delta \cdot dN$$

$$\begin{aligned} dP_{p,\delta} &= (\cos v_x + tg \delta \cdot \cos \tau_x) \cdot dN = \\ &= (\cos v_x + tg \delta \cdot \cos \tau_x) \cdot A_1 \cdot \left[\gamma \cdot z + c_0 \cdot ctg \rho \cdot \left(1 - \frac{1}{A_1} \right) + p_{пл,\delta} \right] \frac{dy \cdot dz}{\cos v_x} = \\ &= \left(1 + tg \delta \cdot \frac{\cos \tau_x}{\cos v_x} \right) \cdot A_1 \cdot \left[\gamma \cdot z + c_0 \cdot ctg \rho \cdot \left(1 - \frac{1}{A_1} \right) + p_{пл,\delta} \right] dydz \end{aligned}$$

Бүйірлік пышақпен көлденең кесуге төзімділіктің толық мөлшері анықталады

$$dP_{p,\delta} = \left(1 + tg \delta \cdot \frac{\cos \tau_x}{\cos v_x} \right) \cdot A_1 \cdot \iint_D \left[\gamma \cdot z + c_0 \cdot ctg \rho \cdot \left(1 - \frac{1}{A_1} \right) + p_{пл,\delta} \right] dydz$$

Интегралдау аймағы D кесу тереңдігіне байланысты h $AN'M'$ үшбұрышы немесе $ABNM$ төртбұрышы сәйкес келеді (сурет 2.9). Есептелген тәуелділіктерді жеңілдету үшін біз $Y_{M'} = Y_M = Y_A$ и $Y_N = Y_B$ және $Y_N = Y_B$ қабылдаймыз, анықтаудың максималды қателігі $P_{p,\delta}$ кесу тереңдігі мен секцияның геометриялық параметрлерінің өзгеруі мүмкін δ диапазоны 4% - дан аспайды.

$h < Z_B$ қазу тереңдігінде $AN'M'$ интеграциясының үшбұрышты аймағының шекаралары орнатылады

$$\begin{aligned} Y_A \leq Y \leq Y_A + (h - Z_A) \cdot ctg \delta_{отк} \\ Y \cdot tg \delta_{отк} \leq Z \leq h \end{aligned}$$

$h > Z_B$ кезінде $ABNM'$ интеграциясының трапеция аймағы теңсіздіктермен шектеледі

$$\begin{aligned} Y_A \leq Y \leq Y_A + (Z_B - Z_A) \cdot ctg \delta_{отк} \\ Y \cdot tg \delta_{отк} \leq Z \leq h \end{aligned}$$

Интеграцияның екі жағдайы үшін де шекараны келесідей жазуға болады

$$\begin{aligned} 0 \leq Y \leq h_z \cdot ctg\delta_{отк} \\ Y \cdot tg\delta_{отк} \leq Z \leq h \end{aligned}$$

Онда h_z мәні келесідей анықталады:

$$h < Z_B \text{ кезінде} \quad h_z = h - Z_A$$

$$h > Z_B \text{ кезінде} \quad h_z = Z_B - Z_A$$

Бүйірлік пышақпен кесуге төзімділіктің көлденең компонентінің толық мәні

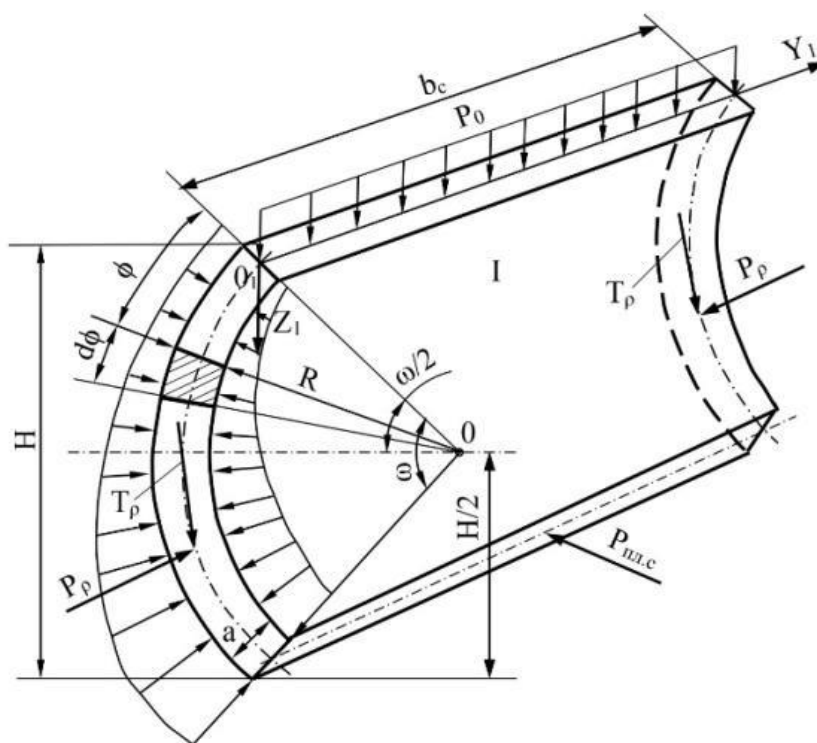
$$\begin{aligned} P_{p,\delta} = \left(1 + tg\delta \cdot \frac{\cos\tau_x}{\cos\nu_x}\right) \cdot A_1 \cdot \int_0^{h_z \cdot ctg\delta_{отк}} dy \int_{y \cdot tg\delta_{отк}}^h \left[\gamma \cdot z + c_0 \cdot \right. \\ \left. ctg\rho \left(1 - \frac{1}{A_1}\right) + p_{пл,\delta} \right] dz = \left(1 + tg\delta \cdot \frac{\cos\tau_x}{\cos\nu_x}\right) \cdot A_1 \cdot ctg\delta_{отк} \cdot h_z \cdot \\ \left\{ \frac{\gamma}{2} \left(h^2 - \frac{h_z^2}{3}\right) + \left[c_0 \cdot ctg\rho \left(1 - \frac{1}{A_1}\right) + p_{пл,\delta} \right] \left(h - \frac{h_z}{2}\right) \right\} \quad (2.30) \end{aligned}$$

$P_{пл,c}$ және $P_{пл,\delta}$ шамаларын белгілеу үшін (2.29) және (2.30) өрнектерінде орташа $P_{пл,c}$ және $P_{пл,\delta}$ бүйірлік секциясы бойынша қабаттардың көтерілуіне қарсылық күштерін анықтау керек.

Есептеу сызбасында суретте. 2.8 топырақ қабаты бар қайырма беті топырақ бөлшектерінің қозғалысының әр траекториясына және жүктемелердің әсер ету схемасына тән жеке учаскелерге бөлінеді.

Ең көп жүктелген-бұл ортаңғы пышақпен кесілген және ортаңғы бөлімнің орталық бөлігімен көтерілген топырақ қабаты. Қабатқа әсер ететін жүктемелер суретте көрсетілген. 2.10 [178, 802 б.]. Тұйық формадағы тепе-теңдік, үздіксіздік және бірегейлік жағдайларын қанағаттандыратын кернеулер мен деформациялар функцияларын алу мүмкін болмағандықтан, топырақ бөлшектерінің нақты траекторияларын есептеу айтарлықтай қиындықтар туғызады. Кейінгі пайымдауды жеңілдету үшін бөлшектердің траекториялары мен I орталық бөлімнің шекаралары хоз тік жазықтығына параллель деп қабылдаймыз. II орта секция учаскесіне топырақ бүйірлік қиғаш орнатылған секциялардан түседі. Басқа әсерлер болмаған жағдайда, бүйірлік қайырмалардан түсетін жер асты ағындарының бөлшектерінің траекториялары қозғалыс траекториялары арқылы өтетін жазықтықтарда қалады, өйткені бұл түзу қиғаш орнатылған қайырмаларда, кескіш пышақтарда болады (суреттегі t сызықтары 2.8). Массивті қайтару күштері- $P_{пл,\delta}$, бүйірлік ағындарды алға жылжыту, бұл жағдайда қозғалыс жылдамдығына қарама-қарсы бағытталған. Орталық, кесілген ШОП, қабаттың қозғалыс бағытын қиып өтетін бүйірлік қабаттармен өзара әрекеттесуі соңғысының деформациясына және олардың бөлшектерінің жылдамдығының бағыты мен шамасы бойынша I бөлімге жақындаған сайын теңестірілуіне

әкеледі. $P_{пл.δ}$ қайтру күш бағыты бұл жағдайда өзгермейді, өйткені олар деформация күштері мен көтерілуге төзімділіктің нәтижесі болып табылады.



Сурет 2.10 - 1 орта секция учаскесі бойынша қабаттың көтерілу кедергісін анықтауға арналған жобалау схемасы

Есептеу схемасын жеңілдету үшін біз I бөлімдегі бөлшектердің траекториясы, ал олардың тік жүру жылдамдығы аз деген болжам жасаймыз. Осылайша, I және II бөлімдердің шекараларында бүйірлік қабаттардың деформация күшіне пропорционалды үйкеліс күштері пайда болады. Олардың ұлғаюымен ортаңғы қабаттың көтерілуіне төзімділік артады және шекті мәннен жоғары мәндерде секция беті енді сырғанау беті болып табылмайды.

Белгісіз $P_{пл.с}$ және $P_{пл.δ}$ күштерін анықтау үшін суперпозиция принципіне сәйкес, біз бөлінген учаскелердің әрқайсысында тиісті күшпен топырақтың көтерілуіне қарсылық орнатамыз.

I учаске (сурет 2.10):

Орталық қабаттың көтерілу кедергісі анықталады

$$P_{пл.с} = T_1 + 2T_ρ$$

мұндағы T_1 – қабаттың үйкелісінен және сүйреу призмасынан, қабаттың иілуінен, оның өз салмағынан және жоғарыдан жүктелуінен туындаған I орталық учаскеде топырақтың көтерілуіне төзімділік:

$T_ρ = \text{tgr} \cdot P_ρ$ – I және II учаскелердің шекараларында топырақ қабаттары арасындағы үйкеліс күші.

Мұндағы P_p – орталық қабаттың соңындағы қысымның нәтижесі.

T_1 анықтау үшін жұмыста алынған формуланы қолданайық [193, 45-51 б.]:

$$T_1 = (tg\delta + tgp) \cdot \gamma_\rho \cdot \cos^2\rho \cdot b_c \cdot H^2 \cdot k \cdot \arcsin\frac{1}{2k} \left(1 + \right. \\ \left. + tg\delta \arcsin\frac{1}{2k}\right) + \gamma_\rho \cdot b_c \cdot a_c \cdot H_{пр}$$

мұндағы b_c – ортаңғы пышақтың ені, м;

$K = \frac{R}{H}$ - коэффициент;

γ_ρ – қабатты құрайтын топырақтың көлемдік салмағы.

II учаске (сурет 2.11) [178, 803 б.].

I және II учаскелер шекарасындағы үйкеліс күшін елемей, II учаскеде қозғалыс бойынша бағытталған, үшбұрышты қабаттының көтерілуіне T_2 кедергісін үйкеліс бетіндегі үйкеліске, иілуге және жоғарыдан тиеуге қарсылық ретінде анықтаймыз. Ол үшін функциядағы көтерілуге қарсылықты білдіретін тәуелділікті ағымдағы полярлық координатадан қолдануға болады \emptyset :

$$T = \left(\frac{A \cdot R \cdot H}{2 \cdot tg\delta} - \frac{A \cdot R^2}{1 + tg^2\delta} \cdot tg\delta \cdot \sin\frac{\omega}{2} + \frac{A \cdot R^2}{1 + tg^2\delta} \cdot \cos\frac{\omega}{2} + P_0 \right) e^{tg\delta \cdot \emptyset} - \\ \left[\frac{A \cdot R \cdot H}{2 \cdot tg\delta} + \frac{A \cdot R^2}{1 + tg^2\delta} \cdot tg\delta \cdot \sin\left(\emptyset - \frac{\omega}{2}\right) + \frac{A \cdot R^2}{1 + tg^2\delta} \cdot \cos\left(\emptyset - \frac{\omega}{2}\right) \right] \\ (2.31)$$

мұндағы

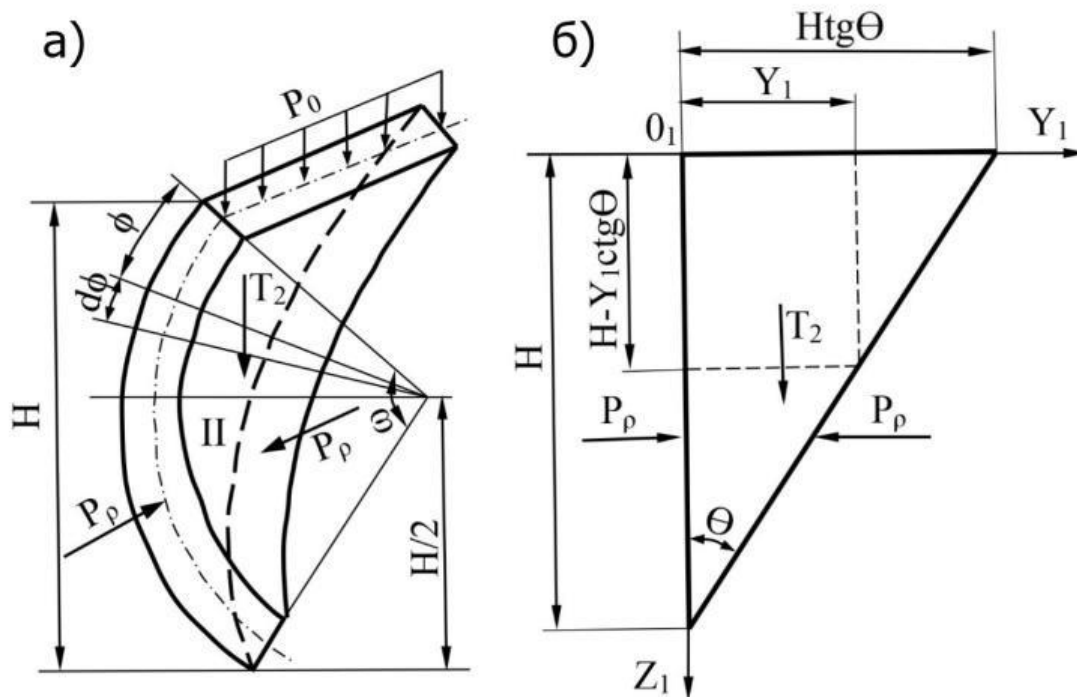
$A = (tg\delta + tgp) \cdot \gamma_\rho \cdot \cos^2\rho \cdot B_{пл} = D \cdot B_{пл}$ – коэффициент;

$OD = (tg\delta + tgp) \cdot \gamma_\rho \cdot \cos^2\rho$ – коэффициент;

$B_{пл}$ – қабаттың ені.

Мұнда \emptyset полярлық бұрышы мен Z_1 ағымдағы координаты тәуелділікпен байланысты

$$Z_1 = \frac{H}{2} + R \cdot \sin\left(\emptyset - \frac{\omega}{2}\right) \quad (2.32)$$



Сурет 2.11 - Ортаңғы секцияның 11-учаскесі бойынша қабаттың көтерілу кедергісін анықтауға арналған есептік схема

(2.31) формуласын талдаудан, қабаттың ені бойынша жоғарыдан тұрақты жүктеме болған кезде, $\rho_0 = P_0/B_{\text{пл}}$ қабаттың қайырма бетінен көтерілуіне төзімділік оның еніне тура пропорционалды және кедергінің ені бойынша қарқындылығын білдіруге болады

$$q(\phi) = \frac{T(\phi)}{B_{\text{пл}}}$$

немесе

$$q(\phi) = \left(\frac{D \cdot R \cdot H}{2tg\delta} - \frac{D \cdot R^2}{1+tg^2\delta} \cdot tg\delta \cdot \sin \frac{\omega}{2} + \frac{D \cdot R^2}{1+tg^2\delta} \cdot \cos \frac{\omega}{2} + P_0 \right) \cdot e^{tg\delta \cdot \phi} - \left[\frac{D \cdot R \cdot H}{2tg\delta} + \frac{D \cdot R^2}{1+tg^2\delta} \cdot tg\delta \cdot \sin \left(\phi - \frac{\omega}{2} \right) + \frac{D \cdot R^2}{1+tg^2\delta} \cdot \cos \left(\phi - \frac{\omega}{2} \right) \right] \quad (2.33)$$

Үшбұрышты қабаттың енінің ағымдағы мәні биіктігі бойынша өзгереді және келесі түрде ұсынылуы мүмкін

$$B_{\text{пл}} = y_1(\phi),$$

(сурет 2.11) бойынша табылған Z_1 координатын қоя отырып $y_1(\phi)$ функциясын табамыз

$$Z_1 = H - ctg\theta \cdot y_1$$

(2.32) өрнегі бойынша,

$$y_1 = tg\theta \left[\frac{H}{2} - R \cdot \sin\left(\phi - \frac{\omega}{2}\right) \right]$$

Бұл өрнекті саралау арқылы аламыз

$$dy_1 = -tg\theta \cdot R \cdot \cos\left(\phi - \frac{\omega}{2}\right) d\phi$$

Ені dy_1 қарапайым учаскедегі үшбұрышты қабаттың көтерілуіне тәзімділік келесідей анықталады

$$dT_2 = q(\phi) \cdot dy_1 = -q(\phi) \cdot tg\theta \cdot R \cdot \cos\left(\phi - \frac{\omega}{2}\right) d\phi$$

ϕ Айнымалысы бойынша интегралдау шекаралары сурет бойынша белгіленеді. :

$$y_1 = 0 \text{ кезінде} \quad \phi_1 = \omega$$

$$y_2 = H \cdot tg\theta \text{ кезінде} \quad \phi_2 = 0$$

$$\text{мұндағы } \omega = 2arcsin \frac{H}{2R} = 2arcsin \frac{1}{2K}$$

II учаске бойынша қабаттың көтерілуіне толық қарсылық үшін аламыз

$$\begin{aligned} T_2 &= - \int_{\omega}^0 q(\phi) \cdot tg\theta \cdot R \cos\left(\phi - \frac{\omega}{2}\right) d\phi = tg\theta \cdot R \int_0^{\omega} q(\phi) \cdot \cos\left(\phi - \frac{\omega}{2}\right) d\phi = \\ &= tg\theta \cdot R \left[\frac{D \cdot R \cdot H}{2tg\delta} - \frac{D \cdot R^2}{1 + tg^2\delta} \left(tg\delta \sin \frac{\omega}{2} + \cos \frac{\omega}{2} \right) + P_0 \right] \int_0^{\omega} e^{tg\delta \cdot \phi} \\ &\cdot \cos\left(\phi - \frac{\omega}{2}\right) d\phi - -tg\theta \cdot R \cdot \frac{D \cdot R \cdot H}{2tg\delta} \cdot \int_0^{\omega} \cos\left(\phi - \frac{\omega}{2}\right) d\phi - tg\theta \cdot R \\ &\cdot \frac{D \cdot R^2}{1 + tg^2\delta} \cdot tg\delta \cdot \int_0^{\omega} \sin\left(\phi - \frac{\omega}{2}\right) \cdot \cos\left(\phi - \frac{\omega}{2}\right) d\phi - tg\theta \cdot R \\ &\cdot \frac{D \cdot R^2}{1 + tg^2\delta} \int_0^{\omega} \cos^2\left(\phi - \frac{\omega}{2}\right) d\phi \end{aligned}$$

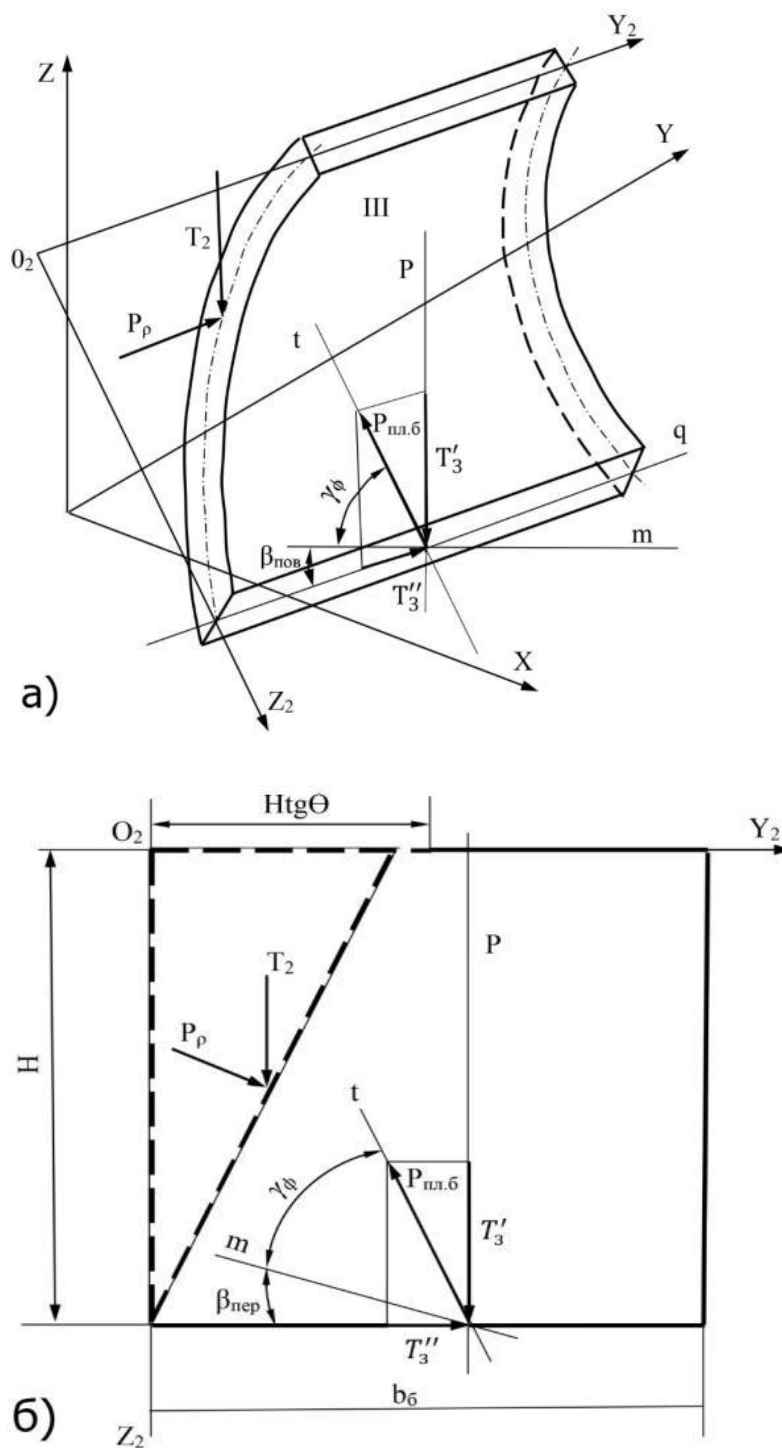
Интегралдар мен кейбір түрлендірулерді шешкеннен кейін біз келесі тәуелділікті аламыз

$$T_2 = tg\theta \cdot R \cdot \left\{ \left[\frac{D \cdot R \cdot H}{2tg\delta} - \frac{D \cdot R^2 \cdot \left(tg\delta \cdot \sin \frac{\omega}{2} - \cos \frac{\omega}{2} \right)}{1 + tg^2\delta} \right] + \right.$$

$$+ \frac{\rho_0}{1} \cdot \left[\frac{(e^{tg\delta \cdot \omega} - 1)tg\delta \cos \frac{\omega}{2} + (e^{tg\delta \cdot \omega} + 1) \sin \frac{\omega}{2}}{1 + tg^2\delta} - \frac{D \cdot R \cdot H}{2tg\delta} \sin \frac{\omega}{2} \right] \quad (2.34)$$

III учаске(бүйірлік бөлім):

Учаскедегі топырақ қабатын жүктеу схемасы 2.12 суретте көрсетілген [178, 803б.].



Сурет 2.12 - Бүйірлік бөліктің беті бойынша қабаттың көтерілуіне қарсылықты анықтауға арналған жобалау схемасы

$P_{пл,\delta}$ массивінің кері қайтару күші T_2 және T_3 бүйірлік бөлімі бойынша қабаттың қозғалуына төзімділікпен анықталады. Соңғысын компоненттерге бөлеміз: T_3' - ρ бағыты бойынша цилиндрлік бетіне перпендикуляр, T_3'' — q жасаушысының бағыты бойынша.

$\sum Z_I = 0$ тік осі бойынша күштердің тепе-теңдік жағдайынан бізде бар

$$P_{пл,\delta} \cdot \cos\tau_z - T_3' \cdot \cos\pi_z - T_3'' \cdot \cos\xi_z'' - T_2 = 0$$

немесе
$$P_{пл,\delta} = \frac{1}{\cos\tau_z} \cdot (T_3' \cdot \cos\pi_z + T_3'' \cdot \cos\xi_z'' + T_2)$$

мұнда

$$T_3'' = \operatorname{ctg}(\gamma_\phi + \beta_{пер}) \cdot T_3'$$

T_3 бүйірлік секция бойынша қабаттың көтерілуіне қарсылықты (2.29) формула бойынша анықтаймыз, III учаскені ені b_δ және биіктігі H түзу қайырма ретінде қарастырамыз, біз T_3^0 жалған күшін алып тастаймыз, оны жоғарыдағы өрнектің көмегімен анықтаймыз (2.34).

$$T_3' = (\operatorname{tg}\delta + \operatorname{tg}\rho) \cdot \gamma_p \cdot \cos^2\rho \cdot b \cdot H^2 \cdot k \cdot \arcsin\frac{1}{2k} \left(1 + \operatorname{tg}\delta \cdot \arcsin\frac{1}{2k}\right) + \gamma_p \cdot b_\delta \cdot a_\delta \cdot H_{пр} - T_3^0$$

мұндағы

$$a_\delta = \frac{\operatorname{tg}\alpha_p + \operatorname{tg}\rho}{\operatorname{tg}\alpha_p \cdot \operatorname{tg}\psi} \cdot h_{ср,\delta}; \quad h_{ср,\delta} = \frac{2h_c - Z_A - Z_B}{2}; \quad b_\delta = \frac{B-b}{2}.$$

Мұнда $h_{ср,\delta}$ — бүйірлік бөлімнің орташа қазу тереңдігі.

Ортаңғы бөлікте қозғалатын қабаттың бүйірлік қысу күші - P_ρ , біз Y осіндегі $P_{пл,\delta}$ Y проекциясы ретінде анықтаймыз:

$$P_\rho = \cos\tau_y \cdot P_{пл,\delta}$$

Сүйреу призмасының кедергісінің көлденең компонентінің шамасын массив бетіндегі үйкеліс кедергісі ретінде анықтаймыз, сүйреу призмасының топырағын ілінісусіз борпылдақ орта ретінде қарастырамыз [32, 137-143б.]:

$$P_{пр} \approx \gamma_p \cdot \operatorname{tg}\rho \cdot V$$

2.5 Әсер етуші факторлардан бульдозер өнімділігінің өзгеру сипатын анықтайтын көрсеткіштерді таңдау

Заманауи бульдозер құрылымдық және функционалдық байланыстармен біріктірілген бірқатар ішкі жүйелерді қамтитын күрделі жүйе [176, 5-18 б.]. Жеке ішкі жүйелердің жұмыс істеу тиімділігін талдау және параметрлерін

оңтайландыру жүйелік талдау әдіснамасына сүйене отырып, қалған ішкі жүйелер енгізетін байланыстар мен шектеулерді ескере отырып жүргізілуі керек. Бұл әдістеменің маңызды процедураларының бірі-мәселені шешудің мүмкін болатын тиімділігінің критерийі (индикаторы) жиынтығы. Жол-құрылыс машиналарының тиімділік көрсеткіштері жүйесінде өнімділік ерекше орын алады, бұл жоғары деңгейдегі барлық басқа көрсеткіштерді анықтауда негіз болып табылады. Бұл техникалық параметрлерді жұмыс жағдайымен біріктіре отырып, машинаның функционалдық мақсатына сәйкестік дәрежесін бағалауға мүмкіндік береді [197].

Көптеген параметрлер мен олардың арасындағы байланыстарды сипаттаудың үлкен саны мен қиындықтары бульдозердің өнімділігін математикалық модельдеу кезінде олардың тек бір бөлігі ғана тартылатындығына әкеледі. Нақты мақсаттарға байланысты әр түрлі дәрежеде бульдозердің негізгі параметрлері, әртүрлі ішкі жүйелердің құрылымдық ерекшеліктері – жұмыс жабдықтары, қозғалтқыш–трансмиссиялық қондырғы және қозғалтқыш, басқару жүйесі ескеріледі [176, 5-18 б.]. Әр түрлі дәрежеде пайдалану аясының параметрлері – өңделетін топырақ, тірек беті, құрылыс объектісі, әлеуметтік-экономикалық және басқа факторлар көрінеді.

Белгілі бір конструкциядағы және нақты жұмыс жағдайындағы бульдозердің өнімділігі тарту жылдамдық режимін орнатқан кезде ерекше анықталады. Ұсынылған тәуелділіктердің көпшілігінде тарту күші номиналды, яғни белгілі бір (анықтамалық) жағдайларда ең жоғары тиімділікке сәйкес келетін күшпен шектеледі. Бұл тәсілмен эталондық ілінісу қасиеттерінен ерекшеленетін басқа топырақ жағдайында ең жоғары өнімділікті анықтау мүмкін емес, өйткені тарту күші мен жұмыс жылдамдығының номиналды мәндері өзгереді. Сонымен қатар, әртүрлі жағдайларда балама конструкцияларды салыстыру олардың жұмыс органдарының қоршаған ортамен өзара әрекеттесу ерекшеліктерін де, осы жағдайлар үшін оңтайлы тарту және жылдамдық режимін де ескере отырып жасалуы керек.

Техникалық өнімділік келесі формула бойынша анықталады:

$$P_T = \frac{3600 \cdot q}{K_p \cdot t_{ц}}$$

мұндағы $q \equiv V$ -қопсытылған күйдегі сүйреу призмасының көлемі;

K_p -қопсыту коэффициенті.

Цикл уақыты келесідей қосындымен анықталады

$$t_{ц} = t_k + t_{\tau} + t_x + t_b, c$$

Немесе өрнекпен

$$t_{ц} = k_t \cdot (t_k + t_{\tau} + t_x),$$

мұндағы t_k – топырақты қазу операциясына уақыт; t_{τ} – топырақты жылжыту операциясына уақыт; t_x – бульдозердің кері жүруіне уақыт; t_b -көмекші

операцияларды орындауға уақыт (берілістерді ауыстыру, бұру және басқалар); k_t - көмекші операцияларға уақытты ескеретін коэффициент,

$$k_t = 1 + \frac{t_B}{t_k + t_\tau + t_x}$$

t_k қазу және топырақтың қозғалу уақыты t_τ сәйкес режимдегі бульдозердің қозғалыс теңдеуінен және бульдозер мен топырақ параметрлерін байланыстыратын басқа теңдеулерден анықталады [198].

Қазу уақыты

$$t_k = \frac{q \cdot K_k}{K_p \cdot K_{пк} \cdot \eta \cdot K_3 \cdot Ne \cdot (1 - \delta_k)(1 - f/\psi_k)}$$

Қозғалыс уақыты

$$t_\tau = \frac{l_\tau \cdot \psi_\tau \cdot G}{\eta \cdot K_3 \cdot Ne \cdot (1 - \delta_\tau)}$$

мұндағы K_k – қазудың меншікті кедергісі, Мпа; η - беріліс қорабының пайдалы әсерінің орташа коэффициенті; K_3 – қозғалтқыштың жұмыс барысы үшін орташа тиеу коэффициенті, механикалық беріліс қорабы үшін $K_3 = 0,7$, Гидромеханикалық үшін $K_3 = 0,8$; $K_{пк}$ -қазу кезінде топырақ шығынының коэффициенті; Ne -қозғалтқыштың номиналды қуаты, кВт; f – қозғалысқа кедергі коэффициенті i -жер бедерінің көлбеуі, ψ_k, ψ_τ - тиісінше топырақты қазу және жылжыту кезіндегі меншікті тарту күші; δ_k, δ_τ -қазу және жылжыту кезіндегі сүйреу коэффициенттері; G -бульдозердің ілінісу салмағы, МН; l_τ -топырақтың қозғалу қашықтығы, м [176, 5-18 б.].

