

«С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КеАҚ

ӘОҚ 631.33.024.2:621.78:621.791.92(043)=қаз

Қолжазба құқығында

КОСАТБЕКОВА ДИНАРА ШАДИЯРБЕКОВНА

**Астық-шөп-тыңайтқыш сепкіш сіңірушісінің параметрлерін негіздеу мен
әзірлеу және оның жұмысшы бетінің жұмыс қорын арттыру**

6D072400 – Технологиялық машиналар мен жабдықтар

Философия докторы (PhD)
дәрежесін алу үшін дайындалған диссертация

Ғылыми кеңесшілер
техника ғылымдарының докторы,
профессор
Нукешев С.О.

техника ғылымдарының кандидаты,
доцент
Романюк Н.Н.
(Минск: Беларусь мемлекеттік аграрлық
техникалық университеті)

Қазақстан Республикасы
Астана, 2024

МАЗМҰНЫ

НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР	4
АНЫҚТАМАЛАР	5
БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР	6
КІРІСПЕ	7
1 МӘСЕЛЕНІҢ ЖАҒДАЙЫ МЕН ЗЕРТТЕУ МІНДЕТТЕРІ	12
1.1 Технологиялар, себу әдістері және сіңірушінің түрлері.....	12
1.1.1 Қолданыстағы астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштерді және олардың жұмыс органдарын талдау.....	16
1.2 Тозудың пайда болу факторларын талдау және оның түрлері.....	27
1.3 Қашау бетін беріктендіру арқылы сепкіштің жұмыс органының жұмыс қорын зерттеуді талдау.....	31
1-бөлім бойынша қорытынды.....	39
2 ТЕОРИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕР	40
2.1 Сепкіштің технологиясы мен құрылымдық-технологиялық сұлбасын негіздеу.....	40
2.2 Астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштің сіңіруші параметрлерін негіздеу....	44
2.2.1 Сіңіруші қашауының ені мен ашылу бұрышын негіздеу.....	44
2.2.2 Тік жазықтықта сіңіруші қашауының орнату бұрышын негіздеу.....	48
2.2.3 Сіңірушінің тарту кедергісін анықтау.....	50
2.3 SolidWorks және ANSYS бағдарламаларында қашау параметрлерін соңғы элементті (FEM) және SPH әдісімен модельдеу.....	57
2.4 Қашаудың тозу сипаты мен қарқындылығы.....	62
2.5 Беріктендіру арқылы қашаудың тозуға төзімділігін арттыру.....	64
2.6 Астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштің беріктендірілген жұмыс органы қашаудың жұмыс қорын зерттеу.....	66
2.7 Қашау бетін балқыма қаптамасын жасау режимінің оңтайлы параметрлерін негіздеу.....	73
2-бөлім бойынша қорытынды.....	77
3 ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ СЫНАУДЫҢ БАҒДАРЛАМАСЫ МЕН ӘДІСТЕМЕСІ	79
3.1 Эксперименттік зерттеулердің міндеттері мен бағдарламасы.....	79
3.2 Астық-шөп-тыңайтқыш сепкішінің эксперименттік сіңірушісінің құрылымдық ерекшеліктері.....	79
3.3 Негізгі тәуелділіктерді анықтау бойынша эксперименттік зерттеулер жүргізу әдістемесі және нәтижелерді статистикалық өңдеу.....	80
3.3.1 Іздеу эксперименттері.....	80
3.3.2 Негізгі эксперименттер және эксперименттерді жоспарлау туралы....	81
3.3.3 Эксперименттерді жүргізу тәртібі және нәтижелерді статистикалық өңдеу.....	81
3.4 Астық-шөп-тыңайтқыш сепкіш қашауының қаттылығының қаптама жасалған қабаттың химиялық құрамына тәуелділігін зерттеу.....	87

3.4.1 Кремний-марганец-хром негізіндегі қаптама жасау арқылы беріктендірілген қашаудың макроқұрылымдық талдауы.....	90
3.4.2 Қаттылықтың беттік беріктендіру әдісіне тәуелділігін анықтау әдістемесі.....	92
3.5 Қашау бетіне қаптама жасау режимінің оңтайлы параметрлерін анықтау әдістемесі.....	93
3-бөлім бойынша қорытынды.....	93
4 ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ СЫНАҚ НӘТИЖЕЛЕРІН ТАЛДАУ.....	95
4.1 Сіңірушінің оңтайлы параметрлерін таңдау.....	95
4.1.1 Факторлардың мәнін және қажеттілік функциясын анықтау үшін Statistica бағдарламасында экспериментті жоспарлау.....	99
4.2 Астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштің жұмыс органы қашаудың қаттылығының қаптама жасалған қабаттың химиялық құрамына тәуелділігін анықтау.....	112
4.2.1 Кремний-марганец-хром негізіндегі қаптама жасау арқылы беріктендірілген қашаудың макроқұрылымдық зерттеу нәтижелері.....	117
4.2.2 Қаттылықтың беттік беріктендіру әдісіне тәуелділігін анықтау.....	121
4.2.3 SAS статистикалық талдау бағдарламасы арқылы толық квадраттық модельді талдау нәтижелері.....	123
4.3 Қашау бетіне қаптама жасау режимінің оңтайлы параметрлерін анықтау.....	130
4.3.1 Факторлардың мәні мен қажеттілік функциясын анықтау үшін Statistica бағдарламасындағы экспериментті жоспарлау нәтижелері.....	132
4-бөлім бойынша қорытынды.....	135
5 Ауыл шаруашылығы дақылдарын тікелей себу үшін астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштің жұмысшы органын пайдаланудың экономикалық тиімділігі.....	136
5.1 Қашау бетін беріктендіру процесінің экономикалық шығындарын анықтау.....	139
5-бөлім бойынша қорытынды.....	141
ҚОРЫТЫНДЫ.....	142
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ.....	144
ҚОСЫМША А – Астық-шөп-тыңайтқыш сепкішінің әзірленген жұмыс органының жұмыс сызбалары.....	153
ҚОСЫМША Ә – Патенттер.....	156
ҚОСЫМША Б – Өндірістерге енгізу актілері.....	159
ҚОСЫМША В – БМАТУ хаттамасынан үзінді.....	161
ҚОСЫМША Г – Сертификаттар.....	163
ҚОСЫМША Д – Екінші ретті орталық композициялық ротатабельді жоспарлау бағдарламасы бойынша тарту кедергісінің және ені бойынша әркелкі үлестірілуінің сіңіруші қашауының параметрлеріне тәуелділігін эксперименттік зерттеулердің деректері.....	167

НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР

Диссертациялық жұмыста келесідей мемлекеттік үлгіқалыптарға сілтемелер жасалды

МЕСТ 9466-75. Болаттар қолмен доғалық дәнекерлеуге және балқыма қаптама жасауға арналған металмен қапталған электродтар.

МЕСТ 28714-2007. Қатты минералды тыңайтқыштарды енгізуге арналған машиналар.

МЕСТ 31345-2007. Трактор сепкіштері. Сынау әдістері.

ОСТ 70.5.1-83. Ауыл шаруашылығы техникасын сынау. Егіс машиналары.

МЕСТ-20915-2011. Ауыл шаруашылығы техникасын сынау. Сынақ шарттарын анықтау әдістері.

МЕСТ 23728-88. МЕСТ 23730-88. Ауыл шаруашылық техникасы. Экономикалық бағалау әдістері.

МЕСТ 23729-88. Ауыл шаруашылық техникасы. Мамандандырылған машиналарды экономикалық бағалау әдістері.

АНЫҚТАМАЛАР

Диссертациялық жұмыста төмендегідей анықтамаларға сәйкес терминдер қолданылды:

Сепкіш – топыраққа тұқым себуге арналған машина.

Сіңіруші – топырақты қопсытуға арналған соқа, қопсытқыш және басқа да ауылшаруашылық құралдарының кесетін жұмыс органы. Егістік алқапта қарық жасалатын, тұқым себу немесе өсімдіктерді отырғызу және тұқымдарды топырақпен толтыру үшін қолданылатын сепкіш құрылғысы.

Балқымалау қаптамасы – балқыту арқылы бұйымның бетіне металл немесе қорытпа қабатын жағу.

Соңғы элемент әдісі – жартылай дифференциалдық теңдеулерді, сондай-ақ қолданбалы физика есептерін шешуде пайда болатын интегралдық теңдеулерді шешудің сандық әдісі.

Тегіс бөлшектердің гидродинамикасы әдісі – сұйықтық динамикасы мен қатты деформацияланатын денелердің күрделі мәселелерін шешудің торсыз әдісі.

Тозу – беткі қабаттың бұзылуына (тозуына) байланысты бұйымның немесе құрылымның бетінің мөлшерін, пішінін, массасын немесе күйін өзгерту.

Абразивті тозу – қатты абразивті дәндермен беттің бұзылуы.

Жұмыс қоры – құрылғыны (механизмді) пайдалану басталғаннан бастап немесе жөндеуден кейін және ол нормативтік-техникалық құжаттамада айқындалатын шекті күйге жеткенге дейін әзірлеу.

Беттерді беріктендіру – беткі қабаттың беріктігін арттыру немесе бетіне қатайтатын жабынды жағу мақсатында материалдардың беттерін өңдеудің технологиялық процесі.

Макроқұрылымдық талдау (немесе макроанализ) – металдар мен қорытпалардың құрылымын қарапайым көзбен немесе үлкейткіш әйнек пен бинокулярлық микроскоп арқылы 30-40 есеге дейін ұлғайту арқылы зерттеу әдісі деп аталады.

Микроқұрылымдық талдау – металдар мен қорытпалардың диффузия тереңдігін анықтау үшін үлгінің бетіне қолданылатын металлографиялық микроскоп пен арнайы индикаторларды пайдалана отырып, 50-ден 2000 есеге дейін ұлғайту арқылы зерттелетін материалдарды терең зерттеу

Металдың қаттылығы – бұл қатты элементпен жанасу кезінде оның сынуға төзімділігін сипаттайтын сипаттама.

Тарту кедергісі – көлік машинасы жеңетін қозғалысқа төзімділік күшінің көлденең құрамдас бөлігі.

БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР

FEM	– соңғы элемент әдісі
SPH	– тегіс бөлшектердің гидродинамикасы
АӨК	– агроөнеркәсіптік кешен
ҚР АШМ	– Қазақстан Республикасының ауыл шаруашылығы министрлігі
ҚР БҒМ	– Қазақстан Республикасының білім және ғылым министрлігі
ҚАТЗУ	– Қазақ агротехникалық зерттеу университеті
SAS	– статистикалық аналитикалық бағдарлама
DOE	– Эксперименттерді жобалау
ЖЖТ	– жоғары жиілікті ток
ММР	– бинокулярлық металлографиялық микроскоп
HRC	– Роквелл бойынша қаттылығы, С шкаласы
AISI	– Американдық болат және қорытпалар институты
СЗ	– астық сепкіші
СДК(П)	– тұқымды шымға жолақты себуге арналған сепкіш
АҚШ	– Америка құрама штаттары
АПЛ	– шалғынды топырақ өңдеу агрегаты
УЭС	– әмбебап энергоқұрылғы
СЗТ	– астық-тыңайтқыш-шөп сепкіші
ҚАБ	– қуат алу білігі
ПКИ және ВИСХОМ	– В.П. Горячкин атындағы Бүкілодақтық ауылшаруашылық машина жасау ғылыми-зерттеу институты
НПО	
СЗПП-4	– астық-тыңайтқыш-шөп сепкіші
СДКП	– шөп тұқымын шымға себуге арналған аралас сепкіш
СЗС	– астық аңыздық сепкіші
СК	– культиватор сепкіші
КСТ	– ауыр аңыздық культиваторы
ППД	– беттік пластикалық деформация
MAG	– белсенді газбен, мысалы, азотпен, көмірқышқыл газымен және т.б. дәнекерлеу түрі
PVD	– буды тұндыру арқылы жабынды физикалық қолдану
SEM	– сканерлейтін электронды микроскоп
ВК	– Вольфрам-кобальтты қатты қорытпалы болат
ТК	– Титан-вольфрам-кобальтты қатты қорытпалы болат
ЭКП	– электр контактілі дәнекерлеу
ХТӨ (ХТО)	– химиялық-термиялық өңдеу
ЭИН	– электр ұшқынды балқыламалау

КІРІСПЕ

Зерттеу жұмысының өзектілігі

Жайылымдардың тозуы және ауыл шаруашылығы жануарларын сапалы азықпен қамтамасыз ету мәселесі Қазақстанның барлық өңірлері үшін өзекті болып табылады. Мәдени-техникалық жай-күйі бойынша жайылымдардың 30-35%-дан астамы бұта – 23,5 млн. га, жер үсті – 1,4 млн. га, орман – 3,6 млн. га, тас – 4,7 млн. га, қылқанбоз – 7,7 млн. га, жапырылған – 26,6 млн. га. Жайылымдардың тозған алқаптары: тау бөктеріндегі жазықта – 3,8 млн. га, шөлді аймақта – 13,2 млн. га, орманды дала және дала аймақтарында – 5,6 млн. га құрайды. Арамшөп басқан жапырылған жайылымдардың саны 8,3 млн. га [1-3]. Жемшөп алқаптарының өнімділігінің төмендігі, әсіресе құрғақшылық жылдары, ауыл шаруашылығындағы мал басын толыққанды азықпен жеткілікті мөлшерде қамтамасыз етуге мүмкіндік бермейді. Жайылымдарды қалпына келтіру және жақсарту үшін арнайы техниканың болмауы жағдайды одан сайын ушықтыруда. Қазіргі уақытта отандық өнеркәсіп ұсақ тұқымды дақылдарды себуге арналған сепкіштер шығармайды. Шөп тұқымдарын себу үшін шөптерге бейімделмеген астық сепкіштері қолданылады, олар қажетті мөлшермен себуді қамтамасыз ете алмайды, нәтижесінде тұқымның едәуір артық шығыны пайда болады. Сонымен қатар, жабық дақылдар мен шымға себу кезінде сепкіштердің сіңірушілері топырақ-шөп жамылғысының тығыздығына байланысты қарқынды тозуға ұшырайды және пайдалану мерзімі қысқа болады.

Ауыл шаруашылығы техникасының қажетті жиынтығының болуы – ҚР АӨК-нің бәсекеге қабілетті дамуының негізгі шарты. Бүгінгі таңда республикада 149,8 мың трактор, 38 мың комбайн, 4,9 мың егіс кешені және 76,3 мың сепкіш, сондай-ақ 219 мыңға жуық түрлі топырақ өңдеу құралдары бар. Мәселен, Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы министрлігінің деректері бойынша машина-трактор паркінің орташа тозуы шамамен 80%-ды құрайды. Ауыл шаруашылығы техникасының өте тозған негізгі түрлерінің (15 жылдан асқан) үлесі: тракторлар - 79%, комбайндар - 54%, сепкіштер - 86%, орақтар - 63% құрайды. Қажетті технологиялық жаңарту деңгейі жылына $10 \div 12,5\%$ болса, бүгінгі күні жаңарту тек $1 \div 3\%$ аралығында болады. Ескірген жабдықты пайдалану жанармай шығындарының 20%-ға артуына және өндірістің 14%-ға төмендеуіне әкеледі [1; 2].

Қазіргі уақытта ҚР АШМ саланы жаңа деңгейде жандандыру туралы бірқатар шешімдер қабылдаған жайылымдық мал шаруашылығына арналған машиналар жүйесін әзірлеу және қалыптастыру бойынша зерттеулер сұранысқа ие болып отыр. *Зерттеудің маңыздылығы* тозуға ұшыраған жайылымдарды қалпына келтіру үшін инновациялық технологиялар мен техниканы енгізу, шабындықтардың өнімділігін арттыру, жайылымдық мал шаруашылығы процестерін бақылау және басқару үшін ақпараттық технологияларды қолдану сияқты бірқатар негізгі мәселелер бойынша стратегиялық ғылыми негізделген шешімдер қабылдау қажеттілігі болып табылады, яғни әлемдік деңгейге сай

келетін ауыл шаруашылығы заманауи, ғылыми негізделген технологиялар мен машиналардың жүйесін әзірлеуді қажет етеді.

Демек, шабындықтар мен жайылымдарды қалпына келтіру және жақсарту технологиясын және тапталған жайылымдарды қалпына келтіру, ауыл шаруашылығы айналымынан шығарылған тыңайған жерлерді игеру мен трансформациялау және көпжылдық шөптердің ескі егістіктерінің өнімділігін жақсарту үшін техникалық құралдарды әзірлеу ҚР АӨК алдында тұрған аса маңызды мәселе болып табылады.

Жұмыс ҚР БҒМ Ғылым комитетінің гранты бойынша №АР05134800 «Ауыл шаруашылық дақылдарын жамылғы дақылдар мен шымға саралап тікелей енгізумен қоса бір мезгілде минералды тыңайтқыштарды енгізетін автоматтандырылған астық-тыңайтқыш-шөп сепкішті жасау» жобасын іске асыру шеңберінде орындалды.

Зерттеу мақсаты

Себу сапасы мен сепкіштің жұмыс қорын ауыл шаруашылығы дақылдарын жамылғы дақылдар мен шымға тікелей енгізетін сіңірушінің құрылымдық сұлбасы мен оңтайлы параметрлерін негіздеу арқылы арттыру.

Зерттеу міндеттері:

– технологиялық процесті зерттеп, жамылғы дақылдары мен шымға тікелей себу сапасына әсер ететін факторларды, жұмыс қорын анықтау және сіңірушінің құрылымдық-технологиялық сұлбасын негіздеу;

– сіңірушінің ұтымды құрылымдық және технологиялық параметрлерін теориялық және эксперименттік негіздеу;

– сіңіруші қашауының беткі қабатын балқымалаумен қаптама жасау режимінің оңтайлы параметрлерін негіздеу және астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштің беріктендірілген қашауының жұмыс қорын зерттеу;

– ауылшаруашылық дақылдарын жамылғы дақылдарының астына және шымға тікелей себетін сіңірушінің жұмыс қабілеттілігін өндірістік жағдайда тексеріп, оны қолдану тиімділігіне техникалық-экономикалық баға беру.

Зерттеу нысаны – ауыл шаруашылығы дақылдарын шымға тікелей себудің және астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштің сіңіруші қашауының жұмыс бетін беріктендірудің технологиялық процестері.

Зерттеу пәні – сіңірушінің құрылымдық және технологиялық параметрлерінің себу сапасына және жабындар қасиеттерінің сіңірушінің жұмыс қорына әсер ету заңдылықтары.

Зерттеу әдістемесі:

1. Теориялық зерттеулер классикалық және және жер өңдеу механикасының, трибологияның, машина жасау технологиясының және материалтану, металдар технологиясының негізгі ережелерін қолдана отырып жүргізілді.

2. Математикалық және компьютерлік модельдеу «С. Сейфуллин атындағы ҚАТЗУ» КеАҚ «Технологиялық машиналар мен жабдықтар» кафедрасының зертханаларында орындалды. Эксперименттерді жоспарлау Бокс-Уилсон әдісі бойынша екінші ретті орталық композициялық ротатабельді

жоспарлау бағдарламасы бойынша жүргізілді және оңтайлы аймақты сипаттайтын екінші дәрежелі көпмүшелер алынды. Факторлардың мәндері мен қажеттілік функциялары өнеркәсіптік экспериментте (DOE) Statistica 10 және Statistical Analysis Software (SAS) бағдарламаларында (SAS Institute, Cary, NC 27513, АҚШ) анықталды. Тәуелділік графиктері және факторлардың ең оңтайлы мәндері Бокс-Бенкен әдісімен алынды.

3. Астық-шөп-тыңайтқыш сепкіші жұмыс органының анықталған параметрлері мен тозуы SolidWorks және ANSYS бағдарламаларында соңғы элемент әдісімен (FEM), сондай-ақ LS-DYNA бағдарламасында SPH әдісімен компьютерлік модельдеумен негізделді.

4. Үлгілерді беріктендіру, макро-және микроқұрылымдық зерттеулер «С.Сейфуллин атындағы ҚАТЗУ» КеАҚ, «Технологиялық машиналар мен жабдықтар» кафедрасының зертханалары базасында орындалды. Тозуға төзімділікті арттырудың пайдаланылған әдістері: Т590 және ЦС-1 қатты қорытпалы электродтарымен ВДМ-2х313 УЗ доғалық дәнекерлеу арқылы балқымалаумен қаптама жасау; 12/12-В СНОЛ моделді камералық зертханалық электр пешінде шынықтыру үшін қашауды ЖЖТ-қыздыру. А1212 MASTER модельді ультрадыбыстық дефектоскоппен сіңіруші қашауларында тозған беткі қабаттарының күйі, ақаулардың болуы зерттелді. Микроқұрылымдық талдау үшін ММР-1 Биомед микроскобы қолданылды және зерттелетін беттердің қаттылығын анықтау үшін МЕТ У1 қаттылықты өлшеу аспабы қолданылды.

5. Сериялы дайындалған және әзірленген қашау үлгілерін далалық сынау 2019-2020 жылдары Ақмола облысының топырақ-климаттық жағдайларында қарапайым қара топырақта (ылғалдылығы 25-45%, топырақта орташа диаметрі 0,05 м тастардың болуы 0,6-1,5 дана/м²) өткізілді; егістік (жаздық) вика, сусымалы беде және жоңышқа егу кезінде жүргізілді; машина-трактор агрегатының құрамы 2 тарту класының доңғалақты тракторы + астық-шөп-тыңайтқыш сепкішінен тұрды.

6. Астық-шөп-тыңайтқыш сепкіші жұмыс органының тарту кедергісін анықтауға арналған зертханалық зерттеулер топырақ арнасында жүргізілді (Қосымша А). Топырақтың ылғалдылығын анықтау үшін Т-350 Aquaterr аспабы және топырақтың тығыздығы үшін – Wile маркалы тығыздық өлшегіш (ASAES 313.3) қолданылды.