Бос жүріс уақыттын келесідей өрнек арқылы анықтауға болады

$$t_x = \frac{l_x \cdot f \cdot G}{K_{3x} \cdot \eta \cdot K_3 \cdot Ne}$$

Мұндағы l_x – бос жүріс ұзындығы, ол үшін шамамен $l_x \approx l_\tau = l$, м; K_{3x} -бос жүрістегі қозғалтқыштың жүктеме коэффициенті. Бұл мән қолданыстағы бульдозер конструкцияларын статикалық талдау негізінде анықталады, $K_{3x} = 0,30 \dots 0,45$ (ауыр бульдозерлер үшін үлкен мәндерді қабылдау керек).

t_k, t_τ және t_x техникалық өнімділікті анықтау формуласына ауыстырған кезде, ол келесідей болады

$$P_T = \frac{3,6 \cdot K_3 \cdot \eta \cdot Ne}{K_t K_p \left[\frac{K_k}{K_p K_{пк} (1 - \delta_k) (1 - \frac{f \pm i}{\psi_k})} + \frac{lG}{q} \left(\frac{\psi_T}{1 - \delta_T} + \frac{K_3}{K_{3x}} \cdot f \right) \right]} \quad (2.35)$$

Жоғарыда айтылғандай, жоғары тиімділікке сәйкес келетін тарту күші мен жұмыс жылдамдығының мәндері әртүрлі топырақ жағдайларында өзгереді. Бұл олардың белгілі бір мәндерін тұрақтандыруды бульдозердің жұмыс режимін оңтайландыру тәсілі ретінде пайдалануға мүмкіндік бермейді.

Кейбір жұмыстарда ұсынылған тарту қуатының экстремалды режимін басқару әдісі бульдозер үшін өте қолайлы емес. Оның циклдік әрекеті кезінде өнімділік циклдің жұмыс элементіндегі тарту қуатына тікелей пропорционалды емес, өйткені тарту қуатын анықтайтын факторларға тең емес [199].

Тарту күшінің жоғарылауымен және жылдамдықтың төмендеуімен жұмыс істеу, тарту қуатының біршама төмендеуіне қарамастан, максималды тарту қуаты режиміне қарағанда тиімдірек. Бұл циклдар санының төмендеуінің салдары, демек, жұмыс уақытының бірлігінде бос жүрістер. Тарту күшінің артуы сүйреу мөлшерімен шектеледі. Жұмыста [200] нақты тарту күші мен шынжыр табанды бульдозерлерді тарту коэффициенті арасындағы байланыс регрессиялық тәуелділікпен белгіленеді, онда жұмыс органына тік жүктеменің динамикалық сипатына байланысты бульдозердің ілінісу салмағының ауытқуының әсері ескеріледі:

$$\delta_i = 1 - \left(1 - \frac{\psi_i - f}{\varphi_{\text{сц}} - f - 0.07}\right)^{0.15}$$

мұндағы $\varphi_{\text{сц}}$ – берілген топырақтағы максималды ілініс коэффициенті.

Топырақ жағдайына сүйреу коэффициентінің оңтайлы мәнінің салыстырмалы түрде аз сезімталдығына сүйене отырып, әр түрлі топырақ жағдайындағы бульдозерлердің максималды өнімділігін салыстыру сияқты шектеулі мақсаттар үшін сүйреу коэффициентінің оңтайлы мәнін барлық топырақтарда тұрақты қабылдауға болады және осы негізде оңтайлы тарту-жылдамдық режимінің қалған параметрлерін анықтауға болады. Меншікті тарту күшінің оңтайлы мәнін жоғарыда келтірілген тәуелділіктен орнатуға болады, онда біз сүйреу коэффициентінің оңтайлы мәнін ауыстырамыз, ал дәлел болып топырақтағы максималды ілінісу коэффициенті болып табылады:

$$\psi_{\text{опт}} = [1 - (1 - \delta_{\text{опт}})^{6.67}](\varphi_{\text{сц}} - f - 0.07) + f$$

Ерікті топырақ жағдайында оңтайлы тарту-жылдамдық режимінде бульдозердің техникалық өнімділігін анықтау формуласы [116, 19-21 б.]:

$$P_T = \frac{3,6 \cdot \eta \cdot Ne}{K_t \cdot K_p \cdot \left(K_1 \cdot K_k + K_2 \frac{G \cdot l}{q}\right)} \quad (2.36)$$

мұндағы

$$K_1 = \frac{1}{K_3 \cdot K_{\text{пк}} \cdot K_p \cdot (1 - \delta_{\text{опт}})(1 - f/\psi_{\text{опт}})}$$

$$K_2 = \frac{\psi_{\text{опт}}}{K_3(1 - \delta_{\text{опт}})} + \frac{f}{K_{3x}}$$

K_1 және K_2 коэффициенттерін анықтаған кезде, топырақтың қазу және қозғалу кедергісінің кең шектерінде өзгеру және тұрақты ұстап тұру мүмкіндіктерін ескере отырып, қазу тереңдігін өзгерту және қосымша кесу арқылы еңсерілген жалпы тарту кедергісі мен сүйреу коэффициенті қабылданады: $\delta_k = \delta_\tau = \delta_{\text{опт}}$ және $\psi_k = \psi_\tau = \psi_{\text{опт}}$ (бұдан әрі $i=0$).

Циклдік режимдегі жұмыстарды орындау кезінде шынжыр табанды бульдозерді тарту коэффициентінің шамасын $\delta_{\text{опт}}=0,18$ қабылдауға болады.

Өнімділікті есептеу формуласы шектеулерге сәйкес келеді:

- басқару жүйесінің мүмкіндіктерімен, негізгі машинаның суспензия түрімен, кабинаның көрінуімен және басқа факторлармен анықталатын V_{max} жұмыс жылдамдығының максималды жылдамдығы

$$\frac{\eta \cdot K_3 \cdot Ne \cdot (1 - \delta_{\text{опт}})}{\psi_{\text{опт}} \cdot G} \leq V_{\text{max}}$$

$$\frac{\eta \cdot K_{3x} \cdot Ne}{f \cdot G} \leq V_{\text{max}}$$

- қозғалтқыштың максималды тарту күші бойынша

$$\psi_{\text{опт}} \cdot G \leq Tg_{\text{max}}$$

Жұмыс жабдығының дизайн ерекшеліктеріне байланысты басқа шектеулері.

Өнімділікті есептеу формуласы (2.38) қайырма пен топырақты тереңдету операциясының уақытын ескермейді. Осылайша, бульдозерлердің тиімділігін жұмыс органдарының әртүрлі түрлерімен салыстырған кезде, бульдозердің жұмыс процесіне айтарлықтай әсер ететін соңғысының кейбір құрылымдық ерекшеліктері ескерілмейді. Қатты топырақты игеру кезінде қайырманы тереңдету операциясы ең маңызды болып табылады, өйткені баяу тереңдету немесе қайырманы тереңдету мүмкін болмаған кезде бульдозердің өнімділігі айтарлықтай төмендейді немесе пайдалы жұмыс мүлдем орындалмайды.

Қайырманы тереңдету уақыты қазу операциясы кезінде ескеріледі деп саналады, бірақ бұл іс жүзінде болмайды, өйткені топырақты жоспарланған бетінен (көлемінен) бөлетін пышақты енгізу процестері физикалық жағынан бірдей емес.

Қайырманы әзірленіп жатқан топырақ массивіне тереңдету топырақтың мыжылу шегі немесе, басқаша айтқанда, жүк көтергіш бетінің шегі кескіш пышақтың қайырмасымен жасалған қысымнан аз болуы керек болған жағдайда ғана мүмкін болады.

Топырақтың бөлінуіне немесе ағысуына қарсы тұру шамасының шекті мәні массивтен бөлінетін топырақ массасының дамуын анықтайды.

Сондықтан техникалық өнімділікті есептеу кезінде тереңдету және қазу (жоңқаларды массивтен бөлу) уақытын бөлек қарастырған жөн. Топырақты қазу және қазу операцияларын бөлу шартты болып табылады және қазу кезінде жинақталған топырақ мөлшерін ескермегендіктен қазу операциясының болжамды уақытының біршама артуына әкеледі (сурет 2.13). Мұндай операцияларды бөлу кезінде өнімділікті анықтау қатесін есептеу арқылы алынған бағалау оның маңызды емес екенін көрсетеді.

Осылайша цикл уақытын келесідей көрсетуге болады:

$$t_{ц} = t_3 + t_k + t_{\tau} + t_x + t_b$$

немесе

$$t_{ц} = K'_t(t_k + t_{\tau} + t_x)$$

Мұндағы

$$K'_t = 1 + \frac{t_3 + t_b}{t_k + t_{\tau} + t_x} \text{ - коэффициент.}$$

Тереңдету операциясының уақыты қатынас арқылы көрсетіледі

$$t_3 = \frac{h}{V_3}$$

мұндағы V_3 – пышақтың геометриялық параметрлеріне, гидравликалық жетек параметрлеріне, бульдозердің салмағына, топырақтың беріктігіне және басқа факторларға байланысты орташа тереңдеу жылдамдығы. Ол шарттармен шектеледі

$$V_3 \leq V_{3max}$$

және

$$V_3 \leq V \cdot V \cdot tg\beta_3$$

мұндағы V_{3max} – көтеру – түсіру гидравликалық цилиндрлерінің созылу жылдамдығымен және олардың орналасуымен анықталатын қайырманың максималды тереңдеу жылдамдығы;

V – қайырманы тереңдету процесінде бульдозердің қозғалыс жылдамдығы;

β_3 – қайырманың артқы бұрышы.

(2.37) және (2.38) жағдайларда теңдікке қол жеткізу тек әлсіз топырақтарда мүмкін. Топырақтың беріктігінің артуымен қайырманы тереңдету кезінде оның деформация процесі баяулайды. Бульдозерді қайырмаға іліп қоймас үшін және оны орнында сүйретпеу үшін қайырманың орташа түсу жылдамдығы жетек гидравликалық цилиндрлерін мезгіл-мезгіл өшірумен реттеледі. Себебі тереңдеу жүретін l_3 жолының ұзындығының ұлғаюы (сурет. 2.13), бульдозердің бос жүрісінің ұзаруына әкеледі, қайырманың орташа түсу жылдамдығының төмендеуімен бульдозердің қозғалыс жылдамдығын да төмендету керек, осылайша V_3 және V жылдамдықтардың ықтимал реттеу диапазоңдарында арақатынас сақталады [178, 805 б.]:

$$\frac{V_3}{V} = \operatorname{tg}\beta_h \approx \operatorname{const} \quad (2.39)$$

мұндағы

$$\beta_h = \operatorname{arctg} \frac{H}{l_3} < \beta_3$$

Қайырманың жерге көмілуіне төзімділіктің тік компонентін (эксперименттік нәтижелермен қанағаттанарлық жинақтылық кезінде [182, 87-98 б.]) алдыңғы алаңдағы қалыпты үйкеліс күшінің әсерін ескермей, оның доғал алаңында пышақтың басылуына қарсылық ретінде анықтауға болады. Есептеу формуласы [201, 56-102 б.] келесідей болады:

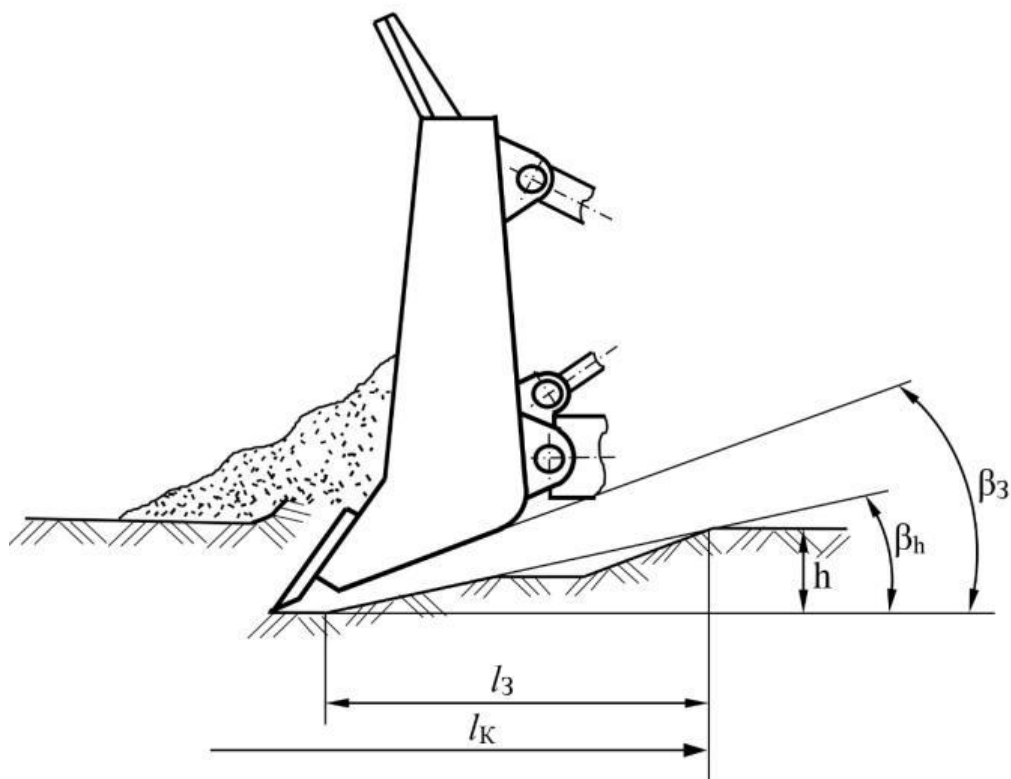
$$R_2 = [\sigma] \cdot S \cdot B + K_2 \cdot B \quad (2.40)$$

мұндағы B – қайырманың кесу жиегінің ұзындығы, м; S -мұқалу алаңының ені, жаңа пышақтар үшін $S = 0,01 \dots 0,015$ м;

$[\sigma]$ – топырақтың шекті көтергіштігі, МПа; K_2 -кесу жиегінің ұзындығының бірлігіне топырақтың меншікті реакциясы, МН / М.

Меншікті ілінісу C және топырақтың ішкі үйкеліс бұрышының нақты мәндері үшін ρ оның шекті көтергіштігін аналитикалық түрде анықтауға болады:

$$[\sigma] = C \cdot \operatorname{ctg}\rho \cdot \left(\frac{1 + \sin\rho}{1 - \sin\rho} \cdot e^{\pi \cdot \operatorname{tg}\rho} - 1 \right)$$



Сурет 2.13 - Бульдозер қайырмасын жерге терендету схемасы

Қарастырылып отырған мәселе тұрғысынан мұқалу алаңының ені өзгермейтін параметр болғандықтан, (2.40) формуласын келесідей етіп ұсынуға болады

$$R_2 = [\rho] \cdot B$$

мұндағы $[\rho] = [\sigma] \cdot S + K_2$ – топырақтың шекті сызықтық көтергіштігі, МН/м. $S = 0.01$ м кезінде $[\rho]$ мәні.

Айта кету керек, $[\sigma]$, K_2 және $[\rho]$ үшін берілген деректер статикалық жүктеме кезінде топырақтың беріктігін сипаттайды. Қысқа мерзімді жүктемелерде топырақтың тұтқыр қасиеттерінің аз көрінуіне байланысты оның беріктігі артады. Тиісінше, R_{2V} пышағының тереңдету кедергісінің динамикалық тік компоненті де артады. бұл жағдайда табиғи шектеу шарт болып табылады

$$R_{2V} \leq K_G \cdot G \quad (2.41)$$

мұндағы R_{2V} – берілген тереңдету жылдамдығы кезіндегі топырақ кедергісінің тік құрамдас бөлігі; K_G - кесетін жиекке берілетін бульдозер салмағының коэффициенті, $K_G = 0.30 \dots 0.45$

Топырақтың динамикалық және статикалық беріктігі арасындағы байланысты табанізтүзгіштік теориясында белгілі тәуелділікті қолдану арқылы анықтауға болады [202]:

$$E_d = E \cdot (1 + \xi \cdot \sqrt{V})$$

мұндағы E және E_d – қозғалмалы доңғалақ астындағы топырақтың толық деформациясының статикалық және динамикалық модульдері, Мпа; V - доңғалақтың қозғалыс жылдамдығы, м/с; ξ - эмпирикалық коэффициент, $\xi = 0,17 \dots 0,21$ (с/м)^{0,5}.

Динамикалық және статикалық жүктеме режимінде бірдей деформациялар болған кезде, бірдей қатынас топырақ кедергісінің тиісті мәндерін байланыстыратыны анық

$$R_{2V} = R_2 \cdot (1 + \xi \cdot \sqrt{V}) \quad (2.42)$$

Егер $V_3/V = \text{tg}\beta_h \approx \text{const}$ шарты орындалса, тәуелділік (2.42) бульдозер қайырмасы жерге көмілген жағдайда да жарамды. Біз теңдіктің екі жағын (2.42) кесу жиегінің ұзындығына бөле отырып, келесідей

$$[\rho]_V = [\rho] \cdot (1 + \xi \cdot \sqrt{V})$$

Демек, жұмсақ $\frac{[\rho]_V}{[\rho]} = K_\sigma$, қайырманы тереңдету кезінде бульдозердің қозғалу жылдамдығын білдіреді

$$V = \frac{1}{\xi^2} \cdot (K_\sigma - 1)^2$$

және оны (2.39) ауыстыру арқылы біз тереңдеу жылдамдығын анықтаймыз

$$V_3 = \frac{\text{tg}\beta_h}{\xi^2}$$

Қайырманы тереңдету операциясының уақыты тәуелділікпен көрінеді

$$t_3 = \frac{h \cdot \xi^2}{\text{tg}\beta_h \cdot (K_\sigma - 1)^2}$$

Осы тәуелділікті талдаудан белгілі бір мәнге тереңдету уақыты $K_\sigma = \frac{[\rho]_V}{[\rho]}$ қатынасымен анықталатындығы шығады. Топырақтың статикалық шекті сызықтық көтергіштік қабілетінен айырмашылығы $[\rho]$ $[\rho]_V$ шамасы алдын-ала белгісіз топырақтың деформация жылдамдығына байланысты. Бульдозердің тереңдету күшін толық пайдалану кезінде, яғни шарттың (2.41) теңдікке ауысуы кезінде топырақтың деформациясының ең жоғары жылдамдығын іске асыру үлкен қызығушылық тудырады

$$R_{2V} = K_G \cdot G$$

Бұл жағдайда

$$[\rho]_V = \frac{K_G \cdot G}{B}, \quad K_\sigma = \frac{K_G \cdot G}{B \cdot [\rho]}$$

ал мүмкін болатын ең аз тереңдеу уақыты келесідей анықталады

$$t_{3min} = \frac{h \cdot \xi^2}{\text{tg}\beta_h \cdot \left(\frac{K_G \cdot G}{B \cdot [\rho]} - 1 \right)^2}$$

Мұнда K_σ коэффициенті қайырманың кесу жиегінің астындағы топыраққа максималды сызықтық тік жүктеменің топырақтың шекті сызықтық жүк көтергіштігіне қатынасының мағынасы бар.

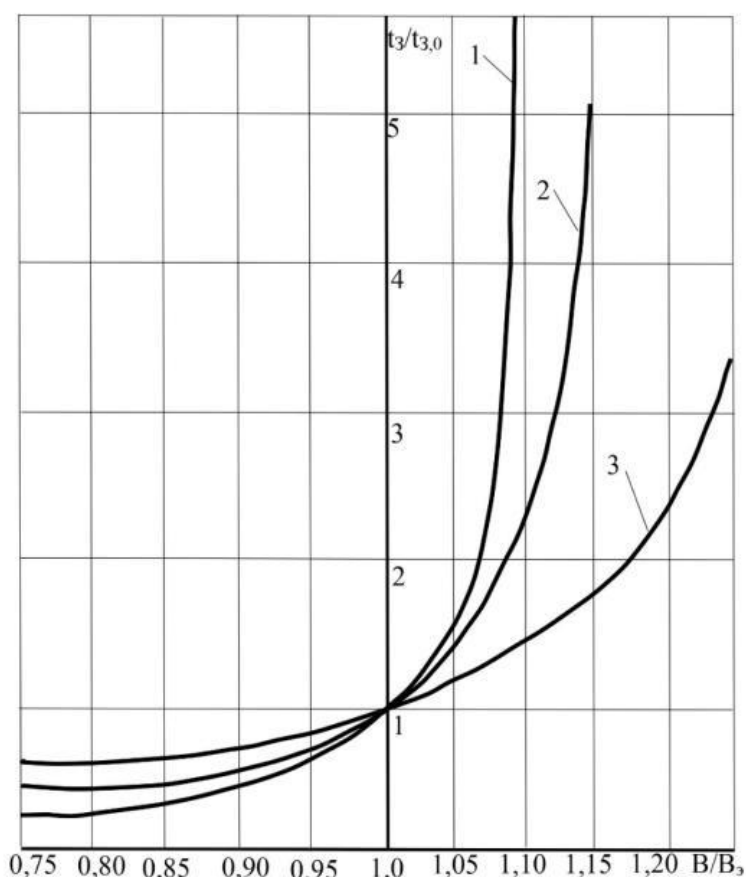
Алынған тәуелділік қайырманың тереңдету уақытына әсерін (бульдозердің тереңдету күшін толық пайдалану және $\frac{h}{l_3} = \text{tg}\beta_h$ қатынасының ұтымды мәні) бульдозердің салмағының, оның орналасуының және жұмыс жабдығының дизайнының (K_G қайырманың кесу жиегіне салмақ беру коэффициенті арқылы), кесу жиегінің ұзындығын және топырақтың шекті көтергіштігін бағалауға мүмкіндік береді.

2.14 суретте B_3 анықтамалық жиек ұзындығы бар қайырманың $t_{3,0}$ тереңдеу уақытының салыстырмалы өзгерісі көрсетілген, мұнда қисық сандар топырақ беріктігінің келесі шарттарына сәйкес келеді:

- 1) - $[p]=0,9[p]_0$;
- 2) - $[p]=0,8[p]_0$;

$$3) - [\rho]=0,7[\rho]_0; [\rho]_0 = \frac{k_g \cdot G}{B_3}$$

Қисық құрылыстар басқа параметрлердің тұрақты мәндерінде (h , G) эталондық қайырманьң кесу жиегінң астындағы топыраққа максималды сызықтық жүктеменің үлесінде көрсетілген әр түрлі көтергіштігі бар топырақтар үшін салынған. Салыстыру, мысалы, эталонмен қабылданған түзу қайырманьң тереңдеу уақыты және сфералық, оның кесу жиегінң ұзындығы әр түрлі жүк көтергіштігі бар топырақтарда 10% - ға артық ($B/B_3=1,1$) $[\rho]$ көрсетеді; $[\rho] = 0,8 \frac{K_G \cdot G}{B_3}$ кезінде сфералық қайырма 2,5 есе баяу көміледі, ал жер бетінде $[\rho] = 0,9 \frac{K_G \cdot G}{B_3}$ тереңдеу мүлдем болмайды.

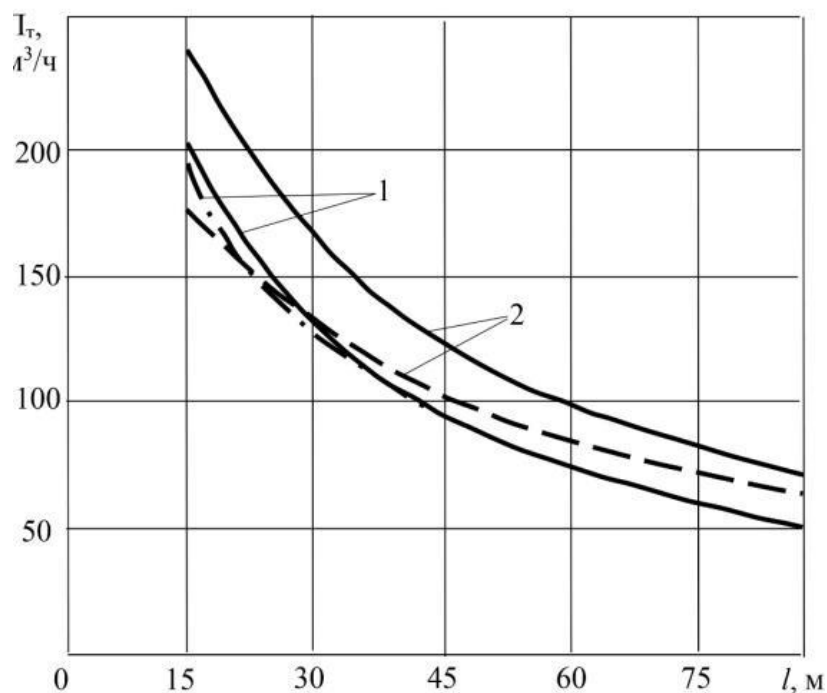


Сурет 2.14 - Кесу жиегінң ұзындығының әртүрлі беріктігі бар топырақтарға қайырманьң тереңдету уақытына әсері

Орташа саздақтағы түзу және сфералық жүзі бар бульдозердің техникалық өнімділігінң есептелген қисықтары (2.36) тереңдету операциясы кезінде және уақытты есепке алмағанда, 2.15 суретте келтірілген.

Қисықтарды салыстыру өнімділікті анықтауда және бульдозердің тиімділігін тереңдеу уақытын есепке алмай, әртүрлі қайырмалармен салыстыруда айтарлықтай қатені көрсетеді.

$l=30$ м кезінде көрсетілген топырақ жағдайында орындалған түзу және сфералық қайырмамен табиғи бульдозердің өнімділігін эксперименттік анықтау бойынша деректерді есептік деректермен салыстыру тереңдету уақытын есептемегенде сәйкесінше 9,6% және 29% түзу және сфералық қайырма үшін алшақтық бар екенін көрсетеді, ал есепке алынған жағдайда алшақтық екі қайырма үшін де 6-7% аралығында болады.



1) –тікелей; 2-сфералық.

Сурет 2.15 - Т – 130 тракторы базасындағы бульдозердің техникалық өнімділігін II –III санатты топырақта қайырмалармен өзгерту

2 -бөлім бойынша қорытынды

1. Алынған тәуелділіктер (2.1-бөлім) функциядағы ауыспалы геометриясы бар бейімделгіш қайырманың ұсынылған дизайнының технологиялық мүмкіндіктері мен өнімділігін оның параметрлерінен анықтайтын геометриялық параметрлерді есептеуге мүмкіндік береді: ортаңғы бөліктің ұзындығының қайырманы ұстаудың максималды еніне қатынасы (b/B_0); бульдозердің бойлық және көлденең тік жазықтықтарындағы топсаларды орнату бұрыштары (γ и θ); топсаларға қатысты бүйірлік бөліктердің айналу бұрышы (ϕ). Тәуелділіктер кез-келген үйінді конструкцияларына, соның ішінде көлденең және тік жазықтықта белгілі бір айналу бұрыштарында ортамен өзара әрекеттесетін басқарылатын бөлімдермен жабдықталған.

2. $b/B_0 = 0,375$ және $\theta = 14^\circ$ параметрлерінің мәндерінде бүйірлік бөліктерді 30° дейінгі бұрышқа ілгері бұру тік жазықтықта бүйірлік қайырмалардың 9° дейінгі бұрышқа қисаюына әкеліп соқтырады, бұл пышақтың

шығыңқы бөлігінің орта бөлігіндегі пышақтың биіктігі 3% - ға дейін және ұстау ені 10% - ға азаяды. Бұл ретте ШОП-пен тікелей қайырмада орын алатын және тікелей қайырма туралы бірдей көліктік габариттерде ұстаудың ең үлкен ені 1,1 үлкен болу мүмкіндігі бар тереңдету және қысым күшінің шамалары қамтамасыз етіледі. Бұл жағдайда қайырма берік топырақты IV санаттағы қиындықтар (10 класты бульдозерге - динамикалық тығыздағыштың 35 соққысына дейін) дамыта алады, ал жоспарлау жұмыстарында өнімділігі бойынша түзу қайырмадан асып түседі.

3. Бүйірлік бөліктерді алға қарай 30^0 бұрышқа бұру кезінде $\Theta 0^0$ -ден 21^0 -ға дейінгі ілмектердің көлбеу бұрышы 1,4 есе ұлғайған кезде бүйір жоңқалар бөлшектерінің бүйірлік пышақтар бойымен қозғалу траекториясының ауытқуы ($\cos\tau_y$) түзуші ортаңғы бөлікке қарай төмендейтіні көрсетілген. Бұл қысудың сәйкесінше төмендеуіне және орташа қабаттың баяулауына, яғни қазудың энергия сыйымдылығының төмендеуіне әкеледі. Алайда, сонымен бірге бүйірлік роликтерде топырақтың жоғалуы арта бастайды.

4. Ілінісі бар сусымалы орта статикасының ережелері негізінде алынған теориялық тәуелділіктер (2.2.1 және 2.2.2 бөлімдері) сүйреу призмасының өлшемдері мен көлемін және ауыспалы геометриясы бар бейімделгіш қайырмамен қазуға кедергінің көлденең компонентін, атап айтқанда сфералық типтегі (сфералық және жарты шар тәрізді) қайырмаларды аналитикалық бағалауға мүмкіндік береді. Әзірленген тәуелділіктердің көмегімен топырақтың физикалық-механикалық қасиеттерінің, геометриялық параметрлердің (қайырманың ұзындығы мен биіктігі, ортаңғы бөліктің ұзындығы, кесу бұрыштары, бойлық және көлденең жазықтықта топсаларды орнату және бүйірлік бөлімдерді орнату бұрыштары), сондай-ақ қазу процесіне қазу тереңдігінің әсерін зерттеуге болады. Тәуелділіктер өнімділікті анықтауда және ауыспалы геометриясы бар және сфералық ($\Theta = 0^0$) типтегі қайырмалары бар бульдозерлерді тартуда қолданыла алады.

5. Ауыспалы геометриясы бар қайырмалармен жабдықталған бульдозерлердің өнімділігін айқындаудың нақтыланған тәуелділіктері (2.3-бөлім) зерттелетін қайырманы тереңдету операциясының уақыт сегментін міндетті түрде ескере отырып, нақты топырақ жағдайында бульдозер-террасердің оңтайлы тарту-жылдамдық режимі кезінде қол жеткізуге болатын ең үлкен өнімділікті есептеуге мүмкіндік береді. Бұл тәуелділіктер қайырмалар мен бульдозерлердің тиімділігін әр түрлі жинақтау қабілетімен және қолданыстағы күш-жігерді жұмыс органына шоғырландырумен салыстыруға дәлел келтіруге мүмкіндік береді.

6. Қабылданған болжамдардың дұрыстығын, әзірленетін аналитикалық тәуелділіктердің дұрыстығын тексеру үшін (2.2.1 және 2.2.2 бөлімдері) ауыспалы геометриясы бар қайырманың ұтымды конструктивтік параметрлерін негіздеу үшін топырақты қазу процесіне эксперименттік зерттеулер жүргізу қажет.

3 АУЫСПАЛЫ ГЕОМЕТРИЯСЫ БАР БУЛЬДОЗЕР ҚАЙЫРМАСЫНЫҢ ТОПЫРАҒЫМЕН ӨЗАРА ӘРЕКЕТТЕСУДІ ЭКСПЕРИМЕНТТІК ЗЕРТТЕУ ӘДІСТЕМЕСІ

3.1 Эксперименттік зерттеулерді жүргізудің міндеттері мен әдістемесі

ШҚТУ-да өзінің топырақ арнасының болмауына байланысты эксперименттік зерттеулер Мәскеу автомобиль-жол мемлекеттік техникалық университетінің (МАЖИ) жол машиналарының салалық зертханасында жүргізілді, сондықтан эксперименттік зерттеулер әдістемесі көрсетілген зертхананың мүмкіндіктері мен жабдықтарына сәйкес алдын-ала жоспарланған, осы жұмыстың мақсатына сәйкес және келесі міндеттерді шешуге бағытталған:

- зерттелетін қайырма конструкциясының перспективасын бағалау, теориялық зерттеулер үшін есептеу схемаларын нақтылау бойынша бастапқы ақпаратты алу үшін іздеу эксперименттерін жүргізу;

- параметрлерге байланысты терілетін сүйреу призмасының массасының және қазу кедергісінің көлденең компонентінің өзгеру заңдылықтарын анықтау: қайырманың ортаңғы бөлігінің ұзындығының максималды ұстау ұзындығына қатынасы (b/B_0); бульдозердің бойлық тік жазықтығына қатысты айналмалы топсалардың осьтерінің көлбеу бұрышы (Θ), жоспардағы бүйірлік бөлімдерді орнату бұрышы (α_y) және қазу тереңдігінің қайырманың биіктігіне қатынасы (h_y/H);

- алынған параметрлер негізінде зерттелетін параметрлердің ұтымды мәндерін белгілеу;

- математикалық регрессиялық модельдер арқылы ауыспалы геометриямен топырақты игерудің жұмыс процесінің зерттелетін параметрлерінің ұтымды мәндері мен жаңа заңдылықтарын анықтау;

- бульдозерлердің жұмыс процесінің тиімділігін қайырмалармен салыстыру: алынған эксперименттік мәліметтер негізінде зерттелетін параметрлердің тікелей, сфералық және ауыспалы геометриялық рационалды мәндері.