Ғылыми жаңалығы:

– ауыл шаруашылығы дақылдарын жамылғы дақылдарының астына және шымға тікелей себуге арналған қашауы бар сіңірушінің технологиялық және құрылымдық параметрлері негізделді;

– сіңіретін жұмыс органының эксперименттік үлгісінің топырақпен өзара әрекеттесу заңдылықтары анықталды;

– сіңірушінің тарту кедергісінің өңделетін топырақ қабатының параметрлеріне және оның физикалық-механикалық сипаттамаларына, жұмыс органының ілгерілемелі жылдамдығына және оны орнату, ашылу және үйкелу бұрыштарына тәуелділігі алынды;

– сіңіруші қашауының беткі қабатының оңтайлы параметрлері негізделді.

Қорғауға шығарылатын негізгі ережелер:

- астық-шөп-тыңайтқыш сепкіш сіңірушісінің эксперименттік үлгісінің конструкциялық-технологиялық сұлбасы;
- сіңіруші тарту кедергісінің оның құрылымдық және технологиялық параметрлеріне және топырақ сипаттамаларына теориялық тәуелділігі;
- балқыма қаптама жасалған қашаудың қабат қаттылығының конструкциялық, технологиялық және эксплуатациялық факторларына тәуелділік теңдеуі, қаптама жасалған қабат қалыңдығы мен механикалық өңдеу әдібінің балқыта қаптамалау режимдеріне тәуелділік теңдеуі;
- сіңіруші қашауында және топырақта жиынтық кернеулердің таралу, жұмыс бөлігінің тозу модельдері.

Практикалық құндылығы астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштің құрылымын жобалау және оның макеттік және эксперименттік үлгілерін дайындау, сіңірушінің оңтайлы құрылымдық параметрлерін, қашаудың жұмыс қорын ұлғайту үшін қаптама жасау режимдерінің оңтайлы мәндерін анықтау, арнайы компьютерлік бағдарламаларда қашаудың абразивті тозуын зерттеу әдістемесін әзірлеу болып табылады. Өндіріске ендіру және коммерциализация мақсатында сепкіш сызбалары «AGRITECH-KATU» ЖШС машина жасау компаниясына берілді. Астық-тыңайтқыш-шөп сепкіші жұмыс органын беріктендіру мен жұмыс қорын арттыру әдісі, тозуға төзімділікті арттыру үшін жұмыс бетінің беткі қабатын таңдау бойынша ұсыныстар «Целинсельмаш Астана» ЖШС ендірілді.

Ғылыми ережелердің, нәтижелердің тұжырымдарының негізділігі мен дұрыстығы мақсаттардың жүйелі қойылуымен, теориялық және эксперименттік зерттеулердің жеткілікті деңгейдегі сәйкестігімен расталады. Астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштің құрылымына Қазақстан Республикасының (№34241 және №34242) және Еуразиялық патенттік ұйымының (№38584) патенттері (Қосымша Ә) алынды.

Жұмыстың орындалуы

Диссертация бойынша ғылыми-зерттеу жұмыстары №AP05134800 «Ауыл шаруашылық дақылдарын жамылғы дақылдар мен шымға саралап тікелей енгізумен қоса бір мезгілде минералды тыңайтқыштарды енгізетін автоматтандырылған астық-тыңайтқыш-шөп сепкішті жасау» гранттық тақырыбы шеңберінде орындалды. Диссертациялық жұмыстың нәтижелері Ақмола облысы Целиноград ауданының «Ақмола-Феникс» АҚ (2020) және «Целинсельмаш-Астана» ЖШС (Астана, 2024) енгізілді (Қосымша Б).

Автордың жеке үлесі міндеттерді қоюдан және зерттеу әдістемесін әзірлеуден; астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштің құрылымын әзірлеуден және макеттік пен эксперименттік үлгілерін дайындаудан, сіңіруші қашауының оңтайлы параметрлерін және оны беріктендіру әдісін анықтаудан, біртұтас кернеулерді бөлістіруге және жұмыс бөлігінің тозуына оңтайлы параметрлері бар астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштің сіңіруші қашауын эксперименттік зерттеуді жоспарлаудан және жүргізуден тұрады (Қосымша В).

Жұмысты апробациялау

Докторлық диссертацияның негізгі ережелері баяндалды және талқыланды (Қосымша Г):

1. «АӨК үшін инновациялық технологияларға жас ғалымдардың қосқан үлесі» жас ғалымдардың ғылыми-практикалық конференциясында (Шортанды, 2019).

2. «VII International scientific congress. Agricultural machinery 2019» халықаралық конгрессінде (Burgas, 2019).

3. «Ауыл шаруашылығындағы инновациялық технологияларды техникалық қамтамасыз ету» халықаралық ғылыми-практикалық конференциясында (Минск, 2020).

4. «Сейфуллин оқулары» республикалық және халықаралық ғылыми-теориялық конференцияларында (2018, 2021).

5. «С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КеАҚ, ТМЖ кафедрасының отырысында (2023).

6. Беларусь мемлекеттік аграрлық техникалық университетінің «АӨК техникалық сервисі» факультетінің кеңесінде (Минск, 2020).

Жарияланымдар

Докторлық диссертацияның нәтижелері бойынша орыс, қазақ және ағылшын тілдерінде 17 жұмыс жарияланды, оның ішінде: Clarivate базасының деректері бойынша немесе Scopus базасына кіретін Халықаралық ғылыми басылымда 2 мақала, Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету Комитеті ұсынған басылымдарда 5 мақала, 1 мақала РИНЦ базасында. Ұсынылған жұмыстың баяндамалары 6 халықаралық және республикалық конференцияларда қаралды. Өнертабысқа ҚР 2 патенті, 1 Еуразиялық патент алынды.

Жұмыстың көлемі мен құрылымы

Докторлық диссертация машинамен басылған мәтіннің 175 беттерінде баяндалған кіріспеден, 5 бөлімнен және қорытындыдан тұрады, олар 92 суреттермен, 30 кестелермен, 134 атаудан тұратын әдебиеттер тізімімен және 6 қосымшалармен түсіндіріледі.

1 МӘСЕЛЕНІҢ ЖАҒДАЙЫ МЕН ЗЕРТТЕУ МІНДЕТТЕРІ

1.1 Технологиялар, себу әдістері және сіңірушінің түрлері

Дақылдарды өсіру процесінде егу маңызды және жауапты, өйткені егу кезінде болашақ егіннің негізі қаланады. Жоғары өнім алудың негізгі шарты – таңдалған себу әдісі мен оны жүзеге асыру технологиясының өсімдіктерді өмір факторларымен толық қамтамасыз ету мүмкіндігі. Егу әдісі көбінесе дақылдың түріне, тұқымның себу сапасына және топырақ-климаттық жағдайларға байланысты. Егістің негізгі міндеті – тұқымның өнуіне және болашақта өсімдіктердің дамуына жақсы жағдай жасау, сондай-ақ қатарларға біркелкі орналастырылған кезде олардың оңтайлы тығыздығын алу [4].

Қазіргі уақытта топырақты минималды өңдеу технологияларын қолдану негізінде табиғи жем-шөп алқаптарының өнімділігін қалпына келтіру ең перспективалы болып табылады. Жеделдетілген шалшықтандыру технологиялары бір жұмыс өтілімінде жүзеге асырылатын мынадай агротехникалық операциялардан тұрады: фрезерлеу арқылы шымды үздіксіз механикалық өңдеу, көбінесе жалпақ кескіш өңдеумен немесе топырақты қопсытумен біріктірілген, минералды тыңайтқыштарды бір мезгілде енгізе отырып, өңделген топыраққа шөп тұқымын себу және егістен кейінгі тығыздау [5].

Жолақты егу технологиясына шөп тұқымын себу арқылы, көбінесе минералды тыңайтқыштармен және егістен кейінгі тығыздау арқылы шымның механикалық жолақты бұзылуы жатады.

Азық-түлік өндірісіндегі минималды өңдеу технологиялары түбегейлі және беттік жақсартудың балама технологиялары бола отырып, жер үсті жақсартуды жүргізуге жұмсалатын төмен энергия шығындарын жоғары түбегейлі жақсартудың тиімділігімен біріктіруге мүмкіндік береді. Бұл технологиялар өнімділікті арттыру және жем сапасын жақсарту кезінде тұқым материалын (2 есе және одан да көп) және жанармайды (5 есеге дейін) айтарлықтай үнемдеуді қамтамасыз етеді [5, с. 9].

Кесте 1.1 – Шөптерді өсірудің технологиялық әдістері

Тәсілдер	Тапсырмалар
1	2
Көпжылдық шөптерді көктемгі тырмалау	Көпжылдық шөптердің күзгі өсуі кезінде өсу нүктесін жеңілдету
Тұқым себуге дайындау	Тұқымдарды мөлшері бойынша фракциялау; оларды жоғары себу стандарттарына дейін жеткізу; патогендік микрофлорадан дезинфекциялау; өнгіштігі мен өну энергиясын арттыру
Егіс	Тұқымдарды (тұқым материалын) бірдей тереңдікке, бір-бірінен бірдей қашықтыққа бөлу
Егістен кейінгі домалау	Ұсақ тұқымдардың топырақ капиллярларымен байланысын орнату
Дақылдарды пестицидтермен өңдеу	Аурулардың (фунгицидтер, бактерицидтер) дамуын болдырмау немесе зияндылығын төмендету; зиянды жәндіктермен өсімдіктердің зақымдануын азайту (Инсектицидтер)

1.1-кестенің жалғасы

1	2
Жинау	Өнім саны мен сапасының ең аз шығыны бар егістіктен егін жинау
Ескерту – Әдебиет негізінде құралған [6]	

Белгілі бір жағдайларда дақылдарды өсірудің технологиялық сұлбасын құру үшін жеке технологиялық әдістердің міндеттерін ескеру қажет. 1.1-кестеде тапсырмалар мен әртүрлі технологиялық әдістер келтірілген. Егер ол уақытында және қажетті сапада орындалса, әрбір технологиялық әдіс белгілі бір тапсырманы орындау үшін қажет [6, с. 28].

Агроценоздың өнімділігі көбінесе себу әдісіне және қатар аралықтарының еніне байланысты, оларды таңдау өсімдіктің морфологиясымен, өсіру мақсатымен, тиісті техниканың болуымен анықталады (1.2-сурет).

Кесте 1.2 – Шөптерді себу әдістері

Себу әдісі	Қатар аралықтарының ені, м	Дақылдар
Кең қатарлы	0,45	Тұқымға арналған шөптер
Қатардағы	0,15	Қоңырбас және бұршақ шөптері
Тар қатарлы	0,075 және 0,1	Қоңырбас және бұршақ шөптері
Айқас (қатардағы модификация)	-	Қоңырбас және бұршақ шөптері
Үздіксіз (шашыраңқы)	-	Қоңырбас және бұршақ шөптері
Жолақты	-	Әр түрлі тұқымдас жемшөп дақылдары
Ескерту – Әдебиет негізінде құралған [6, с. 29]		

Қабатты тұқым себу және ұрықтандыру үшін сіңіруші пішінге ие:

1) сырғымалы құрамалы қатарлы дақылдар, көкөніс дақылдары үшін егу машиналарында қолданылады;

2) дәнді сепкіштерде қыртөсті;

3) картоп отырғызғыштардағы жебе тәрізді қыртөсі бар сіңіруші;

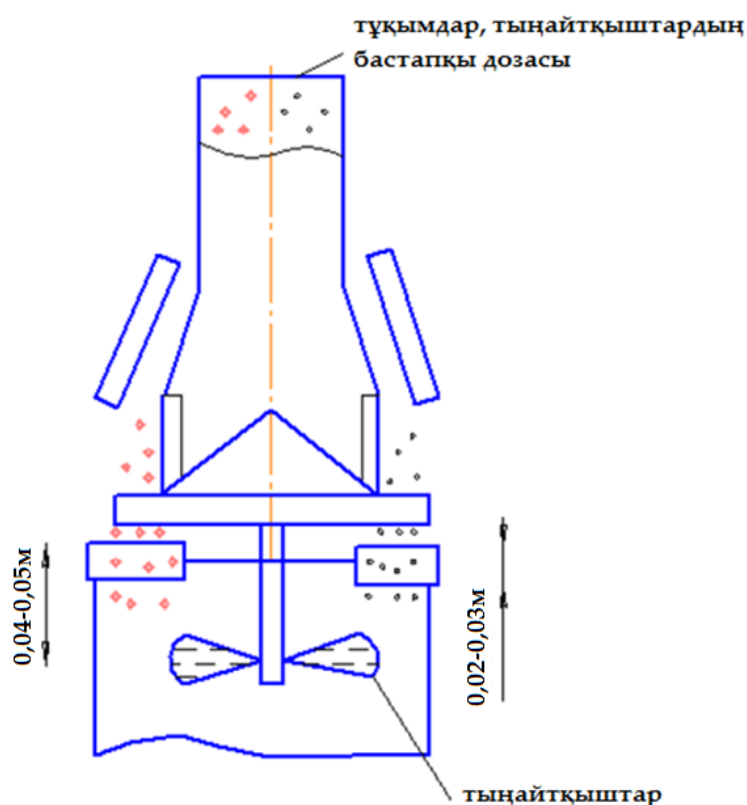
4) дәнді дақылдардың тұқымын себуге арналған қашауы бар сіңіруші;

5) жер қойнауын себуге арналған табанды (жебе) сіңіруші.

Сырғымалы сіңірушілер икемділігі төмен және үйкеліс коэффициенті жоғары тұқымдарды себу үшін қолданылады. Сондықтан қыртөс ұзартылған пышақ тәрізді [7, 8] болады.

Қыртөсті немесе қарнақты сіңірушілер қыртөстен, корпустан және жетектемеден тұрады. Қыртөс үшбұрыш тәрізді, оның төменгі бөлігі үшкір кильмен аяқталады. Олар шөп, зығыр және басқа дақылдардың тұқымын себу үшін қолданылады. Ростсельмаш, Amazone Primera DMC (Германия), Amazone AD3 Special (Германия) компаниясының Versatile егу сепкіштері қыртөсті сіңірушілермен жабдықталған. Қыртөсті сіңірушілер құрғақ климаты бар аймақтарда қолданылады. Қарнақты сіңірушілер Amazon AD3 Special сепкіштеріне орнатылған.

Қашау тәрізді сіңірушілерді «Horsch» (Германия) компаниясы мен «Агро – Союз» (Украина) корпорациясының бірлескен өндірісінің «Horsch-Агро-Союз» кең ауқымды егіс кешені бар. «Дуэт» жұптасқан сіңіруші (1.1-сурет) [9] себу тереңдігі 0,18-0,2 м-ден 0,07 м-ге дейін дәл және біркелкі кең жолақты егуді қамтамасыз етеді. Сіңіруші бір уақытта сұйық немесе түйіршікті тыңайтқыштарды енгізе алады. Тыңайтқыштар егу жолақтарының астында оның көкжиегінен 0,04-0,05 м-ге төмен тереңдікте жүреді. Бұл жағдайда тұқымның химиялық күйіп қалу ықтималдығы жоғалады. Сондай-ақ, оның көмегімен егістік дақылдары мен түйіршікті тыңайтқыштарды бір уақытта қолдануға болады. Кемшілігі – жоғары тарту кедергісі.



Сурет 1.1 – «Дуэт» сіңірушісінің жұмыс сұлбасы

Ескерту – Әдебиет негізінде құралған [9, с. 14]

Horsch Sprinter ST (Германия), Morris Concept 2000 (Канада), СЗ-3,6 А сепкіштерінде табанды (жебе) сіңірушілері қолданылады. Horsch Sprinter ST сепкіш сіңірушісі ауыр топырақтарда жолақты себу үшін қолданылады. Ол серіппелі сақтандыру құрылғысымен жабдықталған. Morris Concept 2000 сепкіш сіңірушісі (ені 0,15 м-ге дейін) үздіксіз себуді жүзеге асырады. Тұқымнан бөлек түйіршікті тыңайтқыштарды бір уақытта енгізуді қамтамасыз етеді.

Табанды (жебе) сіңірушілердің артықшылығы – олар қоректендірудің ұтымды аймағын қамтамасыз етеді, тұқымдар үшін тығыз табан дайындайды, оларды бірдей тереңдікте себуді қамтамасыз етеді. Сіңірушінің кемшілігіне тарту кедергісінің жоғары мәнде болуы жатады.

Ғалымдар А.Л. Симс, Г.В. Рем, Дж.А. Ламб екі зерттеу жүргізді, егер бірінші жағдайда чизель сіңірушісі қолданылса, ал екінші экспериментте әртүрлі топырақ өңдеу жүйелерінде қатты қызыл жаздық бидай өндірісіне тыңайтқыш енгізу үшін үйінді соқа, қашау тәрізді соқа және нөлдік өңдеу жүйесі қолданылған. Бірақ жүргізілген зерттеулер топырақты өңдеу жүйесінде қолданылатын құралдар арасындағы айырмашылыққа қарағанда тыңайтқыштың енгізілген мөлшерінің өнімділікке әсерін көбірек қарастырады [10].

Зерттеушілер Наоя Каварада, Сигэки Табата және Юсуке Утияма терең өңдеу чизель жүйесінде егіс жұмыстарының нәтижесінде топырақ ылғалдылығы төмендейді, топырақтың ұсақталу жылдамдығы, кеуектілігі, газ фазалық құрамы, тиімді ылғалдылығы және өңделген топырақтың төменгі қабатының қаныққан гидроөткізгіштігі жақсарады деп мәлімдейді. Сонымен қатар, бидайдың вегетациялық кезеңінде өңделген топырақтың төменгі қабаттағы физикалық қасиеттерін жақсарту арқылы жыртылған қабаттың сақталу уақыты қысқарады және дренаж жақсарады. Нәтижесінде терең топырақты қашаумен өңдеу жүйесінде өнімділік 12-13%-ға артады [11].

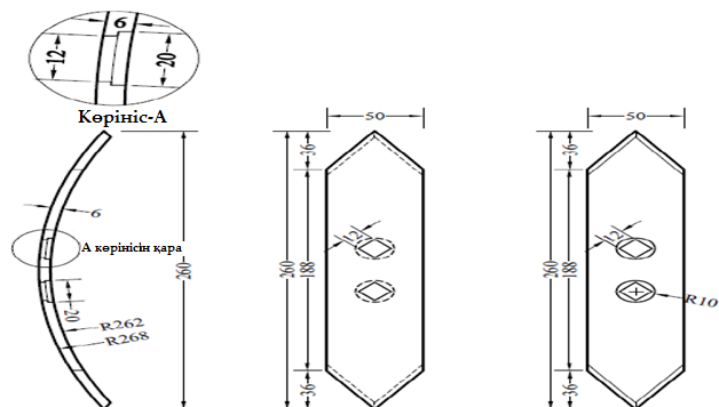
Зерттеу нәтижелері [12] екі құралмен (диск және қашау тәрізді сіңіруші) өңдеудің тиімділігі жоғары өнімділік пен ағып кету жылдамдығына, сондай-ақ диск сіңірушісіндегі ең аз отын шығынына қарамастан, чизель (қашау тәрізді) сіңірушісі теориялық және далалық өнімділік пен топырақ ылғалдылығының жоғары мәндеріне және топырақтың көлемдік тығыздығының салыстырмалы түрде төмен мәніне ие екенін көрсетті.

АҚШ ғалымдары Mahdi Al-Kaisy және Mark A. Licht жүгері өнімділігін арттыру үшін үш топырақ өңдеу жүйесінің әсерін зерттеді, мысалы, жолақты өңдеу, қайырмасыз және чизельді сіңірушімен өңдеу. Жалпы, бұл жұмыста өңдеудің үш әдісін салыстыру келтірілген, бірақ көбінесе екі тыңайтқышты салыстыру, енгізілген концентрация көлемі, тыңайтқыштарды астықпен сіңіру және көктем мен күз мезгілінде топырақта қалдықтың жинақталуы қарастырылған [13].

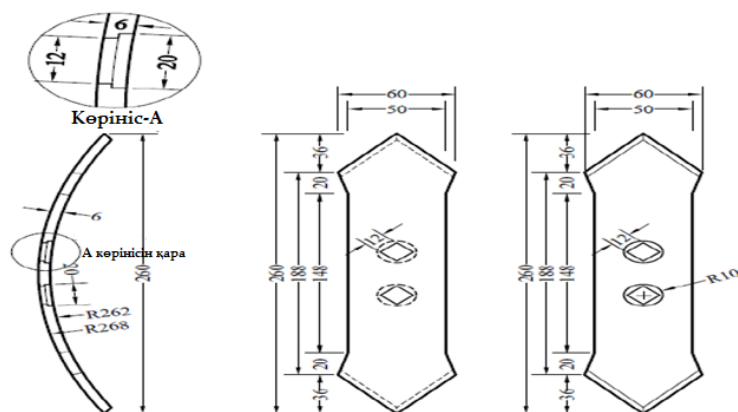
Ғалымдардың [14-20] маңызды зерттеулері дәстүрлі, статистикалық және заманауи есептеу әдістерінің шешімдерін немесе комбинациясын қолдана отырып, таңдалған аймақтарда анкерлік сіңірушімен (қашау) өңдеу кезінде отын шығынын болжауды қарастырған. Қашау топырақты өңдеудің негізгі құралы болып саналады, өйткені ол негізінен бастапқы өңдеу жұмыстарында қолданылады [21]. Сіңіруші қашауларының өнімділік параметрлеріне тарту кедергісін, тарту қуатын, нақты егіс қуатын, егіс тиімділігін және отын шығынының коэффициентін өлшеу кіреді [22].