Зерттелетін факторлардың едәуір саны және олардың өзгеруінің кең ауқымы эксперименттерді жоспарлау теориясы мен физикалық модельдеу әдістемесін қолдануға әкелді. Қолданыстағы жоспарлау әдістерін зерттеу негізінде [203-206] екінші ретті оңтайлы жоспарға таңдалды. Жоғарыда көрсетілген төрт ауыспалы фактор үшін ол аздаған тәжірибелермен анықтамалық d-оңтайлы жоспарлардың сипаттамаларына (регрессиялық модель коэффициенттерінің диффузиялық эллипсоидтық көлемі, жауап функциясының болжамды мәнінің дисперсиясы) максималды жуықтауды қамтамасыз етеді [207]. Оны іске асыру нәтижелерімен эксперименттерді жоспарлау матрицасы 3.1-кестеде келтірілген. Қолданыстағы ақпарат негізінде анықталған факторлардың өзгеру деңгейлері мен аралықтары [179, 128 б.] және теориялық алғышарттар 3.2-кестеде келтірілген.

Қабылданған эксперимент – B_4 жоспарын іске асыру нәтижелерін өңдеу кезінде екінші ретті регрессиялық модельдермен жауап беру функцияларының

кейбір бағыттарын сипаттаудың жеткіліксіздігі анықталды [116, 19-21 б.]. Нәтижелерді талдау әр түрлі факторлардың арасынан ортаңғы бөліктің ұзындығының максималды ұстау ұзындығына қатынасын оны $b/B_0 = 0,375$ деңгейінде бекіту арқылы алып тастау қажеттілігі мен мүмкіндігін көрсетті. Осылайша, үш түрлі фактор үшін оңтайлы жоспар қабылданды: Θ , α_y , h_3/H_0 . Оны жүзеге асыру барысында алты қосымша нүктеде тәжірибелер қойылды. В3 жоспарының жоспарлау матрицасы және жауап беру функциялары 3.3-кестеде келтірілген. В3 жоспарындағы X_1 , X_2 , X_3 факторларының өзгеру деңгейлері мен аралықтары В4 жоспарындағыдай қабылданды.

Кесте 3.1- Экспериментті кодталған түрде жоспарлау матрицасы (В4 жоспары) және оны іске асыру нәтижелері

Тәжірибе №	Факторлар				Жауап беру функциялары		
	X_0	X_1	X_2	X_3	$P_{01}, Н$	$m_{пр}, кг$	$H_{пр}, м$
1	+	+	+	+	399,0	14,48	0,200
2	+	+	+	-	139,5	6,70	0,155
3	+	+	-	+	370,7	16,14	0,194
4	+	+	-	-	109,0	7,31	0,166
5	+	-	+	+	376,3	15,96	0,210
6	+	-	+	-	130,4	7,86	0,159
7	+	-	-	+	319,5	15,35	0,205
8	+	-	-	-	154,6	10,09	0,188
9	-	+	+	+	400,3	14,1	0,171
10	-	+	+	-	178,2	8,44	0,175
11	-	+	-	+	332,5	16,25	0,191
12	-	+	-	-	159,1	10,63	0,168
13	-	-	+	+	374,6	17,63	0,212
14	-	-	+	-	156,1	10,52	0,187
15	-	-	-	+	355,2	17,41	0,206
16	-	-	-	-	107,2	7,26	0,158
17	+	0	0	0	171,2	10,30	0,175
18	-	0	0	0	287,1	13,51	0,188
19	0	+	0	0	161,1	10,11	0,168
20	0	-	0	0	179,2	12,51	0,179
21	0	0	+	0	307,4	14,43	0,197
22	0	0	-	0	208,3	13,90	0,175
23	0	0	0	+	301,6	16,53	0,194
24	0	0	0	-	98,6	6,60	0,158

Кесте 3.2 - Факторлардың деңгейлері және өзгеру аралықтары (B₄ жоспары)

Факторлар	Факторлар деңгейі			Өзгеру аралықтары
	-1	0	+1	
X ₀ - ортаңғы бөліктің ұзындығының қайырманьң ұзындығына қатынасы	0,375	0,500	0,625	0,125
X ₁ - топса осьтерінің көлбеу бұрышы	7	14	21	7
X ₂ - жоспардағы бүйірлік бөлімдерді орнату бұрышы	15	23	30	7
X ₃ - кесудің орташа тереңдігінің қайырма биіктігіне қатынасы	0,10	0,15	0,20	0,05

Кесте 3.3 - Экспериментті жоспарлау матрицасы (B₃ жоспары) кодталған түрде және оны іске асыру нәтижелері

Тәжірибе №	Факторлар			Жауап беру функциялары		
	X ₁	X ₂	X ₃	P ₀₁ , Н	m _{пр} кг	H _{пр} м
1	-	-	+	355,2	17,41	0,206
2	+	-	-	159,1	10,63	0,168
3	-	+	-	156,1	10,62	0,187
4	+	+	+	400,3	14,12	0,171
5	-	-	-	107,2	7,26	0,158
6	+	-	+	332,5	16,25	0,191
7	-	+	+	374,6	17,63	0,212
8	+	+	-	178,3	8,44	0,175
9	-	0	0	255,4	13,35	0,182
10	+	0	0	263,9	12,82	0,172
11	0	-	0	243,4	13,64	0,178
12	0	+	0	280,2	12,05	0,201
13	0	0	-	187,6	11,17	0,162
14	0	0	+	405,2	18,42	0,197

Физикалық модельдеу әдістемесі масштабты модельдерде зерттелетін қайырма конструкциясының топырақпен өзара әрекеттесу процестерін зерттеуге мүмкіндік береді.

Көп факторлы экспериментте модельдеуді топыраққа баламалы ортаны қолдану арқылы жүзеге асырған жөн. Оның кернеулі-деформациялық күйінің ұқсастығы, үйіндіге ұшыраған кезде-табиғи ортаның күйіне сәйкес келетін

модель ұқсастық критерийлерінің көп мөлшерін сақтауды қамтиды: $\tau/(\gamma l)$; $C_{уд}/(\gamma l)$; $\tau l^2/G$; $\eta \cdot V/\sigma l$; $V^2/(gl)$; ρ ; β ; α_i ; l_i/l [208, 136-142 б.].

Барлық критерийлерге сәйкес келетін эквивалентті материалдарды өндірудің күрделілігіне байланысты көбінесе модельдеу әдістері қолданылады. Сонымен қатар, беріктігі бойынша топырақтың ұқсастығын анықтайтын негізгі параметр ретінде кейбір жуықтаулармен динамикалық тығыздық өлшегіштің соққыларының саны қолданылады [208, 41-42 б.].

Модельдеу шарты жазылады:

$$C_{уд.м} = C_{уд.н} \cdot K_1$$

мұндағы $C_{уд.м}$, $C_{уд.н}$ – динамикалық тығыздық өлшегіштің соққыларының саны, сәйкесінше модельдік және табиғи топырақта;

K_1 -модельдеу шкаласы. Осы жалпылама шартты ескере отырып, табиғат пен модельдің өте жақын ұқсастығы қамтамасыз етіледі.

Табиғи топырақ ретінде ең ықтимал топырақ – орташа саздақ, динамикалық тығыздағыштың соққыларының саны $C_{уд} = 9-10$.

Құмнан (70%); ұнтақталған саздан (20%) және өнеркәсіптік майдан (10%) тұратын топырақ моделін жасау кезінде жұмыста көрсетілген әдіс қолданылды [209]. Топырақтың гранулометриялық құрамы мен физика-механикалық сипаттамалары 3.4 және 3.5 кестелерде келтірілген.

Кесте 3.4 - Эквивалентті топырақтың гранулометриялық құрамы

Компоненттің атауы	Саз бөлшектері 0,0055 мм-ден аз, %	Шаң бөлшектері і 0,05 мм %	Құм бөлшектері, %				
			0,1 мм	0,25 мм	0,5 мм	1,0 мм	2,0 мм
Құм	-	0,3	16,7	57	21	5	-
Ұнтақталған саз	23	65	12	-	-	-	-

Кесте 3.5 - Эквивалентті топырақтың физикалық-механикалық қасиеттері

Параметр атауы	Параметрлердің мәні
Соққы саны $C_{уд}$	9...10
Ілінісу C , МПа	0,015...0,025
Топырақтың ішкі үйкеліс бұрышы, ρ , град	26...30
Топырақтың металға үйкеліс бұрышы δ , ρ , град	19...22
Көлемдік салмағы γ , МН/м ³	0,018...0,019

Жоғарыда келтірілген сипаттамалардың тұрақтылығы бульдозердің әртүрлі жұмыс органдарымен бір типті эксперименттік жұмыстарды бірден бірнеше диссертациялар бойынша орындау және МАЖИ салалық жол зертханасында қамтамасыз етілген келесі технологияны сақтау кезінде әр тәжірибенің алдында топырақты тиісті дайындаумен қамтамасыз етілді:

- 0,25.....0,30 м тереңдікке дейін біркелкі қопсыту (тырмамен);
- «Электра» ВЕБИ 290816 қол виброплитасын қолдана отырып, динамикалық тығыздағыш өлшегіштің соққыларының санымен анықталатын қажетті тығыздыққа жеткенге дейін қабатты тығыздау $C_{уд} = 9...10$ (3.1-сурет) [177, 82 б.].



Сурет 3.1 - «Электра» ВЕБИ 290816 қол діріл плитасы

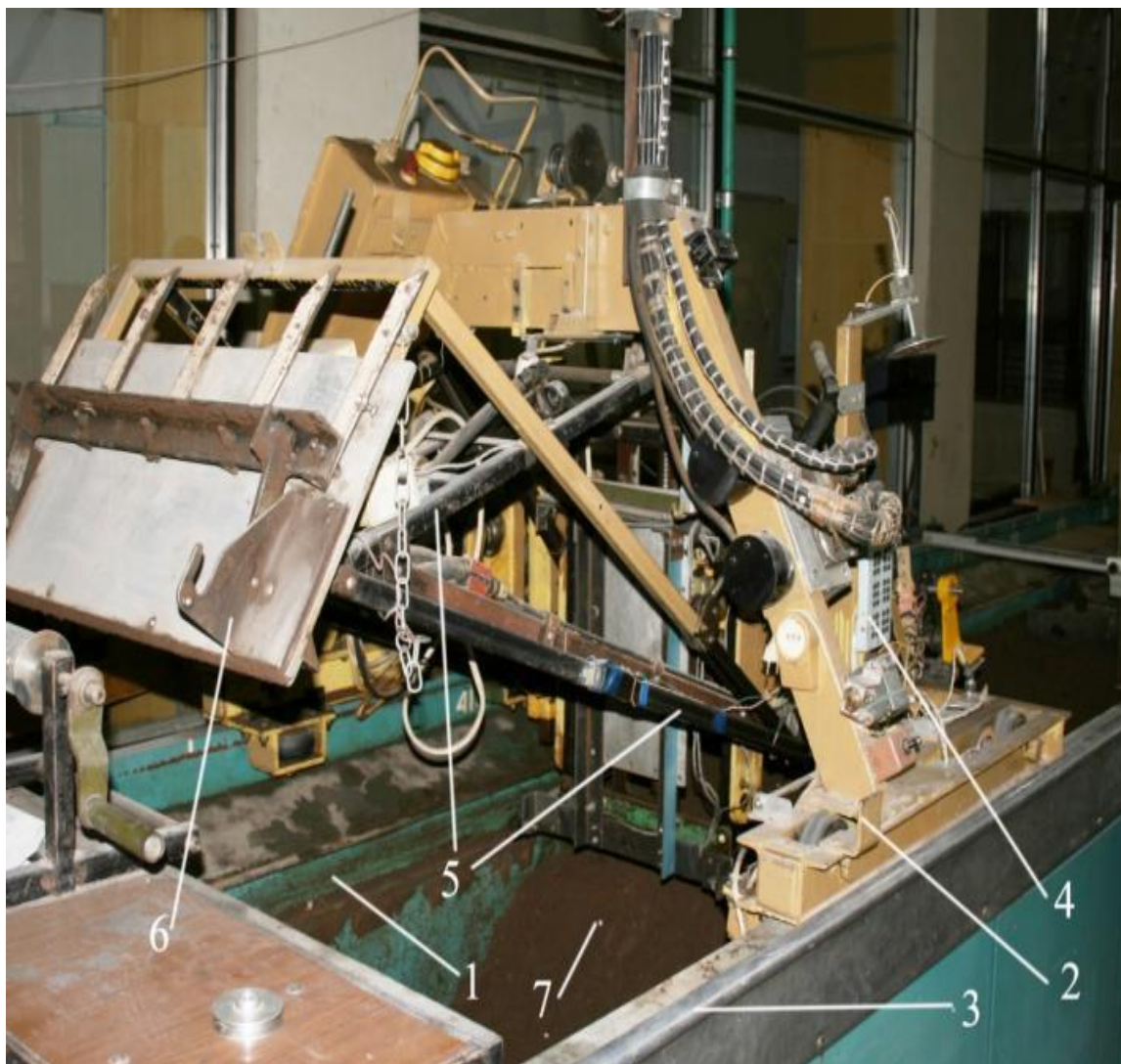
Эксперименттер басталмас бұрын, өзгермелі геометриялық қайырма бастапқы позицияда орналасқан тартқыш арбаның тензометриялық арқалығына бекітілді. Тартқыш жетекті қосқан кезде қайырма арбамен бірге қозғалады, топырақты жоспарлау процесін бастайды, ал жүктеме жасушаларының көрсеткіштері жазу және одан әрі талдау үшін жабдықтың бағдарламалық-аппараттық блогына беріледі. Топырақтың орналасуының соңғы позициясында топырақ сүйреу призмасының массасы мен көлемі, сондай-ақ қарсылық күштері өлшенді. Содан кейін жүзі бар тартқыш арба тәжірибені қайталау үшін бастапқы орнына оралды. Сонымен қатар, әр тәжірибе үшін қайырманың бөліктерін кесу бұрышы жоспарлы түрде өзгеруі немесе қайырманың өзі ауыстырылуы мүмкін.

Қайырма алынып тасталған және әртүрлі қайырмаларға арналған әмбебап бекітпесі бар тартқыш арбаның фотосуреті 3.2-суретте көрсетілген.

Эксперименттердің 9 түрлі саптамасы бар, ауыспалы геометриясы бар бульдозер қайырмасының физикалық моделін, сондай-ақ 14,5 см/с жылдамдықпен бағыттаушы рельстер бойымен қозғалатын және 2500 мм жұмыс жүрісі бар эксперименттік стендтің тартқыш арбасына орнатылған сфералық қайырманың моделін қолдана отырып жүргізілді.

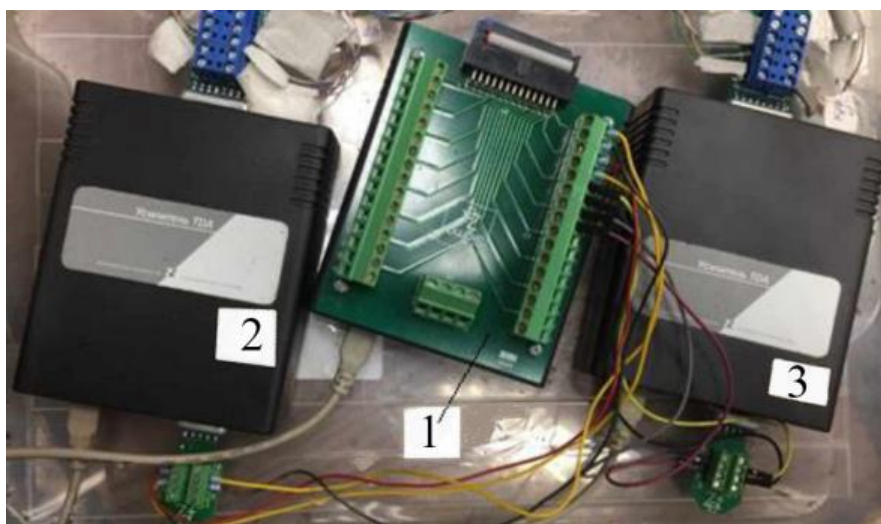
Эксперимент деректері Zetlab өлшеу жабдығымен өңделді және жазылды: Zetl 410 алдын ала күшейткіші және Zet 210 SigmaUSB аналогтық-цифрлық түрлендіргіші (3.3-сурет) [177, 84 б.].

Zetlab фирмасының «Осциллограф» бағдарламалық құралында өңдеуден кейін талдау үшін жылдамдық өлшегіштерінің көрсеткіштері көрсетілді (3.4-сурет) [177, 92 б.].



1-топырақ арнасы; 2-тартқыш арба; 3-топырақ арнасының бағыттаушы рельстері; 4-тартқыш арбаны басқару пульті; 5-тензометриялық арқалықтар; 6-әртүрлі қайырмаларды монтаждау үшін бекіту; 7-топырақ.

Сурет 3.2 -Топырақ арнасының рельстеріне орнатылған әртүрлі пішіндегі қайырмаларды монтаждау үшін дайындалған эксперименттік стендтің тартқыш арбасы



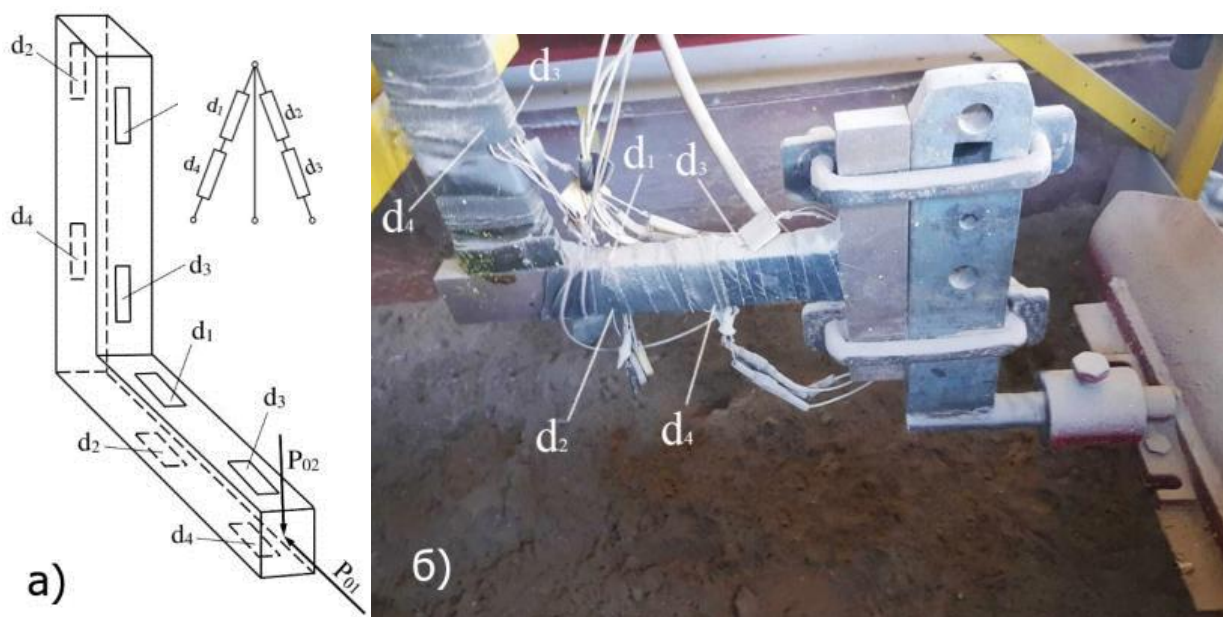
1-Аналогты-сандық түрлендіргіш Zet210 SigmaUSB: 2 және 3 - алдын ала күшейткіштер Zet410.

Сурет 3.3 - Өлшеу эксперименттік жабдықтары



Сурет 3.4 - Тензодатчиктердің осциллограмма сигналдарының фотосуреті (скриншот) («Осциллограф» бойынша)

Қазуға төзімділік күштерінің шамаларын және олардың қолдану нүктелерін анықтау үшін қайырманың бүйірлік бөлімдеріне теориялық және эксперименттік әдіс қабылданды. Бұрын МАЖИ-де жасалған эксперименттік стендке арналған құрылғылардан тензометриялық аркалықтар алынды (3.5 сурет), тартқыш арбаға ілінген және оларға ауыспалы геометриясы бар қайырманың физикалық моделі бекітілген.



Сурет 3.5 - Тензометриялық элементте (тензобалкада) датчиктердің орналасуы мен қосылу схемасы (d_i)

Бұл жүктемелер олардың жүктеме жасушаларынан келетін сигналдарды өңдеуге және үш өзара перпендикуляр жазықтықта қазуға төзімділік күштерінің бекітілген мәнін алуға, сондай-ақ алынған күш векторының тік және фронтальды қолдану нүктесін табуға мүмкіндік береді.

Мұндай тензобалкаға ауыспалы геометриясы бар қайырманы толығымен бекітуге болады, оны орталық және бүйірлік бөліктерге бөліп, қазуға төзімділік күштерінің жалпыланған (жалпы) көрсеткіштерін алуға болады.

Тензобалкадан басқа датчиктер эксперименттік стендтің итергіш жолақтарында және тірек алаңдарында да орнатылды. Олардан алынған көрсеткіштер тек осы диссертацияны орындау үшін ғана емес, олардың едәуір көлеміне байланысты және одан әрі зерттеу үшін алынды. Диссертациялық зерттеулер жоспарында көзделмеген кейбір тәжірибелерді жүргізу және «артық» айғақтарды белгілеу, біріншіден, зертхананың және эксперименттік стендтің (МАЖИ, Мәскеу) орналасқан жерінен ШҚТУ-дан алыс орналасуына байланысты жүзеге асырылды; екіншіден, диссертация көлемінен едәуір асатын эксперименттік материалды жинауға мүмкіндік беретін әртүрлі жүктеме буындары мен өлшеу жабдықтарының толық жиынтығының болуы, оны өңдеу болашақта болады. Сондықтан экспериментте қолданылатын барлық датчиктер мен жүктеме буындарының көрсеткіштері осы диссертацияда ұсынылмайды.

ШҚТУ-да бүгінгі күні өзінің топырақ арнасы жоқ. Сонымен қатар, МАЖИ стенді қайырманы бір нүктеде, тензобалкаға бекітуге, қосымша тензометриялық қамтамасыз етумен 2 және 4 «классикалық» нүктелер үшін (3.6-3.8-суреттер) бекітуге мүмкіндік береді.

3.6-суретте жүк буындарының орталық және ауыспалы геометриясы бар қайырманың бөлінген бүйір (сол) бөлімдерінің біріне бекіту орындары көрсетілген (жоғарыдан көрініс).

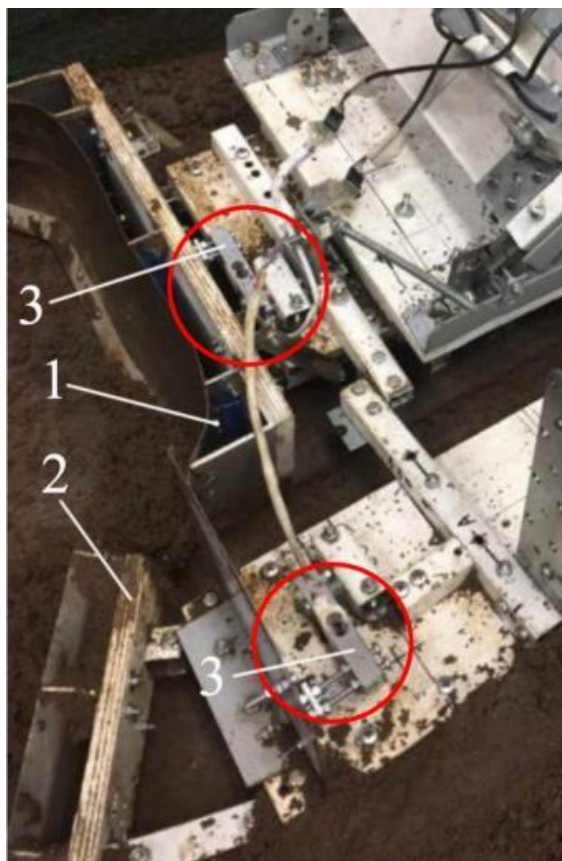
3.7-суретте тік, фронтальды (көлденең) және бүйірлік бағыттарда әрекет ететін күштердің мәнінің өзгеруі туралы сигналдарды алуға мүмкіндік беретін стендтің тартқыш арбасына 4 бекіту нүктесі бар нұсқада орталық қайырманың моделіне тензобуындарын орнатуы схемалық түрде көрсетілген, ал 3.8-суретте өлшенетін күштер мен күштердің мәндерінің тиісті өзгеруін тіркейтін тензохабарлаушының әрекет ету бағытының сызбасы және осы мәндерді «Осциллограф» арқылы компьютер мониторуна берілуі көрсетілген (3.4-сурет).

Зерттеу объектілерін модельдеу кезінде ұқсастықтың геометриялық критерийлері сақталды, модельдердің барлық негізгі сызықтық және бұрыштық өлшемдері келесі шарттардан анықталды:

$$l_m = l_n \cdot K_l ;$$

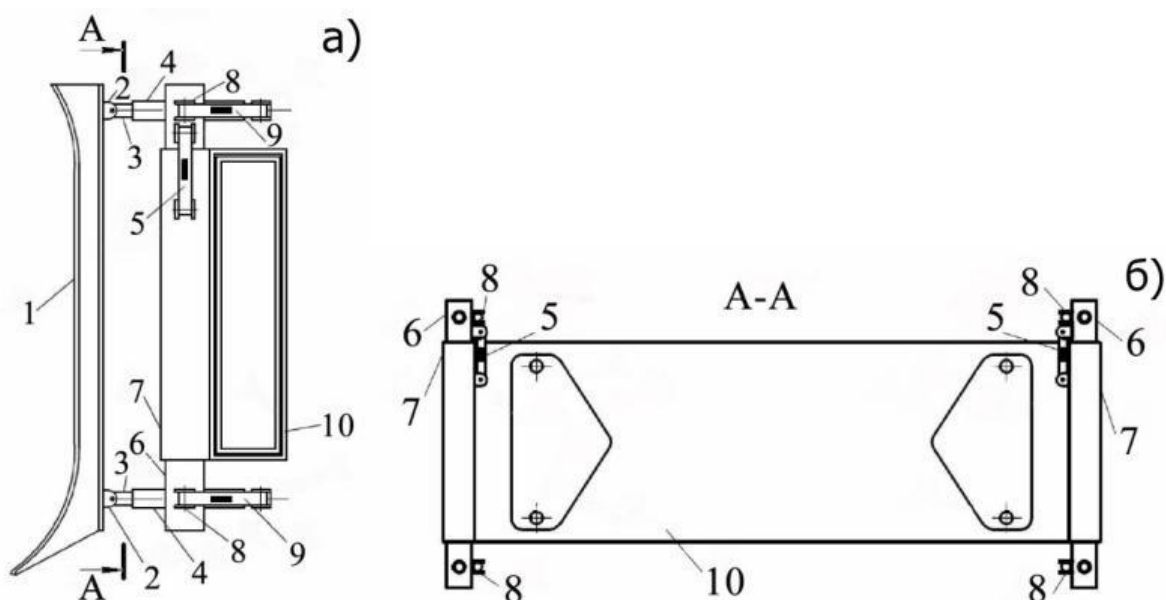
$$\alpha_m = \alpha_n$$

мұндағы l_m (l_n) и α_m (α_n) – тиісінше, модельдік (табиғи) қайырманың сызықтық және бұрыштық өлшемдері.



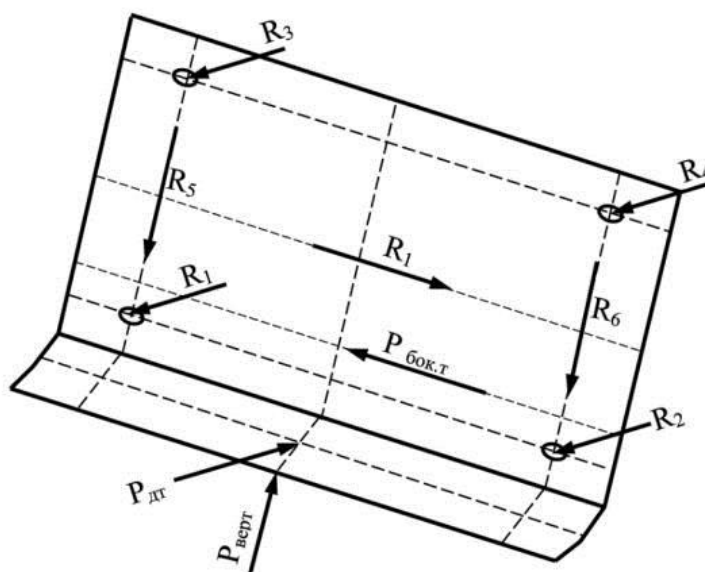
1-қайырманың ортаңғы секциясы; 2-қайырманың бүйірлік (сол) секциясы; 3-тензобуындары.

Сурет 3.6 - Эксперименттік стендтің (МАЖИ) тензометриялық арқалықтары мен итергіш арқалықтарына ауыспалы геометриясы бар қайырма моделімен дайын тензобуындарын бекіту



1 – жүздің орталық бөлімі; 2, 8 – көздер; 3 – көлденең тартқыштар; 4, 7 – бағыттаушы профильдер; 5, 9 – тензобуындары; 6 – тік тартқыштар; 10 – бүйірлік тартулар.

Сурет 3.7 - Стендтің тартқыш арбасына жүздің орталық бөлігін монтаждау мысалында эксперименттік стендті тензометриялық қамтамасыз ету



$R_{1...7}$ - тензоқозғалтқыштардағы реакция күштері; $P_{бок.т}$ - бүйірлік бағытта қазуға қарсылық күшінің құрамдас бөлігі; $P_{дт}$ - алдыңғы бағытта қазуға қарсылық күшінің құрамдас бөлігі; $P_{верт.т}$ бағытта қазуға қарсылық күшінің құрамдас бөлігі.

Сурет 3.8 - Эксперимент талаптарына байланысты тездатчиктермен бекітілген күштердің әсер ету сызбасы

K_l шкаласын таңдау кезінде базалық объект ретінде ұзындығы $B_H = 3,2\text{м}$ 10...15 класты бульдозердің түзу қайырмасы қабылданды.

Сызықтық өлшемдер шкаласының шекті мәні ортаның минималды рұқсат етілген көлемімен және өлшеу құралдарының дәлдігімен шектеледі [208, 54-56 б., 71-86 б.]:

$$K_d = \frac{B_H}{d} \geq K_l \geq \sqrt{\frac{P_H \cdot \varepsilon \cdot 100}{P_{\text{пр,max}} \cdot K_{\text{тп}}}}$$

мұндағы P_H - табиғи қайырмасындағы максималды күш H (шамамен бағалау бойынша);

$P_{\text{пр,max}}$ -аспап шкаласы бойынша өлшеу шегі H ;

ε - табиғи қайырманы сынау кезіндегі салыстырмалы өлшеу қателігі (15% дейін);

$K_{\text{тп}}$ -аспаптың дәлдік класы (осциллограммаларды өңдеу кезінде-2,5% дейін);

K_d -бульдозер қайырмасы үшін 0,065-ке тең қабылданатын коэффициент;
 d -топырақ бөлшектерінің орташа мөлшері.

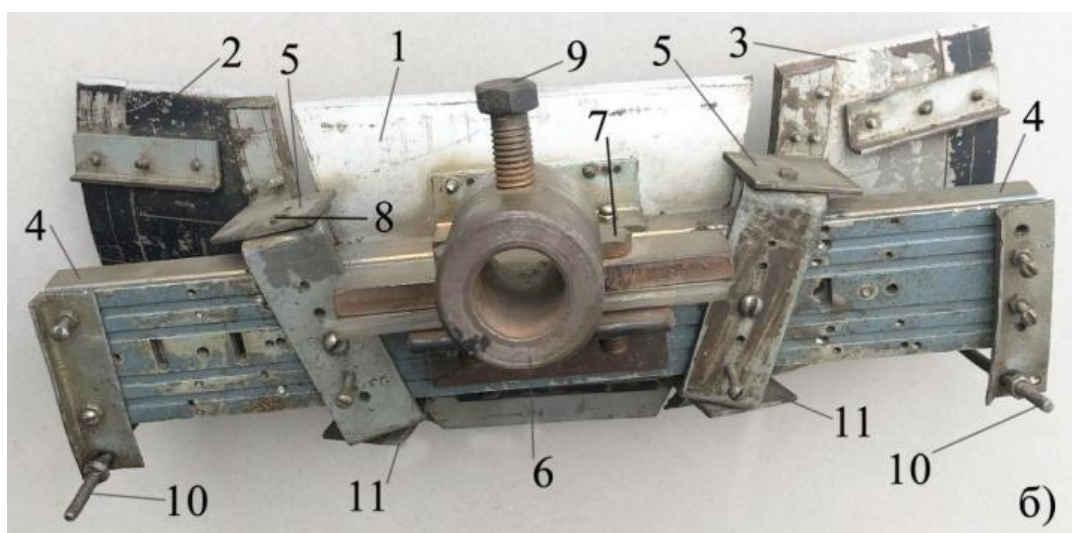
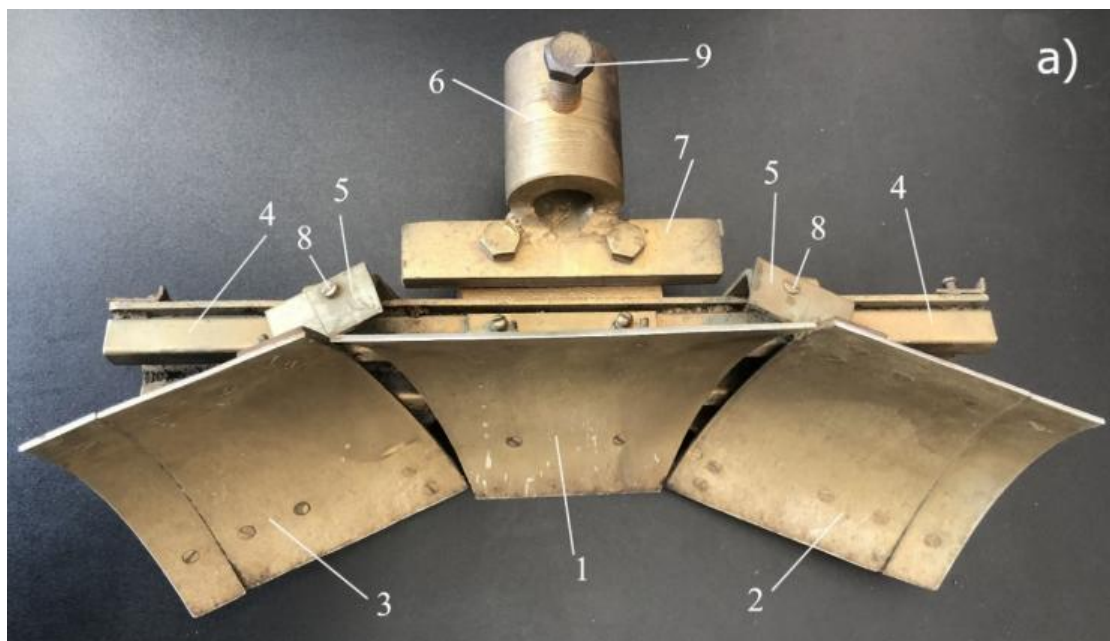
Шектеулерді ескере отырып, $K_l \leq 20$ алынды. Модельдеудің ыңғайлылығына, топырақ каналының өлшемдеріне және бұрын жүргізілген зерттеулердің тәжірибесіне сүйене отырып [177, 103-109 б.] $K_l = 10$ қабылданды.

Ауыспалы геометриямен қайырманы модельдеу қайырманың орталық бөлігінің артында орналасқан әмбебап жақтаудың көмегімен жүзеге асырылды, оған қайырма бетінің ауыстырылатын элементтері, сондай-ақ бүйірлік бөлімдердің бұрылу бұрышын бекітетін айналмалы топсалар орнатылды (3.9-сурет) [96, 1-4 б.]. Сондай-ақ, «стандартты» бұрылмайтын және классикалық «бұралмалы» және сфералық қайырмаларды бір көзбен бекітуге болады. Бұл қайырмалар ауыспалы геометриямен қайырманың тиімділігін анықтауда салыстырмалы эксперименттер жүргізу үшін бекітілген (3.10-сурет).

Қайырма моделін стендке дәл осылай бекіту қайырманың шеттерінің бірінің көлденең бұрышын өзгертуге мүмкіндік береді, бұл көлбеу жерлерде бульдозердің классикалық жұмысына сәйкес қайырманың бір жағын жерге көмуге мүмкіндік береді.

Ауыспалы геометриясы бар қайырма жұмыстарының осы түріне қолдану және болжамды эксперименттік және теориялық зерттеулердің көптігі мен көлеміне байланысты оның осындай жұмыстардағы тиімділігін зерттеу диссертация тақырыбы бойынша ҒЗЖ-ны одан әрі бағыттау міндеті болып табылады. Ауыстырылатын элементтердің тоғыз жиынтығының әрқайсысына кіретін ортаңғы және бүйірлік бөлімдердің негізгі өлшемдері 3.2-кестеге сәйкес b/V_0 және Θ параметрлерінің үш деңгейінде өзгертін комбинациялардың біріне сәйкес келді. Ортаңғы бөлім рамкаға бұрандалармен қатты орнатылды, бүйірлік бөлімдер жылжымалы, айналмалы топсалардың көмегімен, олар рамада әртүрлі позицияларда бекітілді. Тензобалканы бекіту схемасы (сурет. 3.5) және бір

түйіндесу нүктесіндегі әмбебап рамадағы қайырма қолданылды (қайырма-тензобалка) (сурет. 3.9, 3.10).



а) алдыңғы көрініс; б) артқы көрініс. 1-ортаңғы секция; 2, 3-бүйірлік секциялар; 4-әмбебап жақтау; 5-бүйірлік секцияларды бұрудың жоғарғы топсалары; 6-тензобалкаға бекіту төлкесі; 7-тензобуын; 8 - айналмалы топсаны бекіту; 9 - қайырманы тензобалкаға бекіту бұрандасы; 10-төменгі реттеу бұрандалары; 11-төменгі топсалар бүйірлік бөлімдерді бұру.

Сурет 3.9 - Жүк көлігімен бір көзбен қосылатын ауыспалы геометриясы бар қайырманың физикалық моделі



Сурет 3.10 - Айналмалы емес қайырма моделінің стендке бекіту

Өндірістің технологиялық сипатына байланысты ортаңғы және бүйірлік бөлімдер арасындағы алшақтықтар тұрақты мөлшерде қабылданады (бүйірлік бөлімдер ортаңғы бөліктер бойымен орналасқан кезде). Саңылау мөлшері алға – $\alpha_y = 30^\circ$ жоспарында бүйірлік бөлімдерді орнатудың максималды бұрышын қамтамасыз ету үшін қажетті минимумға сәйкес келеді.

Түзу, сфералық және ауыспалы геометриялық қайырмаың барлық үлгілері үшін жалпы өлшемдер:

- | | |
|---|--------------------------|
| - қармау ұзындығы (ауыспалы геометриясы бар қайырма үшін максималды), м | $B_0 = 0,32$ |
| - биіктігі, м | $H_0 = 0,12$ |
| - қисықтық радиусы, м | $R = 0,10$ |
| - кесу бұрышы (орта бөлім) | $\alpha_p = 55^\circ$ |
| - орнату бұрышы (орта бөлім) | $\varepsilon = 75^\circ$ |

b және B_0 параметрлерінің қатынасы, сондай-ақ α_y сфералық қайырмасы жоспарындағы бүйірлік бөлімдерді орнату бұрышы ұсыныстарға сәйкес қабылданды [179, 134 б.]: $b/B_0=0,375$; $\alpha_y=15^\circ$. Барлық тәжірибелердегі қазу жылдамдығы тұрақты $V = 0.15$ м/с (жүктемесіз қозғалыс жылдамдығы $V = 0.173$ м/с).

3.2 Эксперименттік жабдық және өлшеу аппаратурасы, эксперименттік деректерді өңдеу

Эксперименттік зерттеулер жол-құрылыс машиналарының жұмыс процестерін физикалық модельдеу стендінде МАЖИ (топырақ каналы)

жүргізілді (сурет 3.2). Топырақ каналының өлшемдері 3000x800x500. Модельдеу топырағы ашық контейнерде – жұмыс істейтін топырақ арнасында орналасқан. Соңғысының жұмыс аймағы жұмыс органының алдындағы кернеулер мен сырғанау сызықтарының таралуына бүйір қабырғалардың әсерін болдырмайтын көлемді құрайды. Бұрандалы жетегі бар параллелограммдық суспензия орнатылған жақтаудың жоғарғы арналары бойынша тереңдету кезінде қайырман орнату бұрышының тұрақтылығы және оны өлшеу қамтамасыз етілді. Тартқыш арбаның қозғалыс жылдамдығы 11,73 см/с топырақты кесу процестерін зерттеу кезінде арбаның жұмыс барысы 1450 мм.

Суспензияға тензометриялық элемент орнатылды, оған қайырмалар мен итергіш штангалардың модельдерін бекіту үшін түйін бар, 3.11-сурет.

Көлденең қимасы 20x15мм 40ХН болаттан жасалған L-тәрізді, тензоэлементтің конструкциялары сенсорлармен, орналасу схемаларымен және суретте көрсетілген қосылыстармен жабыстырылған (3.5-3.7).

Өлшеу аппаратурасының жиынтығы негізінен Zetlab фирмасының бастапқы түрлендіргіштерінен сигналдарды өлшеуге, өңдеуге және талдауға арналған стационарлық жүйелер мен құрылғылар болды: 1) Zet210 SigmaUSB аналогты-цифрлық түрлендіргіші; 2) Zet410 алдын ала күшейткіштері; 3) YZC-131 200Н и XNQ 700Н жүктеме ұяшықтары; 4) «Осциллограф» бойынша; 5) ДК

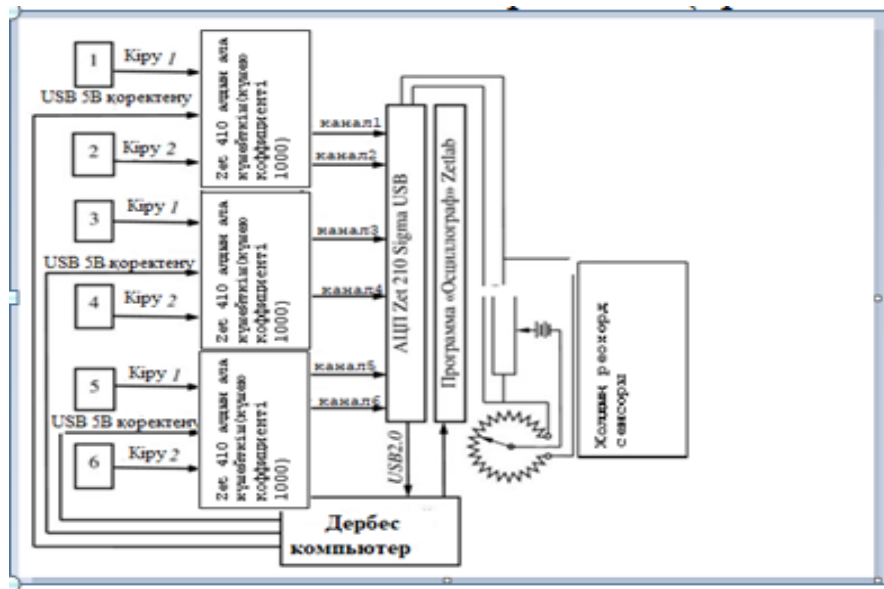
Барлық бақылау-өлшеу аппаратурасы эксперимент туралы есепті графикалық және мәтіндік түрде бере алатын Zetlab отбасымен жұмыс істеді (3.3 және 3.4-сурет).

Суретте келтірілген. 3.12 электрлік өлшеу схемасы сонымен қатар қазу кезінде өткен жолды тіркеудің реохордты датчигін, 0,5 м жолға сәйкес келетін сигналдың толық ауытқуын қамтиды.

Қайырман орталық және бүйір секцияларынан сигналдарды бөлек алып тастаған кезде жүктеме ұяшықтары 3.13-суретте көрсетілгендей күшейту коэффициенті 1000 көпір схемасы бойынша алдын ала күшейткішке қосылды.



Сурет 3.11 - Тартқыш арбаның жүзі мен тірек панеліне тензозвезді (тензобалканы) монтаждау

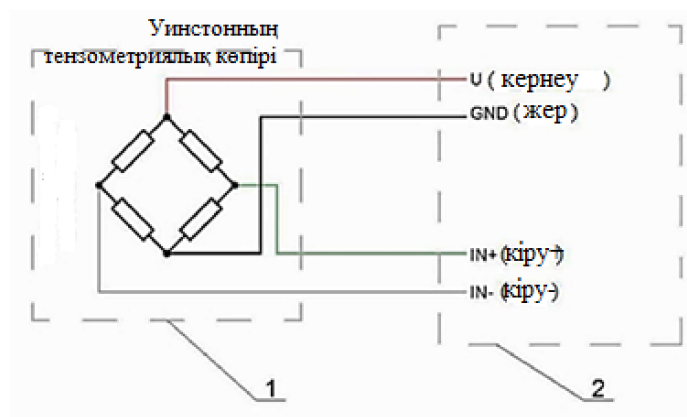


Сурет 3.12 - Тензосигналдарды бекітуге және өңдеуге арналған бағдарламалық-аппараттық кешеннің шартты орналасуы

Көлденең және тік компонентін өлшеу датчиктерінің сигналдары жазылды. Сондай – ақ, эксперименттерді бастамас бұрын жетіспейтін жүктеме ұяшықтары желімделіп, анықтамалық жүкті ілу арқылы тарту күшін өлшеу үшін жүктеме қоңырауының сигналдары тексерілді (3.14-3.16-суреттер).

Ауыспалы геометриялық қайырма айналмалы қайырмалардың бірнеше топсалы бүйір «қанаттары» бар негізгі орталық қайырманың жиынтығы болғандықтан, олардың барлығында қазуға қарсылықтың алдыңғы күшін өлшеу үшін YZC-131 200Н жүктеме ұяшықтары орнатылды, ал бүйірлік қайырмаларда олар қазуға қарсылықтың ығысу(бүйірлік) күшін одан әрі өлшеді.

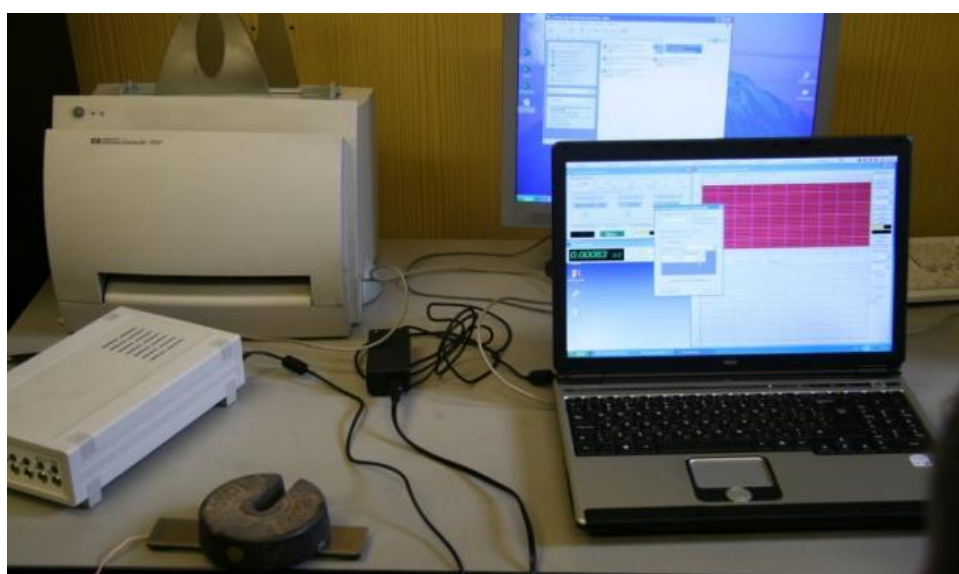
Сондай-ақ, айналмалы бүйірлік қайырмаларда XNQ 700Н жүктеме ұяшықтары арқылы қазуға төзімділіктің тік күшін өлшеді, олардың көрсеткіштері компьютермен жазылды.



Сурет 3.13 - Жүктеме ұяшығының 4 шығысын (1) түрлі-түсті терминалдармен бөлінген алдын ала күшейткіш (2) Zet410 түйреуіштеріне қосу



Сурет 3.14 - Тензометриялық панельге жүктеме ұяшықтарын жапсыру схемасы



Сурет 3.15 - Тензометриялау кезінде тензодеректерді түзету процесі



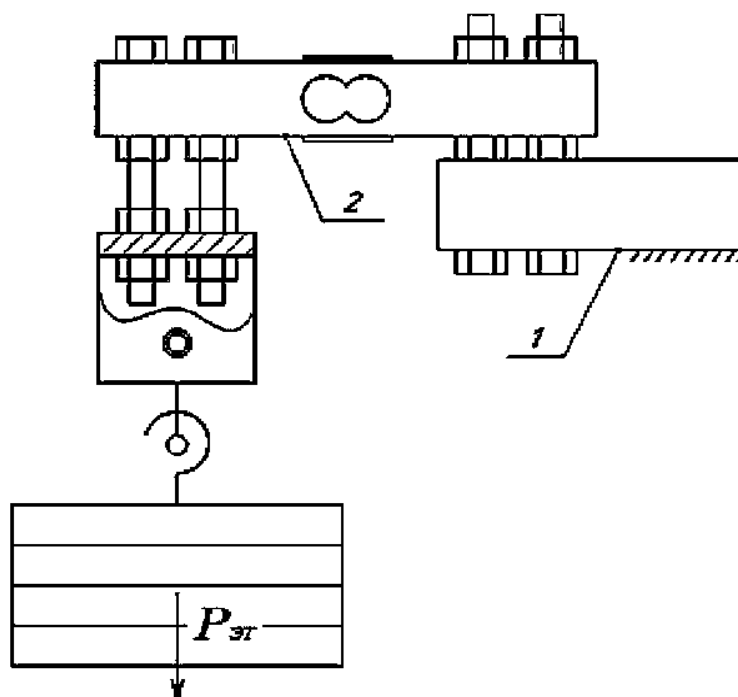
Сурет 3.16 - Статикалық эталондық салмақ жүктемесін қолдану арқылы жүктеме жасушаларының көрсеткіштерін тексерудің тікелей әдісі

Стендте жүктеме жасушалары алдыңғы зерттеушілер жасаған жеке жүктеме бірліктеріне біріктірілді, олардың жиынтық көрсеткіштері Т.К. Бабаевпен бірге стендке орнатуды ескере отырып, В.И. Баловнев пен А.Н. Зелениннің әдістемелері бойынша дәлдікке тексерілген (3.17 және 3.18-сурет) [177, 886].

Біздің эксперименттік зерттеулерімізге дейін жасалған және эксперименттік стендтің жиынтығына кіретін дайын жүктеме буындары, олардың әмбебаптығына қарамастан, кез-келген жағдайда, әсіресе ZetLab-тың соңғы жабдықтары мен бағдарламалық жасақтамасын қолдана отырып, жаңа дәлдікке тексеруге ұшырады. 3.17 және 3.18-суреттерде жүктеме ұяшықтарын орнатудың принципті жұмыс схемалары және жүктеме буындарын тарылту схемалары келтірілген.

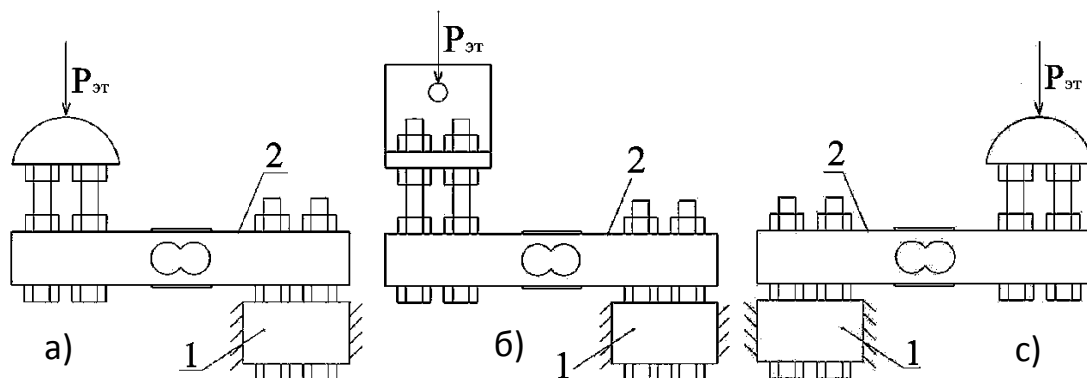
3.18-суретте көрсетілген қозғалмайтын тірек (1) айналмалы топсаны ауыстырады және экстремалды алдын ала орнатуларда (а және с) стендте қайта бекіту мүмкіндігі бар (3.19-сурет) бүйірлік бөлімдермен бірге қатты бұрылу үшін және қазуға төзімділіктің алдыңғы, бүйірлік ығысу және тік күштерін дәлірек бекіту үшін [177, 100; 190б., 560б.].

Әрбір экспериментті бастамас бұрын, эксперименттік стенд құрылымының өз салмағының әсерін болдырмау үшін жүктеме сілтемелерінің көрсеткіштері нөлге түсірілді.



1-тіректің бекітілген арқалығы; 2-жүктеме ұяшықтары бар дайын жүктеме коңырауы; $P_{эт}$ – эталондық салмақ.

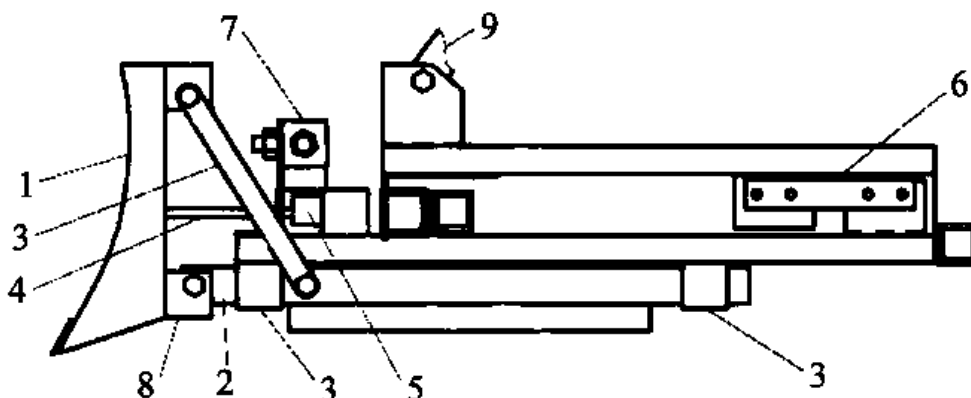
Сурет 3.17 - Эталондық салмақты қолдана отырып, эксперименттік стендтің жүктеме буындарын тарату



а) сол жақ бүйірлік бөлім; б) негізгі ортаңғы қайырма; с) оң жақ бүйірлік бөлім. 1-тірек; 2-тензозвено; $P_{эг}$ -анықтамалық салмақ.

Сурет 3.18 - стендтегі жүктеме буындарын бекітудің эксперименттік схемасы

Сүйреу призмасының массасы зертханалық таразыларда өлшеу арқылы тұрақты қазу режимінің соңғы учаскесінде анықталды.

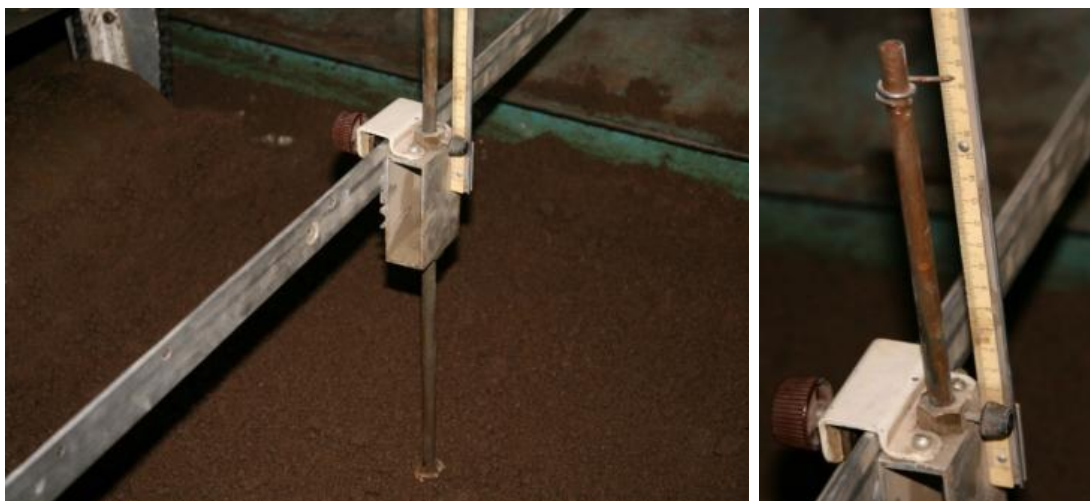


1-қайырма; 2-тартқыштар; 3-бағыттағыштар; 4-реттеу бұрандалары; 5, 6-жүктеме ұяшықтары; 7-бүйірлік секцияларды монтаждау үшін тензозвено; 8-көздер; 9-бекіту тартқыштары.

Сурет 3.19 - Ауыспалы геометриясы бар жүзді қоса алғанда, әртүрлі пішіндегі қайырмаларды зерттеуге арналған стенд

Қазу тереңдігін орнату және сүйреу призмасының сызықтық және бұрыштық өлшемдерін анықтау МАЖИ өлшеу құралының көмегімен жүзеге асырылды (3.20-сурет). Бұл құрал өте қарапайым және топырақ каналының бүйірлеріне орнатылған көлденең жолақ (квадрат) болды, оған жылжымалы кронштейн бекітіліп, жолақ бойымен қозғалатын және оның кез келген нүктесінде бекітілуі мүмкін. Бұл кронштейнге жолақтың мойынтірек бетіне перпендикуляр, тігінен, өлшеуіш сызғыш (150 мм) және жылжымалы зонд

бекітілген, оның бір ұшында тірек платформасы (30x30 мм), ал екінші жағында өлшеуіш сызғыш бойымен сырғымалы көрсеткі қатаң бекітілген, бұл зондтың жолаққа қатысты түсу тереңдігін көрсетеді.



Сурет 3.20 - Өлшеу жолағымен қазу тереңдігін тіркеу

Осылайша, жоспарланған топырақтың бастапқы бетінің жолаққа қатысты орналасуын біле отырып, қазу тереңдігі мен бүйірлік роликтердің биіктігін бақылауға болады. Топырақ қазу тереңдігін қайырманьң физикалық моделімен өлшеу кезінде (3.21-сурет) көлденең жолақ топырақ каналының рельстеріне орнатылды, ал сызғыштың бөлінуіне қатысты тік зондтың бату шамасы қазу тереңдігінің шамасын берді [178, 804иб.].

Топырақтың беріктігі арнаның бірнеше нүктелерінде бақыланды және стандартты ЖолҒЗИ тығыздағышымен корреляцияланған соққы өнімділігі төмендеген динамикалық тығыздағышпен бағаланды. Модельдік тығыздағыштың штампы биіктіктің төмендеуімен және ауданның ұлғаюымен ерекшеленді.

Жоспардың әр нүктесінде қайталанған тәжірибелер саны 0,95-ке тең нәтижелердің сенімділігін және $K_{\text{вар}} = 12\%$ рұқсат етілген вариация коэффициентін қамтамасыз ету шартынан анықталды [81, 64 б.]. Он тәжірибенің алдын-ала сериясын өңдеу кезінде қайталанатын тәжірибелердің қажетті және жеткілікті саны алынды $\eta = 3$. Жүйелі қателіктердің әсерін болдырмау үшін эксперимент жоспарын жүзеге асыру кезінде тәжірибелер тізбегі рандомизация жағдайында анықталды.

Эксперименттердің нәтижелерін өңдеу жалпы қабылданған әдістеме бойынша жүзеге асырылды [204, 31-72 б.]. Математикалық регрессиялық модельдерді құрастыру кезінде кестелік мәндер қолданылды [207, 92-716 б.] B_4 және B_3 жоспарларының кері ақпараттық матрицаларының элементтері, бұл өңдеуді едәуір жеңілдетті.

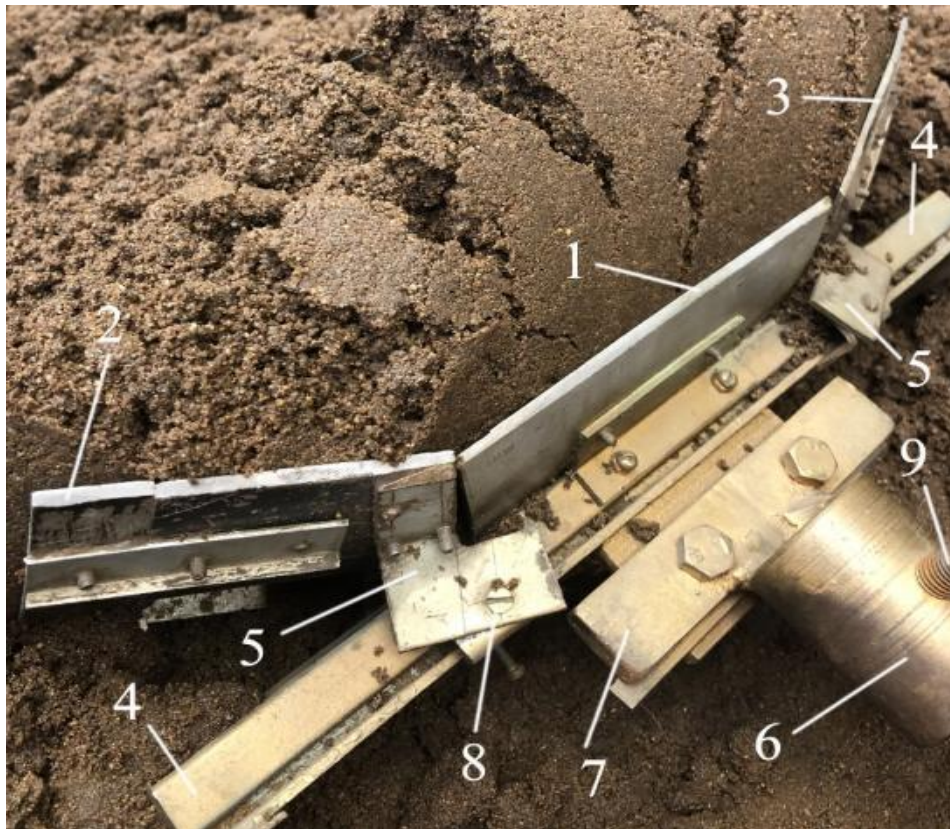
Қазу кедергісінің көлденең компонентін болжау кезінде жұмыста ұсынылған тәуелділікті қолдану ұсынылады [210]:

$$P_{01,H} = P_{01,M} \cdot K_1 \cdot K_l$$

Мұндағы

$$K_1 = \frac{\gamma_M \cdot l_M^3 \cdot tg \rho_M + \frac{C_{w,M} \cdot l_M^2}{K_l}}{\gamma_M \cdot l_M^3 \cdot tg \rho_M + C_{w,M} \cdot l_M^2}$$

Осы зерттеуде қабылданған параметрлер мәндері үшін коэффициент $K_1=0,67$.



1 – ортаңғы бөлім; 2, 3 – бүйірлік секциялар; 4 – әмбебап жақтау; 5 – бүйірлік секциялардың бұрылу топсалары; 6 – тензобалкаға бекіту төлкесі; 7 – тензозвено; 8 – айналмалы топсаны бекіту; 9-тензобалкаға беітілетін қайырманың бекіту бұрандасы.

Сурет 3.21 - Топырақ каналында ауыспалы геометриясы бар қайырманың физикалық моделі

3 - бөлім бойынша қорытынды

1. Процестің физикалық моделін құруға мүмкіндік беретін өзгермелі геометриясы бар пышақпен топырақты қазу процесін эксперименттік тексеру әдістемесі жасалды.

2. Әртүрлі пішіндегі үйінділерді зерттеуге арналған әмбебап эксперименттік стенд (физикалық модель), сондай-ақ қазуға төзімділік күштерінің шамаларын, оның ішінде бүйірлік, фронтальды және тік бағыттарда анықтауға арналған метрологиялық жабдықтар жиынтығы әзірленді және дайындалды.

3. Әзірленген стенд әртүрлі пішіндегі үйінділердің жұмысын модельдеуге мүмкіндік береді. Сонымен, өзгермелі геометриялық пышақ фронтальды және сдысу (бүйірлік) қазу кедергісінің күштерін өлшеу мүмкіндігі бар орталық және бірнеше топсалы бүйірлік айналмалы пышақтардың жиынтығын білдіреді.

4. Қазу тереңдігін өлшеу және сызықтық және бұрыштық сызу өлшемдерін анықтау құрылғысы жасалды.

5. Әзірленген жабдық үйіндінің өзгермелі геометриямен топырақпен өзара әрекеттесу процесін толық масштабты зерттеуге және үйінділердің осы түрінің параметрлерінің ұтымды мәндерін одан әрі табуға мүмкіндік береді.