Ирак ғалымдары ауыл шаруашылық егісінде қаттылығы 31,14 HRC 1084 AISI (аналогтық болат 85 – құрылымдық рессорлы-серіппелі болат) материалынан жасалған қашау ұшының үш формасын (стандартты – 1.2-сурет, үшкір – 1.3-сурет және кесілген – 1.4-сурет) зерттеді. Ең төменгі тарту кедергісін алу барысында кесілген ұшы бар қашау стандартты және үшкір пішінді қашаудан айтарлықтай асып түскені анықталды. Бұл ең аз қарсылықпен ену арқылы кесілген қашау бетінің қарама-қайшылығының болмауына, демек, ең

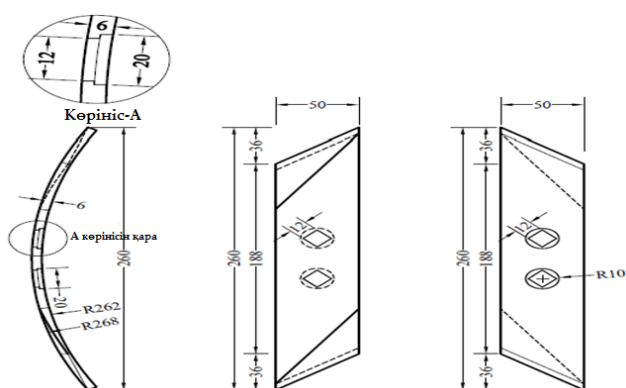
төменгі тарту кедергісіне байланысты болды. Бұл нәтижелер [23] қол жеткізілгенге сәйкес келеді, онда олар тарту кедергісі қашаудың еніне қарай артатынын растады [24, 25].



Сурет 1.2 – Стандартты қашаудың бүйірлік, артқы және алдыңғы көрінісі



Сурет 1.3 – Үшкір қашаудың бүйір, артқы және алдыңғы көрінісі



Сурет 1.4 – Кесілген қашаудың бүйір, артқы және алдыңғы көрінісі

1.1.1 Қолданыстағы астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштерді және олардың жұмыс органдарын талдау

Шымға тікелей себу үшін әр түрлі шетелдік фирмалар келесі модельдерді шығарады: 90-шы жылдары танымал Huard SD 300 сепкіш (Франция); SIMA-

2000 Kuhn-Huad фирмасы; Gaspardo фирмасы (Италия); Vaderstad (Швеция-Франция) Rapid super сепкіштері; даниялық Kongskilde фирмасы; Amazonen Werke фирмасы (Германия); John Deere фирмасы (АҚШ); Great Planis фирмасы (АҚШ); сондай-ақ соңғы жылдары жасалған сепкіштердің прототиптері ретінде қызмет еткен Case және Marlist Monsanto фирмаларының 5400 үлгісіндегі тұқым себу машиналары. Олардың ішінде шетелдік шымға тұқым себуге арналған ең танымал сепкіштер – VREDO (Голландия), Mossey Ferguson 130, Bettinson DD (Англия), Huad SD-300 (Франция), Horsch (Германия), John Deere 1550 (АҚШ). Жақын шетелдегі аналогтардан СДК-2,8 типті сепкіштерді атап өтуге болады; АПП-2,8 және кейбір болжамдармен СДПП-4 (Украина) [26-29].

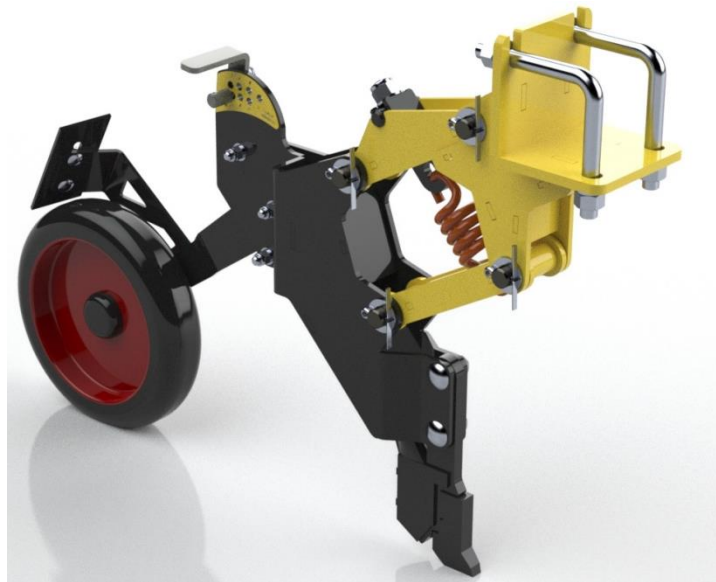
Аталған машиналардың кемшіліктері мыналар болып табылады: себу материалын себу тереңдігінің бірқалыпсыздығының жоғары; өңдеу жолағын дайындау сапасының төмен (топырақтың жоғарғы және төменгі қабаттары мен өсімдік қалдықтарын араластыру), энергия сыйымдылығының жоғары және өнімділіктің төмен болуы. Сонымен қатар, жақсартылған жерлерді алдын-ала химиялық өңдеу, онсыз табиғи шөптің тіршілік ету деңгейінің жоғары болуы, көбінесе, экологияға теріс әсер етеді.

Шетелдік сепкіштердің конструкцияларын талдау барысында олардың артықшылықтарына қарамастан, олар біздің агротехникалық талаптарымызға қатар арасының ені жағынан және әр түрлі тартқыш кластағы тракторлармен агрегаттау жағынан толық сәйкес келмейді. Бұдан басқа, олардың жоғары құны отандық ауыл шаруашылығы өндірушілерін аталған машиналармен қамтамасыз етуге айтарлықтай кедергі болып табылады.

Шөптерді тікелей себуге арналған машиналардың жұмыс органдарының перспективалы экологиялық қауіпсіз себу әдістері мен құрылымдық ерекшеліктерін іздеу, тұқымдарды себу сапасын арттыру, тамақтану аймағына біркелкі бөлу сияқты мәселелерді шешуге В.В. Мясенко, С.Л. Демшин, О.С. Марченко, В.П. Косьяненко, В.И. Воробьев, Л.Э. Попов, А.Д. Кормщикова, Г.Д. Портнов, А.С. Кабаченко, В.Е. Хоронженко, А.Е. Мордухович, А.М. Дмитриев, В.В. Мызгаев, В.А. Сысуев, М.Ф. Синин, А.П. Шевченко, В.А. Бахмутов, В.А. Любич және т. б. сияқты көптеген авторлар қатысты.

Тікелей себетін сепкіштердің келесі түрлері бар (топырақ өңдеу жұмыс органдарының түріне қарай жіктелуі бойынша): диск, чизель және модификацияланған топырақ фрезалары.

Алғашқы қарнақты сепкіштер (1.5-сурет) АҚШ-та [30] ХХ ғасырдың 70-ші жылдары сепкішті қарапайым культиваторға орнатып, өңделмеген топыраққа тұқым себу қажеттілігіне байланысты пайда болды. Бұл әдіс өңделмеген топыраққа кесуге және топырақты алдын-ала өңдеп, себуге мүмкіндік берді, содан кейін тұқымдар оның артына қойылды. Сепкіштің келесі конструкцияларында қопсытқыш табанының өлшемдерін азайтты немесе оны органнан толығымен алып тастады, топырақтың зақымдануын төмендету үшін тек тіреуді қалдырды.



Сурет 1.5 – Қарнақты сіңіруші

Ескерту – Әдебиет негізінде құралған [30]

Мұндай сепкіштердің кемшіліктеріне топыраққа үлкен әсер ету және соқаның табанын жасау жатады; оңтайландыру саласында қарнақты немесе «табанды» сіңірушілер өз шегіне жетті, сондықтан топыраққа әсерді азайту үшін оның қалыңдығын азайту мүмкін емес.

Құрамында фреза, тыңайтқыш бункері, егу аппараттары бар ірі және ұсақ шөп тұқымдарына арналған бункерлер, тұқым түтігі, қыртөсті сіңірушілер, таптағыш және тірек дөңгелектері бар АПЛ-1,5 шабындық қондырғысы танымал [31].

Бұл құрылғының кемшілігі – жоғары энергия сыйымдылығы және металл сыйымдылығы, өйткені қондырғы бірнеше бірдей операциялық машиналарды біріктіру арқылы жасалған. Сонымен қатар, кемшілігі – бұл өңделген топырақ қабатында тыңайтқыштардың бастапқы мөлшерін таратуда локализацияның үлкен шығыны мен жоқтығы, өйткені олар фрезаның алдында топырақ бетіне енгізіледі және өңделетін қабаттың қалыңдығына таралады.

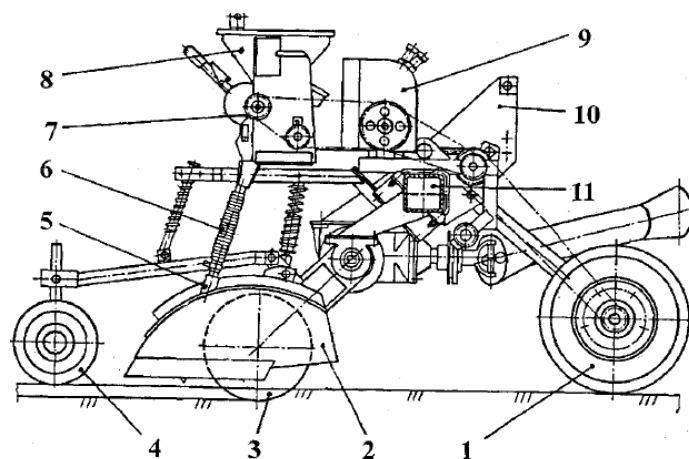
Шым кесуге арналған жақтауда орналасқан жұмыс органы бар құрамалы сепкіш танымал [31, с. 195]. Бұл құрамалы шым сепкішінің кемшілігі – әр түрлі тереңдікте тұқымдар мен тыңайтқыштарды себу шарттарының сақталуын қамтамасыз етпейді, өйткені олардың себу аймағындағы топырақтың деформация аймақтары қиылысады және тыңайтқыштар мен тұқымдар бір-бірімен араласады, ал олардың жақындығына байланысты тыңайтқыштар тұқымдарға ауыр әсер етеді, ал топырақтың бұл эрозияға қарсы қорғанысы жеткіліксіз.

УЭС-250/280 базасына жеделдетілген шалғындандыруға арналған құрама агрегатқа батпақты фронтальды фреза, белсенді топырақ тегістегіші бар топсалы артқы агрегатталатын таптағыш және тіркемелі СЗТ-3,6 сериялық сепкіш кіреді. Фронтальды фрезаның жұмыс органында алдыңғы қуат алу біліктен шығатын (ҚАБ) жетек бар. Таптағышта трактордың артқы ҚАБ-нен жетектелетін екі

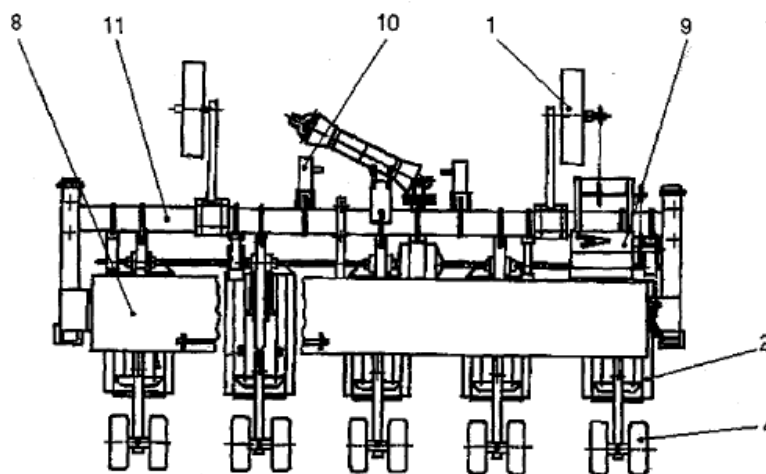
секциялы дискілі ротор бар. Дискілер ротор осіне 66° көлбеу бұрышпен орналасқан. УЭС дөңгелектерінің ізімен топырақтың тығыздалуын болдырмайтын қопсытқыш культиватор табандары орнатылды. Бұл машиналардың кемшіліктеріне фрезерлік жұмыс органдарымен топырақты өңдеудің жоғары энергия сыйымдылығын, құрылымның күрделілігіне, металл сыйымдылығына және салыстырмалы түрде төмен өнімділікке байланысты құрамалы машинаның жоғары құнын атап өткен жөн. Шымды шашыратып қатарсыз өңдеу көлбеу жайылмалы табиғи жем-шөп алқаптарында жеделдетілген шөгінділерді қолдануды шектейді. Тіркемелі құрама агрегаттардың маневрлік қабілеті төмен болады. Агрегаттардың едәуір массасы оларды орман аймағының жоғары ылғалдылығы жағдайында пайдалану мүмкіндігін төмендетеді [32, 33].

О.С. Марченко мен В.Н. Вершинин ұсынған шымды өңдеу әдісі көлденең жазықтықтағы топырақ қабатын жалпақ кесетін табанмен кесуді және оны білікке белгілі бір бұрышпен қатаң бекітілген жалпақ дискілер жиынтығы түрінде жасалған жетек диск роторымен ұсақтауды біріктіруден тұрады. Айналмалы жылдамдықтың ($12\div 16$ м/с) және дискілердің өңдеу бұрышының (66° дейін) жоғары мәндерінің арқасында энергия сыйымдылығы $1,2\div 1,5$ рет төмендегенде және тастармен бітелген топырақта жұмыс істеу барысында, технологиялық процестің сапалы орындалуы қамтамасыз етіледі. Шыммен жұмыс істеу кезінде диск түріндегі сіңірушілердің кемшілігі – өте тар қарықшаны төсеу ($0,018$ м дейін), бұл егілген тұқымдардың өнуіне жағдай жасамайды. Сонымен қатар, сепкіштердің осы түрімен тұқым себудің тұрақты процесі топырақ құнарлылығы жоғары жайылымдарда ғана мүмкін болады [34, 35].

Кировоград ПКИ және ВИСХОМ НПО әзірлеген СЗПП-4 астық-шөп-тыңайтқыш сепкіші сіңіруші тобынан (үш дискілі сіңірушілер) тұрады: дискілі пышақтардан және жабушылары бар екі дискілі сіңірушілер. Қисық-гофрленген беті бар дискілі пышақтар арқылы қарықша қалыптасады. Екі дискілі сіңірушілер қарықшаны толығымен қалыптастырып, оларға тұқымдар мен тыңайтқыштар салады. Әрі қарай, жабушылар қарықшаны жабады. Бұл түрдегі сепкіштердің артықшылығы – құрылымының қарапайымдылығы, көп функциялығы, жоғары өнімділігі. Қажетті тік қысымнан басқа, кемшіліктерге сырғып кетпестен айналуына байланысты өсімдік дақылдарының қалдықтарын кесу дискілерімен қарықшаға тарту жатады. Ылғалды жағдайда жұмыс істегенде, үш дискілі сіңірушілер себу қарықшаларының қабырғаларын қатты тығыздайды [36].



а



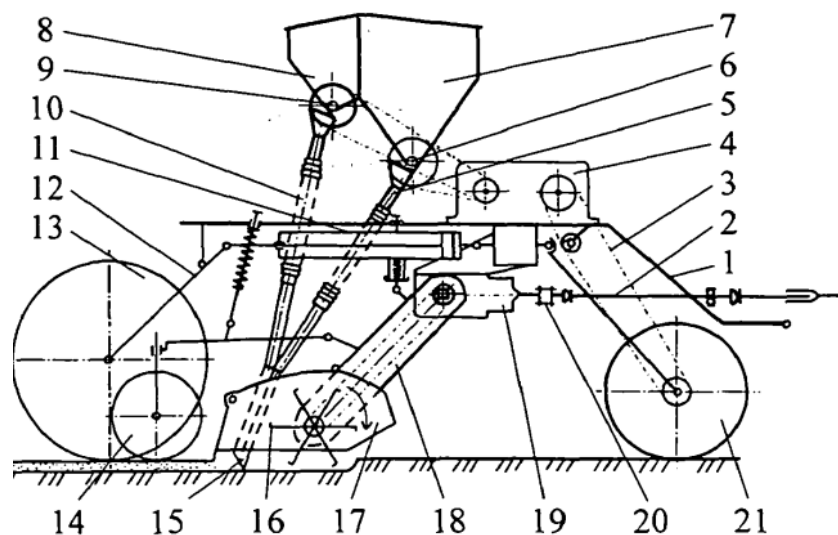
б

а – бүйірлік көрініс; б – жоғарыдан көрініс: 1 – тіреу доңғалағы, 2 – қорғаныс қаптамасы, 3 – фрезелік сіңіруші, 4 – нығыздауыш каток, 5 – тұқым бағыттағыш, 6 – тұқым түтігі, 7 – себу аппараты, 8 – тұқым жәшігі, 9 – себу аппараты білігінің беріліс қорабы, 10 – аспалы механизм, 11 – жақтау

Сурет 1.6 – Шым тұқымын жолақты себуге арналған сепкіштің сұлбасы (СДК 2.8)

Шөп тұқымын шымға жолақты себуге арналған сепкіш (1.6-сурет) 14 кН класты тракторлармен агрегатталатын аспалы машина болып табылады. Өндірістік пайдалану процесінде екі жақты орналасқан Г-тәрізді пышақтары бар дискілі кескіштердің негізгі кемшіліктері анықталды. Олар өнделетін топырақ жолағының тұрақсыз ені болып табылады, бұл Г-тәрізді пышақтардың қанаттары тозған кезде және қатты түйіршіктелген жерлерде пайда болады. Пышақтардың шеткі нүктелерінде шымның толық емес бұзылуы байқалады. Бұл жағдайда топырақтың бөлінуі өнделмеген беткейде жүреді, бұл себу сапасын төмендетеді, өйткені домалақ таптағыштар өнделмеген бет бойымен қозғалады. Анықталған кемшіліктерді бір айналу осінде орналасқан және бір-бірімен тығыз байланысты екі кесу дискісінен жасалған екі дискілі фрезерлік сіңірушіні қолдану арқылы жояды. Дискілердің сыртқы жағында, алым ені дискаралық қашықтыққа тең, Г-тәрізді пышақтардың қанаттары кезектесіп ішке қарай орнатылады. Дискінің

сыртқы диаметрінен тыс жұмыс бөлігінің шығып кетуі пышақ қанатымен кесілген топырақ жаңқаларының қалыңдығына тең. Айналу кезінде Г-тәрізді пышақтар жолақтардың шеттеріндегі қопсытқышты пышақтармен кесіп тастайды, осылайша жолақтың қабырғалары сапалы түрде қалыптасады, ал пышақтардың қанаттары жолақтағы топырақты қарқынды түрде ұнтақтайды. Бұл жағдайда топырақ жаңқаларының қалыңдығы, Г-тәрізді пышақтары бар дискілі кескішпен салыстырғанда, екі дискілі фрезерлік сіңірушінің жұмыс режимі бірдей болса, екі есе аз болады. Алайда, тік айналу осі бар кескіштер, топырақтың жақсы ұнтақталуына қарамастан, бірқатар маңызды кемшіліктерге ие: қарама-қарсы айналу бағыты бар екі фрезерлік жұмыс органдары арасындағы жолдарда сепкіштен кейін топырақ орамының пайда болуына, өсімдік қалдықтарын фреза білігіне орауына, рельефті нашар көшіруіне, Г-тәрізді пышақтардың өзгеруіне байланысты қатты түйіршікті топырақтарға арналған [37].



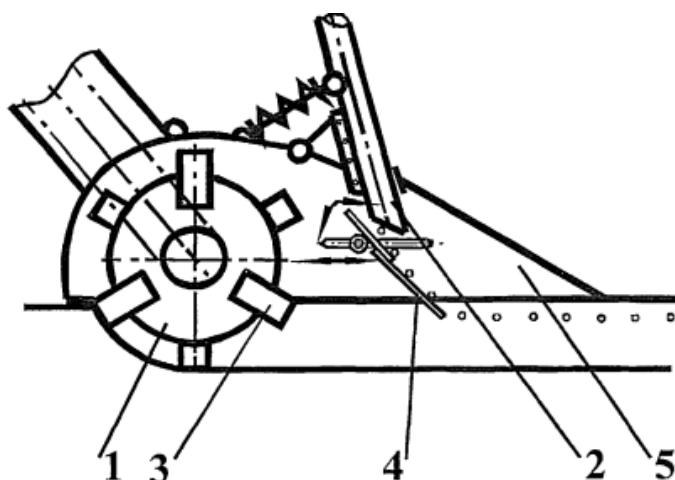
1 – жақтау; 2 – иінді білік; 3 – себу аппараттарына жіберу механизмі; 4 – редуктор; 5 – тыңайтқыш түтігі; 6 – тыңайтқыш себетін аппараты; 7 – тыңайтқыштарға арналған ыдыс; 8 – шөп тұқымдарына арналған ыдыс; 9 – тұқым себетін аппарат; 10 – тұқым түтігі; 11 – гидроцилиндр; 12 – иінтірек; 13 – көтергіш доңғалақ; 14 – таптағыш; 15 – тұқым-тыңайтқыш бағыттағышы; 16 – фреза; 17 – қаптама; 18 – фреза жетегі; 19 – орталық редуктор; 20 – муфта; 21 – тірек-жетекті доңғалақ

Сурет 1.7 – Шөптің тұқымын шымға себуге арналған СДКП-2,8 жартылай аспалы құрамалы сепкіштің технологиялық сұлбасы

Фрезерлік жұмыс органы 16 қозғалыс кезінде ені 0,11 м шым жолағын қарқынды түрде фрезерлейтін СДКП-2,8 сепкіші белгілі (1.7-сурет). Сынақтар көрсеткендей, қатты қопсытылған топырақтарда фрезерлік жұмыс органының құрылымын нақтылау қажет, өйткені түзілетін жолақтың ені 0,036-дан 0,110 м-ге дейін. Жолақтың енінің азаюы топырақтың бөлінуі өңделмеген беткейде болатын жерлерде фрезерлік бөлімдердің пышақтарымен шымның толық жойылмауының салдары болып табылады. Сонымен қатар, сепкіш жұмыс істеп тұрған кезде, Г-тәрізді пышақтармен жолақтардың шеттерінен шым кесектерін

жұлып алып, содан кейін оларды өңделген жолаққа сырғытады, бұл себу мен тығыздау сапасын нашарлатады. Бұл мәселені шешу үшін сепкіштің фрезерлік сіңірушілерінде қанаттың иілуіне және пышақтың тіреуіне байланысты Г-тәрізді пышақтарды L - немесе S-тәрізді пышақтарды ауыстыру ұсынылды. Фрезерлік сіңірушілермен өңдеу тереңдігі 0,054÷0,065м құрайды, ал 0,05÷0,10 м өлшемді шым кесектерінің массалық үлесі 40,90% жетеді. Беде тұқымын отырғызу тереңдігі 0,017÷0,020м, бетегенікі – 0,020÷0,021 м, ал тыңайтқыштікі 0,024÷0,037м болды. Дегенмен, СДКП–2,8 орташа ылғалдылығы 14,90÷16,20% және қаттылығы 1,21÷2,67 МПа болатын типтік шымды-сарғыш құмды және сазды топырақтарға арналғанын атап өткен жөн. Бұл сепкіштің кемшіліктеріне жолақты себу сепкіштерінің сенімділігінің төмендігі жатады, бұл жетектердің және фрезерлік жұмыс органдарының Г-тәрізді пышақтарының шамадан тыс жүктелуінен жеке қорғаныстың болмауына байланысты істен шығу көп болады [38].