4 АУЫСПАЛЫ ГЕОМЕТРИЯЛЫҚ ҚАЙЫРМА МОДЕЛІНІҢ ТИІМДІЛІГІН ЗЕРТТЕУДІҢ ЭКСПЕРИМЕНТТІК НӘТИЖЕЛЕРІН ҚОРЫТЫНДЫ ТАЛДАУ. ЕСЕПТЕУ ӘДІСТЕМЕСІ

4.1 Топырақпен өзара әрекеттесу кезінде ауыспалы геометриясы бар қайырма моделінің жұмыс процесін зерттеудің эксперименттік нәтижелері

Алдыңғы тарауда қойылған міндеттер мен әзірленген әдістемеге сәйкес жүргізілген ауыспалы геометриясы бар қайырмамен топырақты қазу процесіне эксперименттік тексеру жүргізілген әдістеме сипатталған.

Қабылданған эксперимент жоспарын іске асыруды бастамас бұрын, олардың жұмыс процестерін визуалды зерттеу және сапалы салыстыру мақсатында түзу, сфералық және ауыспалы геометриялық қайырмалармен бірқатар тәжірибелер жасалды. Модельдік түзу қайырманың қабылданған құрамның эквивалентті ортасымен әрекеттесуі кезінде сүйреу призмасын қалыптастыру процесі әдебиетте келтірілген сипаттамаларға толық сәйкес келетіні анықталды [3, 4-8 б.; 10, 403-507 б.].

Бұл пышақ бүйірлік қалған роликтерге сығылған жылжымалы топырақ материалының үлкен шығындарымен сипатталады.

Жүздің ауыспалы геометриясымен сфералық және жаңасын зерттеу бойынша тәжірибелер α_y , b/B_0 , Θ и h/H_0 (h_y/H_0) сияқты шамалардың өзгеруімен жүргізілді.

Құрылымдық жағынан, эксперименттерді жүргізу кезінде сфералық қайырма дәстүрлі (қатты) бүйірлік бөлімдерді топсалы бекітумен ерекшеленді, олардың алға қарай бұрылуы $\alpha_y = 30^0$ дейін ауыспалы геометриясы бар қайырманың дизайнына ұқсас бөлімдер арасындағы өзгермелі саңылау арқылы қамтамасыз етіледі.

Бұл Θ бұрышын неғұрлым нақты анықтай отырып, зерттелетін қайырмалардың жеткілікті салыстырмалылығын алу үшін жасалды.

Зерттеулерді талдау сфералық пышақтың топсалы және қатты конструкцияларының жұмыс процестерінде айтарлықтай айырмашылықтарды таппады.

Бүйірлік бөлімдер жоңқаларды кесіп тастайды, олардың көтерілуі ортаңғы бөлікке қарай белгілі бір бұрышпен жүреді.

Жоңқаның ортаңғы бөлігін бүйірлік роликтермен қысу оның катаюына және көтерілу биіктігінің едәуір артуына әкеледі, бірақ сонымен бірге алдыңғы жағында қозғалатын сүйреу призмасын арттырады.

Көлемі ұлғайған жылжымалы сүйреу призмасын бүйірлік роликтерде жоғалған топырақтың бір мезгілде азаюымен бірге $\alpha_y < 30^0$ кезінде максималды көлеммен ау бұрышының өзгеруімен байқауға болады.

Кейде қазу процесі, топырақтың беріктігі аз және кесу тереңдігі аз, кесілген чиптің ортаңғы бөлігін тежеу кезінде, ол бүйір бөліктерімен әрекеттескенде, сондай-ақ оны жылжымалы призманың ішіне көтеріп, қайырма арқылы құлап кетеді.

Сфералық қайырма пен ауыспалы геометриясы бар қайырманың жұмысы кезінде сүйреу призмасының көлемі, биіктігі және басқа параметрлері тікелей қайырманың ұқсас көрсеткіштерінен едәуір асып түсті.

Бұл қалыңдығының жоғарылауының және қайырманың ортаңғы бөлігіндегі үгінділердің аз босатылуының нәтижесі, ол ортаңғы бөліктің шығыңқы бөлігімен және бүйір бөліктерінің көлденең бетке қиғаш кесу жиектерімен сипатталады.

Сонымен қатар, сфералық қайырманың бірлік көрсеткіштері шырша бұрышының төмендеуімен, әсіресе бүйірлік роликтерде жоғалған топырақтың ұлғаюы бөлігінде жанасынан әлдеқайда жақсы болды.

Зерттелетін қайырма параметрлерінің әртүрлі комбинацияларында ауыспалы геометриямен эксперименттік ауысу түзу қайырмамен салыстырғанда бүйірлік роликтерге үнемі аз топырақ шығынын берді.

Бөлімдер арасындағы саңылаулардың болуы шығындардың шамасына айтарлықтай әсер етпейді. Жоспарда (ортаңғы және бүйірлік қайырмалардың ұштарына тиген кезде) бүйірлік бөлімдерді ау максималды бұрышына орнатқан кезде, бөлімдер арасындағы саңылаулар арқылы топырақтың төгілуі іс жүзінде болған жоқ, ал кіші α_y биіктігі кесу тереңдігінен аспайтын құрылымның бұзылуының топырақ роликтері байқалды.

Сүйреу призмасының параметрлерін, сондай-ақ кесуге төзімділіктің көлденең компоненттерін табуға арналған жобалау схемалары бастапқыда тәжірибелі визуалды бақылауларды талдау нәтижесінде қабылданды (2.2 бөлімін қараңыз).

V_4 жоспарының бір нүктесінде эксперименттік қайырманың параметрлері бар он эксперимент сериясы: $b/V_0 = 0,375$; $\Theta = 14^\circ$; $\alpha_y = 15^\circ$ және арақатынасы $h_3/H_0 = 0,15$, қозғалатын сүйреу призмасының массасы мен биіктігі (сәйкесінше $m_{пр}$ және $H_{пр}$), көлденең сүйреу призмасының массасы мен биіктігі сияқты индикаторлардың статикалық сипаттамалары анықталды эксперимент жоспарын жүзеге асыру үшін жауап беру функциялары ретінде алынған қазуға төзімділік компоненті (P_{01}).

Тәжірибелер эксперименттің негізгі сериясы жағдайында жүргізілді, топырақтың беріктігі $C_{уд} = 10$ әйкес келді, қазу жылдамдығы $0,15$ м/с болды.

Әрбір эксперименттік нүктеде қайталанған тәжірибелер саны $0,95$ нәтижелерінің сенімділігін қамтамасыз ету шартынан анықталды, рұқсат етілген вариация коэффициенті 12% болды және $\eta = 3$ болды.

Ауыспалы геометриясы бар қайырманың параметрлеріне және қазу режиміне байланысты сүйреу призмасының массасының өзгеру заңдылықтарын және қазу кедергісінің көлденең компонентін анықтау бойынша эксперименттік зерттеулер екі кезеңде жүргізілді.

Алдымен зерттелетін төрт фактор үшін V -оңтайлы жоспар матрицасы жүзеге асырылды: b/V_0 , Θ , α_y және h_3/H_0 .

Кесте 4.1 - Тәжірибелік статистикалық сипаттамалар

№	Көрсеткіштің атауы	Статистикалық сипаттамалары		
		Математикалық күту	дисперсия	вариация коэффициенті, %
1	Сүйреу призмасының массасы, кг	13,51	0,33	4,24
2	Қазу кедергісінің көлденең компоненті, Н	287,1	184,4	4,73
3	Сүйреу призмасының биіктігі, м	0,188	0,00032	9,05

Нәтижелерді өңдеу кезінде эксперименттің қайталануын тексеру, математикалық регрессиялық модельдердің коэффициенттерінің маңыздылығын бағалау және олардың сәйкестігін тексеру 0,05 маңыздылық деңгейінде жүргізілді. Алынған екінші ретті регрессиялық модельдер жауап бетінің кейбір нүктелерін қанағаттанарлықсыз сипаттайтыны анықталды.

Есептелгендерге қатысты жауап функцияларының эксперименттік мәндерінің ауытқуларын талдау негізінде әр түрлі факторлардың арасынан қайырманың биіктігінің ортаңғы позициясына сәйкес келетін Орта бөліктің ұзындығының максималды ұстау ұзындығына - b/V_0 қатынасын алып тастау туралы шешім қабылданды.

Тәжірибе деректері призма массасының 16-30% - ға өсуін көрсетеді (Θ , α_y , и h_3/H_0)= $\text{const } b/V_0$ қатынасының 0,625-тен 0,375-ке дейін төмендеуімен және, әрине, қалған факторлардың шамасына байланысты.

Қазу кедергісінің көлденең компоненттерінің және сүйреу призмасының массасының b/V_0 мәндеріне тәуелділігін ескере отырып, сондай-ақ ауыспалы геометриясы бар қайырмасы мақсатынан туындайтын нұсқамаларды ескере отырып: кесетін пышақтың ортаңғы, шығыңқы бөлігінде тереңдету күшінің жоғары концентрациясын қамтамасыз ету, оның ұзындығын бульдозер жолының өлшемімен шектеуді сақтай отырып (бульдозер шынжыр табандарының шығарылған ойыққа толып кетуіне жол бермеу үшін): траншеяларды толтыру және басқа жұмыстар кезінде топырақты бір жаққа тиімді жылжыту үшін бүйірлік бөлімдердің мүмкіндігінше ұзағырақ ұзындығын қамтамасыз ету, $b/V_0 = 0,375$ қатынасының тұрақты, өзгермейтін мәнімен эксперименттерді одан әрі жүргізуге жол берілді (сурет 4.1) [190, 562б.].

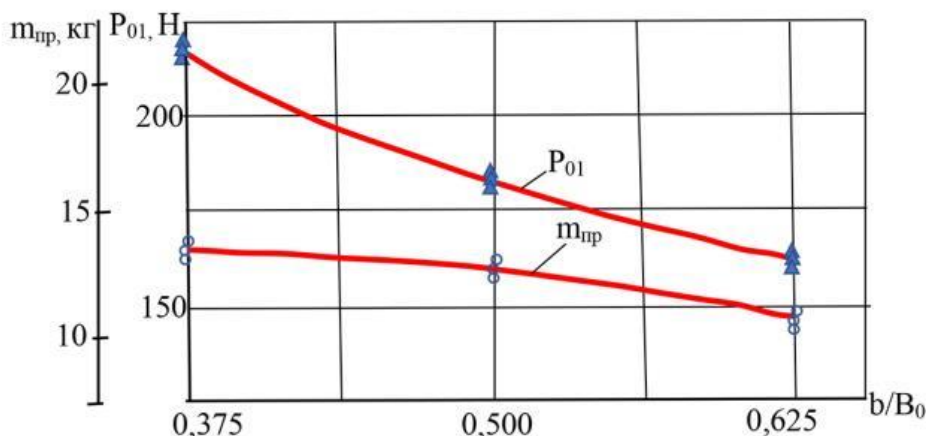
Соңғы үш фактор $X_1(\Theta)$, $X_2(\alpha_y)$ және $X_3(h_3/H_0)$ 6 қосымша нүктеде оңтайлы жоспардың екінші кезеңіндегі тәжірибелерді жүзеге асыруда қолданылды [179, 144 б.; 211, 70-71 б.].

Жалпыға бірдей қабылданған белгілі әдістеме бойынша кестеге келтірілген нәтижелерді өңдеу жылжымалы сүйреу призмасының (кг) массасы

үшін бөлек және қазу кедергісінің көлденең бағытталған компоненті үшін бөлек регрессиялық математикалық модельдер жасауға мүмкіндік берді (H):

$$m_{\text{пр}} = 13,97 - 0,39X_1 - 0,24X_2 + 3,48X_3 - 0,88X_1^2 - 1,12X_2^2 + 0,83X_3^2 - 0,98X_1X_2 - 0,76X_1X_3 - 0,37X_2X_3, \text{ кг} \quad (4.1)$$

$$P_{01} = 279,8 + 7,4X_1 + 19,4X_2 + 107,7X_3 - 20,2X_1^2 - 18,0X_2^2 + 16,5X_3^2 - 8,6 X_1X_3, \text{ Н} \quad (4.2)$$



Сурет 4.1 - Сүйреу призмасының массасының және қазу кедергісінің көлденең компонентінің b/B_0 қатынасына тәуелділігі ($\Theta=14^0$; $\alpha_y=23^0$)

Регрессиялық модельдер тұрақты режимде қазу процесінің соңғы кезеңі үшін жарамды. Олар суретте графикалық түрде ұсынылған. 4.2 және 4.3 [190, 562 б.].

Алынған модельдерді талдау сфералық, тәуелділік бағыттарымен және, мүмкін, зерттелетін шамалардың әсері мен ұтымды параметрлерімен салыстырғанда ауыспалы геометриясы бар қайырмамен топырақ материалдарын қазудың жұмыс процесінде бірқатар маңызды айырмашылықтар туралы қорытынды жасауға мүмкіндік береді.

Сфералық қайырманы эксперименттік зерттеу нәтижелері шекті жинақтау қабілетіне қол жеткізуге байланысты 23 -тен до 30^0 -ға дейінгі аралықта ауыспалы α_y кезінде қозғалатын сүйреу призмасы массасының өсу қарқынының баяулауын көрсетеді.

Ауыспалы геометриясы бар қайырма үшін орнатылған $m_{\text{пр}}(\alpha_y)$ тәуелділігі күрделі сипатқа ие.

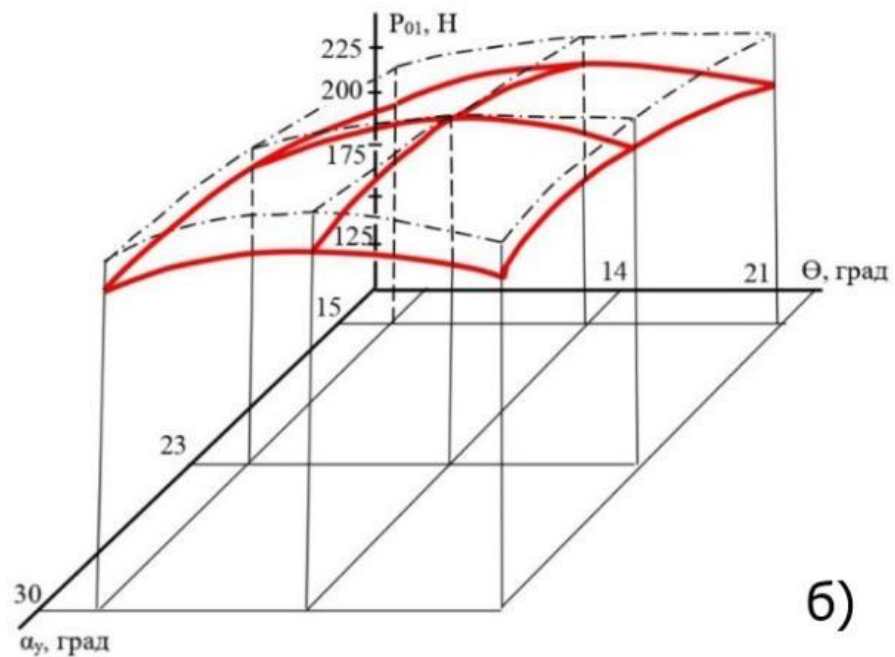
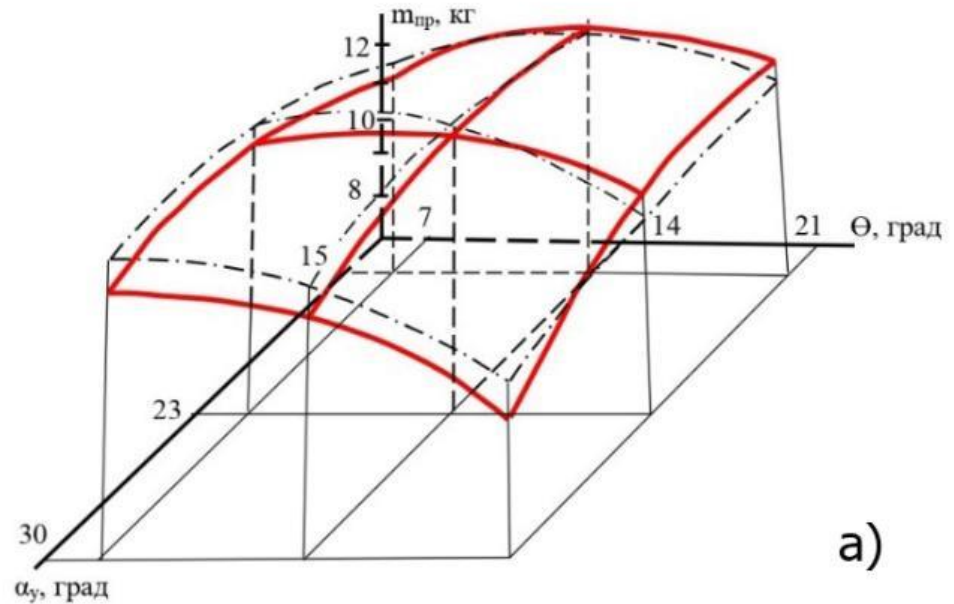
α_y және ағымдағы мәннің жоғарылауымен $\Theta=10...19^0$ қозғалатын сүйреу призмасының массасы $\alpha_y = 22-24^0$ кезінде экстремумға дейін артады.

Қайырманы ұстаудың нақты енінің қысқаруы кейіннен α_y өсуімен байланысты $m_{\text{пр}}$ төмендеуін тудырады.

$m_{\text{пр}}(\Theta)$ тәуелділігі де сәйкесінше өзгереді.

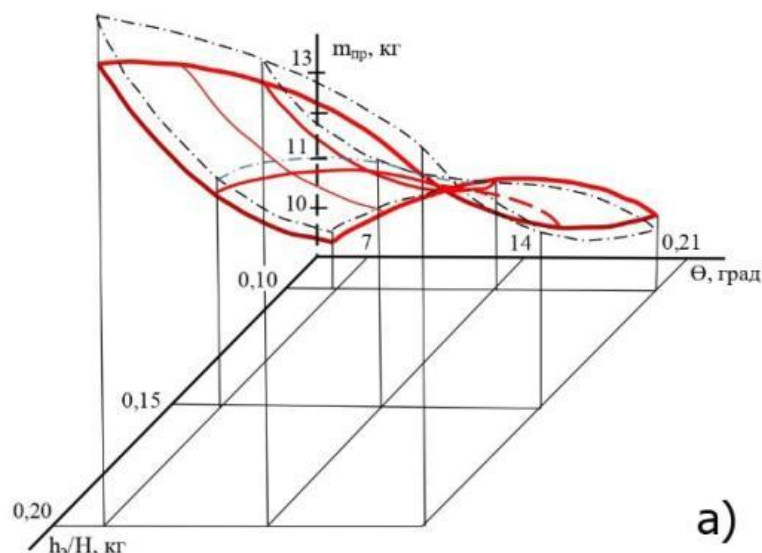
$\Theta=12 - 16^0$ кезінде экстремум мәніне жету топырақтың бүйірлік бөлімдерден бүйірлік роликтерге ауысуының жоғарылауына, сондай-ақ Θ -ның кейінгі ұлғаюымен қозғалатын сүйреу призмасының төмендеуіне әкеледі.

Экстремум нүктелері α_y бұрышының жоғарылауымен Θ бұрышының минималды мәндеріне қарай ығысады, экстремумның өзі онша айқын емес, ал α_y 25 - 30⁰ аралығында өзгеруі Θ өзгеруінің бүкіл диапазонында қозғалатын сүйреу призмасының массасының монотонды төмендеуіне әкеледі.

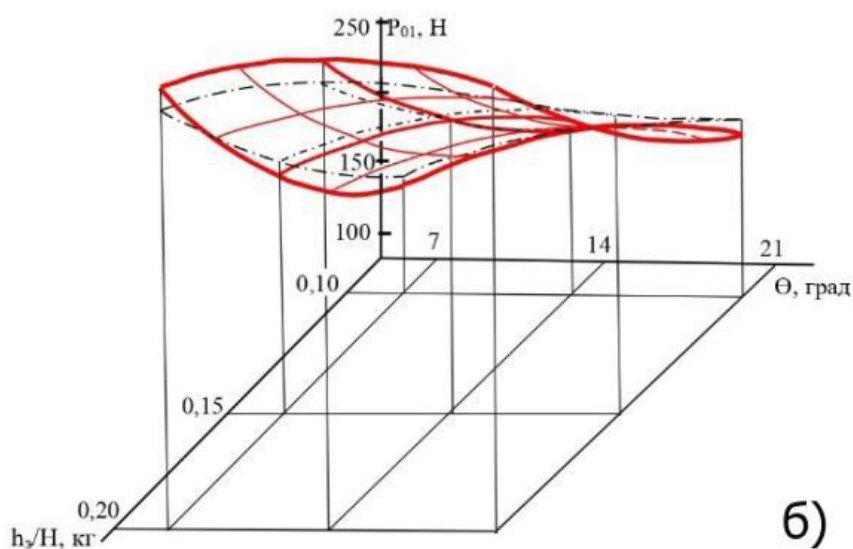


а) сүйреу призмасының массасы; б) казу кедергісінің көлденең компоненті ($h_y/H_0=0,15$).

Сурет 4.2 - Θ және α_y параметрлерінің шамаларға әсері



а)



б)

а) жылжытылатын сүйреу призмасының массасына; б) қазуға төзімділік күштерінің көлденең компонентіне ($\alpha_y = 23^\circ$ кезінде).

Сурет 4.3 - Θ және h_3/H_0 параметрлерінің әсері

Сондай-ақ, ауыспалыгеометриясы бар пышақтың $m_{пр}(h_3/H_0)$ байламы сфералық қайырмаға тәуелділікпен салыстырғанда айырмашылықтарға ие. Бөлек қарау кезінде h_3/H_0 қатынасы жоғарылаған жағдайда $m_{пр}$ жинақталуының артуы тіркелді.

Бұл кескіш пышақтың ерекшелігіне байланысты. Орташа (эквивалентті) қазу тереңдігінің төмен мәндерінде h_3 (сәйкесінше h_3/H_0) ортаңғы бөліктің шығыңқы пышағы кесу кезінде басым әсерге ие, ал кішкене қалыңдықтағы чиптер тиісті бөліктердің бүйір пышақтарымен кесіледі.

Не жоғарылаған сайын бүйірлік жоңқалар h_3 үлкен биіктікке көтеріледі, аз қопсытылады, сондықтан қалыңдығы артуы мүмкін. Бірақ h_3/H_0 байланысының жоғарылауымен топырақ бүйірлік роликтерде қарқынды түрде жоғалатынын атап өткен жөн.

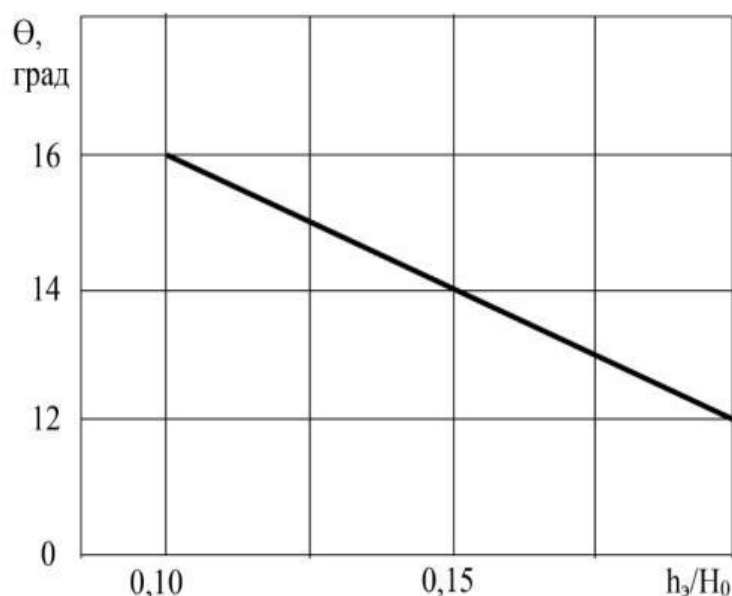
Қазу кедергісінің көлденең компоненті (P_{01}), талдау көрсеткендей, сүйреу призмасының массасы ($m_{пр}$), сияқты (ұқсас) заңдылықтар бойынша өзгереді, бұл P_{01} жалпы кедергісінің қалған бөліктерінің тепе-теңдігінде топырақ сүйреу призмасының кедергісінің басым мәнін растайды, өйткені кесуге төзімділіктің төмендеуімен қатар, ол топырақтың көтерілуіне төзімділікті төмендетеді. үйінді.

$m_{пр}$ және P_{01} өзгеру сипатындағы айтарлықтай айырмашылық Θ және α_y бұрыштарының максималды мәндері саласында бар, мұнда $m_{пр}$ жоғалтудың жоғарылауына байланысты азаяды бүйірлік роликтер P_{01} қазу күшінің сақталуымен.

Экстремумға сүйреу призмасының массасының регрессиялық моделін талдау көрсеткендей, максимум $m_{пр}$ $\alpha_y \approx 23^\circ$ мәндерінде қол жеткізіледі, ал әртүрлі қазу тереңдіктеріндегі жергілікті максимумдарға сәйкес келетін Θ бұрышының мәндері h_y/H_0 қатынасына сызықтық тәуелді болады (4.4-сурет) [190, 563 б.].

Тікелей, қатты сфералық және қайырмамен қазу кезінде алынған нәтижелерді кесілген чиптердің бірдей ауданымен өзгертін геометриямен салыстыру әр түрлі қайырмалармен жинақталған сүйреу призмасының шамаларындағы айтарлықтай айырмашылықтарды көрсетеді. Сонымен қатар, қазу жұмыстары да айтарлықтай ерекшеленеді.

Нәтижелердің салыстырмалылығын қамтамасыз ету мақсатында түзу және ауыспалы геометриясы бар қайырма үшін қазу тереңдігі біріншісі үшін – эксперименталды түрде, екіншісі үшін – тәуелділік бойынша (4.2) $h_y/H_0 = 0,15$ кезінде сфералық қайырманы қазу күшімен теңдік қамтамасыз етілетіндей етіп таңдалды. Салыстырмалы эксперименттің нәтижелері 4.2-кестеде келтірілген.



Сурет 4.4 - Θ бұрышының h_y/H_0 тәуелділігі, $m_{пр} \rightarrow \max$ ($\alpha_y \approx 23^\circ$) шартымен

Кесте 4.2- Түзу, сфералық және қайырманы қазу процесінің көрсеткіштерін $P_{01} \approx \text{const}$ кезінде ауыспалы геометриямен салыстыру

№ р/н	Қайырманың түрі	Көрсеткіштер		
		$m_{пр}, кг$	$h/H_0 (h_3/H_0)$	$H_{01}, Н$
1	Тікелей қайырма	7,0	0,16	166,3
		<u>7,85</u>	<u>0,19</u>	<u>182,7</u>
2	Сфералық қайырма	8,56	0,15	163,8
		<u>9,68</u>		<u>182,7</u>
3	Ауыспалы геометриясы бар қайырма	10,49	0,10	168,2
		<u>11,17</u>	<u>0,11</u>	<u>187,6</u>

Ескерту: барлық қайырмалар үшін $B_0=0,32$ м; $H_0=0,12$ м; алым мен бөлгіште – екі тәжірибенің деректері.

4.2 және 4.3 - суреттерде сүйреу призмасының массасын және қазу кедергісінің көлденең компонентін анықтау бойынша эксперименттердің нәтижелерімен қатар 2.2.1-тармақта (призма көлемін топырақтың орташа тығыздығы 1700 кг/м^3 болатын массаға ауыстырумен) және 2.2.2-тармақта алынған теориялық тәуелділіктер бойынша есептеу нәтижелері келтірілген. Деректерді салыстыру ұсынылған аналитикалық тәуелділіктер алынған эксперименттік нәтижелерді қанағаттанарлықтай сипаттайтынын көрсетеді, алшақтық 8-19% аралығында.

4.2 Ауыспалы геометриясы бар бульдозер қайырмасының негізгі параметрлерін есептеу әдістемесі

Ұсынылған әдіс қайырма параметрлерінің негізгі трактордың құрылымдық параметрлеріне максималды сәйкестігін қамтамасыз ету, технологиялық топырақ жағдайларын өзгертудің кең ауқымында жұмыс істеу мүмкіндігін және ең ықтимал жағдайларда жоғары тиімділікті қамтамасыз ету талаптарына негізделген. Әдістеме жоғарыда (2.2 және 4.1 бөлімдер) белгіленген теориялық және эксперименттік тәуелділіктерге негізделеді, олар топырақты игеру кезінде қайырма параметрлерінің жұмыс процесіне әсерін сипаттайды, сондай-ақ бульдозерлік жұмыстардың басқа түрлеріндегі әртүрлі конструкциялардың қайырмаларының жұмыс процестерінің көрсеткіштерін анықтайтын қолданыстағы тәуелділіктерге негізделеді. Бұл ретте 2.1-бөлімде орнатылған ауыспалы геометриясы бар қайырманың әртүрлі параметрлері арасындағы геометриялық тәуелділіктер пайдаланылады.

Есептеу кезінде бастапқы деректер бульдозермен атқарылатын жұмыстардың түрлері мен ықтималдығы (үлес салмағы), әртүрлі топырақтардың физикалық-механикалық сипаттамалары мен пайда болу ықтималдығы, негізгі трактор мен құрылыс объектілерінің параметрлері болып табылады. Есептеу келесі ретпен жүргізіледі:

1. Бүйір бөлімдер буындарының осьтерінің Θ көлбеу бұрышы есепке алу негізінде қайырманың симметрия жазықтығына қабылданады:

- $\Theta=12-16^0$ мәндерінің ұсынылатын диапазоны, онда максималды шаманың топырақ призмасының жиынтығы қамтамасыз етіледі (формула 4.1, сурет.4.2)

және ең ықтимал топырақтағы максималды техникалық өнімділік (формула 2.36) тиісті қазу кедергісі кезінде (формула 4.2);

- белгіленген тәуелділік (сурет. 4.4) максималды мөлшердегі топырақ призмасын теру шартын сақтай отырып, қазудың орташа тереңдігінен Θ бұрышы h_3 (h_3/H_0 қатынасы);

- белгіленген тәуелділіктер (сурет. 2.4, формулалар 2.2 және 2.3), мысалы, қайырма пышағының шығыңқы ортаңғы бөлігінің шамасы $h_{всн}=Z_A$ және қиғаш бұрыш $\beta_{пер} = \arcsin \alpha_{32}$, бұл берік топырақты тиімді дамытуға мүмкіндік береді;

- $\Theta = 12-21^0$ диапазонында жоғалған топырақтың айтарлықтай өсуі;

- жұмыстың кейбір түрлерінде бүйірлік секциялардың қисаюын өтеу үшін Θ ұлғайған кезде қайырманың кеңейетін шектерде тік орналасу бұрыштарын міндетті түрде реттеу.

Осы ойларды жалпылау $\Theta = 12-16^0$ нақты ұсынуға мүмкіндік береді.

2. $\frac{b}{B_0}$ ортаңғы бөлігінің салыстырмалы ұзындығы таңдалады:

- $\frac{b}{B_0} = 0,375 - 0,45$ мәндерінің ең үлкен мәнін сүйреу топырақ призмасын

теру шарты бойынша ұсынылған, тиісті қазу кедергісі кезінде ең ықтимал топырақ жағдайында жұмыс істеу кезінде ең үлкен техникалық өнімділікті қамтамасыз етеді (сурет. 4.1) (формула 2.36);

- $\frac{b}{B_0}$ қатынасы төмендеген кезде бүйірлік роликтерге ауысатын жоғалған топырақтың төмендеуі .

3. Бүйір бөліктерді алға қарай орналастырудың максималды бұрышы $\alpha_{уmax}$ оның бүйір бөліктердің қисаю бұрышының және ортаңғы бөліктің пышақтың шығыңқы бөлігінің шамасына әсерін ескере отырып қабылданады (сурет. 2.4) (2.2) және (2.3) формулалар бойынша белгіленеді. Осы себептерге байланысты $\alpha_{уmax} = 25-30^0$ ұсынылады.

4 жоспардағы бүйірлік бөлімдерді орнатудың максималды бұрышы артқа $\alpha'_{уmax}$ топырақтың бульдозердің қозғалыс бағытына қарай қалыпты қозғалысын қамтамасыз ету шартымен қабылданады - $\alpha'_{уmax} = 25-30^0$

5. Топырақты игеру кезінде α_y жоспарындағы бүйірлік секцияларды орнату бұрышы (2.36) формула бойынша ең ықтимал топырақ жағдайларында максималды техникалық өнімділікті қамтамасыз ету шарты бойынша алынған $\alpha_y = 18-25^0$ жоғарыда келтірілген ұсынымдарына сәйкес таңдалады, мұндағы $K_k = P_{01}/F_{стр}$ және $q = m_{пр}/\gamma_p$ шамалары тәуелділіктер (4.1) және (4.2) т. б. көмегімен анықталады.

6. Биіктігі H_0 және қайырманың профилінің параметрлері R , ε_0 , α_{po} , ψ_0 , түзу қайырмаларға арналған қолданыстағы нұсқауларға сәйкес орнатылады [212, 213].

7. Зерттелетін қайырманың ұстаудың ең кіші енін орнату екі жағынан базалық машинаның өлшемдерінен 100 мм кем емес қабаттасумен орындалады

$$B_{min} \geq B_{габ} + 0,2$$

8. Тікелей орнатылған қайырмананың ұзындығына сәйкес келетін ұстаудың ең үлкен ені B_0 шартқа сәйкес келеді.

$$B_0 \cdot \cos \alpha_{yT} + (b - H_0 \cdot \operatorname{tg} \Theta) (1 - \cos \alpha_{yT}) \geq B_{\min}$$

қайдан

$$B_0 \geq \frac{B_{\min} - (b - H_0 \cdot \operatorname{tg} \theta)(1 - \cos \alpha_{yT})}{\cos \alpha_{yT}}$$

$\cos \alpha_{yT} \approx \alpha_{yT \max}$ қай жерде қабылданады

9. Бульдозер калибрінің өлшемімен қолданылатын ортаңғы бөліктің шығыңқы пышағының ұзындығын шектеудің сақталуы тексеріледі [3, 4-8б.; 214]:

$$b - H_0 \cdot \operatorname{tg} \Theta \leq 0.4 \cdot B_{\text{габ}}$$

10. Берілген беріктігі шекті топырақты шарттар бойынша игеру мүмкіндігі тексеріледі:

$$\frac{(\psi_{\text{онт}} - f) \cdot G}{F_{\text{стр}}} \geq K_K$$

$$\frac{K_G \cdot G}{b_{\text{стр}}} \geq [\rho]$$

мұндағы $F_{\text{стр}}$ и $b_{\text{стр}}$ - сәйкесінше жер қазу тереңдігінде топырақ призмасын қалыптастыру үшін ең аз қажет болған кезде жоңқалардың ауданы мен ұзындығы.

11. Бірінші жуықтауда қайырмананың массасы сфералық типтегі қайырмаларға ұсынылғанға ұқсас формула бойынша анықталады [165, 20-25б.]:

$$m_{0,AT} = m_{0,TP} \cdot K_L \cdot K_C$$

мұндағы $m_{0,TP}$ -дәстүрлі түзу қайырмананың массасы;

K_L -үлкен кесу периметрі арқылы өзгертін геометриясы бар қайырмананың массасының ұлғаюын ескеретін коэффициент;

K_C -құрылымның күрделілігін арттыру арқылы ауыспалы геометриямен қайырма массасының ұлғаюын ескеретін коэффициент.

Алдын ала есептеулер үшін $K_C = 1,05 \dots 1,10$ алыңыз.

K_L коэффициенті формула бойынша анықталады:

$$K_L = \frac{1 - \frac{b}{B_0}}{\cos \alpha_{yT}} + \frac{b}{B_0}$$

12. Базалық машинаның (бульдозер-терассер) қысым орталығының рұқсат етілген ауытқуы шарттың орындалуына тексеріледі [3, 4-8б.; 10, 500-513б.]:

$$X_c = 0,67 \cdot L_{on}$$

мұндағы X_c -артқы жетекші жұлдызшаның осінен тірекке (шынжыр табанға) барлық қалыпты реакциялардың сызықтарының жалпы туралау нүктесіне дейінгі арақашықтықпен анықталады;

L_{on} -тірек ұзындығы (бульдозер-терассер құртының беті).

Дәстүрлі пішінді қайырманы ауыспалы геометриялық қайырмамен ауыстырған кезде, негізгі машинаның (бульдозер-терассер) қысым орталығының салыстырмалы ауытқуын зерттеуде қолданылған тәуелділіктен анықтауға болады [32, 47-64б.]:

Дәстүрлі қайырманы ауыспалы геометриялық қайырмамен ауыстырған кезде бульдозер қысымының центрінің салыстырмалы мещысуының шамасын шамамен формула бойынша анықтауға болады:

$$\Delta X_c = \frac{m_{o,тр} \left[(K_L \cdot K_c - 1) \left(l_0 + \frac{B_0 - b}{\delta} \sin \alpha_y \right) + \frac{B_0 - b}{\delta} \sin \alpha_y \right]}{m_{o,тр} (K_L \cdot K_c - 1) + m_{\delta,тр}}$$

мұндағы l_0 - дәстүрлі пышақтың масса центрінің координаты;

$m_{\delta,тр}$ - дәстүрлі пішінді қайырмамен негізгі машинаның (бульдозер-терассер) массасы.

13. Бульдозер-терассердің еркін тарту күші мен қазу кедергісін тең деп санай отырып, қазудың меншікті кедергісі және сәйкесінше берілген Топырақтардың әрқайсысы үшін қазу тереңдігі, сондай-ақ бульдозер-терассердің өнімділігі және тартылатын топырақ призмасының көлемі ($K_t = K'_t$, формула 2.36).

14. Белгілі тәуелділіктер бульдозер-терассердің басқа қарастырылған нақты жұмыс түрлеріндегі өнімділігін анықтау үшін қолданылады.

15. Бульдозердің орташа сағаттық өнімділігі әрқайсысының берілген меншікті салмағы бойынша ол орындайтын барлық жұмыстарда анықталады.

16. Қайырманың маңызды сипаттамаларын өзгертілетін геометриямен біріктірудің мүмкін нұсқаларын техникалық-экономикалық салыстыру негізінде түпкілікті таңдау жасалады.

4-бөлім бойынша қорытынды

1 Ауыспалы геометриясы бар қайырмалармен топырақты қазудың жұмыс процесін теориялық және эксперименттік зерттеулерге жүргізілген талдау алынған сүйреу призмасының көлемін азайтпай, сфералық типтегі қайырма секциялары бойынша қозғалатын орта және бүйірлік топырақ ағындарының өзара әрекеттесуін азайту тұрғысынан таңдалған дизайнның перспективасын растады.

2. Эксперименттік зерттеулер жинақталған топырақ призмасының көлемін анықтаудың аналитикалық тәуелділіктерін, сондай-ақ ауыспалы геометриясы бар қайырмамен кесуге және қазуға көлденең қарсылық компоненттерін анықтау кезінде қабылданған болжамдардың дұрыстығын растады.

Жинақталған сүйреу призмасының көлемін зерттеу кезінде эксперименттік зерттеулер нәтижелерінің теориялық есептеулермен алшақтығы 15% шегінде, ал қазу күшіне төзімділіктің көлденең компоненттерін зерттеу кезінде 8-19% диапазонында болады.

3. Бульдозердің өнімділігін есептеу нәтижелерін дәстүрлі түзу және сфералық қайырмалармен қолда бар эксперименттік деректермен салыстыруды зерттелетін екі жұмыс органы үшін де 6-7% шегіне жететін тереңдету операцияларының уақытын есепке алу кезінде біршама алшақтық байқалды, ал тереңдету уақыты ескерілмеген кезде алшақтық түзу үшін 9,6% - ға және сфералық қайырмалар үшін берік топырақ үшін 29% - ға дейін өсті, алайда ол берік топырақта жұмыс істеу кезінде одан да көп болуы мүмкін.

4. Ауыспалы геометриясы бар қайырманың үшін зерттелетін қайырманың геометриялық параметрлеріне байланысты - b/V_0 , Θ және α_y , сондай-ақ h_3/H_0 қатынасына байланысты алынған топырақ сүйреу призмасының массасының $m_{пр}$ өзгеру заңдылықтары орнатылған.

0,625-0375 диапазонында b/V_0 төмендеуі қалған факторлардың мәндеріне байланысты $m_{пр}$ 6-31% - ға ұлғаюымен қатар жүреді. $m_{пр}$ -дің Θ және α_y тәуелділігі экстремалды сипатқа ие, ал максимумға h мәніне байланысты қол жеткізіледі h_3/H_0 , $\alpha_y=22-24^0$ және $\Theta =12-16^0$. Максималды $m_{пр}$ жететін мәндерден кейін Θ және α_y бір мезгілде жоғарылағанда, оның күрт төмендеуі бүйірлік роликтердегі шығындардың жоғарылауына байланысты болады. Сфералық типтегі қайырманың айырмашылығы, h_3/H_0 қатынасының жоғарылауымен $m_{пр}$ өсу қарқындылығының өсуі анықталды.

5. P_{01} өзгеру заңдылығын талдау қайырманың алдындағы топырақ призмасы мөлшерінің кедергісіне басым әсерін көрсетеді, нәтижесінде ол бірдей параметрлерден $m_{пр}$ өзгеру заңдылығын қайталайды. Ортаңғы бөліктің пышақтың шығатын бөлігін ұзарту кезінде кесуге төзімділік айтарлықтай артатын Θ және α_y үлкен мәндер саласында айтарлықтай айырмашылық байқалады.

6. Әр түрлі кесу тереңдігі үшін қазуға төзімділік күшінің мәні бірдей болған кезде түзу және сфералық қайырмалармен салыстырғанда ауыспалы геометриясы бар қайырманы сүйреу жинақталған призмасының массасы тиісінше түзу және сфералық қайырмалар призмасының массасынан 1,5 және 1,15 есе асады.

7. Теориялық және эксперименттік зерттеулердің нәтижелерін талдау диапазондарды қазу кезінде ауыспалы геометриясы бар қайырма параметрлерінің ұтымды мәндерін ұсынуға мүмкіндік береді:

$$b/V_0 = 0,375 - 0,45;$$

$$\Theta = 12-16^0;$$

$$\alpha_y = 18-25^0;$$

$\alpha_{\text{ymax}} = 30^0$ -пышақты берік топыраққа көму кезінде.

8. Ауыспалы геометриясы бар қайырманьң негізгі параметрлерін анықтаудың ұсынылған әдістемесі оларды қайырманьң әмбебап мақсатын, жүргізілген зерттеулердiң нәтижелерін, параметрлер арасындағы геометриялық тәуелділіктерді және әртүрлі функционалдық шектеулерді ескере отырып таңдауға мүмкіндік береді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Диссертация ауыспалы геометриясы бар қайырмамен жабдықталған бульдозер-террасерлердің дизайны мен ұтымды жұмысының параметрлерін негіздейді, бұл сөзсіз жол құрылысында жер жұмыстарын орындау кезіндегі өзекті мәселелердің бірі болды.

Нәтижесінде жүргізілген теориялық және оларды растайтын практикалық ғылыми зерттеулердің нәтижелерінен келесі тұжырымдар шығады:

1. Орындалған жұмыстарды, бульдозерлерді пайдалану шарттарын және олардың жұмыс органдарына, атап айтқанда, қайырмаларға қойылатын талаптарды талдау базалық өнеркәсіптік тракторлардың қымбаттауына байланысты барлық, ең көп таралған технологиялық жағдайларда және әртүрлі топырақтарда жоғары өнімділікті қамтамасыз ететін әмбебап мақсаттағы жаңа қайырмаларды құру қажеттілігін, бульдозерлердің тоқтап қалуын және олардың санын азайтуға мүмкіндік берді олардың өзгерістері.

2. Айналмалы топсалардың осьаралық қашықтығына, бульдозердің тік (көлденең және бойлық) жазықтықтарына қатысты олардың көлбеу бұрыштарына және бүйірлік бөлімдердің тәуелсіз айналу бұрышына байланысты ауыспалы геометриясы бар жаңа қайырманың геометриялық параметрлерін есептеу әдістемесі жасалды.

Орындалған есептеулер осьтердің орналасуын анықтайтын параметрлердің рұқсат етілген мәндері шегінде ортаңғы пышақтың шығынқы бөлігі және бүйірлік бөлімдерді бұру кезінде пайда болатын бүйір пышақтардың қисаюы ШОП-пен түзу жүздегідей тік және арынды меншікті күштердің шоғырлануын және $C_{уд} = 35$ -ке дейінгі беріктігі бар топырақты 10 класс тракторларына әзірлеудің бірдей мүмкіндігін қамтамасыз ете алатындығы анықталды. Есептеулер сонымен қатар бойлық тік жазықтыққа қатысты осьтердің көлбеуін 21^0 дейін арттыру сфералық қайырмамен салыстырғанда бүйірлік секциялармен қазу кедергісінің ортаңғы қабатын қысатын компоненттерін 1,4 есеге дейін төмендетуге мүмкіндік беретіндігін анықталды.

3. Алға қарай орнатылған бүйірлік бөлімдері бар пышақ үшін сүйреу призмасының көлемі мен биіктігінің теориялық тәуелділігі анықталды, оның көмегімен бульдозердің өнімділігін есептеу және анықтау кезінде қайырманың қарастырылған геометриялық сипаттамаларының рөлі мен мәнін, қазу тереңдігін және топырақтың физика-механикалық қасиеттерін бағалауға болады, сонымен қатар қозғалатын топырақтың бүкіл көлемін анықтауға болады.

4. Кеңейіп келе жатқан ортаңғы секция бойынша топырақтың көтерілуіне төзімділіктің аналитикалық тәуелділіктері және алға қарай қиғаш орнатылған бүйірлік секциялары бар ауыспалы геометриясы бар пышақпен қазу кедергісінің көлденең құрамдас бөлігі әзірленді, бұл қайырманың негізгі геометриялық параметрлерінің, топырақтың физика-механикалық қасиеттерінің және қазу тереңдігінің әсерін бағалауға және бульдозердің өнімділігін тарту және есептеу кезінде қазу кедергісін анықтауға мүмкіндік береді.

5. Жүргізілген эксперименттік зерттеулердің нәтижесінде ауыспалы геометриясы бар қайырманың негізгі параметрлерінің (ортаңғы бөліктің ұзындығы, бүйір бөліктердің айналмалы буындарының көлбеу бұрышы немесе қисаюы бойлық тік жазықтыққа қатысты, бүйірлік бөліктердің көлбеу бұрышы ортаңғы бөлікпен салыстырғанда) және қазудың орташа алынған тереңдігінің жинақталған сүйреу призмасының көлемдік массасына және қазу кедергісінің көлденең компонентінің шамасына әсері анықталды.

Эксперименттік зерттеулердің нәтижелері аналитикалық жолмен алынған теориялық тәуелділіктердің дұрыстығын растады, сондай-ақ ауыспалы геометриясы бар қайырмамен топырақты қазудың тиімділігін растады. Қазудың бірдей күшімен ол орташа саздақта (байланыстырылған топырақта) тартатын топырақ призмасының массасы сфералық және түзу қайырмаларда жиналатын сүйреу призмаларынан сәйкесінше 1,15 және 1,5 есе асып түсуі мүмкін екендігі расталды.

6. Топырақтың белгілі бір моделінде алынған ұтымды тарту-жылдамдық режимі мен пышақты тереңдету уақытын ескере отырып, нақтыланған формула алынды, оған сәйкес топырақты қазу кезінде бульдозердің техникалық өнімділігін жоғары сенімділікпен табуға болады.

Қайырманың кесу жиегіндегі тік қысымның арақатынасы мен топырақтың шекті көтергіштігінің өнімділікке әсерін сипаттайтын аналитикалық тәуелділік алынды. Формула бойынша есептеу нәтижелері МАЖИ мен Д.Серікбаев атындағы ШҚТУ – де әртүрлі қайырмалары бар-түзу, сфералық және ауыспалы геометриясы бар бульдозерлердің өнімділігіне жүргізілген салыстырмалы сынақтармен расталды. Нақтыланған формула бульдозерлердің жұмыс процестерінің тиімділік көрсеткіштерін анықтауға, оның ішінде ауыспалы геометриямен жасалған қайырманы анықтауға неғұрлым негізделген көзқараспен қарауға мүмкіндік береді.

7. Жүргізілген зерттеулердің нәтижесінде алынған эксперименттік және теориялық тәуелділіктер функционалдық шектеулерді ескере отырып, ауыспалы геометриямен қайырманың негізгі параметрлерін анықтау әдістемесін жасауға мүмкіндік берді. Негізгі параметрлердің рационалды мәндерінің аймақтары $b/B_0 = 0,375 - 0,45$; $\Theta = 12-16^0$; $\alpha_y = 18-25^0$ қазу кезінде $\alpha_{y\max}=30^0$ анықталды.

8. Бір құрылыс объектісіндегі орташа жұмыс көлемінің төмендеуімен ауыспалы геометриясы бар бульдозерді қолдану кезінде экономикалық тиімділік арта түсетіні анықталды. Т-130 тракторының базасындағы 10 класс бульдозері үшін бір объектідегі жұмыстардың орташа көлемі кезінде ауыспалы геометриясы бар бір қайырманы қолданудан кемінде 22200 теңге болатын жылдық экономикалық нәтиже алуға болады.

Диссертация тақырыбы бойынша №7055 пайдалы модельге патент алынды (29.04.2022, бюл. №17 жарияланды) «Бульдозер-террасер жабдығы», авторлары Аукенова Б.К., Раденков Р.Л., Савельев А.Г., Кумыкова Т.М., Дудкин М.В., Құрманғалиев Т.Б. сондай-ақ ҚР №34084 «Бульдозер-террасер» өнертабысына патент алынды (27.12.2019, бюл. № 52 жарияланды), диссертациялық зерттеу

тақырыбының ғылыми жаңалығы мен практикалық пайдалылығын растайтын авторлар Б.К.Аукенова, Ж.Н. Қадыров, А.В. Кочетков, М.В. Дудкин.

Әрі қарайғы зерттеулердің бағыты.

Ауыспалы геометриясы бар қайырманың қолданудың тиімділігі жұмыс жағдайларына сәйкес таңдаудың жеделдігі мен дәлдігіне, бірқатар параметрлердің мәндеріне байланысты – қайырманың көлбеу бұрышы (оның ортаңғы бөлімі), бүйірлік бөліктердің айналу бұрышы, кесу тереңдігі және бульдозердің жұмыс жылдамдығы. Басқарылатын параметрлердің едәуір саны және олардың сипатындағы айырмашылықтар әр түрлі операциялардың тиімділігіне және әр түрлі топырақ жағдайында, егер жедел басқару қажет болса, машинистке үлкен жүктеме тудырады. Бұл ретте конструкцияның әлеуетті мүмкіндіктерін іске асыру мүмкін емес. Әрі қарайғы зерттеулердің өзекті мәселесі пайдалану жағдайларына байланысты тиісті параметрлердің оңтайлы мәндерін жедел таңдауды автоматтандыру болып табылады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Сурашов Н. Т. Научные основы создания перспективных рабочих органов землеройно-транспортных машин. - Алматы: КазГАСА, 2004. - 263 с.
- 2 Хмара Л.А. Анализ главных направлений совершенствования рабочего оборудования бульдозеров // Строительные и дорожные машины. - 2005. - № 2. - С.8–14.
- 3 Хмара Л.А., Крекнин К.А. Формирование конструкций бульдозерных отвалов с боковыми секциями. Техніка будівництва. - Днепропетровск: ПГАСА. – 2010. – №24. - С. 4-8.
- 4 Кабашев Р. А. Дорожные и строительные машины: абразивный износ рабочих органов землеройных машин. - Алматы: Ғалым, 1997. - 434 с.
- 5 Баловнев В.И. Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин. - М.: Машиностроение, 1994.- 432 с.
- 6 Тракторные моторы, марки, дизели. Тракторные двигатели российского производства. – Челябинск: Техтрон. - 2016. – 4 с. https://textron-zapchasti.ru/blog/reviews/obzor_populyarnykh_traktornykh_dvigatelye_v_rossii_pro_dolzhenie/. 11.09.2023.
- 7 Тургумбаев С.Дж., Кабашев Р.А. Результаты экспериментальных исследований процесса копания грунтов модернизированным рабочим органом под гидростатическим давлением // Вестник СибАДИ. - Омск: СибАДИ, 2017. - № 2 (54). - С.36–42.
- 8 Кабашев Р.А., Сурашов Н.Т., Гудович М.И. Анализ и оценка перспективных конструкций рабочих органов землеройно-транспортных машин // Механизация и автоматизация земляных работ. Сборник отчетов. КИСИ. - 1991. - С. 24–27.
- 9 Жаворонков А.В. Развитие землеройно-транспортной и дорожной техники // Строительные и дорожные машины. - 2001. - № 8. - С. 13-15.
- 10 Сурашов Н.Т., Асматулаев Р.Б., Толымбек Д.Н. Определение оптимальных конструктивных параметров отвала бульдозера // Вестник СибАДИ. – Омск: СибАДИ. – 2022. – Т. 19, №4. - С. 500-513.
- 11 Курилов Е.В., Трошин Д.И. Повышение эффективности бульдозерных отвалов. Строительные и дорожные машины. – М., 2014. – С. 9-12.
- 12 Почему бульдозер KOMATSU D-555 не пошел в серию? Портал о спецтехнике. - 2010. <https://forum.exkavator.ru/showthread.php?p=104671>. 11.09.2023.
- 13 Хмара Л.А. Басий В.В., Деревянчук М. И., Максюк Ю. А. Исследование накопительной способности отвала бульдозера с боковыми ограничивающими элементами // Вестник Харьковского национального автомобильного дорожного университета. - Харьков: ХНАДУ. - 2005. - № 2. - С. 80–84.
- 14 Сурашов Н.Т., Асматулаев Р.Б., Толымбек Д.Н. Определение рациональной формы отвала бульдозера с учетом грунтового фона Республики

Казахстан // Вестник СибАДИ. – Омск: СибАДИ. – 2021. – Т. 18, №6. – С. 662-677.

15 Курилов Е.В., Трошин Д.И. Транспортирующие свойства отвала бульдозера // Механизация строительства. - 2013. - № 12. - С. 59–61.

16 J. Selech, D. Ulbrich, K. Włodarczyk, Ż. Staszak, J. Marcinkiewicz, D. Romek, B. Baran. A working design of a bulldozer blade as additional equipment of a compaction drum roller. MMS 2018. MATEC Web of Conferences 254, 2019. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201925404005>.

17 Caterpillar. Бульдозеры Большой Мощности Cat D11/D11CD. https://www.cat.com/ru_RU/products/new/equipment/dozers/large-dozers /15969853.html. 11.09.2023.

18 Квагинидзе В.С., Козовой Г.И., Чакветадзе Ф.А., Антонов Ю.А., Корецкий В.Б. Бульдозеры на карьерах. Конструкции, эксплуатация, расчет: Учебное пособие. - М.: «Горная книга», 2011. - 396 с.

19 Раммер С. Самый большой бульдозер в мире KOMATSU D575A-3 SD. «Промышленные страницы Сибири». - 2014. - №4 (88). <https://www.epps.ru/journal/detail.php?id=1184>. 11.09.2023.

20 Н.Фудзита. Современное состояние и тенденции развития бульдозеров // Кэнсецу кикай. 1986. №9 (258). - С. 57 - 61. Пер. с японского.

21 Zinke H.-P.: Bergbauma-schinen im Einsatz – Erdbewegungsmaschinen im diskontinuierlichen Tagebaubetrieb; Berlin, epubli, 2. Auflage, 2018; ISBN 978-3746714639.

22 Цинке Х.-П. Бульдозеры: разновидности приводов и их влияние на эксплуатационные характеристики. «Основные средства». - М. <https://os1.ru/article/26744-buldozery-raznovidnosti-privodov-i-ih-vliyanie-na-ekspluatatsionnye-harakteristiki> 11.09.2023..

23 Скрыпников А.В., Кондрашова Е.В., Скворцова Т.В., Токарев Д.Е., Лобанов Ю.В. Анализ тягово-динамических качеств тракторов // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 4. <https://science-education.ru/ru/article/view?id=9803>. 11.09.2023..

24 Троицкий С.Н. Основное о бульдозерах. Отвалы бульдозеров. Журнал «Карьерная и горная техника». 30.10.2007. - 16 с. https://exkavator.ru/mining/news/inf_news/135759_osnovnoe_o_buldozerah_otvali_buldozerov.html. 11.09.2023.

25 Карасев Г.Н., Доценко А.И., Кустарев Г.В. "Машины для земляных работ". – М.: Бастет. – 2012. - 688 с.

26 Машины для земляных работ: конструкция, расчет, потребительские свойства: в 2 кн. Кн. 1. Экскаваторы и землеройно-транспортные машины: учеб. пособие для вузов /В.И.Баловнев, С.Н.Глаголев, Р.Г.Данилов и др.; под ред. В.И.Баловнева. - 2-е изд., стер. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. - 401 с.

27 Недорезов И.А. Машины строительного производства: Учеб. пособие / И.А.Недорезов, А.Г.Савельев. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2010. – 119 с.

- 28 Недорезов И.А. Интенсификация рабочих процессов землеройно-транспортных машин и совершенствование их рабочих органов // Исследование машин для земляных работ: Сб. научн. тр. / ВНИИТрансстрой. - М.: Транспорт, 1984. - 134 с.
- 29 Шестопапов К.К. Машины для земляных работ: учебн. Пособие. – М.: МАДИ, 2011. – 145 с.
- 30 Берестов Е.И. Сопротивление грунтов резанию: монография / Е.И. Берестов А.П. Смоляр. - Могилёв: Беларус. - Рос. ун-т, 2008. - 179 с.
- 31 Тарасов В.Н. Механика копания грунтов, основанная на теории предельных касательных напряжений/ В.Н. Тарасов, М.В. Коваленко // Строительные и дорожные машины. - 2003. - №7. - С.38-43.
- 32 Козликин В.И. Исследование процессов копания и транспортировки грунта бульдозерными отвалами сферического типа. Дис. канд. техн. наук. - М., 1980. - 196 с.
- 33 Государственные элементные сметные нормы на строительные работы ГЭСН-2001 (ГЭСН 81-02-01-2001). Сборник №1. Земляные работы. Гос.комитет РФ по строительству ЖKK (Госстрой России). – М., 2001. – 204 с.
- 34 Кудайбергенов, Р.К. Горные, транспортные, стационарные машины открытых работ: учебн. пособие / Р. Кудайбергенов. - Алматы: Бастау, 2016. – 279 с.
- 35 Caterpillar performance handbook 69. - Illinois, 2020. - 654 p.
- 36 Komatsu sales mates - Tokyo, 2018. - 1515 p.
- 37 Брошюра фирмы САТ (Caterpillar). – 2023. https://www.cat.com/ru_RU/products/new/equipment/dozers/wheel-dozers/1000032502.html#). 11.09.2023.
- 38 Бульдозеры и рыхлители/ Б.З.Захарчук, В.Д.Телушкин, Г.А.Шлойдо, А.А.Яркин. -М.: Машиностроение, 1987. – 240 с.
- 39 Дорожно-строительные машины и комплексы / В.И.Баловнев, Г.В.Кустарев, Е.С.Локшин и др.; под ред. В.И.Баловнева. – М.-Омск: Изд-во СибАДИ, 2001. - 528 с.
- 40 Баловнев В.И. Определение параметров и выбор землеройных машин / В.И.Баловнев. – М. - Омск: ЗАО «Полиграф», 2010. - 224 с.
- 41 Баловнев В.И. Многоцелевые дорожно-строительные и технологические машины / В.И.Баловнев. - Омск - Москва: ОАО «Омский дом печати», 2006. - 320 с.
- 42 Карасев Г.Н. Определение силы резания грунта с учетом упругих деформаций при разрушении / Г.Н. Карасев // Строительные и дорожные машины. - 2008. - №4. - С. 36-42.
- 43 Завьялов А.М. Экспериментальные исследования процесса копания грунта неповоротным отвалом бульдозера / А.М.Завьялов, Т.Е.Болдовская // Строительные и дорожные машины. - 2007. - №6. - С34-36.
- 44 ГОСТ 30416-2020. Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения. Межгосударственный стандарт. – МГС, 2021. – 15 с.

- 45 ГОСТ 5180-2015. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. Межгосударственный стандарт. – МГС, 2019. – 20 с.
- 46 Crawler Dozers Specs and Charts. Top Manufacturers with Specs for Crawler Dozers. <https://www.constructionequipmentguide.com/charts/crawler-dozers> 11.09.2023.
- 47 Kevin Forestell. The Dozer: Everything You Need To Know. 26.12.2022. <https://dozr.com/blog/dozer>. 11.09.2023.
- 48 Tim Forestell. The Ultimate Dozer Spec Guide and Size Chart. 16.01.2023. <https://dozr.com/blog/dozer-spec-guide-and-size-chart>. 11.09.2023.
- 49 Dozers / Bulldozers / Crawler Dozers | Cat | Caterpillar. Equipment type. https://www.cat.com/en_US/products/new/equipment/dozers.html. 11.09.2023.
- 50 Классификация бульдозерных отвалов. <https://paxleva.wordpress.com/2016/04/16/klassifikaciya-buldozernyh-otvalov/> 11.09.2023.
- 51 Троицкий С.Н. Основное о бульдозерах. Отвалы бульдозеров. Журнал «Карьерная и горная техника». https://exkavator.ru/mining/news/info_news/135759_osnovnoe_o_buldozerah_otvali_buldozerov.html. 11.09.2023.
- 52 Dressta Dozers. Construction + Forestry + Material Handling + Quarry & Mining + Rental. <https://www.onetrak.com.au/construction-equipment-categories/crawler-dozers>. 11.09.2023.
- 53 Cat® Large Dozers. Move with more experience. <https://s7d2.scene7.com/is/content/Caterpillar/C10279438>. 11.09.2023.
- 54 The CAT®D6. Renowned performance, lower operating cost. D6 Track-type tractor. <https://s7d2.scene7.com/is/content/Caterpillar/CM20181205-33154-54463>. 11.09.2023.
- 55 Inventor Armington A.P. Tilting device for bulldozer blade. United States Patent Office. US Patent 2,837,845 10.06.1958. – 5 p. <https://patentimages.storage.googleapis.com/8a/38/06/cb9063ee1d9598/US2837845.pdf>. 11.09.2023.
- 56 US Patent 3,662,841 Lloyd A. Molby; Lloyd L. Magown; Larry, T. Steiner, all of Longview, Tex. Mounting of Dozer Blades. 16.05.1972. – 6 p. <https://patentimages.storage.googleapis.com/d6/fb/c9/b8f60c40bd39dc/US3662841.pdf>. 11.09.2023.
- 57 Caterpillar D5G. Track-type Tractors – designed for all of your construction needs. <https://www.bossmachinery.nl/en/vehicles/Dozer/2067/caterpillar-d5g>. 11.09.2023.
- 58 Бульдозерные отвалы и их применение. Zeppelin-cat. 2020. <https://www.zeppelin.ru/o-kompanii/blog/resheniya/obzor-buldozernyh-otvalov/>. 11.09.2023.
- 59 Исследование и разработка рекомендаций по совершенствованию конструкций бульдозеров на базе анализа показателей надежности в эксплуатации: Отчет о НИР/МАДИ; Руководитель Г.Н.Карасев; №ГР75025167; Инв.№ Б498079. - М., 1975. - 154 с.
- 60 D6/D6 XE Track-Type Tractors. Technical Specifications. – 2023. – 18 p. <https://www.hawthornecat.com/wp-content/uploads/2021/03/Technical-Specs-D6-and-D6-XE-Dozers.pdf>. 11.09.2023.

61 U.S. patent № 3,638,736 was granted by the patent office on 1972-02-01 for corner bit structure. This patent grant is currently assigned to Esco Corporation. Invention is credited to Frederick C. Hahn. – 5 p. <https://patentimages.storage.googleapis.com/b5/5d/e6/1e569f73700b3f/US3638736.pdf>. 11.09.2023.

62 United States Patent 4,055,223. Corner tooth assembly for an earthmoving implement having a hollow rearward portion. Inventors: Thomas P. Casey, Burlington, Iowa; Howard A. Hansen, Mossville; Gene R. Klett, Joliet; James A. Olthoff, South Holland, all of Ill. October 25, 1977. – 5 p. <https://patentimages.storage.googleapis.com/b5/2a/86/c71689f76f9ed4/US4055223.pdf>. 11.09.2023.

63 Лукашук, О.А. Машины для разработки грунтов. Проектирование и расчет: учебное пособие / О.А. Лукашук, А.П. Комиссаров, К.Ю. Летнев. - Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018. - 128 с.

64 Cohrs H. Erdbaumaschinen // Bd. Baumaschinendienst. 1984. vol. 20. №: 2. S. 58 - 60.

65 U.S. patent № 3,038,267. Bulldozer for heavy duty and ripping operations. E. L. Helton et al. June 12, 1962. – 4 p. <https://patentimages.storage.googleapis.com/cd/fb/61/ff294b6e5ea99b/US3038267.pdf>. 11.09.2023.