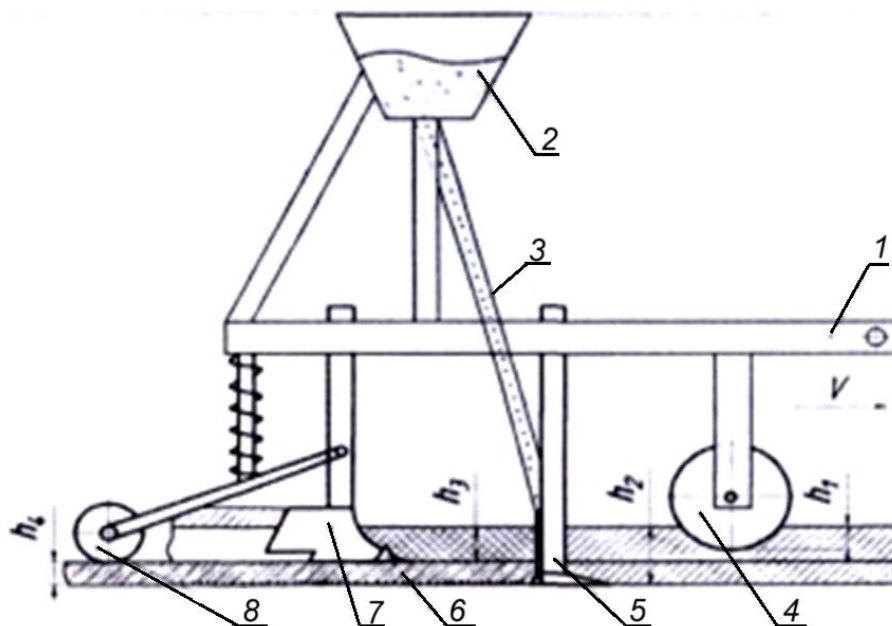
Құрамында жақтау, топырақ өңдейтін пышақтары бар фрезерлік бөлімдер және жабық қаптамалар, тыңайтқыш және тұқым бағыттағыштары бар шым сепкіші [39] белгілі. Сепкіш жұмыс істеген кезде фрезерлік бөлімнің топырақ өңдейтін пышақтары шым жолақтарын механикалық түрде бұзады. СДК тобының сепкіштерін [40] Ресей Федерациясының 35 аймағында өндірістік сынақтау кезінде фрезерлік сіңірушісінің жұмысында бірқатар кемшіліктер анықталды. Шөп тұқымын шымға себу тереңдігі әрдайым агротехникалық талаптарға сәйкес келе бермейді. Бұл мәселені шешу үшін бөлгіш қалқан жасалды (1.8-сурет), ол фрезерлік бөлімнің корпусының ішіне, жұмыс элементтерінің артына, тұқым бағыттаушылардың астына қойылды. Шым сепкіштің жақтауына орнатылған фрезерлік бөлім шымды механикалық өңдейді, оны қарқынды түрде ұнтақтайды. Бөлгіш-қалқан, пышақпен өңделген топырақты екі ағынға бөледі, шағылысқан топырақ ағыны ұшу жолын өзгертеді және қарық түбіне бағытталады, онда бөлгіш қалқанның серпімді материалы оны тегістейді және тығыздайды. Топырақ қаптамамен тегістеледі және домалақ роликтермен тығыздалады. Алайда, шөп тұқымын себу тереңдігі агротехникалық талаптарға сәйкес келуі үшін, бөлу шекарасын белгілеу кезінде машина-трактор қондырғысының ілгерілемелі жылдамдығы 0,47м/с аспауы керек. Сонымен қатар, СДКП-2,8 қалқанды-бөлгішпен біріктірілген сазды сепкіш шымды-сарғыш батпақты топырақта жұмыс істеуге арналған.



1 – қаптамамен шағылысқан топырақ, 2 – бөлгіш қалқанмен шағылысқан топырақ, 3 – пышақтар, 4 – қалқанды бөлгіш, 5 – қаптама

Сурет 1.8 – СДКП-2,8 қалқанды бөлгіші бар құрамалы шым сепкіші

Жолақты-шашып себудің ұсынылған әдісінде ені 0,10 м өңделген жолаққа шөп тұқымдары, берілген өңдеу жолағына қысқартылған СЗС-2,1 жебе табандары қолданылды. СЗС-2,1Т егу сепкішінің сіңірушісі (1.9-сурет) құрылымдық-технологиялық сұлбаға сәйкес келесідей жұмыс істейді: жебе табаны қозғалғанда, тұқым себу тереңдігінде топырақ түбінен кесіліп, ұсақталып, табанымен тұқым себу камерасын құрап, одан әрі көтеріледі. Тұқымдар гравитациялық әдіспен тұқым таратқышқа тұқым түтігі арқылы жеткізіледі. Сіңіруші тобының жұмыс органдарының негізгі құрылымдық-технологиялық параметрлері және шөптерді жолақты себуге арналған эксперименттік машинаның жұмыс режимдері: жер асты пышағының биіктігі $h_1=0,055\div 0,060$ м; сіңірушінің ашылу бұрышы $\gamma=55\div 60^\circ$; сіңіруші табанының жүру тереңдігі – $0,05\div 0,08$ м; табан-үйіндінің жүру тереңдігі – $0,04\div 0,07$ м; пышақ диаметрі 0,43 мм, қалыңдығы 0,003 м [6, с. 88]. Сіңірушілер бойынша, далалық сынақтардағы өлшеулерді талдау барысында, себу қарығының ашылу дәрежесі шамамен $97\div 99,5\%$ құрайтынын көрсетеді, яғни белгіленген параметрлері бар себу бөлімдері бүкіл өңдеу жолағының шымтезегінен іс жүзінде толық босатуды қамтамасыз етеді [6, с. 90]. Сынақтар кезінде жылдамдықты 2,5 м/с – қа дейін ұлғайтып машинаның тарту кедергісі өсіріп отырды: 1,54 м/с – 11,1 кН; 2,09 м/с – 11,54 кН, ал 2,5 м/с – 10,7 кН құрады. Қозғалыс жылдамдығы 2,54 м/с-тан асқан кезде жұмыс органдары тереңдей түседі және тарту кедергісі төмендейді [6, с. 96]. Алайда, қозғалыс жылдамдығы артқан сайын отын шығыны да артады. Сонымен қатар, бұл сіңіруші құрылымы ылғалдылығы $29,5\div 35,6\%$ ауыр саздақ (орташа қуатты қара топырақ) топыраққа арналған [6, с. 94].



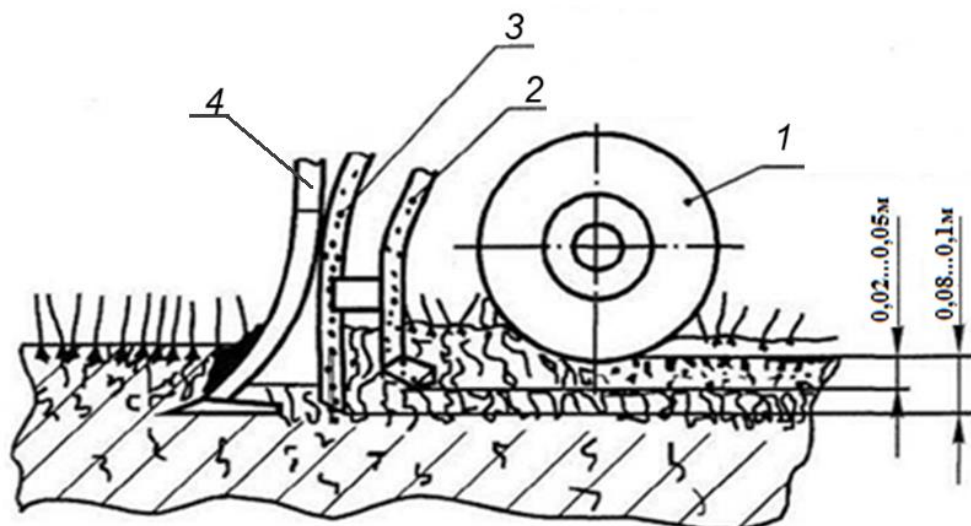
1 – жақтау; 2 – себу аппараты бар тұқымдық бункер; 3 – тұқым түтігі; 4 – дискілі пышак; 5 – табанды сіңіруші; 6 – жер асты пышағы; 7 – үйінді-табан; 8 – тығыздау таптағышы; h_1 – дискілі пышақтың жүріс тереңдігі; h_2 – сіңіруші-табан жүрісінің тереңдігі; h_3 – қайырымашы-табан жүрісінің тереңдігі; h_4 – себу тереңдігі

Сурет 1.9 – СЗС-2,1Т себу секциясының құрылымдық-технологиялық сұлбасы

Сепкіштердің сіңірушілері тұқымдардың жақсы жабылуын қамтамасыз етуі керек, олардың өнгіштігі мен өсімдіктердің дамуы осыған байланысты. Тыңайтқыштарды тұқымнан $0,02 \div 0,03$ м төмен орналастыру өсімдіктерді коректендіреді, олардың тамыр жүйесінің дамуына ықпал етеді, өйткені олар ылғалды топырақ қабатында кездеседі.

Тыңайтқыш пен тұқымды қабатты себуге арналған құрамалы сепкіштер бар. Оларға бір мезгілде себілетін қатарларға тыңайтқыш тұқымын бастапқы мөлшерде ($25 \div 200$ кг/га), ал қатар аралықтарында негізгі мөлшерде ($100 \div 1000$ кг/га) себетін СЗ-3,6 құрамалы сепкіші жатады. Тыңайтқыштар бір дискілі сіңірушілермен $0,079 \div 0,115$ м тереңдікке дейін, ал тұқымдар екі дискілі немесе қыртөсті сіңірушілермен $0,035 \div 0,089$ м тереңдікке дейін тығыздалады. Бұл жағдайда тұқымдар мен тыңайтқыштар арасында топырақ қабаты пайда болады [9, с. 12].

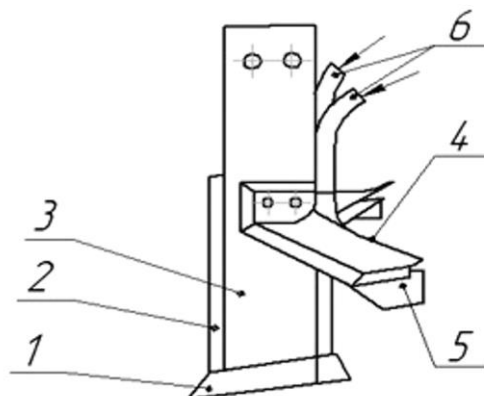
СК-3,6 сепкіш-культиваторы бір мезгілде тұқым себу деңгейінен төмен минералды тыңайтқыштарды енгізе отырып, дәнді дақылдардың тұқымын себуге арналған. Культиватор табаны түріндегі сіңірушіде тыңайтқыш және тұқым түтігі бар. Тұқымды $0,02 \div 0,05$ м тереңдікке себеді және тыңайтқышты $0,08 \div 0,1$ м тереңдікке енгізеді. Алайда, бұл сепкіш тек таспалы себу үшін қолданылады (1.10-сурет) [41].



1 – тығыздау таптағышы, 2 – тұқым түтігі, 3 – тыңайтқыш түтігі, 4 – культиватор табаны түріндегі сіңіруші

Сурет 1.10 – СК-3,6 сепкіштің сіңірушісімен дәнді дақылдарды себу сұлбасы

Башқұрт МАУ-да СЗС-2,1 сепкіш үшін тыңайтқыштарды тереңдетіп енгізуді және тұқым себуді қамтамасыз ететін, қашауы бар жебе табан түріндегі құрамалы жұмыс органы (1.11-сурет) әзірленді [9, с. 12]. Қашау тәрізді сіңірушілерді қолданудың кемшілігі – жақтаулық құрылымы бар машиналарды қолданған кезде егістіктің беті жақсы туралануы керек, мульчаға себу кезінде культиватормен алдын-ала өңдеу қажет [28, с. 3-50; 29, с. 3-80].

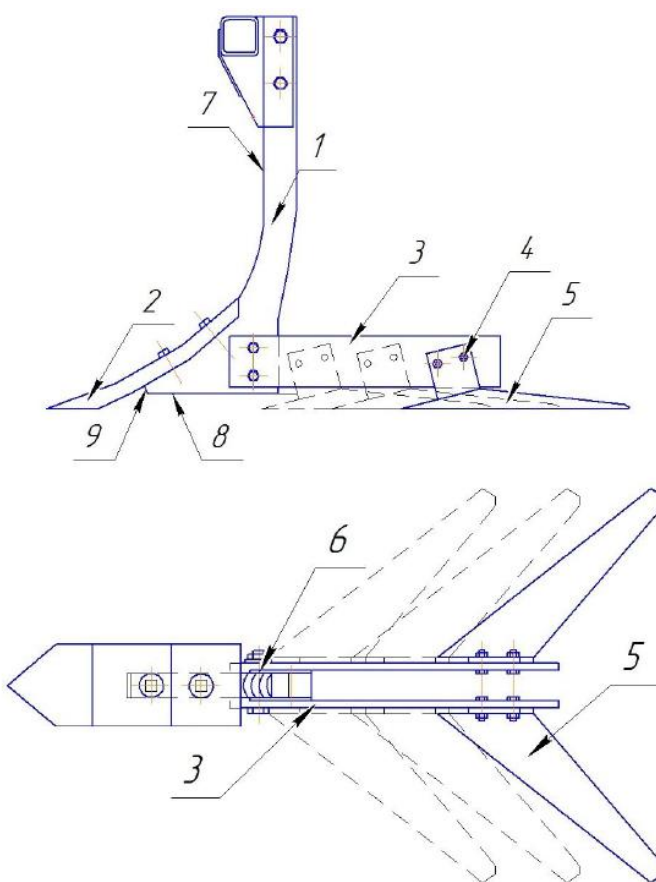


1 – қашау; 2, 3 – саңылау тілгіш; 4 – пышақ; 5 – көлбеу тыңайтқыш; 6 – тыңайтқыш түтіктері

Сурет 1.11 – Құрамалы жұмыс органының құрылымы

Топырақты қопсыту үшін ол башмаққа 3 мықтап бекітілген қашауы 2 бар 1 тіреуден тұратын жұмыс органы әзірленген (1.12-сурет) [42]. Серіппелі болаттан жолақ түрінде жасалған демпферлік элемент 4 башмақпен 3 тығыз байланысқан. Демпферлік элементте 4 бір-біріне қарама-қарсы орналасқан жебе табанының қанаттары 5, 6 қатты бекітілген. Бір қанат 5 башмақпен 3, ал екіншісі

6 – демпферлік элементтің 4 соңында бекітілген. Бір жұмыс органының жұмыс ені стандартты жебе табандары сияқты 0,330 м. Серпімді жолақтар арасындағы қашықтық 0,037 м. Жұмыс органының тірегінің ұзындығы 0,83 м. топырақтың сыну (қопсыту) бұрышы 20° құрайды. Кесу бұрышы $2\gamma=60\div 65^\circ$ аралығында өзгереді. Қашаудың ұзындығы мен ені: $l_{\text{қаш}}=0,15$ м және $b_{\text{қаш}}= 0,06$ м. Жұмыс органы (1.12-сурет) қашаудың орнын өзгертпестен оңтайлы ұсақтау бұрышының минималды және максималды мәндерінде топырақты өңдеуді қамтамасыз етуге, жұмыс органының оңтайлылығын арттыруға, топырақ қабатының кедергісін азайтуға және сол арқылы топырақтың қопсыту дәрежесін арттыруға мүмкіндік береді [42, с. 90-91]. Бұл жұмыс органының кемшілігіне: топырақтағы саңылауды кесу кезінде ұсақтау мен кесудің бұрыштары кесілген және кептірілген топырақ қабығын көтеріп, шетке жылжытады, сонымен қатар қашаудың белгіленген ені ізде кең қарық қалдырады.

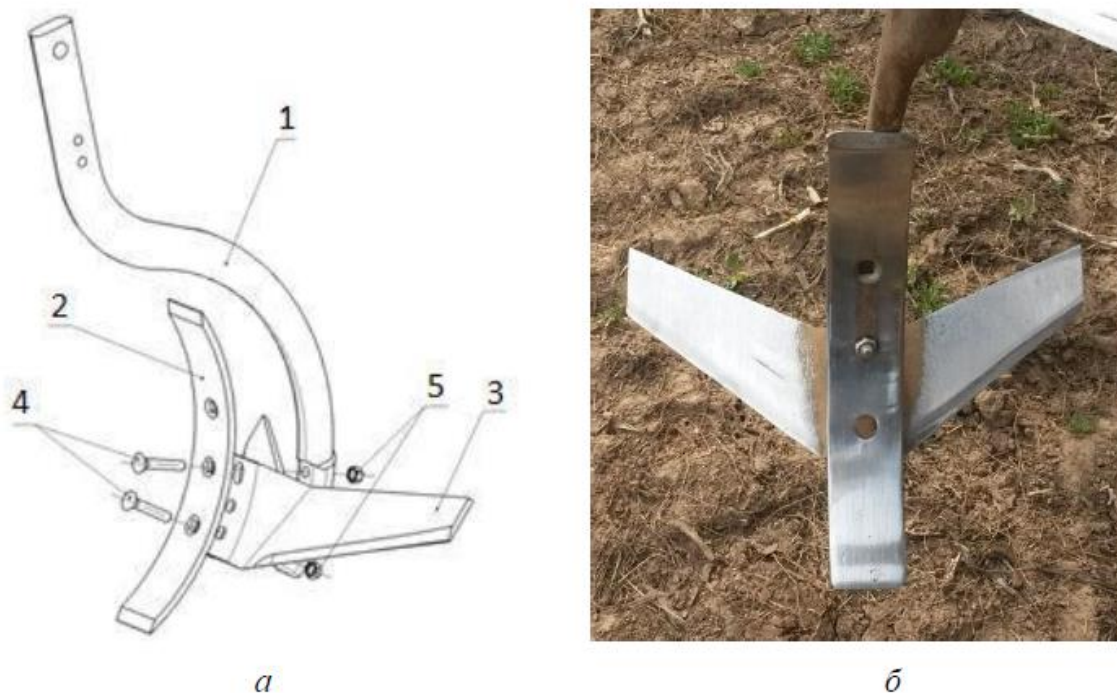


1 – тіреу; 2 – қашау; 3 – демпферлік элементтер; 4 – тесіктер; 5 – қанат; 6 – алым енін реттейтін элемент; 7 – тіреудің алдыңғы бөлігі; 8-тіреудің төменгі көлденең бөлігі; 9 – тұмсық

Сурет 1.12 – Топырақты қопсытуға арналған жұмыс органы

Эксплуатациялық зерттеулерді [43] жүргізу кезінде Испанияның "Bellota" фирмасының аңыздық ауыр культиватордың (КСТ) жұмыс органының зерттеу объектісі ретінде қашау қарастырылды (1.13-сурет). Алайда, бұл зерттеуде сериялық құрылымдық параметрлері бар қашаулар қабылданды, яғни бұл жұмыс

органының ені 0,07 м, бұл құрылымның кемшілігі болып табылады, өйткені ол кең қарық қалдырады.



а – сұлба; б – сыртқы түрі; 1 – тіреу; 2 – қашау; 3 – қанат тәрізді түрен; 4 – бұранда; 5 – қысқыш гайка

Сурет 1.13 – Культиватордың жұмыс органы (КСТ-3,8)

Дәнді дақылдарды, шөп тұқымдарын, сондай-ақ әртүрлі тұқымдарды өсіруге арналған сіңірушілерді тікелей себуге арналған астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштердің үлкен номенклатурасы бар екенін көрсетті. Шөп тұқымын шымға дискілі сіңірушілері бар сепкіштермен себу әрекеттері қанағаттанарлық нәтиже бермейді, өйткені бұл сіңірушілер тұқымның өнуіне және көшеттердің өмір сүруіне жағдай жасамайды, өйткені олар жеткілікті ылғалдылығы бар топырақтарға арналған және құрғақ климатта пайдаланылған кезде қарқынды тозады және тұрақты қолдану тереңдігін сақтау үшін, қарықты жабу және т. б. агротехнологиялық талаптарды бұзады. Бұл жағдайда жарық, ылғал және қоректік заттар үшін жергілікті (табиғи) өсімдіктерден пайда болған көшеттерге бәсекелестік өте жоғары.

Құрамалы машиналар мен сепкіштердің құрылымын талдау Солтүстік Қазақстанның жағдайына бейімделген шөптерге шөп тұқымын себуге арналған құрама сепкіштің құрылымдық – технологиялық сұлбасына қойылатын негізгі талаптарды тұжырымдауға мүмкіндік берді.

1.2 Тозудың пайда болу факторларын талдау және оның түрлері

Қазіргі таңда машиналар мен механизмдердің көпшілігі жұмыс беттерінің тез тозуынан туындаған бұзылуларға байланысты істен шығады. Тозу бұл көптеген факторлардың әсерінен жұмыс кезінде бөлшектің сипаттамаларының

нашарлауының табиғи процесі, мысалы: үйкеліс, соққылық жүктемелер, коррозия, материалдардың ескіруі және т.б. [44]. Тозудың өсуі топырақтың сапалық сипаттамаларының төмендеуіне әкеледі, бұл егіннің жоғалуына және экономикалық шығындарға әкеледі.