66 U.S. patent № 3,857,447. U.S. Cl 172/777, 172/802, int. Cl E02f 3/12. Bulldozer blade with vibrating ripper shank. Inventors: Ronald E. Adams, Dubuque, Iowa; Eugene M. Wilson, Joliet, Ill. Dec. 31, 1974. – 5 p. <https://patentimages.storage.googleapis.com/cc/0c/d2/15cdfae0ac83e1/US3857447.pdf>. 11.09.2023.

67 Caterpillar. Large Dozers D9. Overview – 2023. https://www.cat.com/en_US/products/new/equipment/dozers/large-dozers /10426 0.html. 11.09.2023.

68 Ермилов А.Б. Совершенствование конструкций и внедрение бульдозерных отвалов с выступающим средним ножом // Интенсификация рабочих процессов дорожных машин: Сб. науч.тр./ МАДИ. - М., 1981. - С. 91-97.

69 Баловнев В.И., Хмара Л.А. Интенсификация земляных работ в дорожном строительстве. - М.: Транспорт, 1983. - 183 с.

70 Баловнев В.И., Бакатин Ю.П., Ермилов А.Б., Шехватов Н.Т., Кудайбергенов Р.К., Рубайлов А.В., Разин А.Ф., Кошкаров А.Ф., Юпатов Э.В. Рабочий орган бульдозера, авт. свид. СССР № 775242. E02F 3/76, опубл. 30.10.1980, бюл. №40. – 3 с.

71 Баловнев В.И., Дворковой В.Я., Зайнетдинов Ф.И., Яковлев Б.Н., Захарянц Г.А., Бармаш М.А., Дынчик И.Г. Рабочий орган бульдозера, авт. свид. №366252. Кл. E02F 3/76, опубл. 16.01.1973, бюл. №7. – 3 с.

72 United States Patent №3559749. Max D. Fryrear; Eugene M. Wilson, Joliet, Ill. U.S. Cl 1721802, int.Cl E02f 3/76, Feb. 2, 1971. - 4 p. <https://patentimages.storage.googleapis.com/7d/28/6b/478cf081e77194/US3559749.pdf>. 12.09.2023

73 Delwia E. Cobb and Lloyd K. Heinold, Peoria, I., as signors to Caterpillar Tractor Co., Peoria, E., a corporation of California. Bulldozer with adjustable stinger bit. United States Patent 3,238,648. Cl. 37-144. March 8, 1966. – 5 p. <https://patentimages.storage.googleapis.com/69/d3/16/05206c31e27a1f/US3238648.pdf>. 12.09.2023.

74 US 2726463 Patented Dec. 13, 1955. Ditching Attachment for Dozer Blades. Edgar A. Rogers, Mesa County, Colo. Application January 14, 1952, Serial No. 266,286. 3 Claims. (Cl. 37-98). – 3 p. <https://patentimages.storage.googleapis.com/31/9a/97/5d21b43e5f5095/US2726463.pdf>. 12.09.2023.

75 Баловнев В.И., Дворковой В.Я., Растегаев И.К., Ермилов А.Б., Зайнетдинов Ф.И., Тарханов В.А., Березин В.С. Рабочий орган бульдозера, авт. свид. №458637. Кл. E02F 3/76, опубл. 30.01.1975, бюл. №4. – 3 с.

76 Ольховиков В.А., Апокин В.И., Любченко И.Д., Баловнев В.И., Дворковой В.Я. Рабочий орган бульдозера, авт. свид. №514066. Кл. E02F 3/76, опубл. 15.05.1976, бюл. №18. – 3 с.

77 Баловнев В.И., Ермилов А.Б., Кулешов Г.В., Рубайлов А.В., Тарашкевич М.В., Герасименко Б.П., Кумуков В.И., Чувилев Ю.И., Хмара Л.А., Карташов С.П. Рабочий орган бульдозера, авт. свид. №635179. Кл. E02F 3/76, опубл. 30.11.1978, бюл. №44. – 3 с.

78 Баловнев В.И., Мелашич В.В., Хмара Л.А., Зайнетдинов Ф.И. Бульдозерное оборудование, авт. свид. №823507. Кл. E02F 3/76, опубл. 23.04.1981, бюл. №15. – 4 с.

79 Баловнев В.И., Балакло В.Н., Татаринов Л.Д., Мелашич В.В., Кравцов Э.А., Мирсадыков М.А. Бульдозерное оборудование, авт. свид. №891854. Кл. E02F 3/76, опубл. 23.12.1981, бюл. №47. – 5 с.

80 Котов В.В. Обоснование параметров и область применения неповоротного отвала бульдозера с гидроуправляемым челюстным захватом. Дисс. на соискание уч. степени к.т.н. 05.05.04 – Дорожные и строительные машины. М.: НИИ Транспортного Строительства, 1993. – 130 с.

81 Зеленин А.Н., Карасев Г.Н., Красильников Л.В. Лабораторный практикум по резанию грунтов. - М.: Высшая школа, 1979. - 310 с.

82 US Patent 4369847A. Jan. 25, 1983. Blade Assembly. Wataru Mizunuma, Sagamihara, Japan. Mitsubishi Jukogyo Kabushiki Kaisha, Tokyo, Japan. Appl. No. 215,926 Filed. Dec. 12, 1980. Int. Cl. E02F 3/76, US Cl. 172/815. – 4 p. <https://www.freepatentsonline.com/4369847.pdf>. 12.09.2023.

83 US Patent 2777219A. Jan. 15., 1957. R.J. Brant, San Rafael, Calif. Trenching Machine. Filed April 24, 1953. Application April 24, 1953, Serial No. 350,911 5 Claims. (Cl. 37-86). – 8 p. <https://patentimages.storage.googleapis.com/52/94/34/f6640390b80033/US2777219.pdf>. 12.09.2023.

84 US 3477151 Patented Nov. 11, 1969. Snowplow. Robert C. Zanella, 67 Western Ave., Sherborn, Mass. 01770. Filed July 6, 12965, Ser. No. 469,398. Int. Cl. E01h 5/06; E02f 3/76. US Cl. 37-42. 15 Claims. – 6 p.

<https://patentimages.storage.googleapis.com/18/c5/86/394e973d6c8853/US3477151.pdf>. 12.09.2023.

85 US 4135583 Patented Jan. 23, 1979. Bulldozer Blade. Clarence A. Becker, Box 249, Chase, B.C., Canada, VOX 2W0. Appl. No.: 784.349. – 5 p. <https://patentimages.storage.googleapis.com/cb/94/da/2378f376f2ae69/US4135583.pdf>. 12.09.2023.

86 US 1976597 Patented Oct. 9, 1934. Tractor Propelled Implement. Len. O. Bird, Glendale, Calif, assignor to W.L. Adams, Rexburg, Idaho. Application August 8, 1933, Serial No. 684,215. 7 Claims. (Cl. 37-144). – 6 p. <https://patentimages.storage.googleapis.com/7d/3d/40/f5f4f838315920/US1976597.pdf>. 12.09.2023.

87 US 1997001 Patented Apr. 9, 1935. Bulldozer. Frank Y. Lamb, Hogulam, Wash. Application February 6, 1933. 17 Claims. (Cl. 37-144). – 9 p. <https://patentimages.storage.googleapis.com/ca/7f/8a/77debc3b1d43d4/US1997001.pdf>. 12.09.2023.

88 Продукция компании ВЗМ. Виды и конструкции основных отвалов. – М.: ВЗМ. - 2008. <https://vzm-kovsh.ru/catalogs/view/49>. 12.09.2023 .

89 US 4099578A Patented Jul. 11, 1978. Hinged Bulldozer Blade. John L. Stevens, P.O. Box 374, Eureka, Mont. 59917. Appl. No. 767,440 Filed Feb. 10, 1977. Int. Cl. E02F 3/76, US Cl. 172/802. – 7 p. <https://patentimages.storage.googleapis.com/6f/ac/45/67d28771a54bba/US4099578.pdf>. 12.09.2023.

90 Plow device. European Patent Application 23.01.80, №EP0007000B1. Bulletin 80/2. Inventor: Mathis, Robert D. Patented 19.06.78 US 916613. Application number 7910101826.0. Int. Cl. E02F 3/76. – 19 p. <https://patentimages.storage.googleapis.com/88/39/6d/e568e0f5c82335/EP0007000B1.pdf>. 12.09.2023.

91 US 4552226 Patented Nov. 12, 1985. (EP0124922A1). Hydraulically Controlled Bulldozer-Blade. Helmuth Platter, Viputeno, Italy. Leitner S.p.A., Vipiteno, Italy. Int. Cl. E02F 3/76, US Cl. 172/815, 37/279. – 9 p. <https://patentimages.storage.googleapis.com/0b/d9/10/304b9b764e8fa9/US4552226.pdf>. 12.09.2023.

92 Коровин В.А., Коровин К.В. Бульдозер. Патент на полезную модель RU № 142956 МПК E02F3/76. Опубликовано 10.07.2014. – 7 с. https://www1.fips.ru/fips_serv1/fips_servlet?DB=RUPM&DocNumber=142956&TypeFile=html. 12.09.2023.

93 Баловнев В.И., Раденков Р.Л., Савельев А.Г. Патент RU № 1553619, МКИ E02 F3/76. Бульдозерное оборудование. Опубл. 30.03.1990, бюл. № 12. – 4 с.

94 Баловнев В.И., Бакатин Ю.П., Савельев А.Г., Бакатин Р.Ю. Рабочее оборудование отвального типа. Патент RU №2034115 Cl. МКл. E 02 F 3/76 Публикация 1995-04-30. – 14 с. https://patents.s3.yandex.net/RU2034115C1_19950430.pdf. 12.09.2023.

95 В.И. Баловнев, Р.Л. Раденков, А.Г. Савельев, Н.С. Овчаренко. Рабочий орган бульдозера. Патент RU №1548351, E02F 3/76, Опубл. бюл. изобретений №9, 07.03.1990. – 4 с.

96 Аукенова Б.К., Раденков Р.Л., Савельев А.Г., Кумыкова Т.М., Дудкин М.В., Курмангалиев Т.Б., Оборудование бульдозера-террасера. Патент на полезную модель РК № 7055. Опубл. 29.04.2022, бюл. №17. – 4 с.
<https://gosreestr.kazpatent.kz/Utilitymodel/Details?docNumber=354840>. 12.09.2023.

97 Шукуров, Н. Р. Основные направления интенсификации рабочих процессов землеройно-транспортных машин / Н. Р. Шукуров, Г. М. Мухамадиев, З. Х. Абиджанов // Молодой ученый. — 2020. — № 12 (302). — С. 61-65. — URL: <https://moluch.ru/archive/302/68279/>. 12.09.2023.

98 Гусеничный бульдозер LIEBHERR PR 754. Описание, технические и ходовые характеристики. Характеристики отвала. Портал о машинах и механизмах «Механизация»: Землеройная техника, 2022. – 6 с.
https://www.mechanization.ru/equipment/crawler_dozers/liebherr_pr_754/. 12.09.2023.

99 Гусеничные бульдозеры LIEBHERR 8-го поколения. Новые горизонты. – 11 с. <https://www.liebherr.com/en/kaz/products/construction-machines/earthmoving/crawler-tractors/crawler-dozer-generation-8.html>. 12.09.2023.

100 Сурашов Н.Т. Создание перспективных рабочих органов землеройно-транспортных машин с учетом грунтового фона: Автореф. дисс. докт. техн. наук: 05.05.04 - Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины. - Алматы, 2003. - 43 с.

101 Диметов Х. Н., Сливинский Е. В., Фатрахманов Р. А. Модернизация отвалов бульдозеров, работающих в зоне орошаемого земледелия //Механизация хлопководства (Ташкент). - 1992. - № 3. - С.7.

102 Болдовская, Т.Е. Обоснование рациональной формы поперечного профиля неповоротного отвала бульдозера. Автореферат диссертации на соискан. уч. степени к.т.н. по спец 05.05.04. - Омск: СибАДИ, 2006. – 18 с.

103 US 2763944A United States. Patented Sept. 25, 1956. Charles Magee and Nick A. Kokles, Jr., Dallas, Tex. Bulldozer blade. – 3 p.
<https://patentimages.storage.googleapis.com/f7/76/2b/ed1628341c016e/US2763944.pdf>. 12.09.2023.

104 Основные и специальные типы отвалов для бульдозера. Портал о спецтехнике: Новости и обзоры. – М.: Экскаватор РУ. – 9 с.
<https://exkavator.ru/articles/buldozer/~id=10704>. 12.09.2023.

105 Zettelmeyer ZD3000: Dozer ZD 3000. Technical specifications, description, overview. – 8 p. <http://uncle-vova.com/wp-content/uploads/2020/09/z-zd3000-21thpzd3000-g-8107.pdf>. 12.09.2023.

106 Лихачев В.В. Эффективность бульдозера с управляемыми уширителями // Строительные и дорожные машины. 1970. № 7. – М. – С. 15 - 16.

107 Лихачев В.В. Рабочий орган землеройно-транспортной машины типа бульдозера, авт. свид. №354077. М. Кл. E02F 3/76, опубл. 09.10.1972, бюл. №30. – 2 с.

108 Прикашиков Р.Г., Беркович А.Ю., Калиничев А.Н., Толмачев А.Н., Яркин А.А., Тарханов В.А., Дынчик И.Г., Тарасов В.С. Бульдозер, авт. свид. №417579. М. Клд. E02F 3/76, опубл. 28.11.1974, бюл. №8. – 5 с.

109 Аржаев Г.А., Удальцов Г.Г., Веневитин Е.К., Лузин В.В., авт. свид. № 901396. М. Клд. E02F 3/76, опубл. 30.01.1982, бюл. №4. – 3 с.

110 Грищенко Е.А., Медовников В.П., Репкин А.Ф., Рязанов В.Ф., Шушан Ф.Б. Бульдозерное оборудование, авт. свид. №627220. М. Клд. E02F 3/76, опубл. 05.10.1978, бюл. №37. – 4 с.

111 Баловнев В.И., Дворковой В.Я., Недригайлов А.В., Яковлев Б.Н., Березин В.С., Дынчик И.Г. Рабочий орган бульдозера, авт. свид. №344079. М. Клд. E02F 3/76, опубл. 07.07.1972, бюл. №21. – 3 с.

112 US 3121964 Patented Feb. 25, 1964. Large capacity Bulldozer. D.E. Cobb, Peoria, Ill, assignor to Caterpillar Tractor Co., Peoria, Ill, a corporation of California. Filed 2.04.1962, Ser. No.184,055. Cl. 37-143. – 5 p. <https://patentimages.storage.googleapis.com/91/86/76/3688a28cc34fca/US3121964.pdf>. 13.09.2023.

113 Коваленко Г.М., Перельман Г.Е. Бульдозер, авт. свид. СССР №255855. М. Клд. E02F 3/66, опубл. 28.10.1969, бюл. №33. – 2 с.

114 US 2326338. Patented Aug. 10, 1943. Material handling apparatus. Edward A. Drott and Joseph H. Kerber, Assignors to Hi-Way Service Corporation, Milwaukee, a corporation of Wisconsin. Cl.37-118. – 8 p. <https://patentimages.storage.googleapis.com/24/3c/fc/b5780975c792f8/US2326338.pdf>. 13.09.2023.

115 US 1976597. Patented Oct. 9, 1934 Tractor propelled implement. Len O. Bird, Glendale, Calif., assignor to W.L. Adams, Rexburg, Idaho. Application August 8, 1933, serial No. 684,215. Cl, 37-144. – 6 p. <https://patentimages.storage.googleapis.com/7d/3d/40/f5f4f838315920/US1976597.pdf>. 13.09.2023.

116 Баловнев В.И., Раденков Р.Л., Савельев А.Г. Производительность гусеничных бульдозеров // Строит. и дор. машины. 1988. №6. - С.19 - 21.

117 US 2485407. Patented Oct. 18, 1949. Bulldozer. R.A. Peterson, San Leandro, Calif. Application April 8, 1947, serial No. 740,048. 6. Cl. 37-144. <https://patentimages.storage.googleapis.com/8d/5b/c3/7a0c0af2eebe65/US2485407.pdf>. 13.09.2023.

118 Отвалы бульдозеров: виды, схемы и применение. Петербургский тракторный завод. - Санкт-Петербург, 30.08.2023. – 8 с. <https://kirovets-ptz.com/press/blog/otvaly-buldozerov-vidy-skhemu-i-primenenie/>. 12.09.2023.

119 Конструктивные особенности зарубежных бульдозеров. Строй-Техника.ру: Информационная система по строительной технике: Строительные машины и оборудование, справочник. 2019. – 6 с. <https://stroy-technics.ru/article/konstruktivnye-osobennosti-zarubezhnykh-buldozerov>. 12.09.2023.

120 United States Patent 4,445,577, Bulldozer blade. Patented May 1, 1984. Dean E. Russell; Tom H. Russell, both of Eureka, Kans, Russell & Sons Construction Co. Inc. Int. Cl. E02F 3/80; U.S. Cl. 172/701. – 5 p.

<https://patentimages.storage.googleapis.com/ae/74/e4/89d40ff9268324/US4445577.pdf>. 12.09.2023.

121 Russell & Sons Construction. Commitment. Generations with a 'no excuses' view of getting the job done right. Eastman Road. Longview, TX. - 2023. - 7 с. <https://www.russellandsons.com/>. 12.09.2023.

122 Зеленин А.Н., Баловнев В.И., Лихачев В.В., Яркин А.А., Халиулин Х.Г., Дворковой В.Я., Ермилов А.Б. Рабочий орган землеройной машины, авт. свид. №479856. М. Кл. E02F 3/76, опубл. 05.08.1975, бюл. №29. – 6 с.

123 Рогачевский Б.М., Козловский В.И., Юффа Б.И. Отвал бульдозера, авт. свид. №141497. М. Кл. E02F 3/76, опубл. 01.11.1961, бюл. №19. – 3 с.

124 Львутин И.Г., Шатерник М.П., Горин М.А. Бульдозер, авт. свид. №713955. М. Кл. E02F 3/76, опубл. 05.02.1980, бюл. №5. – 2 с.

125 Забегалов Г.В., Калинин В.С., Кузин С.В. Рабочий цикл и производительность универсального гидравлического бульдозера // Строительные и дорожные машины. 1984. № 3. - С.26 - 30.

126 US 4023624. Patented May 17, 1977. Bladeangle adjustmentmechanism for bulldozer or the like. Claude M. Frisbee, Bettendorf, Iowa. U.S. Cl. 172/805; Int. Cl E02F 3/76. – 7 p. <https://patentimages.storage.googleapis.com/85/b/02/51169764772d4d/US4023624.pdf>. 13.09.2023.

127 US 2674817. Patented April 13, 1954. Bulldozer blade having detachable wings. Daniel A. Palmiter, Alhambra, Calif., assignor to Shepherd Tractor & Equipment Co., Los Angeles, Calif., a limited partnership. – 5 p. <https://patentimages.storage.googleapis.com/00/75/6a/b5967be4c875fb/US2674817.pdf>. 13.09.2023.

128 US 3528509. Patented Sept. 15, 1970. Bulldozer blade with extendible cutting edge. Joseph R. Den Bleyker, Benton Harbor, Mich., assignor to Clark Equipment Company, a corporation of Delaware. Filed Sept. 11, 1968, Ser. No. 759,182 Int, Cl. E02f 3/76. U.S. Cl. 172-802. – 6 p. <https://patentimages.storage.googleapis.com/a6/db/06/f94fc420faefa4/US3528509.pdf>. 13.09.2023.

129 United States Patent № 3857447. Patented Dec. 31, 1974. Bulldozer blade with vibrating ripper shank. Ronald E. Adams, Dubuque, Iowa; Eugene M. Wilson, Joliet, Ill. Caterpillar Tractor Co., Peoria, Ill. – 5 p. <https://patentimages.storage.googleapis.com/cc/0c/d2/15cdafe0ac83e1/US3857447.pdf>. 13.09.2023.

130 Иванов Н.Д., Недорезов И.А., Федоров Д.И., Аверьянов В.А. Бульдозерный отвал, а.с. №288678. М Кл. E02F 3/76, опубл. 03.12.1970, бюл. №36. – 5 с.

131 US 3424251. Buildozer. Patented Jan. 28, 1969. Jean Bouley, 2190 Portland Blvd., Sherbrooke, Quebec, Canada. U.S. Cl. 172-80. – 5 p. <https://patentimages.storage.googleapis.com/44/24/53/f67d8fd1bdcc7b/US3424251.pdf>. 13.09.2023.

132 US 2230704 Buildozer construction. Patented Feb. 4, 1941. Harold Sorensen, Knappa, Oreg. Serial No. 333, 563. U.S. C1, 37-144. – 6 p.

<https://patentimages.storage.googleapis.com/cf/a5/4d/aafdfb57f6db18/US2230704.pdf>. 13.09.2023.

133 US 4099578 Hinged bulldozer blade. Patented Jul. 11, 1978. John L. Stevens, P.O. Box 374, Eureka, Mont. 59917. Int. Cl. E02F 3/76. – 7 p. <https://patentimages.storage.googleapis.com/6f/ac/45/67d28771a54bba/US4099578.pdf>. 13.09.2023.

134 VAMA road blades». In the VAMA blade selection. Finland, 2022. – 67 p. https://www.vamaproduct.com/esitteet/vama-2021-8-12-2021_eng_www.pdf. 13.09.2023.

135 Clark 45C (Construction Machinery Division, Michigan). Bucket - shaped blade. <https://www.ironmartonline.com/clark-45c-wheel-loader/> 13.09.2023

136 Caterpillar D5G. Track-type Tractors. Technical Information. Engine information. Machinery alert. – 2002. – 9 p. <https://www.bossmachinery.nl/ru/vehicles/Bulldozer/2067/caterpillard5g>. 13.09.2023.

137 Adjustable blade wings on Cat D4e at EM wd 20111. 2011. – 2 p. https://tractors.fandom.com/wiki/Bulldozer?file=Adjustable_blade_wings_on_Cat_D4e_at_EM_wd_20111_-_IMG_0504.JPG. 13.09.2023.

138 Prospect GDM: compass type bulldozer blade. Customized design to optimize field operations and logistics. 2021. – 6 p. <https://www.gdmsnc.com/gdm-lama-dozer-con-chiusura-a-compasso/>. 13.09.2023.

139 Шарнирно-сочлененная боковая секция разрезного отвала с левым расположением подвижной секции. – 12 с. <https://www.trucksnl.com/fr/caterpillar-d6nlgp-7522988-vd>. 13.09.2023.

140 Шарнирно-сочлененная боковая секция разрезного отвала с правым расположением подвижной секции. – 7 с. <https://www.trucksnl.com/caterpillar-d6r-iii-lgp-foldable-blade-gps-prepared-ce-6979269-vd>. 14.09.2023.

141 Бульдозер Caterpillar D6K LGP с 6-позиционным складным отвалом (bossmachinery.nl), незакрепленная левая секция. – 24 с. <https://www.bossmachinery.nl/en/vehicles/bulldozer/805/caterpillard6k-lgp-6-way-foldable-blade>. 14.09.2023. 14.09.2023.

142 Сочленение левой секции отвала бульдозера на поворотном отвале. -16 с. https://static.bastrucks.com/photos/stock/machinery/650/-----Caterpillar-D6N-LGP-Track-2022_193215_9.jpg?20220421. 14.09.2023.

143 Прямой отвал с механически откидывающимися назад боковыми секциями бульдозера Komatsu. 2022. – 16 с. <https://www.bossmachinery.nl/fr/vehicules/Bulldozer/2326/komatsud61px-15>. 14.09.2023.

144 Прямой отвал с механически откидывающимися назад боковыми секциями бульдозера Caterpillar. 2021. – 24 с. https://www.bossmachinery.nl/data/images/vehicles/08_Caterpillar%20D6N%20LGP%20-%20BM3842_36.JPG. 14.09.2023.

145 Боковые уширители бульдозерного отвала с приваренными на них поперечными пластинами. 2022. – 16 с. <https://www.bossmachinery.nl/pt/veiculos/Escavadora/2480/caterpillard6t-lgp-folding-blade-brand-new-engine-by-cat-dealer>. 14.09.2023.

- 146 Пластина бокового уширителя складывающегося отвала. – 16 с. https://static.basworld.com/photos/stock/world/1280/Used-Construction-equipment-Caterpillar-D6N-LGP-Track-2022_165004_13.jpg?20220421. 14.09.2023.
- 147 Шарнирно-сочлененный с двух сторон бульдозерный отвал бульдозера Caterpillar. 2022. - 14 с. <https://ruza.promportal.su/goods /1195984/buldozer-caterpillar-d6-n-lgp.htm>. 14.09.2023.
- 148 Шарнирный отвал «Skeer Pro Plus». 2023. – 8 с. <https://www.skeersystem.com/product/pro-plus-os/>. 14.09.2023.
- 149 Горячкин В.П. Собрание сочинений / В.П. Горячкин. – М.: Колос, 1968. II – 276 с.
- 150 Домбровский, Н.Г. Экскаваторы: Общие вопросы теории, проектирования, исследования и применения. – М. : Машиностроение, 1969. - 319 с.
- 151 Домбровский Н.Г. Землеройные машины. - М.: Машиностроение, 1972. – 304 с.
- 152 Зеленин А.Н., Баловнев В.И., Керов И.П. Машины для земляных работ. Учебное пособие для вузов. - М.: Машиностроение, 1975. - 424 с.
- 153 Зеленин А.Н. Основы разрушения грунтов механическими способами. - М.: Машиностроение, 1986. - 376 с.
- 154 T.Tsuji, Y.Nakagawa, N.Matsumoto, Y.Kadono, T.Takayama, T.Tanaka. 3-D DEM simulation of cohesive soil-pushing behavior by bulldozer blade. Journal of Terramechanics. 2012. – Vol. 49, Iss. 1. - P. 37-47. <https://doi.org/ 10.1016/j.jterra.2011.11.003>. 14.09.2023.
- 155 Ikuya Ono, Hiroshi Nakashima, Hiroshi Shimizu, Juro Miyasaka, Katsuaki Ohdoi. Investigation of elemental shape for 3D DEM modeling of interaction between soil and a narrow cutting tool. Journal of Terramechanics. – 2013. – Vol.50, Iss. 4. - P. 265-276. <https://doi.org/10.1016/j.jterra.2013.09.001>. 14.09.2023.
- 156 L.B.Zhang, Z.X.Cai, H.F.Liu. A novel approach for simulation of soil-tool interaction based on an arbitrary Lagrangian–Eulerian description. Soil and Tillage Research. – 2018. - Vol. 178. - P. 41-49. <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.12.011>. 14.09.2023.
- 157 A.Ibrahmi, H.Bentaher, E.Hamza, A.Maalej, A.M.Mouazen. Study the effect of tool geometry and operational conditions on mouldboard plough forces and energy requirement: Part 2. Experimental validation with soil bin test. Computers and Electronics in Agriculture. - 2015. – Vol. 117. – P.268-275. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2015.08.004>. 14.09.2023.
- 158 Ветров Ю.А. Резание грунтов землеройными машинами. - М.: Машиностроение, 1971. - 357 с.
- 159 Машины для земляных работ / Ю.А.Ветров, А.А.Кархов, А.С.Кондра, В.П.Станевский; Под общ. ред. Ю.А.Ветрова. - Киев: Вища школа, 1981. - 383 с.
- 160 Жихарев Н.Л. О форме отвала бульдозера // Строительное и дорожное машиностроение. – М., 1957. - №9. – С. 22.
- 161 Жихарев Н.Л. Метод определения формы профиля отвала бульдозера // Строительные и дорожные машины. 1961. - №6. - С. 22 - 23.

162 Dress G. Untersuchungen über das kraftspiel an Flachbagger - Schneidwerkzeugen in Mittelsand und schwachbindigen sandigen Schluff. // Baumaschinen und Bautechnik. - 1957. - №2. - P. 33 - 41.

163 Kühn G. Form der Schilde von Planierraupen zum Erzielen möglichst kleiner Füllwiderstände //VDJ-Zeitschrift. - 1954. - № 29 (Bd 96). - P.982-986.

164 Planierschilder. Schildkunde für Cat Kettendozer: Die beste Schiebung aller Zeiten. Baublatt online. Schilde aus dem Raritätenkabinett. Mai/Juni 2017. <https://baublatt.de/die-beste-schiebung-aller-zeiten/> 14.09.2023.

165 Баловнев В.И. Методика определения основных параметров бульдозеров //Строительное и дорожное машиностроение, 1960. №1. - С. 20-25.

166 Tyro G., Vogel G. Gestaltung der Arbeitsorgane bei Erdbewegungsmaschinen // Maschinenmarkt. - 1969. - №93 (Bd. 75).

167 Яркин А.А., Гольдштейн В.М. Расчет бульдозера на гусеничном ходу. - М.: ВНИИстроймаш, 1963. - 126 с.

168 Машины для земляных работ: конструкция, расчет, потребительские свойства: в 2 кн. Кн. 1. Экскаваторы и землеройно-транспортные машины: учеб. пособие для вузов /В.И. Баловнев, С.Н. Глаголев, Р.Г. Данилов и др.; под ред. В.И. Баловнева. - 2-е изд., стер. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. - 401 с.

169 Тарасов В.Н. Механика копания грунтов, основанная на теории предельных касательных напряжений/ В.Н. Тарасов, М.В. Коваленко // Строительные и дорожные машины. - 2003. - №7. - С.38-43.

170 Бабаев Т.К. Экспериментальное исследование влияния угла захвата и наклона рабочего органа машины для земляных работ, расположенного сбоку вне опорной поверхности на сопротивление копанию // Строительные и дорожные машины. - 2019. - № 3. - С. 34-40.

171 Руднев В.К. Копание грунтов землеройно - транспортными машинами активного действия. - Харьков: Вища школа, 1974. - 144 с.

172 Соколовский Л. И. Статика сыпучей среды. 4-е издание. - М.: Наука, 1990. - 272 с.

173 Берестов Е.И. Сопротивление грунтов резанию: монография / Е.И. Берестов А.П. Смоляр. - Могилёв: Белорус. - Рос. ун-т, 2008. - 179 с.

174 Сейфуллина С.В. Двумерные задачи предельного равновесия анизотропной сыпучей среды. Дисс. на соискание уч. степени кандидата физико-математических наук по спец. 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела. – Чебоксары: ЧГУ им.И.Н. Ульянова. 2000. – 147 с.

175 Доценко А.И., Карасёв Г.Н., Кустарёв Г.В., Шестопапов К.К. Машины для земляных работ. - М.: Изд. «Бастет», 2012. - 687 с.

176 Баловнев, В.И. Определение оптимальных параметров и выбор дорожно-строительных машин методом анализа четвертой координаты: учеб. пособие / В.И. Баловнев. – М.: МАДИ, 2014. – 180 с.

177 Бабаев Т.К. Обоснование рациональных параметров и разработка конструкции дополнительного бокового отвала, расположенного вне опорной плоскости гусеничного бульдозера. Дис. ... канд. техн. наук : 05.05.04 -

дорожные, строительные и подъёмно-транспортные машины: - М: МАДИ, 2021. - 159 с.

178 M. Doudkin, A. Kim, B. Aukenova, R. Radenkov, A. Saveliev, N. Andryukhov. Theoretical investigations of the process of interaction with the environment of a bulldozer blade with variable geometry. Journal of Applied Engineering Science. – 2022. - Vol.20, №3(986). - P. 798-807. <https://doi.org/10.5937/jaes0-37210>.

179 Раденков Р.Л. Определение основных параметров бульдозерного отвала адаптируемого типа. Дис. ... канд. техн. наук : 05.05.04 - дорожные, строительные и подъёмно-транспортные машины: - М: МАДИ, 1990. - 186 с.

180 Сурашов Н.Т. Создание перспективных рабочих органов землеройно-транспортных машин с учетом грунтового фона. Дисс. на соискан. уч. степени д.т.н. по спец. 05.05.04 - Дорожные, строительные и подъёмно-транспортные машины. - Алматы, 2003. – 295 с.

181 Дворковой В.Я. Исследование процесса копания отвальными рабочими органами, установленными под углом захвата на поперечных откосах: автореф. ... дис. канд. техн. наук. - М., 1972. - 20 с.

182 Березин В.С. Интенсификация рабочего процесса бульдозера в тяжелых грунтовых условиях путем совершенствования навесного оборудования: дис. ... канд.техн. наук. - М., МАДИ, 1973. - 146 с.

183 Карасев Г.Н. Теория резания и копания грунтов. Решения и проблемы: учебное пособие. – М.: МАДИ, 2012. – 112 с.

184 Галин Л.А. Контактные задачи теории упругости и вязкоупругости. - М.: Наука, 1980. – 303 с.

185 Хмара Л.А., Талалай В.А., Белинский А.О. Рабочий орган землеройной машины с выступающим ножом трапецевидной формы // Вестник Харьковского Национального Автомобильно-дорожного университета. - 2005 (29). – Харьков, 2005. – С. 95-97.

186 Иофик В.З. Исследование условий приближенного физического моделирования процессов резания мерзлых грунтов: автореф. ... дис. канд.техн. наук. - М., 1975. - 28 с.

187 Недорезов, И.А. Повышение производственного потенциала землеройных машин на основе создания новых рабочих органов: дис. ... док. техн. наук: 05.05.04. – М., 1972. - 336 с.

188 Козликин В.И. Исследование процессов копания и транспортирования грунтов бульдозерными отвалами сферического типа : автореф. ... дис. канд. техн. наук. - М., 1980. - 18 с.

189 Бульдозеры и рыхлители/ Б.З.Захарчук, В.Д.Телушкин, Г.А.Шлойдо, А.А.Яркин. -М.: Машиностроение, 1987. – 240 с.

190 M. Doudkin, A. Kim, B. Aukenova, R. Radenkov, A. Saveliev, N. Andryukhov. Experimental Studies on the Interaction Process with the Environment of an Adaptable Bulldozer Blade with Variable Geometry. International Review of Mechanical Engineering (I.R.E.M.E.). - 2021.- Vol. 15, №11, – P. 554-565. <https://doi.org/10.15866/ireme.v15i11.21756>.

- 191 Умнов А.Е. Аналитическая геометрия и линейная алгебра: учебное пособие / А.Е. Умнов. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: МФТИ, 2011. – 544 с. <https://mipt.ru/education/chair/mathematics/upload/ff4/Umnov-AnGeom-i-LinAl-arph0duocc9.pdf>. 15.09.2023.
- 192 Зубков В.Ш. Исследование путей повышения эффективности автогрейдеров: дис. ... канд. техн.наук. - М.: МАДИ, 1982. - 296 с.
- 193 Баловнев В.И. Новые методы расчета сопротивлений резанию грунтов. - М.: Росвузиздат, 1963. - 95 с.
- 194 Землеройно-транспортные машины / Холодов А.М., Ничке В.В., Назаров Л.В. - Харьков: Вища школа, 1984. - 192 с.
- 195 Русинов А.В. Исследования и испытания машин природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях: методическое пособие для студентов специальности 23.03.02 - «Наземные транспортно-технологические комплексы» // ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ. – Саратов, 2016. – 32 с.
- 196 Горовиц В.Б., Карасев Г.Н., Зубков В.Ш., Шестопалов К.К. Аналитическое и экспериментальное исследование процесса вырезания стружки треугольной формы в условиях косоугольного резания грунта // Труды/ МАДИ. - М., 1978, Вып. 148. - С. 43–48.
- 197 Оценка эффективности инновационной деятельности: учебник / С. Н. Яшин, И. Л. Туккель, Е. В. Кошелев, С. А. Макаров, Ю. С. Коробова. — Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского госуниверситета, 2018. — 409 с.
- 198 Кудайбергенов Р.К. Исследование и методы определения области рационального использования бульдозеров с различным ходовым оборудованием с учетом условий эксплуатации: дис. ... канд. техн. наук. - М.: МАДИ, 1974. - 218 с.
- 199 Симонов Н.Н. Прогнозирование эффективности выполнения бульдозерами земляных работ: дис. ... канд.техн.наук. – Строительные и дорожные машины. – М.: НИИ транспортного строительства. 2005. – 128 с.
- 200 Промышленные тракторы / Ю.В.Гинзбург, А.И.Швед, А.П.Парфенов. - М.: Машиностроение, 1986. - 296 с.
- 201 Проектирование машин для земляных работ / под ред. А.М.Холодова. - Харьков: Вища школа, 1986. - 272 с.
- 202 Ульянов Н.А. Колесные движители строительных и дорожных машин: Теория и расчет. - М.: Машиностроение, 1982. - 279 с.
- 203 Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.А. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. - М.: Наука, 1976. - 297 с.
- 204 Макаричев Ю.А., Иванников Ю.Н. Методы планирования эксперимента и обработки данных: учеб. пособие / Макаричев Ю.А., Иванников Ю.Н. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2016. – 131 с.
- 205 Кадыров А.С., Жумабаев Б.С., Смагина В.С., Аманжол Ж.И., Жунусбекова Ж.Ж. Применение многофакторного эксперимента плана 2^3 при исследовании рабочих процессов землеройных машин // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований Караганда: КарТУ, 2015. –№5-2. - С. 181-185.

206 Баловнев В.И., Завадский Ю.В., Мануйлов В.Ю. Применение математической теории планирования эксперимента при исследовании дорожных машин // МАДИ. - М., 1975. - 104 с.

207 Бродский В.З., Бродский Л.И., Голикова Т.И., Никитина Е.П., Панченко Л.А. - Под ред. В.В. Налимова. Таблицы планов эксперимента. Для факторных и полиномиальных моделей. Справочное издание. - М.: Metallurgiya, 1982. - 753 с.

208 Баловнев В.И. Подобие и моделирование в системе проектирования дорожно-строительных машин: учеб. пособие / В.И. Баловнев. – М.: МАДИ, 2014. – 148 с.

209 Исследование и разработка высокоэффективных рабочих органов для дорожно-строительных машин: Отчет о НИР/МАДИ; Руководитель В.И. Баловнев; № ГР 01866012645; Инв. № Б897543. - М.: МАДИ, 1987. - 176 с.

210 Баловнев В.И., Федоров Д.И. Разработка грунтов землеройными машинами под водой // Строит. и дор. машины. - 1979. - № 8. - С.12-13.

211 Аукенова Б.К., Раденков Р.Л., Савельев А.Г., Дудкин М.В., Кумыкова Т.М. Исследование рабочего процесса бульдозерного отвала с изменяемой геометрией. Труды университета– Караганда: КарГУ, 2023. –№2 (91). - С. 67-73.

212 Белецкий Б.Ф. Строительные машины и оборудование Справочное пособие / Б.Ф.Белецкий, И.Г.Булгакова. - Ростов н/Д: Феникс, 2005. - 608 с.

213 Справочник конструктора дорожных машин/ Под ред. И.П. Бородачева. - М.: Машиностроение, 1973. - 503 с.

214 Баловнев В.И. Дорожно-строительные машины с рабочими органами интенсифицирующего действия. - М.: Машиностроение, 1981. - 223 с.

ҚОСЫМША А

Диссертация тақырыбы бойынша ҚР өнертабысы мен пайдалы моделіне патенттер



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

(19) KZ (13) B (11) 34084
(51) E02F 3/76 (2006.01)

МИНИСТЕРСТВО ЮСТИЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21) 2018/0745.1

(22) 16.10.2018

(45) 27.12.2019, бюл. №52

(72) Ауқенова Бекзат Қабыкенқызы; Кадыров Жаннат Нургаллиевич; Кочетков Андрей Викторович; Дудкин Михаил Васильевич

(73) Кадыров Жаннат Нургаллиевич

(56) KZ 20167 A4, 15.10.2008

KZ 33130 B, 08.10.2018

SU 1810430 A1, 23.04.1993

<https://www.drive2.ru/c/983757/> О стабилизаторах поперечной устойчивости от 04.03.2014

(54) **БУЛЬДОЗЕР-ТЕРРАСЕР**

(57) Изобретение относится к строительно-дорожным машинам, в частности, к землеройным машинам типа бульдозеров и предназначено для перемещения масс в различных направлениях при работе в экстремальных ситуациях, например, на краю обрыва.

Технический результат от использования предлагаемого изобретения заключается в повышении эффективности работы бульдозера-террасера за счёт устранения инерционности в

срабатывании параллелограммного механизма выдвижения отвала, обеспечения синхронности и строго горизонтального выдвижения отвала и повышения надёжности работы всех узлов и механизмов в целом.

Нижние, сопрягаемые через шарнир ползуна, неоднородные рычаги каждого параллелограммного механизма дополнительно связаны упругодеформируемым звеном, связь каждого удлиненного заднего рычага с отвалом осуществлена через состоящий из центрального шарнира и упругодеформационных плеч, механизм, концы плечей которого на верхнем и нижнем уровнях соединены с отвалом синхронно перемещаемыми по вертикальному пазу в отвале ползунами, при этом упругодеформационные звенья и плечи изготовлены из материала со стабильными упругими характеристиками, а плечи имеют дополнительно изготовленные в их центральной части полукруглые и открытые с одной стороны изгибы.

(19) KZ (13) B (11) 34084

Изобретение относится к строительно-дорожным машинам, в частности, к землеройным машинам типа бульдозеров и предназначено для перемещения масс в различных направлениях при работе в экстремальных ситуациях, например, на краю обрыва.

Известен бульдозер-террасер по А.с.СССР №1055834, МПК E02F 3/76, 1982 г., к недостаткам которого относятся ограниченные функциональные возможности и низкие технические характеристики, в частности, недостаточная надёжность работы.

Известен бульдозер-террасер по А.с.СССР №1640293, МПК E02F 3/76, опубл. в БИ №13, 1991г., к недостаткам которого относятся сложность управления и реализации различных режимов работы, в частности, синхронно- и(или) асинхронное управление гидроцилиндрами выдвижения отвала, а также сложность конструкции.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому является техническое решение по Инов.Пат.РК №20167, МПК E02F 3/76, опубл. в БИ №10, 2008 г. Данное техническое решение принято за прототип к предлагаемому.

Известный бульдозер-террасер включает базовую машину, гидроцилиндр подъёма-опускания отвала, по обеим сторонам базовой машины расположенные приводные механизмы выдвижения отвала, каждый из которых представляет собой по горизонтальной оси ориентированные и последовательно расположенные толкающий брус, гидроцилиндр выдвижения отвала, шток которого, через образованный попарно-опозитно параллельными шарнирно сочленёнными разнодлинными рычагами параллелограммный механизм и, связанный с отвалом удлинённый задний рычаг, при этом боковые приводные механизмы выдвижения отвала объединены через каркасную раму.

К недостаткам известного технического решения относятся инерционность (запаздывание) в срабатывании параллелограммного механизма выдвижения отвала, например, во время его возвращения в исходное положение после выдвижения отвала.

При срабатывании механизма выдвижения отвала смещённой по высоте связи рычага с отвалом, не обеспечивается его выдвижение по горизонтали вперёд.

Надёжность и синхронность срабатывания и функционирования всех узлов бульдозера недостаточно высокая.

Отмеченные недостатки снижают эффективность работы бульдозера-террасера.

Технический результат от использования предлагаемого изобретения заключается в повышении эффективности работы бульдозера-террасера за счёт устранения инерционности в срабатывании параллелограммного механизма выдвижения отвала, обеспечения синхронности и строго горизонтального выдвижения отвала и повышения надёжности работы всех узлов и механизмов в целом.

Указанный технический результат достигнут за счёт того, что в бульдозере-террасере, включающем базовую машину, гидроцилиндр подъёма-опускания отвала, по обеим сторонам базовой машины расположенные приводные механизмы выдвижения отвала, каждый из которых представляет собой по горизонтальной оси ориентированные и последовательно расположенные толкающий брус, гидроцилиндр выдвижения отвала, шток которого, через образованный попарно-опозитно параллельными шарнирно сочленёнными разнодлинными рычагами параллелограммный механизм и, связанный с отвалом удлинённый задний рычаг, при этом боковые приводные механизмы выдвижения отвала объединены через каркасную раму, нижние, сопрягаемые через шарнир ползуна, разнодлинные рычаги каждого параллелограммного механизма дополнительно связаны упругодеформируемым звеном, связь каждого удлинённого заднего рычага с отвалом осуществлена через состоящий из центрального шарнира и упругодеформационных плеч, механизм, концы плечей которого на верхнем и нижнем уровнях соединены с отвалом синхронно перемещаемыми по вертикальному пазу в отвале ползунами, при этом упругодеформационные звенья и плечи изготовлены из материала со стабильными упругими характеристиками, а плечи имеют дополнительно изготовленные в их центральной части полукруглые и открытые с одной стороны изгибы.

Изобретение дополнительно иллюстрировано, где на фиг.1 схематично изображён бульдозер-террасер, вид сбоку; на фиг.2 - вид по А-А на фиг. 1.

Бульдозер-террасер включает базовую машину 1, гидроцилиндры 2 подъёма-опускания отвала 3 и по обеим сторонам базовой машины расположенные приводные механизмы выдвижения отвала (на фиг.1 схематично изображён один из них, второй является зеркально-симметричным и расположен с противоположной стороны базовой машины). Каждый такой механизм представляет собой по горизонтальной оси ориентированные и последовательно друг за другом расположенные толкающий брус 4, гидроцилиндр 5 выдвижения отвала 3. Шток 6 каждого гидроцилиндра через образованный попарно-опозитно параллельными шарнирно сочленёнными разнодлинными рычагами 7 и 8 параллелограммный механизм и удлинённый рычаг 9 связан с отвалом.

В соответствии с предлагаемым изобретением, нижние, сопрягаемые через шарнир 10 ползуна 11 разнодлинные рычаги 7 и 8 каждого параллелограммного механизма дополнительно связаны упругодеформационным звеном 12.

Также, в соответствии с предлагаемым изобретением, связь каждого удлинённого заднего рычага 9 с отвалом 3 осуществлена через механизм, состоящий из центрального шарнира 13 и упругодеформационных плеч 14. Концы плечей 14 каждого такого механизма на верхнем и нижнем уровнях соединены с отвалом 3, они имеют возможность синхронного перемещения по

вертикальному пазу 15 посредством ползунов 16. Упругодеформационные звенья 12 и плечи 14 изготовлены из материала со стабильными упругими характеристиками, например, из пружинно-рессорной стали 65Г или дисперсионно-твердеющих сплавов.

Дополнительно, в центральной части плеч 14 изготовлены полукруглые и открытые с одной стороны изгибы 17.

Бульдозер-террасер работает следующим образом.

Для работы в режиме горизонтального перемещения (сброса) грунтовой массы, оба гидроцилиндра 5 выдвижения работают синхронно, при этом при выдвижении штока 6 через шарнир 10 ползуна 11 срабатывает параллелограммный механизм, разнодлинные рычаги 7 и 8 принимают горизонтальное (псевдогоризонтальное) положение, а рычаг 12 упругодеформируется. За счёт связи удлиненного заднего рычага 9 с отвалом через шарнир 13 и плечи 14 отвал движется строго горизонтально. По завершению процедуры сброса массы синхронно срабатывают гидроцилиндры 5 и отвал возвращается в исходное положение. За счёт действия упругодеформационного звена 12 происходит безинерционное реверсивное срабатывание механизма выдвижения отвала.

Для работы в режиме углового в плане перемещения отвала (для перемещения массы вбок на угол от 10° до $65-70^\circ$ и более срабатывает один из двух боковых механизмов выдвижения отвала. Движение отвала происходит под углом в строго горизонтальном направлении.

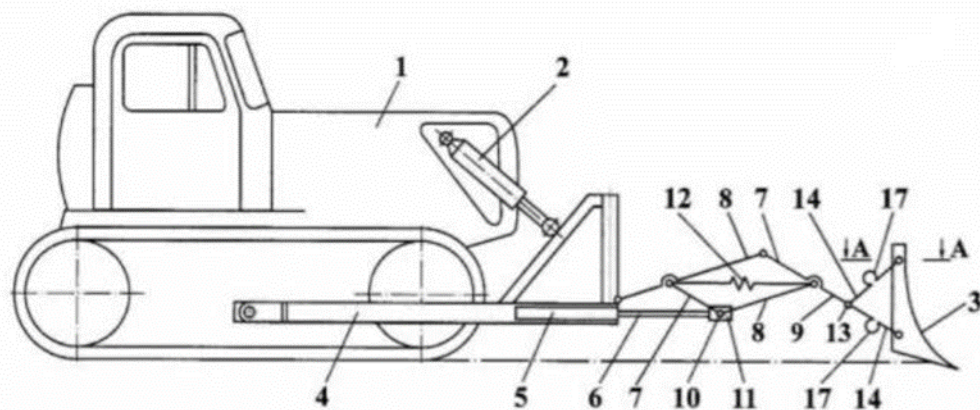
Бульдозер-террасер, находясь на безопасном расстоянии, обеспечивает сброс перемещаемой массы, как строго в прямом, так и под любым углом, горизонтальном направлении.

Бульдозер-террасер обладает расширенными функциональными возможностями, надёжен в

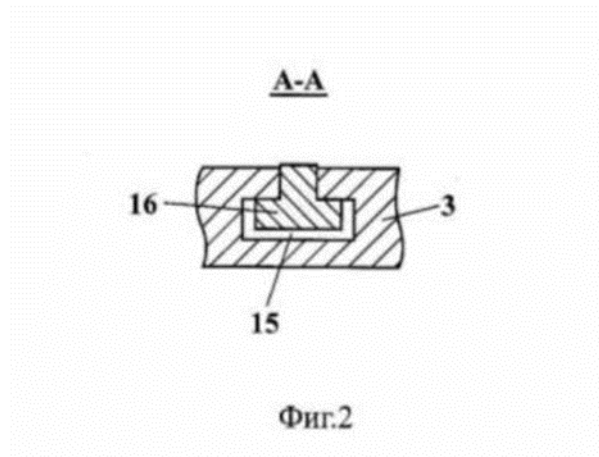
работе, прост по конструкции, нематериалоёмок, легко тиражируем.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Бульдозер-террасер, включающий базовую машину, гидроцилиндр подъёма-опускания отвала, по обеим сторонам базовой машины расположенные приводные механизмы выдвижения отвала, каждый из которых представляет собой по горизонтальной оси ориентированные и последовательно расположенные толкающий брус, гидроцилиндр выдвижения отвала, шток которого, через образованный попарно-опозитно параллельными шарнирно сочленёнными разнодлинными рычагами параллелограммный механизм и, связанный с отвалом удлиненный задний рычаг, при этом боковые приводные механизмы выдвижения отвала объединены через каркасную раму, отличающийся тем, что нижние, сопрягаемые через шарнир ползуна, разнодлинные рычаги каждого параллелограммного механизма дополнительно связаны упругодеформируемым звеном, связь каждого удлиненного заднего рычага с отвалом осуществлена через состоящий из центрального шарнира и упругодеформационных плеч, механизм, концы плечей которого на верхнем и нижнем уровнях соединены с отвалом синхронно перемещаемыми по вертикальному пазу в отвале ползунами, при этом упругодеформационные звенья и плечи изготовлены из материала со стабильными упругими характеристиками, а плечи имеют дополнительно изготовленные в их центральной части полукруглые и открытые с одной стороны изгибы.



Фиг.1



Верстка Ф. Сопакова
Корректор Г. Косанова



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

(19) KZ (13) U (11) 7055
(51) E02F 3/76 (2006.01)

МИНИСТЕРСТВО ЮСТИЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21) 2022/0206.2

(22) 14.03.2022

(45) 29.04.2022, бюл. №17

(72) Ауқенова Бекзат Кабыкенқызы (KZ); Раденков Радослав Лазаров (BG); Савельев Андрей Геннадьевич (RU); Кумыкова Татьяна Михайловна (KZ); Дудкин Михаил Васильевич (KZ); Курмангаліев Тимур Болатович (KZ)

(73) Дудкин Михаил Васильевич (KZ)

(56) SU 1553619 A1, 30.03.1990 г.

(54) **ОБОРУДОВАНИЕ БУЛЬДОЗЕРА-ТЕРРАСЕРА**

(57) Полезная модель относится к рабочим органам землеройных машин типа бульдозеров.

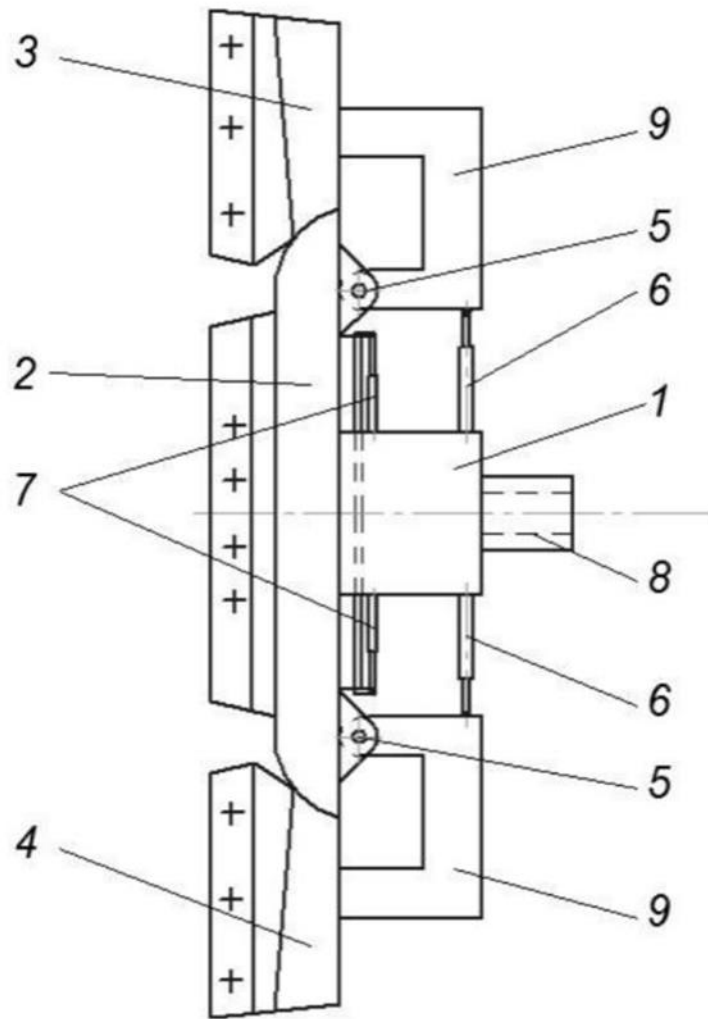
Задача создания устройства заключается в увеличении надежности работы отвала с одновременным расширением функций.

Техническим результатом является получение конструкции, позволяющей беззорно

поворачивать боковые секции отвала относительно средней с возможностью двигать весь отвал по горизонтали и наклонять относительно оси.

Оборудование бульдозера-террасера включает раму, отвал состоящий из средней секции и шарнирно соединенных с ней боковых секций, гидроцилиндров поворота боковых секций относительно средней, отличающееся тем что, соприкасающиеся кромки средней и боковых секций выполнены в форме сектора центром которого является ось шарнира относительно которого осуществляется поворот, при этом боковые секции соединены со средней посредством шарнирно закрепленных рычагов, средняя секция подвижно закреплена на раме и двигается вдоль нее по горизонтали с помощью горизонтальных гидроцилиндров, при этом рама крепится к бульдозеру при помощи поворотной оси.

(19) KZ (13) U (11) 7055



Фиг. 1

Полезная модель относится к рабочим органам землеройных машин типа бульдозеров.

Известен рабочий орган бульдозера (МПК: E02F 3/76, патент на изобретение SU 1 548 351 A1, опубликовано: 1990.03.07), включающий раму, соединенную с ней средней секцией, с которой соединены боковые секции шарнирами и тягами переменной или постоянной длины, отличающийся тем что, с целью расширения исследовательских возможностей процесса копания путем оптимизации формы отвалов для работы в конкретных грунтовых условиях, средняя секция смонтирована на раме с возможностью ее замены на секцию другой конфигурации посредством жестко связанной с рамой горизонтальной монтажной направляющей, а боковые секции со средней посредством сменных кинематических пар для их поочередной замены на секции различной конфигурации.

Недостатком известного устройства является наличие открытых поступающему грунту шарниров, отсутствие возможности сдвига отвала по горизонтали и невозможность наклона отвала по оси

Также известно бульдозерное оборудование (МПК E02F 3/76 патент на изобретение SU 1 553 619 A1, опубликовано: 1990.03.30), включающее толкающую раму, отвал выполненный из средней секции и шарнирно соединенных с ней боковых секций, гидроцилиндры изменения наклона отвала и гидроцилиндры поворота боковых секций относительно средней, отличающееся тем что, с целью повышения производительности путем увеличения удельного давления ножа на грунт и снижения сопротивления подъему грунта отвалу, средняя секция выполнена с расширением вверх, при это прямые соединяющие концы верхней и нижней кромок средней секции и концы сопряженных боковых секций параллельны осям вращательных шарниров, которые расположены под углом $10-20^\circ$ относительно продольной вертикальной плоскости оборудования.

Недостатком известного устройства является наличие открытых поступающему грунту шарниров, отсутствие возможности сдвига отвала по горизонтали относительно бульдозера, невозможность наклона отвала относительно оси и поворота боковых секций отвала назад относительно средней.

Задача создания устройства заключается в увеличении надежности работы отвала с одновременным расширением функций.

Техническим результатом является получение конструкции, позволяющей беззазорно поворачивать боковые секции отвала относительно средней с возможностью двигать весь отвал по горизонтали и наклонять относительно оси.

Поставленная задача достигается следующим образом: оборудование бульдозера-террасера

включает раму, отвал состоящий из средней секции и шарнирно соединенных с ней боковых секций, гидроцилиндров поворота боковых секций относительно средней, отличающееся тем что, соприкасающиеся кромки средней и боковых секций выполнены в форме сектора центром которого является ось шарнира относительно которого осуществляется поворот, при этом боковые секции соединены со средней посредством шарнирнозакрепленных рычагов, средняя секция подвижно закреплена на раме и движется вдоль нее по горизонтали с помощью горизонтальных гидроцилиндров, при этом рама крепится к бульдозеру при помощи поворотной оси.

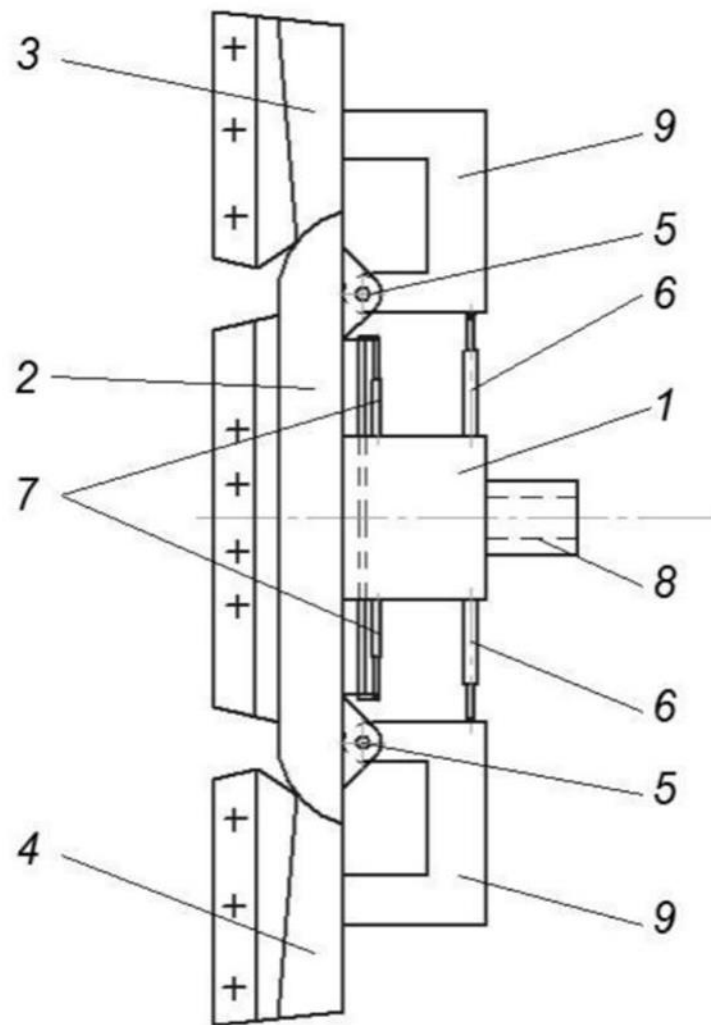
На фиг. 1 представлено предлагаемое устройство

Устройство включает раму 1, отвал состоящий из средней секции 2 и соединенных с ней боковых секций 3 и 4 шарнирами 5, гидроцилиндры поворота 6, горизонтальные гидроцилиндры 7, поворотную ось 8, рычаг 9.

Устройство работает следующим образом: оборудование бульдозера-террасера крепится к бульдозеру рамой 1 при помощи поворотной оси 8 позволяющей наклонять всю конструкцию, средняя секция 2 подвижно закреплена на раме 1 и движется вдоль нее по горизонтали с помощью горизонтальных гидроцилиндров 7, а соединенные с ней шарнирами 5 через рычаг 9 боковые секции 3 и 4 движутся гидроцилиндрами поворота 6. При этом соприкасающиеся кромки средней 2 и боковых секций 3 и 4 выполнены в форме сектора центром которого является ось ближайшего шарнира 5 относительно которого через рычаг 9 осуществляется поворот, что позволяет беззазорно поворачивать боковые секции отвала как вперед, так и назад, и благодаря чему шарниры 5 и рычаги 9 защищены от набегающего грунта.

ФОРМУЛА ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ

Оборудование бульдозера-террасера включает раму, отвал состоящий из средней секции и шарнирно соединенных с ней боковых секций, гидроцилиндров поворота боковых секций относительно средней, отличающееся тем что, соприкасающиеся кромки средней и боковых секций выполнены в форме сектора центром которого является ось шарнира относительно которого осуществляется поворот, при этом боковые секции соединены со средней посредством шарнирнозакрепленных рычагов, средняя секция подвижно закреплена на раме и движется вдоль нее по горизонтали с помощью горизонтальных гидроцилиндров, при этом рама крепится к бульдозеру при помощи поворотной оси.



Фиг. 1

Верстка Д. Женьсова
 Корректор Г. Косанова

ҚОСЫМША Ә

Эксперименттік үлгілерді өндіріске енгізу, сынау және беру актілері

АКТ

приемки опытно-промышленного образца отвала с изменяемой геометрией для бульдозера-террасера

Приемочной комиссией, на основании приказа № 112 от 18 мая 2023 года, в соответствии с утвержденной программой и методикой испытаний, проведены испытания и приемка опытно-промышленного образца отвала с изменяемой геометрией для бульдозера-террасера, который был изготовлен в результате выполнения диссертационной работы Аукуновой Б.Қ. «Обоснование параметров и разработка конструкции отвала с изменяемой геометрией для бульдозера-террасера» по оригинальной технической документации ВКТУ им. Д.Серикбаева.

Исследование и разработка темы диссертации опираются на достигнутый уровень развития науки и техники и представляют собой научную работу по повышению эффективности, совершенствованию конструкции и определению рациональных параметров рабочего органа (отвала) бульдозера-террасера и его рабочего процесса, а также получение на этой основе инновационных технологических и технических решений.

Комиссия считает представленный опытно-промышленный образец бульдозерного отвала с изменяемой геометрией для бульдозера-террасера выдержавшим производственные приемочные испытания и предлагает рекомендовать его к внедрению в производство под авторским надзором Аукуновой Б.Қ.

Председатель комиссии:
директор ТОО «АДД Альянс»



Д.Б. Мукашев

научный консультант докторанта

М.В. Дудкин

докторант PhD

Аукунова

Б.Қ. Аукунова

главный инженер ТОО «АДД Альянс»

М.Маратов

М. Маратов

СПРАВКА

о практическом использовании результатов диссертационной работы **Аукеновой Бекзат Қабыкенқызы** на тему: «Обоснование параметров и разработка конструкции отвала с изменяемой геометрией для бульдозера-террасера» (8D07102 - Машиностроение)

Настоящим подтверждаем, что результаты диссертационной работы Аукеновой Б.Қ. (специальность 8D07102 - Машиностроение) «Обоснование параметров и разработка конструкции отвала с изменяемой геометрией для бульдозера-террасера», в виде технической документации на изготовление шарнирно-сочлененного трехсекционного отвала со складывающимися боковыми секциями для бульдозера-террасера, полученные при его непосредственном авторском исполнении, а также с помощью научных консультаций сотрудников ВКТУ (М.В. Дудкина, Ж.Н. Кадырова) и зарубежных консультантов (Г.В. Кустарева, Раденкова Р.Л. и Савельева А.Г.), приняты для дальнейшего использования при изготовлении и модернизации опытных образцов шарнирно-сочлененных бульдозерных отвалов с изменяемой геометрией в ТОО «АДД Альянс» и при дальнейшем выполнении земляных работ в различных производственных условиях.

В частности, в ремонтно-механических мастерских ТОО «АДД Альянс» также налажен участок по изготовлению шарнирно-сочлененных отвалов с косоустановленными боковыми секциями для бульдозеров-террасеров, а для опытных конструкторских работ используется алгоритм расчета параметров модернизируемых прямых отвалов в шарнирно-сочлененные бульдозерные отвалы с изменяемой геометрией.

Председатель комиссии:
директор ТОО «АДД Альянс»



Д.Е. Мукашев

научный консультант докторанта

М.В. Дудкин

докторант PhD

Аукенова

Б.Қ. Аукенова

главный инженер ТОО «АДД Альянс»

Маратов

М. Маратов