Физикалық тозу келесі түрлерге жіктеледі: механикалық тозу (параллельдік пен цилиндрлікпен ауытқып, дәлдігі төмендейді), абразивті тозу (жанасатын беттерде сызаттар мен қажалулар пайда болады), сығылу (жазықтықтан ауытқу), қажулық тозуы (жарықшақтар пайда болады, бөлшектердің сынуы), айқасып қалуы (жанасатын беттердің жабысып қалуы) және коррозиялық тозу (тозған беттердің тотығуы).

Жұмыс органдарының қарқынды абразивті, соққылық және коррозиялық тозуы барлық топырақ өңдеу кешендерінің және ауылшаруашылық машиналарының өзекті мәселесі болып табылады [45]. Жер мен топырақтардың абразивтілігі (тозу қабілеті) олардың құрамындағы абразивті бөлшектердің (негізінен кварц) көбеюімен, олардың шығынқы жерлерінің дөңгелектену радиустарының азаюымен, көлемдік өлшемдерінің жоғарылауымен және олардың бекітілу дәрежесінің өсуімен жоғарылайды. Бөлшектердің беріктігі топырақтың тығыздығы артқан сайын артады. Бұл өз кезегінде ылғалдылыққа, сондай-ақ кесу дәрежесіне байланысты. Әр түрлі топырақтарда келесі салыстырмалы тозу қабілеті бар: сазды 1,0; құмды 1,5; саздақ 1,9; құмай 2,3 [46]. Тозу барысында жер мен топырақтың химиялық белсенділігі де маңызды рөл атқаруы мүмкін. Қашаудың кесу жиектерінің артқы жағындағы қысымның, жүктеменің жоғарылауынан тозу сызықты түрде артады.

Жұмыс органдарының тозу сипатына отызға жуық фактор әсер етеді. Жұмыстарды [47-49] талдау негізінде металдардың абразивті тозуының қарқындылығы мен сипаты қозғалыс жылдамдығына, пышақ қысымына және топырақ құрамына көбірек тәуелді деген қорытынды жасауға болады.

Ауыл шаруашылығы дақылдарының жоғары өнімін алуға әсер ететін факторлардың бірі топырақта тұқымның өнуіне қолайлы жағдай жасау арқылы орындалатын егіс жұмыстарының сапасы екені белгілі. Тұқым себу техникасының жұмыс органдары, әртүрлі құрылымдардағы сіңірушілер [50], тұқымдарды енгізу және себу процесінде топыраққа тікелей әсер ететінін атап өткен жөн.

Сіңірушілердің тозу жылдамдығына әсер ететін маңызды факторлардың бірі беттің тегіссіздігі болып табылады. Әртүрлі құрылымдағы, пішіндегі, өлшемдегі және қаттылықтағы абразивті бөлшектермен бөлшектің жұмыс бетінің әрекеттесу процесінде, бұл басқа факторлармен бірге абразивті тозу мен коррозия әсерін береді, сондықтан бет тегіссіздігінің масштабы үлкен айырмашылықты тудырады. Осылайша, пайдалану процесінде соққылық жүктемелерінің, абразивті тозудың және қоршаған ортаның әсерінен олардың бетіндегі астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштердің жұмыс істеу ұзақтығы ұлғайған сайын, сіңірушілердің жұмыс беттерінің өлшемдері мен пішіні (геометрияның бұзылуы) өзгереді, коррозиялық процестер қарқындылығы артады және

нәтижесінде материалдардың физикалық-механикалық және эксплуатациялық қасиеттері төмендейді.

Абразивті бөлшектері бар, технологиялық ортада жұмыс істейтін ауылшаруашылық машиналарының тозу жылдамдығы $2,78 \times 10^{-11}$ м/с-тан $2,78 \times 10^{-11}$ м/с-қа дейін жоғары [46, с. 323] болады. Топырақ-климаттық жағдайларға байланысты бір жұмыс органының жұмысы орта есеппен 60-200 га құрайды [45, с. 125].

Құрғақ және жел эрозиясына ұшыраған аудандарда сепкіштің жұмыс органдарының тозуының негізгі себептері тұқымдарды себу тереңдігі, топырақтың жұмысшы органға әсер ету қарқындылығы, егістіктер бойынша топырақ өңдеу агрегаттарының өту саны, бір машинада бірнеше технологиялық операциялардың бірге орындалуы және жұмыс органы жасалған материалдың құрамы мен оның беріктендіру дәрежесі болып табылады. Ылғалдылығы, қаттылығы және тастылығы әртүрлі топырақтардағы әртүрлі құрылымдар мен материалдардағы сепкіш жұмыс органдарының тозуы зерттелді [51]. Жер жырту кезінде, деформациялық қатаю нәтижесінде, мартенситке айналуына (RA) ықпал ететін материал қаттылығының жоғары болуы тозуға төзімділіктің жоғарылауын қамтамасыз етеді [52]. Жұмыс бөлігінің тозуы сырғанау күші мен қашықтыққа тура пропорционал және бөлшек материалының қаттылығына кері пропорционал [53]. Есептелген және өлшенген нәтижелерді мұқият зерттеу барысында қатты сырғанау мен үйкеліс, градиент және күрт кернеудің әсерінен жұмыс органының жылдам тозатыны расталды [54].

Сондай-ақ, топырақ өңдейтін машиналардың жұмыс органдарының тозуын анықтайтын негізгі факторлар ретінде бөлшектердің беттерін абразивті түйіршіктердің шындарымен кесу процесі, беттердің өткірлігі және олардың саны, топырақ массасында қатты абразивті бөлшектердің болуы, топырақтың механикалық құрамы мен ылғалдылығы, ондағы тасты қоспалардың болуы, топырақтың физикалық-механикалық қасиеттері және материалдардың қасиеттері [55] жұмыста қарастырылды. Абразивті массаның салыстырмалы қозғалу жылдамдығы, беттердің құрылымдық орналасуы және меншікті қарсылық сияқты топырақ өңдеу кешендерінің бөлшектерінің тозуға төзімділігіне айтарлықтай әсер ететін сыртқы эксплуатациялық параметрлері [56] және [57] жұмыстарында зерттелген.

Беріктендірудің негізгі технологиялық факторлары ретінде беткі қабатқа қаптама жасау әдісі, ұстау уақыты және кейінгі термиялық өңдеу [48, с. 93] жұмыста зерттелді. Жұмыс органының геометриялық параметрлері де ескерілді [58].

Қазіргі заманғы қарнақты сіңірушілері бар, топырақ өңдеу кешендерінің жұмыс органының кең таралған түрі қашау болып табылады және оның тозуының негізгі салдары тарту кедергісінің жоғарылауы және отын шығынының сәйкесінше артуы емес, тұқым себу сапасының нашарлауы және соның салдарынан дақылдардың өнімділігінің төмендеуі болып табылады [45, с. 126].

Қашаудың алдыңғы бетінде, әсіресе қатты қорытпалы пластинасы жоқ жерлерде және топырақ қабатының шекарасында тозу пайда болады. Сондай-ақ, топырақтағы органның қозғалыс траекториясының нормасына бұрышта орналасқан және тұқым себу параметрлерін қамтамасыз ететін бүйірлік қалыңдығы тозуға ұшырайды.

Сіңірушінің қашауы абразивті тозудан туындаған ақауларға көп ұшырайды: фасканың пайда болуы, қашаудың алдыңғы жүзінің мұқалуы, қашаудың бүйірлік қалыңдауы, қажалуы, қалыңдығы мен енінің төмендеуі, сынықтар, иілулер, сызаттар.

Алтай өлкесінде пайдаланылатын Primera DMC-9000 сепкіш қашауларының тозуының типтік сипаты 1.14-суретте көрсетілген.

Бойлық және көлденең қималардағы тозу пішіндері сәйкесінше орақ тәрізді және сына тәрізді болады. Қашаудың алдыңғы жиегі де, бүйірлік қалыңдауы да әртүрлі жылдамдықпен тозуға ұшырайды. Ал егер алдыңғы жиектің тозуы тарту кедергісін, отын шығынын арттырса және тұқымның тығыздалу параметрлерін өзгертсе, онда бүйірлік қалыңдаудың тозуы себу жолағының енін азайтады, тыңайтқыштар мен химиялық заттарды себу сапасына әсер етеді және өнімділікті төмендетеді [45, с. 127].



а



б

а – сепкіште орнатылған тозған қашаудың бүйірлік көрінісі; б – өндірісте қосымша қатты қорытпалы пластиналарды орнату арқылы беріктігі арттырылған, тозған қашаулардың алдыңғы көрінісі

Сурет 1.14 – Primera DMC-9000 сепкіш қашауларының шекті жұмысқа қол жеткізген кездегі тозу пішіндері

Ескерту – Әдебиет негізінде құралған [59]

Тозудың сипаты мен қарқындылығы 1.14а және 1.14б суреттерінде көрсетілген. Қатты қорытпалы пластина орнатылмаған қашау бетіндегі (алдыңғы беті) тозу процесі суреттерде көрсетілген. Тозу орақ тәрізді (1.14а-сурет) және сына тәрізді (1.15б-сурет) сипатта болады [59, с. 128-131].

Сепкіштер мен басқа да топырақ өңдеу машиналарының жұмыс органдарында [60-68] жүргізілген зертханалық және далалық зерттеулердің

нәтижелері әртүрлі тәсілдермен беріктігі арттырылған сіңірушілердің беткі қабатының тозу дәрежесі болатын қасиеттеріне, жұмыс режиміне, топырақтың механикалық қасиеттеріне және т.б. байланысты екенін көрсетті.

Топырақ өңдеу машиналарының жұмыс органдарының тозуына әсер ететін факторларды талдау барысында жұмыс органдарының абразивті тозуының қарқындылығы мен сипаты көбінесе геометриялық параметрлерге, қозғалыс жылдамдығына, жүзіне түсетін қысымға, топырақтың құрамына және бетінің топографиясына, жұмыс органы жасалған материалдың құрамына және оның беріктендіру дәрежесіне, бетіне қаптама жасау әдісіне, ұстау уақытына және кейінгі термиялық өңдеуіне байланысты болатыны анықталды. Басқа факторлар, мысалы, ылғалдылық, қаттылық және тастылық, топырақтың физика-механикалық қасиеттері, үйкеліс коэффициенті, жұмыс органының негізгі сызықтық өлшемдері және өңдеу тереңдігі, егістіктердегі топырақ өңдеу қондырғыларының өту саны, бірнеше технологиялық операцияларды бір машинада біріктіру екінші реттік деп санауға болады. Алайда, бұл жұмыстарда тозған беттерде ақаулардың болуы бойынша жай-күйі зерттелмеген (тұндырылған қабаттарда кеуектілік пен микросызаттардың болуы, олардың қыртыстануы, кедір-бұдырлықтың жоғары болуы, коррозия орындары және т.б.), сондай-ақ сепкіштің жұмыс органдарын беттік беріктендірудің ұтымды әдісі ұсынылмаған. Бұдан шығатыны, өңделмеген топыраққа (шымға) себу үшін жұмыс органының жақсартылған құрылымын әзірлеу және оның жұмыс бетін беріктендіру, тарту кедергісінің мәндерін төмендету және осылайша астық-шөп-тыңайтқыш сепкішінің эксплуатациялық көрсеткіштерін жақсарту қажет.

1.3 Қашау бетін беріктендіру арқылы сепкіштің жұмыс органының жұмыс қорын зерттеуді талдау

Тозған беттер номиналды мөлшерге дейін балқыту, металдандыру, әр түрлі жабындар, пластикалық деформация әдісі арқылы қалпына келтіріледі [69].

Жекелеген бөлшектердің қорын арттыру үшін оларды беріктендірудің әртүрлі әдістері қолданылады: жоғары жиілікті токтармен (ЖЖТ) шынықтыру, гальваникалық жабындарды қолдану, БПД (беттік пластикалық деформация) арқылы беріктендіру және т.б.

Бөлшектер тобына сәйкес беттік пластикалық деформация әдісі таңдалуы керек. Сондықтан олардың беріктігі мен сенімділігін арттыру мақсатында ауыл шаруашылығы машиналарының жұмыс органдарын қалпына келтіру бойынша зерттеулер жүргізу қажет.

Машина бөлшектерінің беріктігін арттыру үшін әр түрлі беріктендіру әдістерін қолдану салалары 1.3-кестеде келтірілген [70].

Бөлшектердің беткі қабатының қасиеттерін орнату арқылы, сайып келгенде, технологиялық процестің маңызды шығыс параметрлерін басқаруға болады, осылайша дайындалған (қалпына келтірілген) бөлшектердің беткі қабатының сапасын арттырады. Технологиялық процестің сенімділігін арттыру белгілі бір дәрежеде тозуға төзімділік пен шаршау беріктігін арттыратын арнайы өңдеу түрлерін енгізу арқылы қамтамасыз етілуі мүмкін. Осы мақсаттар үшін

беткі қабатты беріктендіретін, оған ерекше қасиеттер беретін технологиялық процестер қолданылады.

Кесте 1.3 – Тозуға төзімділікті арттыруға арналған беріктендіру технологиялары

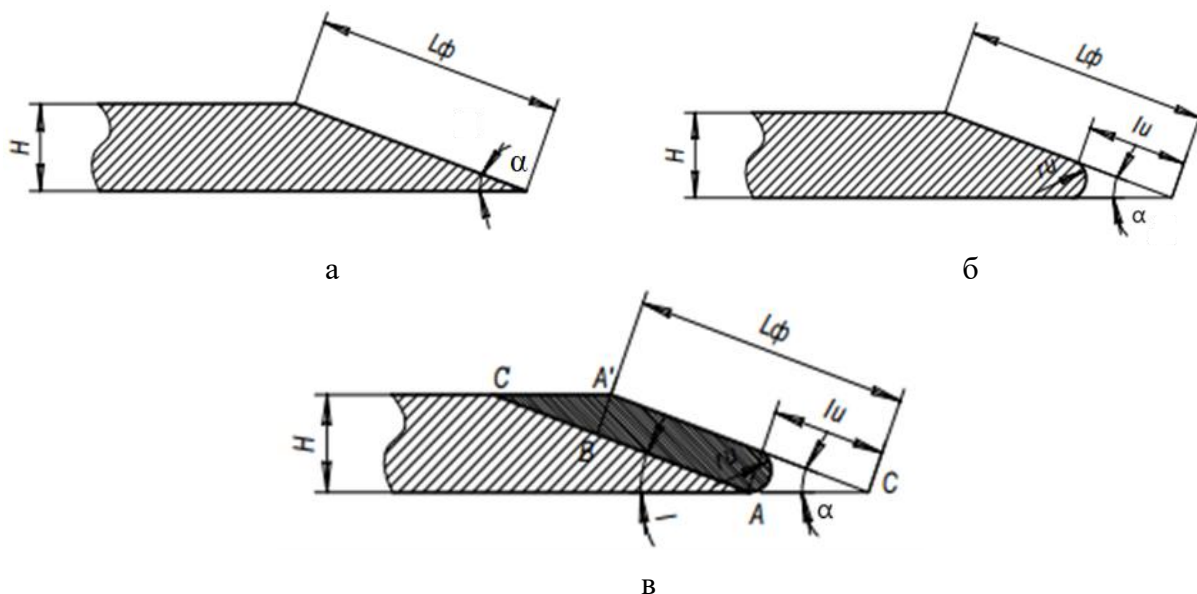
Жұмыс беттерін беріктендіру әдістері		Тозуға төзімділікті арттыру		
		абразивті	қажулық	коррозиялық механикалық
Беттік деформация	Орталықтан тепкіш-шарикті тойтарма	-	+	+
	Роликтер мен шарларды айналдыру	-	+	+
	Дірілді өңдеу	+	+	+
Құрамалы өңдеу	Шынықтырылған бөлшектерді тойтармамен беріктендіру	-	+	+
	Термохимиялық өңдеуден өткен бөлшектерді тойтармамен беріктендіру	-	+	+
	Флюс қабатының астындағы қаптама	+	-	+
	Діріл доғасының қаптамасы	+	-	+
	Бүріккішпен беріктендіру	-	-	+

Беріктігін арттыратын технологияларды қолдану қалпына келтірудің технологиялық процесінің сенімділік қорын құруға ықпал етеді, өйткені ауыл шаруашылық техникасының қалпына келтірілетін бөлшектерінің жоғары пайдалану қасиеттері қамтамасыз етіледі. Осыған байланысты дірілді деформациялау әдісімен қатайтуға байланысты әзірлемелер ерекше қызығушылық тудырады.

Ауыл шаруашылығы техникасы мен жем-шөп өндіруге арналған жабдықтардың жұмыс органдарының (қашау, түрен, культиватор табаны, сіңірушілер дискілері мен сепкіштердің маркёрлері, тырмалар, силос комбайндарының пышақтары, жем ұсақтағыштар және т.б.), яғни жүзі бар бөлшектердің (кескіш жұмыс беті) тозу және жөндеу процестерін қарастыра отырып, бұл бөлшектердің көпшілігі легірленген болаттардан (Л53, 60Г, 65Г, 70Г және т.б.) жасалғанын атап өтуге болады. Мұндай болаттардың құны жоғары, сондықтан тозған бөлшектерді пайдалану кезінде де, жөндеу кезінде де металл шығындарын азайту керек.

Ауыл шаруашылық техникасының жұмысшы органының жүзінің бастапқы пішіні 1.15а-суретте көрсетілген. Оның қайрау бұрышы α және фаска ені бар L_{ϕ} сына тәрізді пішіні бар. Жұмыс барысында өсімдіктер топырақпен байланыста болған кезде, жұмыс органының өткір жүзі басқа беттермен салыстырғанда анағұрлым қарқынды тозады және жөндеуге түскенде дөңгелек түрге ие болады (1.15б-сурет). Дөңгелек беті r_u радиусымен (тозу радиусы) шамасы бойынша сипатталуы мүмкін. Жұмыс органын жөндеу кезінде жүзінің өткірлігі қалпына келтіріледі, көбінесе пышақтан металды механикалық өңдеумен (жону, ажарлау) [71, 72] немесе электр-контактілі қайрау арқылы алып тастайды. Пышақтың қайрауын диаграммамен суреттеуге болады (1.15в-сурет). Бұл схема өте жеңілдетілген және пышақтың тозуы мен өңдеу процестерінің күрделілігін

көрсетпейді. Алайда, біздің жағдайда бұл өте қолайлы. Ұсынылған эскиздерден (1.15-сурет) жұмыс органының тозу нәтижесінде жоғалтқан металл мөлшері оны жөндеу кезінде жоғалған металл мөлшерінен едәуір аз екенін көруге болады [73].



а – жаңа жүз; б – тозған жүз; в – қайрау кезінде пышақтың өзгеруі

Сурет 1.15 – Жүзді қайрау кезінде алынатын металл көлемін есептеу

Ескерту – Әдебиет негізінде құралған [73, с. 56]

Жұмыс органын пайдалану барысында жүзі тозған кездегі метал массасы келесі өрнек арқылы анықталады:

$$m_T = \gamma_6 \cdot L_K \cdot S_T \quad (1.1)$$

мұнда γ_6 – болаттың көлемдік тығыздығы, кг/м³;

L_K – жұмыс орган жүзінің кесу жиегінің ұзындығы, м;

S_T – жұмыс орган жүзінің тозған бөлігінің көлденең қимасының ауданы, м².

Қайрау барысындағы жоғалтылған метал массасы:

$$m_K = \gamma_6 \cdot L_K \cdot S_K \quad (1.2)$$

мұнда S_T – қайрау барысында жұмыс орган бетінен алынған көлденең қимасының ауданы, м².

Жұмыс орган жүзінің тозу процесіндегі шығындарға қатысты қайрау кезінде металдың салыстырмалы жоғалуын келесідей өрнектеуге болады:

$$\Pi_K = \frac{S_K}{S_T} \quad (1.3)$$

Осы зерттеудің авторлары аталған шамаларды анықтады және жұмыс органының жүзін қайрау кезінде металдың салыстырмалы шығыны (1.3) формула) пышақ аймағындағы жұмыс органының қалыңдығына (1.2) формула тікелей пропорционалды және пышақтың тозуына (1.1) формула кері пропорционалды екенін анықтады. Басқаша айтқанда, жұмыс органының жұмысы кезінде жүзінің тозуы неғұрлым көп болса немесе оның қалыңдығы неғұрлым аз болса, тозу барысында қайрау кезінде металдың жоғалуына металл шығынының арақатынасы соғұрлым аз болады [73, с. 55].

Перлитті және мартенситті болаттан жасалған жұмыс органдарының трибологиялық қасиеттерін салыстырмалы талдау төмендегілерді көрсетеді: перлитті болаттан жасалған бөлшектердің алдыңғы беттерінің кедір-бұдырлығы мартенситті болатқа қарағанда үлкен болды, оны біріншісінің қаттылығының төмендігімен түсіндіруге болады. Өңдеу кезінде перлитті болаттан жасалған қашауларыдың біреуінің ғана жүзі сынған. Алайда, бұл бөлшектердің басты кемшілігі перлитті болаттың механикалық беріктігінің төмендігіне байланысты оларда иілу болды [60, р. 139-9]. Сондай-ақ, топырақ өңдеу құралдарын жасау үшін қолданылатын борланған күйдірілген темір және шынықтырылған болат 30ГБ5, 28ГХБ5 материалдарының микроқұрылымына, фазалық құрамына, қаттылығына және беріктік сипаттамаларына [62, р. 753] зерттеу жүргізілді. Төмен көміртекті (перлитті) болатты (болат 20) және жоғары көміртекті (мартенситті) болатты (болат 70 және 65Г) металлографиялық зерттеулердің нәтижелері бойынша [63, р. 160] көміртектендіру, термиялық өңдеу және лазерлік шынықтыру кезінде болаттардың беткі қабатының тереңдігі бойынша микроқаттылықтың өзгеруі (HRC 45 пен HRC 60 аралығында) және олардың әртүрлі жағдайларда шынықтыру кезінде тозуға төзімділігі өлшенді. Топырақ өңдеу машиналарының кескіш пышақтарының төзімділігін арттыруға мүмкіндік беретін болаттарды шынықтырудың оңтайлы шарттары ұсынылған. Топырақ массивінде тозуға бейім жұмыс бөліктерін жасауға арналған, абразивті тозуға төзімді болаттың төрт маркасы (Hardox 500, XAR 600, TBL Plus және B27) кеңейтілген сынақтарға ұшырады. TBL Plus болаты топырақ түріне қарамастан ең аз тозумен сипатталды. Өз кезегінде, тозудың ең жоғары мәні Hardox 500 үшін жеңіл топырақта, XAR 600 үшін орташа топырақта және B27 үшін ауыр топырақта байқалды. Алынған нәтижелер бойынша жоғары корреляция коэффициенті атап өтілді, ең жоғары мәндер жеңіл және ауыр топырақтар үшін алынды [74].

Топырақ өңдеу машиналарының жұмыс органын беттік беріктендірудің зерттелген әдістері келесі нәтижелерді көрсетті: газды азоттау процестерінің 30 ГБ5 болаттың тозуға төзімділігіне әсері [68, р. 250]; көміртектендіру мен қатайтуды қамтитын термиялық өңдеу әдістерінің AISI 8620 көміртекті болатының трибологиялық қасиеттеріне әсері [52, р. 236]; қашаулар үшін ең аз тозу (1,51%) алынды, толтырғыш ретінде ұнтақ сымды қолданатын MAG әдісімен қатайтылған және ең жоғары тозу (4,11%) вольфрам карбидімен қапталған электродпен толтырылған қашаулар үшін алынды [64, р. 135]; жырту әсері қоректену күшіне үлкен әсер етеді және шынықтырылған AISI D2 аспаптық

болаты үшін (аспаптық болат, аналог - Х12МФ) 30 градус тоқырау бұрышы қолайлы [65, р. 2035]; электр доғалы PVD жабыны әдісімен қалыптасқан кристалды TiN тозуға төзімділікті көрсетті [62, р. 755]; қатты қорытпалы пластиналардың беткі қабаты зақымданғаннан кейін соқалардың ұштары олардың массасы, ұзындығы мен ені бойынша тез тозады, олардың жұмысы агротехникалық талаптарға сәйкес келмейді және тек құмды және сазды топырақтарда тиімді болады [51, р. 80]; беттік жабынға арналған дәстүрлі материалдармен салыстырғанда, нанобөлшектерді енгізу процесі коррозия жылдамдығы және тозу деңгейі төмен, өте қатты жабынға әкеледі [66, р. 3087].

Далалық эксперименттерде жұмыс орган үлгілерін сынау үшін нитроцементпен өңдеу арқылы беріктендіру таңдалды. 105 минут ішінде 860°C, 0,9% С және 0,6 м³/сағ NH(3) нитро цементтеу процесі және 60°C техникалық майда шынықтыру, 140°C температурада 60 минуттық босату процесінен кейін дәстүрлі далалық термиялық өңдеу процесімен салыстырғанда жұмыс орган үлгілерінің жалпы тозу массасы 14,65%-ға, жалпы тозуының жоғалуы 26,47%-ға төмендеді [68, р. 252-253]. Алынған нәтижелер жоғары қаттылық пен орташа жоғары RA деңгейлерінің үйлесуіне әкелетін беттік өңдеу AISI 8620 болатының абразивті тозуға төзімділігінің жоғарылауына әкелетінін көрсетеді (перлитті болат, ең жақын аналогы – болат 20ХГНМ) [52, р. 238].

Стандартты шынықтырылмаған сіңірушілермен салыстырғанда әртүрлі әдістермен шынықтырылған сіңірушілерді зерттеу кезінде жұмыс органдарын өлшеу арқылы (жұмыстың басында, бөлшектегенде және максималды тозуға жеткенде өлшеу) тозу деңгейлері анықталды [67, р. 158]. Ал [62, р. 757] зерттеулерде абразивті тозу шығындары абразивті топырақ үлгісі бар арнайы бункері бар құралдың көмегімен бағаланады. Тозу жылдамдығын дәлірек өлшеу үшін [61, р. 1410] сканерлеуші электронды микроскоп (SEM) қолданылды.

Қазіргі уақытта топырақ сынасын құрайтын қашау жиегінің оңтайлы пішіні мен күйін сақтау үшін оны өндіруші фирма қалыңдығы 0,001-0,0015 мм ВК типті қатты қорытпалы пластинаны дәнекерлеу арқылы беріктендіреді. Тозуды азайту үшін дәл осындай пластиналарды қашаудың басқа бөліктеріне орнатуға болады, бірақ бұл өзіндік құнын арттырады және бүйірлік қалыңдығының тозуы маңызды болғандықтан қосымша пластиналарды қолдану тиімді емес [45, с. 131]. Сондықтан, оның жиегін қатты қорытпалы пластинамен беріктендірудің оң қасиеттерінен тұратын, жұмыс бетінің басқа элементтерін заманауи жоғары технологиялық әдістермен беріктендірумен біріктіретін қашаудың жаңа құрамалы беріктендіру жабынын жасау және оларды нақты топырақ-климаттық аймақта пайдалану жағдайында беріктендірілген қашаулардың тозуын зерттеу өзекті болып табылады.

Қазіргі уақытта қашаудың жиегі ВК, ТК типті қатты қорытпамен, ЖЖТ-балқыту, жылдамдықпен ЖЖТ-борлау немесе металл керамикамен электр-діріл-доғалық жабын жасау сияқты әдістермен беріктендіріледі, алайда мұндай жұмыс органдарының тозу сипаты мен шамасы беріктендірілмеген қашаулармен ұқсас келеді. Сондай-ақ, тозуды азайту үшін қашаудың басқа бөліктеріне қосымша

пластиналар орнатылады, бірақ бұл оның өзіндік құнын айтарлықтай жоғарылатады.

Астық сепкіштердің тозу ағынының сипатын зерттеу абразивті ортаның сепкіштердің беріктігі мен тозуға төзімділігіне теріс әсер ететінін көрсетеді. Сіңіруші дискілерінің жүзінің тозу қарқындылығы топырақтың механикалық құрамы мен ылғалдылығына байланысты кесу жиегінің қалыңдығы артады, бұл технологиялық процесс сапасының нашарлауына әкеледі [48, с. 95]. Дискілерді қатайтудың перспективалық тәсілі ұнтақты материалдарды электрмен жанасатын дәнекерлеу (ЭЖД) технологиясы болып табылады. Қаттылығы жоғары бөлшектері қосылған, металл матрицадан тұратын жабын құрылымының қалыптасуына байланысты дәнекерленген қабат тозуға төзімділігі жоғары болады және алюминий оксиді, вольфрам карбиді және титан бөлшектерін қолдануы мүмкін. Алайда, материал құнының жоғарылығына байланысты бұл әдісті беріктендіру үшін қолдануда қиындық тудырады.

Беттік қатайтылған жебе табандарының тозуына әсер ететін негізгі технологиялық факторлар ретінде: табанның бетіне жағу әдісі, бетті алдын ала дайындау, оңтайлы температурада индукторда ұстау уақыты, кейінгі термиялық өңдеу. Тозу кезінде бақыланатын параметрлер – табан қамту ені, табан қанатының ені мен ұзындығы, табанның қабаттасу аймағы, салмақтың орташа тозуы, сондай-ақ табан бетінің және олардың жеке бөліктерінің тозуының сапалық параметрлері. Топырақ өңдеудің немесе себудің технологиялық процесін орындау кезінде пышақтың артқы жағында тозу алаңдары пайда болады, бұл пышақпен бұрыш жасайды. Кесу бөлігі топырақта көлденең қозғалмайды, бірақ белгілі бір бұрышқа α артқа қарай ауытқиды және жұмыс органының тербелісі осы позицияға қатысты болады. Кері қиғаш бұрыш топырақтың қасиеттеріне және табанның геометриясына байланысты. ХТӨ процестерінің арасында құрылымдық және легіріленген болаттардың беткі қабатын бор арқылы қанықтыру технологиялары ерекше орын алады. Жебе табандарының бетін борлау кезінде қалыңдығы $300-600 \times 10^{-6}$ м қабаттар алуға болады, олар жоғары қаттылық пен беріктікпен, абразивті және коррозияға төзімділікпен, тозуға жоғары қарсылықпен сипатталады. Боридті жабындардың мұндай көрсеткіштері оларды табандарды беріктендіру үшін перспективалы етеді, бірақ процестің ұзақтығы оны қолдануды айтарлықтай тежейді [48, с. 96].

Бүгінгі таңда Amazone компаниясы DMS 9000 сепкіш қашауларын жобалаудың үш нұсқасын ұсынады:

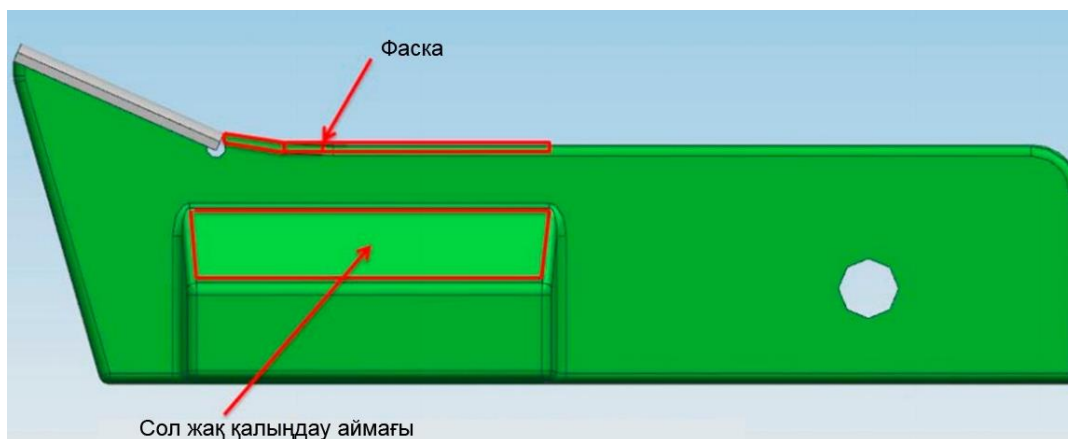
- қатты қорытпаның бір пластинасы бар қашау, стандартты нұсқа;
- қатты қорытпадан жасалған екі пластиналы қашау (таңдау бойынша);
- қатты қорытпаның үш пластинасы бар қашау (таңдау бойынша).

Екі және үш пластинасы бар қашаулар берік, бірақ баға айырмашылығы үшін олар кеңінен енгізуге әлі қолайлы емес. Бір пластинасы бар қашау нұсқасына тоқталу керек [59, с. 129].

Бір қатты қорытпалы пластинасы бар қашауды зерттеу тәжірибесі [59, с. 129] олардың тұқымдарды біркелкі себу тереңдігінің кепілі екенін көрсетті. Дегенмен, қатты қорытпалы пластинаның дәнекерлеу сапасына әсер етпейтін

қатайту әдісін таңдау керек. Тозу сипатына қарай 1.16-суретте белгіленген қашау корпусының бүйір және алдыңғы аймақтары беріктендіруге жатады. Қашаудың төменгі және артқы бөліктері қатаюды қажет етпейді, өйткені бұл жақтар тұқым себу ретінде үлкен рөл атқармайды. Өлшемдері 0,035x0,045 м дайындалған үлгілерде эксперименттік ЖЖТ-қатайту келесі тәсілдермен жүргізілді:

- ұнтақты шихтаның әртүрлі түрлерімен балқыту;
- ЖЖТ-борлау;
- ЖЖТ шынықтыру.



Сурет 1.16 – ДМС 9000 сепкіш қашауын қатайту аймағының сызбасы

Ескерту – Әдебиет негізінде құралған [59, с. 129]

Тозу сынақтарының нәтижелері бойынша далалық жағдайларда тексеру үшін қатайтудың мынадай ықтимал нұсқалары ұсынылды: электр ұшқынымен Т15К6 беріктендіру арқылы сол жақ қалыңдауы кезінде фаска электр ұшқынымен Т15К6 және діріл доғалы графитпен беріктендіріледі; сол жақ қалыңдауы кезінде – электр ұшқынымен Т15К6, фаска қатты қорытпамен беріктендіріледі; электр ұшқынымен Т15К6 сол жақ қалыңдауы кезінде фаска ол Т15К6 электр ұшқынымен және діріл доғалы графитпен беріктендіріледі, сондай-ақ оң жақ қалыңдауы кезінде электр ұшқынымен Т15К6 беріктендіріледі; электр ұшқынымен Т15К6 беріктендіру арқылы сол жақ қалыңдауы кезінде фаска электр ұшқынымен Т15К6 және діріл доғалы графитпен беріктендіріледі, электр ұшқынымен Т15К6 оң жақ қалыңдатылады, содан кейін 750-800°C температурада термиялық өңдеу жүргізіледі [59, с. 130].

Әр түрлі тәсілдермен беріктендірілген қашаулардың пішіндері мен тозу сипаты жеке жұмыс органдарының пайда болуымен оңай анықталады. Қашаулардың тозу сипаты 1.17-суретте көрсетілген фотосуреттерден көрінеді. 1.17-суреттен көрініп тұрғандай, тозған кезде қашаудың бастапқы пішіні топырақ шекарасы аймағында орақ тәрізді болады, ал қашаудың алдыңғы және бүйір беттері ең көп тозуға ұшырайды, бұл бұрын алынған мәліметтерге сәйкес келеді.



а



б



в



г

а – алдыңғы бетті жылдамдықпен ТВЧ – борлау және бүйір беттерін ЭИД жасау, б – алдыңғы бетті ПС-14-60 қорытпасымен қаптама және бүйір беттерін ЭИД жасау, в – алдыңғы бетті борланған ПГ-С27 қорытпасымен қаптама және бүйір беттердің ЭИД жасау, г – бақылау қашауларының тозу сипаты

Сурет 1.17 – Primera DMC-9000 әр түрлі конструкциялардың құрмалас жабындарымен беріктендірілген сепкіш қашауларының тозу сипаты

Ескерту – Әдебиет негізінде құралған [59, с. 129-130]

Тозған қашаулардың фотосуреттерін, эксперимент деректерін, жабынның құрылымы мен беріктендіру әдісі туралы мәліметтерді сәйкестендіру [75] келесі қорытындыларды алды:

– кез келген зерттелген әдіспен қашаудың тек бір алдыңғы бетін беріктендіру тиімсіз. Беріктендірілген қабат іске қосылған кезде үлкен массасы бар бүйір беттердің қарқынды тозуы басталады, бұл бүкіл жұмыс органының күрт (апатты) тозуына әкеледі. Қашау орақ тәрізді және сына тәрізді болады;

– далалық эксперимент жағдайында максималды тозуға төзімділік 4-ші және 5-ші құрылымдардың құрмалас жабынымен беріктендірілген қашаулар көрсетілді: ПС-14-60 қорытпасымен алдыңғы бетті ЖЖТ-қаптама жасау + ВК8 қорытпасымен бүйір беттерінің ЭИН және ПГ-С27 қорытпасымен алдыңғы беттің ЖЖТ-балқытуы, бүйір беттерінің ВК8 қорытпасымен + ЭИН борлаумен біріктірілген. Бұл қашаулардың салмақтық тозуы 6,9%-дан 8,3%-ға дейін болды;

– қашауды ЖЖТ-шынықтыру тек олардың бетінің барлық элементтері бойынша беріктендірілген жұмыс органдарында оң әсер етеді. Біріктірілген

жабынмен беріктендірілген және шынықтырылған қашаулар 1,5-2 есе жоғары тозуға төзімділікті көрсетеді.

Жоғарыда айтылғандарды ескере отырып, астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштердің жұмыс органдарының жұмыс жағдайларына тән соққы-абразивті тозу кезінде жұмыс қорларын арттыруды қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін беріктендіретін сымтемір құрамының ерекшеліктерін және балқыту режимдерін қарастыру қажет.

1-бөлім бойынша қорытынды

Зерттелетін мәселенің қазіргі жағдайына жүргізілген талдау мыналарды көрсетті:

1. Салыстырмалы талдауларда қашау сіңірушілерінің өнімділік параметрлері тарту кедергісін, тарту қуатын және коэффициентін өлшеуді қамтитыны анықталды. Топырақтағы саңылауды кесу кезінде ұсақтау және кесу бұрыштары және қашаудың ені негізгі құрылымдық параметрлер болып табылады.

2. Жұмыс органдарының абразивті тозуының қарқындылығы мен сипаты көбінесе геометриялық параметрлерге, қозғалыс жылдамдығына, пышаққа түсетін қысымға, топырақтың құрамына және бетінің тегіссіздігі, жұмыс органы жасалған материалдың құрамына және оның беріктендіру дәрежесіне, бетіне жағу әдісіне, ұстау уақытына және кейінгі термиялық өңдеуге байланысты екендігі анықталды. Бұдан шығатыны, жұмыс органының конструкциясын әзірлеу және тарту кедергісінің мәндерін төмендету үшін оның жұмыс бетін беріктендіру және сол арқылы астық-шөп-тыңайтқыш сепкішінің пайдалану көрсеткіштерін жақсарту қажет.

3. Жоғарыда айтылғандарды ескере отырып, астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштердің жұмыс органдарының жұмыс жағдайларына тән соққы-абразивті тозу кезінде жұмыс қорын арттыруды қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін қатайтатын сымтемір құрамының ерекшеліктерін және балқыту режимдерін қарастыру қажет.

2 ТЕОРИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ

2.1 Сепкіштің технологиясы мен құрылымдық-технологиялық сұлбасын негіздеу

Құрмалас машиналар мен сепкіштердің құрылымдарын, сондай-ақ олар орындайтын технологиялық процестерді талдау Солтүстік Қазақстанның жағдайына бейімделген шөптерге шөп тұқымын себуге арналған сепкіштің құрылымдық-технологиялық сұлбасына қойылатын негізгі талаптарды тұжырымдауға мүмкіндік берді:

- шөп тұқымын шымға себудің технологиялық процесі мынадай операцияларды қамтуы тиіс: шымдағы ені 0,02 м-ге дейінгі тік саңылауды және бүйіріндегі көлденең саңылауды кесу, бір мезгілде тұқым себу және минералды тыңайтқыштарды енгізу және себуден кейінгі тығыздау;

- сепкіштің жұмыс органы (сіңіруші) агротехникалық талаптарға сәйкес өңделген жолақтағы топырақ құрылымын қамтамасыз етуі тиіс;

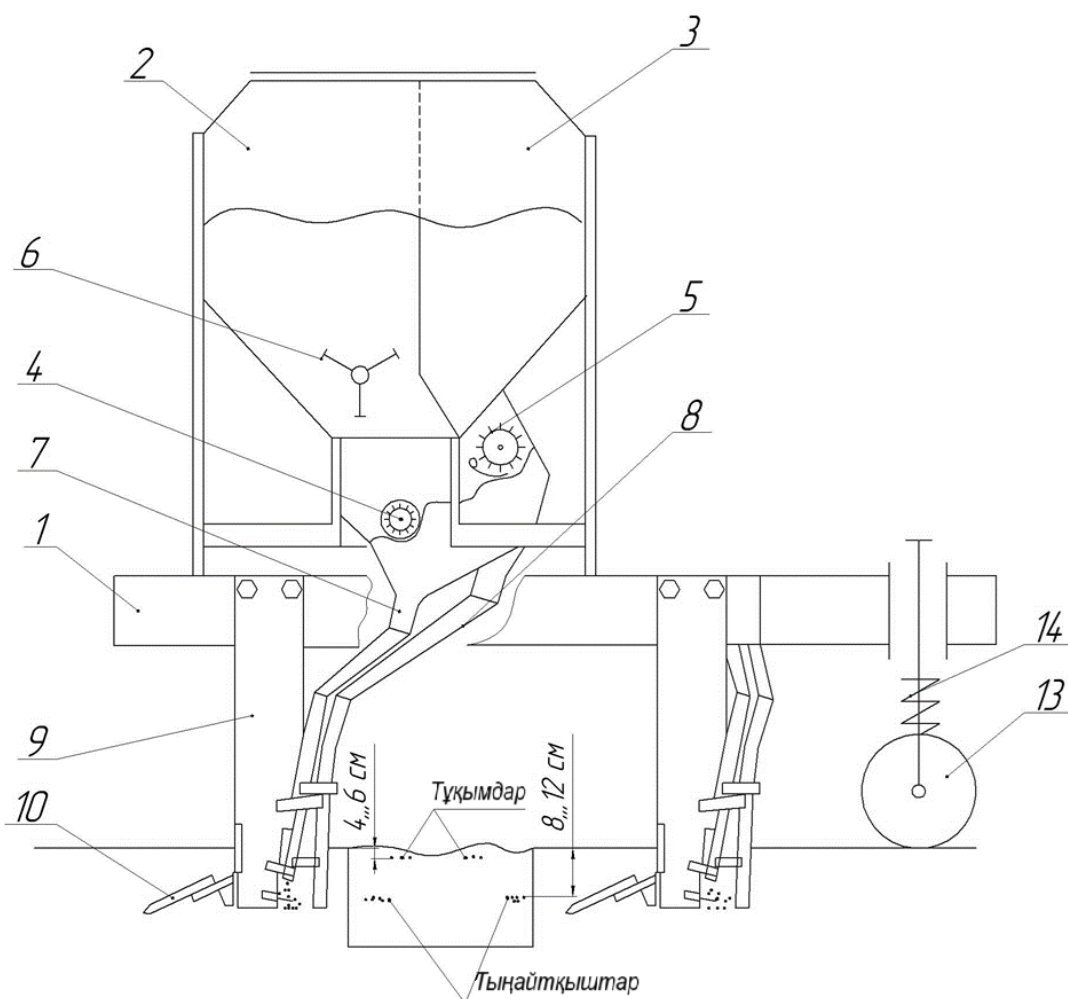
- сепкіштің жұмыс органдары тұқымдарды дамыту үшін неғұрлым қолайлы жағдайларды қанағаттандыратын себу сұлбасына сәйкес, яғни өңделген жолақтың ені кемінде 0,2 м шымға себуді қамтамасыз етуі тиіс;

- сепкіш құрылымына қойылатын төмендегі талаптарды сақтай отырып, шөп тұқымын шымға себудің технологиялық процесінің сапалы орындалуын қамтамасыз етуі тиіс: ықшамдылық, сенімділік дәрежесі жоғары болғанда металдың төмен сыйымдылығы, қолданыстағы қалпына келтіру технологияларымен салыстырғанда энергия шығындарын, тұқым мен жұмыс уақытын азайту және табиғи жемшөп алқаптарының өнімділігін арттыру;

- сепкіштің беріктендірілген жұмыс органы жоғарыда айтылған талаптарды, сондай-ақ қолданыстағы техникалық құралдарды талдау процесінде анықталған талаптарды ескере отырып, эксплуатация кезеңінде абразивті ортада тозуға төзімділікті қамтамасыз етуі тиіс.

Оларды іске асырудың белгілі тәсілдері мен техникалық құралдарына жүргізілген жүйелі талдау негізінде жоғарыда көрсетілген талаптар жемдік және жайылымдық жерлерді жақсартудың жаңа технологиясын және минералды тыңайтқыштарды бір мезгілде енгізе отырып, ауыл шаруашылығы дақылдарын жамылғы дақылдарының астына және шымға сараланған тікелей себуге арналған автоматтандырылған астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштің құрылымын ұсынды. Жаңа технология бір мезгілде шөп тұқымын себуден және минералды тыңайтқышты топырақ көкжиегінің екі деңгейіне енгізуден тұрады, жем-шөп алқаптарын пайдаланудан шығармайды. Бірінші деңгейде – 0,04 м тереңдікке шөп тұқымы себіледі, екінші деңгейде – 0,12 м тереңдікке минералды тыңайтқыштар енгізіледі. Тұқым себу және тыңайтқыш енгізу тереңдігі реттеледі, ал олардың себу ені 0,04 м-ге дейін. Тыңайтқыштарды енгізу және тұқым себу нормалары қабылданған позициялау жүйесінде автоматты түрде бақыланады және жемшөп алқабының ағымдағы жай-күйін ескере отырып сараланған түрде белгіленеді [76-79].

Әзірленіп жатқан астық-шөп-тыңайтқыш сепкіште [80-84] тұқымға арналған бункер 2 және тыңайтқыштарға арналған бункер 3, тұқымға арналған себетін аппарат 4, жапырақшалы араластырып қопсытқыш 6, тыңайтқыштарға арналған себетін аппарат 5, тұқым түтігі 7, тыңайтқыш түтігінен 8 тұратын тұқым-тыңайтқыш қорабы орналасқан 1 жақтау; жұмыс органы тіреуі бар сіңірушіден 9 және сепкіштің қозғалыс барысы бойынша оған астыңғы жағында үшкірленген жиегі бар, 60° бұрышпен бекітілген қашаудан 10 тұрады, сондай-ақ топыраққа қысымы серіппемен 14 реттелетін, сепкіштің қозғалыс барысы бойынша тіреудің артында тығыздау таптағышы 13 орналасқан (2.1-сурет). Сіңірушінің ені 0,02 м-ге дейін.



Сурет 2.1 – Эксперименттік астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштің құрылымдық-технологиялық сұлбасы

Сепкіштің қозғалысы кезінде артқы оң жақтағы реттелетін биіктікте сіңіруші тірегінде 9 алдыңғы кесу жиегі төмен қарай горизонтқа бекітілген болаттың топыраққа үйкеліс бұрышы төмен 30° бұрышы тіреудің 9 бүйір бетіне перпендикуляр пышағы 12 бар. Оған бекітілген тіреудің 9 артқы бетіндегі тұқым түтігіне 7 оның тесігінің астында пышаққа 12 қарама-қарсы, тұқым түтігі 7 бетінің шеткі жағының жоғарғы маңдайшасы 11 бекітілген. Маңдайшаның жоғарғы жазықтығы сепкіштің қозғалыс бағытына параллель, пышақтың 12

астыңғы жағында және астыңғы жағымен тұқым түтігіне 7 бекіту орнына қарама-қарсы орналасқан және оның жоғарғы болат бетіндегі тұқымның үйкеліс бұрышынан үлкен көлденең жазықтықпен өткір бұрыш жасайды, 2.1-сурет. Тіреудің 9 артқы төменгі жағында артқы жағымен орналасқан тыңайтқыш түтігінің астында төменгі маңдайша 15 бекітілген, ол оның жоғарғы болат бетіндегі үйкеліс бұрышы көлденең жазықтықпен өткір бұрыш жасайды.

Жапырақшалы араластырып қопсытқыш 6 жетегі тығыздау таптағыш 13 арқылы жүзеге асырылады (2.1-суретте көрсетілмеген).

Тығыздау таптағыштардан 13 айналмалы қозғалысты қабылдай отырып, жапырашалы араластырып қопсытқыш 6 тұқым материалын қозу күйінде ұстайды және оны тұқым бункерінен 2 дәнге арналған себу аппаратына 4 бағыттайды, ол әлсіз және қатты сусымалы тұқымдар үшін бейімделген және одан әрі тұқым түтігі бойынша тұқымдар 7 жоғарғы маңдайшаға 11 беріледі, 2.2-сурет.

Сіңіруші 9 шымда ені 0,02 м-ге дейін тік саңылауды, ал пышақ 12 оң жақтағы көлденең саңылауды кесіп тастайды, қондырғының қозғалысы кезінде тік саңылаудың бүйір қабырғасын есептейді, ал тұқымдар жоғарғы маңдайшадан 11 домалап, осы көлденең саңылауда $0,04 \div 0,06$ м тереңдікте орналасқан. Сонымен қатар, тыңайтқыштарға арналған бункерден 3 минералды тыңайтқыштар тыңайтқыштарға арналған себу аппараты 5 арқылы тыңайтқыш түтігінен 8 төменгі маңдайшаға 15 беріледі, сіңіруші 9 қашауының 10 ізіне біркелкі шашырайды және агрегаттың қозғалыс барысы бойынша есептей отырып, тұқымның сол жағында $0,08 \div 0,12$ м тереңдікте орналасады. Сіңірушіден кейін пайда болған саңылауды қысатын 13 тығыздау таптағышы жүреді.

Белгіленген технологиялық процесте пайда болған саңылаулар жем-шөп алқабының тоқыраған және тығыздалған топырақ қабатын қопсытуға ықпал етеді, көкжиектер арасындағы ауа мен ылғал айналымын күшейтеді және көктемгі-күзгі, жаңбырлы кезеңде ылғалдың жиналуына және құрғақ, жазғы кезеңде өсімдіктің тамыр жүйесіне ылғалдың көтерілуіне ықпал етеді. Тұқымның тыңайтқыш горизонтынан жоғары және сол жақта орналасуы олардың химиялық реакциялармен тежелуін болдырмайды және өсімдіктің тамыр жүйесін біртіндеп қоректендіруге ықпал етеді, ал төменгі, дымқыл көкжиекке жақын, тыңайтқыштардың орналасуы – олардың топырақ ортасында жақсы еруі және қоныс аударуы. Саңылауларды арнайы тығыздау таптағышы қондыру саңылаулар арқылы ылғалдың булануын, жерді жем айналымынан шығаруды, жайылым кезінде малдың ықтимал жарақаттарын және машиналар құралының ары қарай өтуіне кедергі келтіруді болдырмайды.

Жемшөп алқабын қайта жақсарту перпендикуляр бағытта жүргізілуі керек.

Машинаның негізгі сипаттамалары:

Рамалық, қос тірек, тіркеме.

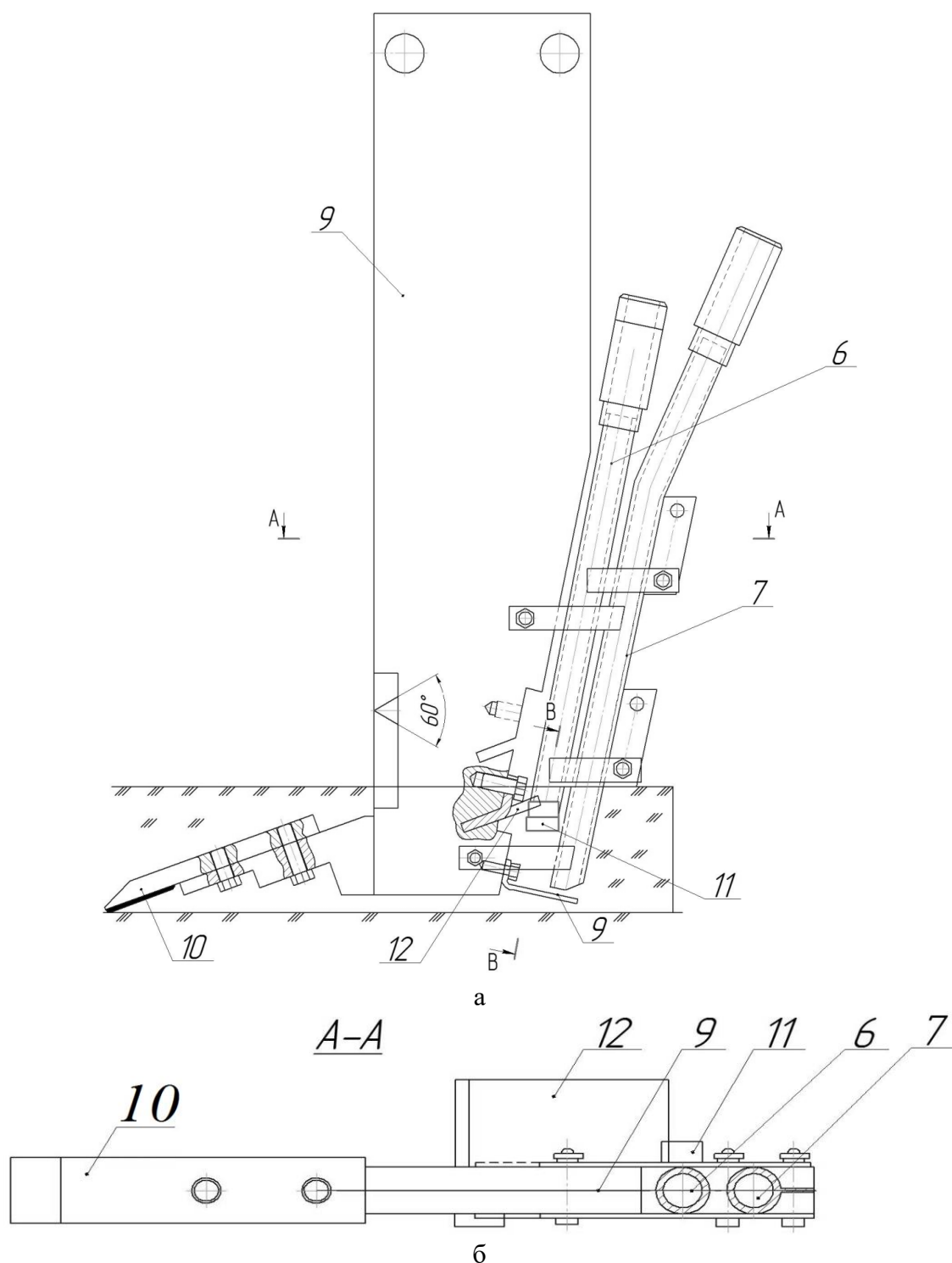
Сіңіруші екі қатарлы, тіректер.

Сепкіштің алым ені – 3,6 м.

Қатар аралығы: 12 қатарлы орындау кезінде 0,3 м;

10 қатарлы орындау кезінде 0,36 м;

9 қатарлы орындау кезінде 0,4 м.
 Себу тереңдігі: 0,04 м дейін – шөп тұқымдары үшін;
 0,08 м дейін – астық тұқымдары үшін;
 0,12 м дейін – минералды тыңайтқыштар үшін.



Сурет 2.2 – Эксперименттік сіңіруші

Сепкіштің жұмыс органының құрылымын анықтаған кезде шөп тұқымын шымға себуге қойылатын агротехникалық талаптарды ескеру қажет. Беде

(түйежоңышқа), еркекшөп, жоңышқа, арпабас және эспарцет сияқты шөптердің қиын сусымалы тұқымдарының өнуіне қолайлы жағдай жасау үшін, жабық дақылдардың астынан тікелей себу технологиясы бойынша және минералды тыңайтқыштарды бір мезгілде сараланған енгізумен шымға себілген, тереңдігі 1-6% шегінде біркелкі емес және тұрақсыз себумен 0,018-0,06 м болуы керек және сараланған енгізу 0,08-0,12 м тереңдіктегі тыңайтқыштар, ал қатар аралығының ені 12 қатарлы орындауда 0,30 м, 10 қатарлы орындауда 0,36 м, 9 қатарлы орындауда 0,40 м болуы керек [76, с. 91].

2.2 Астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштің сіңіруші параметрлерін негіздеу

2.2.1 Сіңіруші қашауының ені мен ашылу бұрышын негіздеу

Сіңіруші жұмыс органы 2.3а-суретте көрсетілген. Оның пландағы қашауы 2.3б-суретте көрсетілген. Ол *КММ* екі қырлы бұрыш болып табылады. Мұнда үш негізгі элементті ажыратуға болады – *ТКТ* жүзінің қыры, *КМ*, *КМ₁* фаскалары және *М* қаңқасы. Топырақ өңдеу құралдарының кесу элементтерінің ерекшелігі – *К* шыңындағы пышақ екі қырлы бұрышқа тез тегістеліп, дөңгелектелген пішінге ие болады. Академик В.А. Желиговский топырақтың бұзылуына тікелей қатысатын *ТКТ* доғасын пышақ деп санауды ұсынды [85]. *КМ* және *КМ₁* фаскалары қазірдің өзінде кесілген материалды бүйіріне қарай итереді.

КМ фаскасында орналасқан топырақ бөлшегін қарастырайық. Оған фаска жақтан екі күш әсер етеді: қашаудың қалыпты қысымы N_d және үйкеліс күші F_d . Егер *A* бөлшектің салыстырмалы қозғалысы жоқ болса, онда біраз уақыттан кейін ол ілгерілемелі жылдамдық v сызығында *C* позицияны алады. Бөлшектің бұл әрекеті топырақ пен қашау металы F_d арасындағы үйкеліс күші болса мүмкін болады және қалыпты қысымның тангенциалды компоненті N_{dt} тең болады [86]:

$$F_d = N_{dt} \quad (2.1)$$

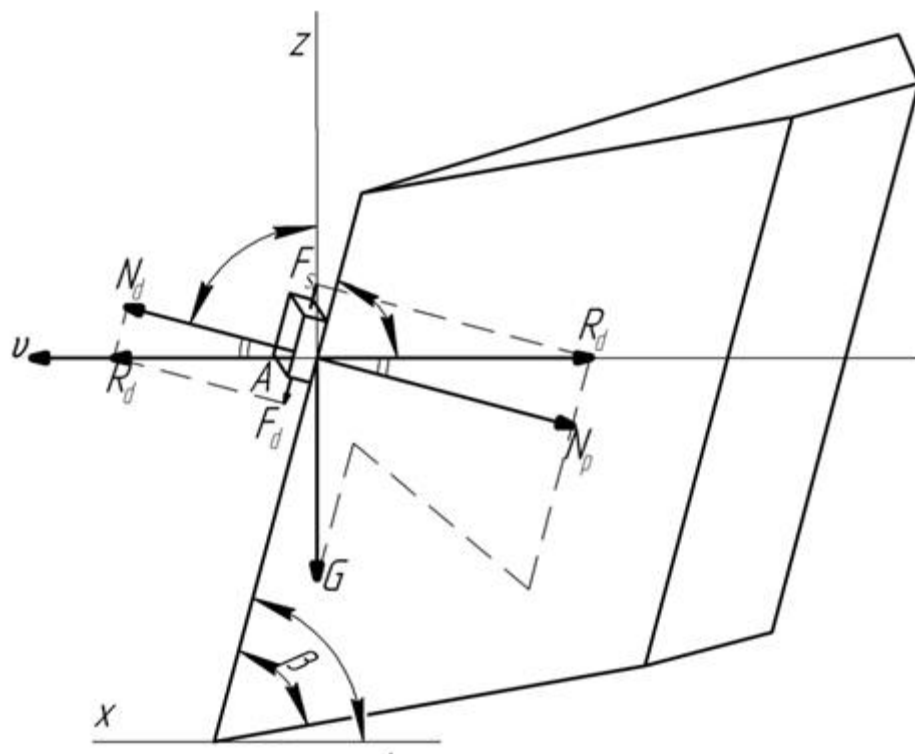
Олар өз кезегінде тең:

$$F_d = N_d \cdot tg\varphi \quad (2.2)$$

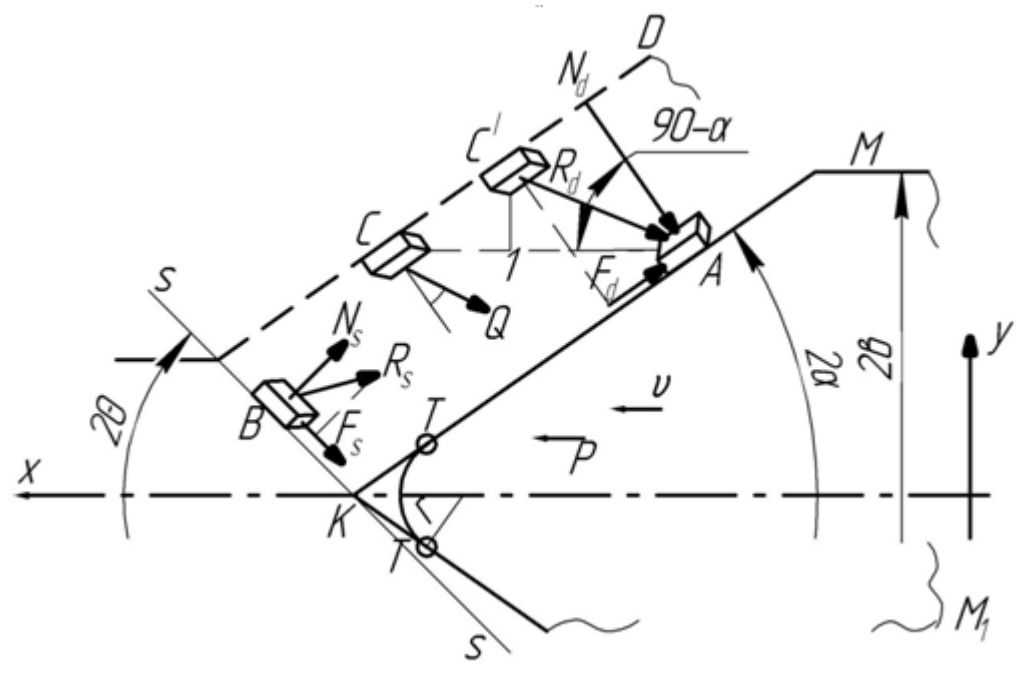
$$N_{dt} = N_d \cdot ctg\varphi \quad (2.3)$$

Екінші теңдікті біріншісіне ауыстыра отырып, төмендегіні аламыз:

$$\varphi = \left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right); \quad (2.4)$$



a



б

Сурет 2.3 – Сіңіруші қашауының параметрлерін негіздеуге

$$\alpha_{\text{пр}} = \frac{\pi}{2} - \varphi, \tag{2.5}$$

мұнда φ – «топырақ-металл» үйкеліс бұрышы;
 $\alpha_{\text{пр}}$ – қашау жүзінің шекті ашылу бұрышы.

(2.3) жағдайында топырақ бөлшегі қашаумен бірге қозғалады. Технологиялық процестің сәтті өтуі және оның энергия шығынын азайту үшін келесі жағдай сақталуы керек:

$$\alpha_{\text{пр}} \leq \frac{\pi}{2} - \varphi. \quad (2.6)$$

Бұл бұрыштық арақатынаста, қашау топырақта қозғалған кезде, А бөлшегі С нүктесіне ауыспайды, бірақ алынған күш бағытында қозғалады, C_d позициясын алады. Бұл жағдайда бөлшектің абсолютті қозғалысы сырғанау болмаған кезде AC орнына AR_d кесіндісінен аз және оған тең болады.

Осылайша, топырақ бөлшектері ондағы қашау қозғалған кезде күрделі деформацияларға (сығылып сырғанауға) ұшырайтыны анық. ARC үшбұрышының негізі бұл деформациялардың қатынасын толығымен сипаттайды. Сонымен, $A1$ кесіндісі топырақтың сығылу деформациясын, ал $C1$ кесіндісі сырғанау деформациясын сипаттайды. Олардың қатынасын жалпы деформация өлшемі ретінде қабылдауға болады:

$$\varepsilon = \frac{C1}{A1}. \quad (2.7)$$

ACC' үшбұрышынан синус теоремасын қолдану арқылы аламыз:

$$C1 = C'1 \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}; \quad (2.8)$$

$$A1 = C'1 \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\cos(\alpha + \varphi)}; \quad (2.9)$$

$$\xi = \frac{\text{ctg} \alpha}{\text{tg}(\alpha + \varphi)}; \quad (2.10)$$

$$\xi = \frac{1}{\text{tg} \alpha \cdot \text{tg}(\alpha + \varphi)}. \quad (2.11)$$

(2.6) формуладан қашаудың әсерінен топырақ деформациясының өлшемі екі шамаға, атап айтқанда қашау пышағының ашылу бұрыштарына және сыртқы үйкеліске, байланысты екенін көруге болады. Сонымен қатар, бұл тәуелділік кері пропорционалды – ашылу бұрышының жоғарылауымен сырғанау азаяды, ал сығылу деформациясы артады.

TM қиғаш сызықты учаскесінде топырақ деформациясының сипаты өзгермейді. Сырғанау шамалары $C1$ мен сығылу шамаларының $A1$ арақатынасы тұрақты немесе тұрақтыға жақын.

Алайда, $T-T$ қисық сызықты бөлігінде ол бұзылады. Доғаның ортасында ілгерілемелі жылдамдықтың ν бағыттары және қалыпты қысымы P_d сәйкес келеді. Бұл жағдайда сырғанау болмайды, топырақтың таза сығылуы орын алады.

Бөлшектің сырғанауы T нүктесінен кейін басталады, ал топырақтың сығылуы төмендейді. Олардың қатынасы ($C1$ және $A1$) орнатылады. Энергия шығындарын максималды үнемдеу топырақты таза сырғанаумен өңдеу кезінде пайда болады. Мұндай жағдай $\alpha \rightarrow 0$ кезінде болуы мүмкін және бұл шындыққа жанаспайды, өйткені бұл жағдайда топырақты қопсыту болмайды. Сондықтан мұндай өңдеу ештеңе бермейді. Сығылу және сырғанау шамалары тең болатын немесе біріншісі екіншісінен сәл аз болатын позицияны анықтайтын болады деп болжауға болады. Сонымен қатар, энергия шығындары минималды болады және топырақ өңдеуге болады. Бұл жағдайда:

$$C1 \leq A1. \quad (2.12)$$

Бұл шарт ACC' үшбұрышы тең қабырғалы болса орындалады. Бұл жағдайда бұрыштар

$$\angle C'CA = \angle C'AC. \quad (2.13)$$

Мұнда:

$$\angle C'CA = \alpha. \quad (2.14)$$

$$\angle C'AC = \left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) - \varphi. \quad (2.15)$$

Соңғы үш теңдіктің ішінен аламыз:

$$\alpha = \frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}. \quad (2.16)$$

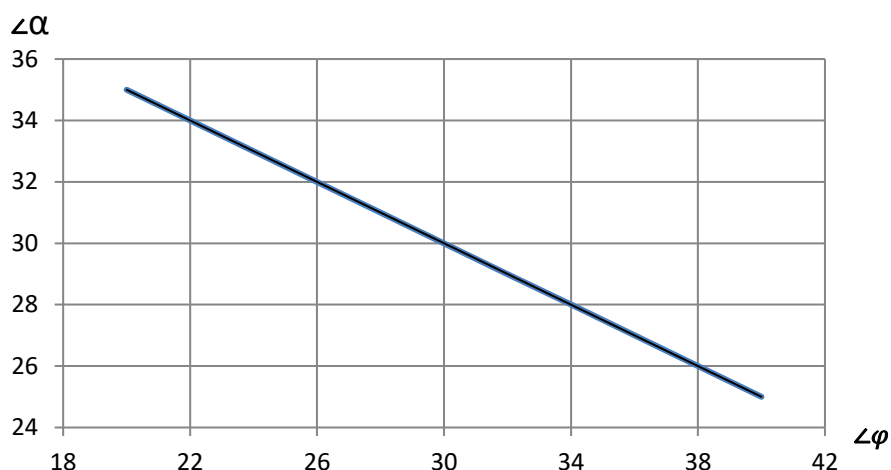
Сырғанау қажет болғаннан гөрі көбірек болатыны анық:

$$\alpha \geq \frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}. \quad (2.17)$$

Осылайша, (2.6) және (2.17) теңдеуі топырақты өңдейтін жұмыс органының ашылу бұрышын – қашауды, оның төменгі және жоғарғы шектерін таңдау шартын береді, бұл топырақты сырғанау және сығылу арқылы өңдеуді қамтамасыз етеді:

$$\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2} - \varphi. \quad (2.18)$$

2.4-суретте топырақ-металл үйкеліс бұрышынан саңылаулы кесу бұрышының есептелген және графикалық тәуелділігі көрсетілген. Көріп отырғаныңыздай, бұл тәуелділік кері пропорционалды. Үйкеліс бұрышының жоғарылауымен кесу бұрышын азайту керек.



Сурет 2.4 – Сіңіруші кесу бұрышының үйкеліс бұрышына тәуелділігі

Сіңірушінің жүзі – 2γ шыңында бұрышы бар TK доғасы. Пышақтың қалыңдығын (2.19) формула бойынша есептеуге болады:

$$\delta = 2r \sin \varphi, \quad (2.19)$$

мұнда $r = 0,002 \div 0,003$ м – пышақтың шартты дөңгелектеу радиусы.

Металлға үйкеліс бұрыштары жеңіл және орташа сазды топырақтар $25-35^\circ$ аралығында, ал ауыр топырақтар 40° дейін. Егер пышақтың дөңгелектеу радиусы $r=0,0025$ м, үйкеліс бұрышы топырақ-металл $\varphi=34^\circ$ болса, (2.17) және (2.19) аламыз:

$$\delta = 2 \cdot 2,5 \cdot \sin 34^\circ = 0,0028 \text{ м.}$$

$$\gamma = \frac{\pi}{4} - \frac{34}{2} = 28^\circ.$$

2.2.2 Тік жазықтықта сіңіруші қашауының орнату бұрышын негіздеу

Тік жазықтықта жұмыс органын орнату бұрышын негіздеу үшін 2.3а-суретті қарастырамыз. A бөлшегіне R_d жұмыс органының итергіш күші әсер етеді. Оны қалыпты N_d және жанама құраушыларына F_δ бөлуге болады. Тік жазықтықтағы жұмыс органының бұрышы β әрпімен көрсетілген. Бұл жағдайда қалыпты және салдарлы күштер арасындағы бұрыш φ , ал қалыпты және тік ось арасында β болады. Сыртқы, итергіш күшке ауырлық күші G және топырақтың ішкі ілінісу күші F_s және үйкеліс күші F әсер етеді. Соңғы күшті ішкі үйкеліс коэффициенті арқылы қарастыруға болады. Механиканың 3-ші заңына сәйкес, R_d және N_d . сыртқы күштерге R_p және N_p әсер етеді.

Қашаудың қиғаш бағыты бойынша табиғи осьтегі белсенді күштердің әсерін қарастырамыз [86, р. 542].

$$-F_d + F_s - G \sin \beta = 0 \quad (2.20)$$

$$N = G \cos \beta \quad (2.21)$$

Мұнда топырақ элементінің салмағы $G = mg$, ал үйкеліс күштері сәйкесінше f_1 және f ішкі және сыртқы коэффициенттерімен ерекшеленеді, мұнда:

$$-fmg \cos \beta + f_1 mg \cos \beta = mgs \sin \beta \quad (2.22)$$

$$(f_1 - f) = tg \beta; \quad (2.23)$$

Коэффициенттердің мәнін қабылдаймыз $f_1 = 0,84$; $f = 0,58$.

Бұл жағдайда $\angle \beta = 15^\circ$.

m – өңделетін топырақ элементінің массасы;

g – еркін түсу үдеуі.

Мұндай қондырғыда сіңіруші қанағаттанарлықсыз жұмыс істейді, өйткені қашау кесу үшін емес, қабатты көтеру үшін жұмыс істейді. Деформацияланбаған үйінділерден бөлгіш қарықтар пайда болады.

Егер оның тарту кедергісі көлденең немесе оған жақын болса, сіңіруші тұрақты жұмыс істейтіні анық. Сондықтан көлденең ось бағыты бойынша белсенді күштердің тепе теңдігін қарастырамыз:

$$F - F_s \cdot \cos \beta - N \cos \varphi = 0. \quad (2.24)$$

(2.16) құраушы мәндерін ауыстыру арқылы төмендегіні аламыз:

$$\cos \varphi = (f_1 - f) \cos \beta, \quad (2.25)$$

одан:

$$\cos \beta = \frac{\cos \varphi}{(f_1 - f)}. \quad (2.26)$$

$f = tg \varphi$ екенін ескеріп, жоғарыда қабылданған мәндерді пайдаланып төмендегіні аламыз:

$$\cos \beta = \frac{0,86}{0,26} = 3,3; \quad \beta = 73^\circ$$

Алынған бұрыш қойылған міндеттерді толығымен қанағаттандырады. Шымдағы қашау тұқымдар мен тыңайтқыштар қолданылатын құламаған жарықтарды кесіп тастайды.

2.2.3 Сіңірушінің тарту кедергісін анықтау

Сіңірушінің тарту кедергісін анықтау үшін көлденең және тік осьтердің бағыттары бойынша оған әсер ететін сыртқы күштердің тепе-теңдігін 2.3-сурет бойынша қарастырамыз:

$$R_s \sin(\theta + \varphi_1) + Q \sin(\alpha + \varphi_1) + R_d \sin(\alpha + \varphi) = P; \quad (2.27)$$

$$R_s \cos(\theta + \varphi_1) - Q \cos(\alpha + \varphi_1) - R_d \cos(\alpha + \varphi) = 0, \quad (2.28)$$

мұнда R_s – LK ығысу жазықтығындағы ығысуға кедергі күші;

Q – топырақ элементтерінің қозғалған кезде пайда болатын инерция күші;

R_d – қашаумен сығу деформациясына топырақ элементтерінің кедергі күші;

2α – сіңірушінің ашылу бұрышы;

$2b$ – жұмыс органының ені;

P – жұмыс органына түсетін күш;

r – сіңірушіні орнату бұрышы;

φ – метал мен топырақ арасындағы үйкеліс бұрышы;

φ_1 – топырақтың ішкі үйкеліс бұрышы;

θ – топырақтың ығысу бұрышы.

Екінші теңдеуден (2.28) анықтаймыз:

$$R_d = R_s \frac{\cos(\theta + \varphi_1)}{\cos(\alpha + \varphi_1)} - Q \frac{\cos(\alpha + \varphi_1)}{\cos(\alpha + \varphi)}. \quad (2.29)$$

Бірінші (2.27) теңдеуге (2.29) қою арқылы:

$$P = R_s \left[\sin(\theta + \varphi_1) + \frac{\cos(\theta + \varphi_1) \cdot \sin(\alpha + \varphi)}{\cos(\alpha + \varphi_1)} \right] + Q [\sin(\alpha + \varphi_1) - \cos(\alpha + \varphi_1) \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)] \quad (2.30)$$

Соңғы теңдеудің жеңілдетілген түрі:

$$P = R_s (A_1 + B_1) + Q (A_2 - B_2) \quad (2.31)$$

мұнда $A_1 = \sin(\theta + \varphi_1)$; $A_2 = \sin(\alpha + \varphi_1)$; $B_1 = \frac{\cos(\theta + \varphi_1) \cdot \sin(\alpha + \varphi)}{\cos(\alpha + \varphi_1)}$;

$B_2 = \cos(\alpha + \varphi_1) \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)$.

(2.31)-дан сіңірушінің тарту кедергісі екі тәуелсіз шамадан тұратындығын көруге болады: біріншісі – топырақтың ығысу деформациясына кедергісі, екіншісі – топырақ элементтерінің кинетикалық энергияны алуға, яғни қозғалысқа кедергісі, бұл өз кезегінде ашылу бұрыштарына және жұмыс органының орналасуына, сондай-ақ топырақтың сыртқы және ішкі үйкеліс бұрыштарына байланысты.

Қашаудың алдындағы деформацияланбаған қабаттың реакциясы ығысу кедергісінен түзіледі, ол:

$$R_z = 2LK \cdot h \cdot \tau_{сж} , \quad (2.32)$$

мұндағы:

$$LK = \frac{b}{\sin\theta}.$$

Бұл жағдайда:

$$R_z = \frac{2bh}{\sin\theta} \sigma_{сж} . \quad (2.33)$$

Ньютонның 2-заңына сәйкес, жылжыған топырақ элементтері инерция күшіне ие болады:

$$Q = \omega m, \quad (2.34)$$

мұнда ω – жылжымалы элементтердің үдеуі;
 m – жылжымалы элементтердің массасы.
 Жылжымалы элементтердің үдеуі ω тең:

$$\omega = \frac{\vartheta_a - \vartheta_0}{t - t_0} = \frac{\vartheta_a}{t} , \quad (2.35)$$

мұнда бастапқы жылдамдық $\vartheta_0 = 0$ және бастапқы уақыт $t_0 = 0$;
 ϑ_a – топырақ элементінің абсолютті жылдамдығы;
 t – элементтің фаскадағы жол жүру уақыты.
 KM фаскасындағы жол жүру уақыты тең:

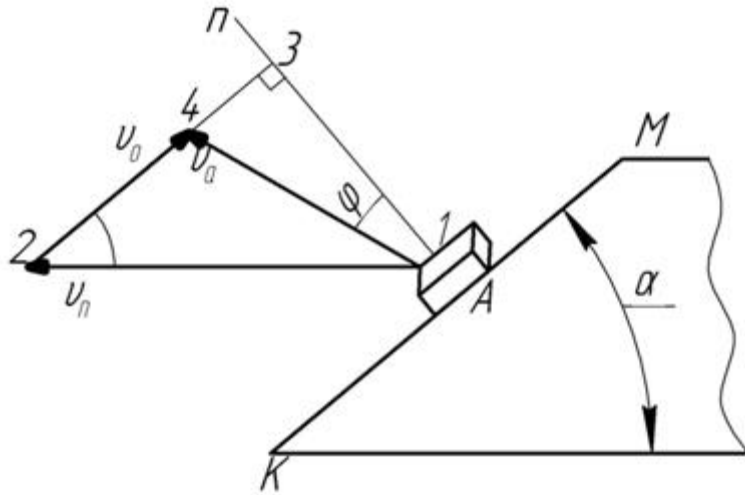
$$t = \frac{KM}{\vartheta_0} = \frac{b}{2\vartheta_0 \sin\alpha} . \quad (2.36)$$

Топырақ элементінің жылдамдығын анықтау үшін 2.5-суреттегі жылдамдық жоспарын қарастырамыз [86, p. 543]:

$$\angle 312 = \frac{\pi}{2} - \alpha; \quad (2.37)$$

$$\angle 412 = \frac{\pi}{2} - (\alpha + \varphi); \quad (2.38)$$

$$\angle 241 = \frac{\pi}{2} + \varphi. \quad (2.39)$$



Сурет 2.5 – Топырақтың жылжымалы элементтерінің жылдамдығын негіздеуге

Бұл жағдайда:

$$v_a = v \frac{\sin \alpha}{\varphi}; \quad (2.40)$$

$$v_0 = v \frac{\cos(\alpha + \varphi)}{\cos \varphi}. \quad (2.41)$$

(2.36) және (2.39) теңдеулерді (2.35) теңдеуге қою арқылы анықтаймыз:

$$\omega = v^2 \frac{\sin \alpha}{\cos(\alpha + \varphi)}. \quad (2.42)$$

(2.34) теңдеуден деформацияланатын топырақ қабатының массасын анықтаймыз

$$m = KM \cdot KL \cdot h \cdot g,$$

мұнда $KM = \frac{2b}{\sin \alpha}; \quad KL = \frac{2b}{\sin \theta}$

$$m = \frac{b^2 h \cdot \rho \cdot 4}{\sin \alpha \cdot \sin \beta}. \quad (2.43)$$

(2.42) және (2.43) ескере отырып, (2.34) теңдеу келесі түрде болады

$$Q = v^2 \frac{h \cdot \rho \cdot b^2 \cdot 4}{\sin \beta \cdot \cos(\alpha + \varphi)} \quad (2.44)$$

(2.33) және (2.44) теңдеулерді қою арқылы (2.45) аламыз:

$$P = \frac{2bh\sigma_{сж}}{\sin\theta} (A_1 + B_1) + \vartheta^2 \frac{h \cdot \rho \cdot b^2 \cdot 4}{\sin\beta \cdot \cos(\alpha + \varphi)} (A_2 - B_2) \quad (2.45)$$

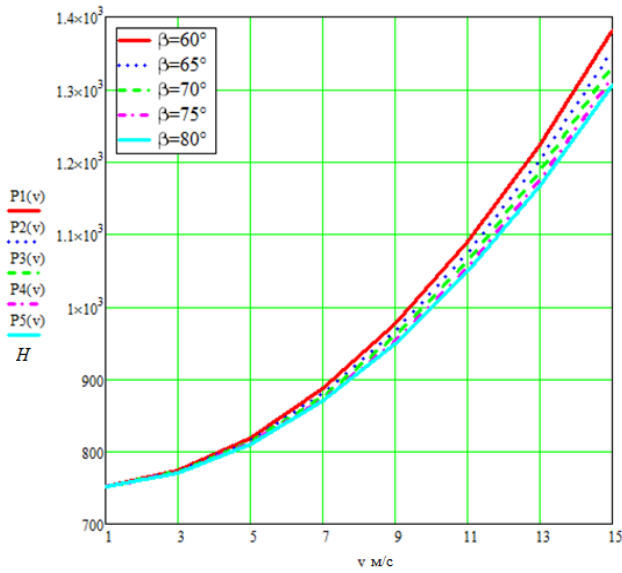
(2.45) теңдеуден сіңіруші тарту кедергісінің бірінші мүшесі өңделетін топырақ қабатының параметрлерінен және оның физикалық-механикалық сипаттамаларынан орташаланған кедергілерден тұратынын көруге болады. Мысалы, ығысу деформациясының бұрышы және сығылудың шекті кедергісі. Ал екінші мүшесі жұмыс органының ілгерілемелі жылдамдығына және оны орнату, ашылу және үйкеліс бұрыштарына тәуелді топырақ элементтерінің қозғалысына инерциялық кедергілер болып табылады.

Алынған нәтижелерді есептік тексеру үшін әдеби көздер негізінде алынған формулаларға кіретін айнымалылардың орташа сандық мәндерін қабылдаймыз: $\alpha = 30^\circ$ – жұмыс органының ашылу бұрышы; $\varphi = 30^\circ$ – топырақтың ішкі үйкеліс бұрышы; $\varphi_1 = 40^\circ$ – топырақтың сыртқы үйкеліс бұрышы; $\theta = 45^\circ$ – топырақтың ығысу бұрышы; $\beta = 75^\circ$ – қашауды орнату бұрышы; $2b = 0,03$ м – жұмыс органының ені; $h = 0,1$ м – жұмыс органының жүрісінің тереңдігі; $\vartheta = 2,77$ м/с – жұмыс органының ілгерілемелі жылдамдығы; $\sigma_{сж} = 150000$ кг/м² – топырақтың сығылуға шекті кедергісі; $\rho = 10^3$ кг/м³ – топырақтың көлемдік салмағы [86, р. 544].

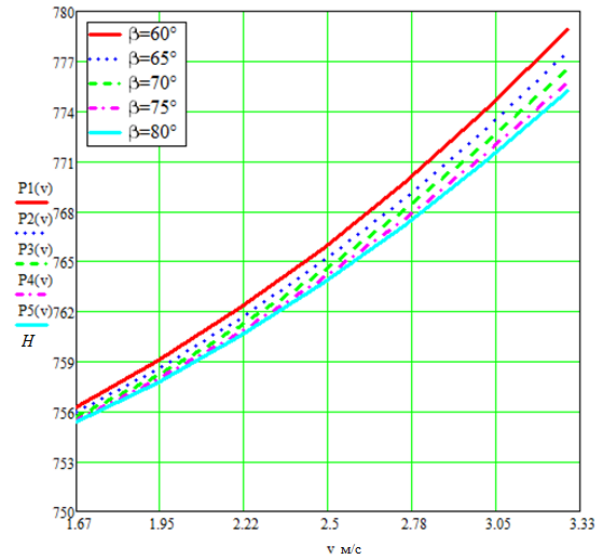
Бұл мәндерде мыналарды аламыз: $A_1 = 0,087$; $A_2 = 0,996$; $B_1 = 0,22$; $B_2 = 0,592$; $R_z = 748$ Н; $Q = 28$ Н. Жұмыс органының тарту кедергісі: $P = 720$ Н. Алынған нәтиже күтілетін нәтижеге жақын. Динамометрмен тексеру қажет.

MathCAD бағдарламасының көмегімен (2.45) формула бойынша тарту кедергісінің (2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 2.10-суреттер) қашаудың орнату бұрышына, жұмыс органының еніне, өңдеу тереңдігіне және жылдамдығына тәуелділік графиктері алынды [87].

Қозғалыс жылдамдығына байланысты тарту кедергісінің өзгеруі параболалық сипатқа ие (2.6-сурет). Тарту кедергісінің қондырғының әртүрлі орнату бұрыштарындағы жылдамдыққа тәуелділік графигінде, сепкіштің жұмыс жылдамдығы жоғарылаған кезде, жұмыс органына түсетін тарту кедергісінің мәні артады, бірақ орнату бұрышының мәндері жоғарылаған кезде төмендейді. Бұл жұмыс органының топырақпен өзара әрекеттесуінің бастапқы сәтінде инерциялық күштердің пайда болуымен түсіндіріледі, өйткені осы уақытта топырақтың тыныштық инерциясы бұзылады, оның бөлшектері белгілі бір үдеулерге және көлбеу сызыққа сәйкес келмейтін абсолютті жылдамдыққа ие болады. Инерциялық күш бөлшектердің абсолютті жылдамдық сызығы бойынша, тек кері бағытта бағытталатыны анық. Топырақты бұзудың тұрақты процесінде тарту кедергісі аз болады. Алайда, ілгерілемелі жылдамдық одан әрі жоғарылаған сайын тарту кедергісі де артады [87, р. 2333-2334].



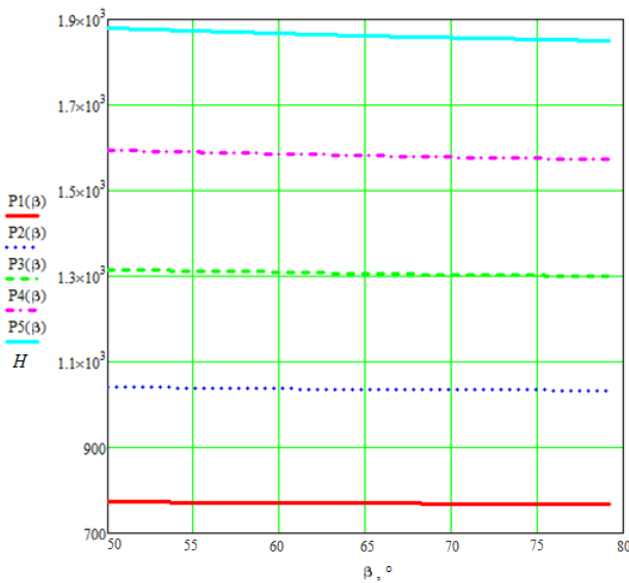
а



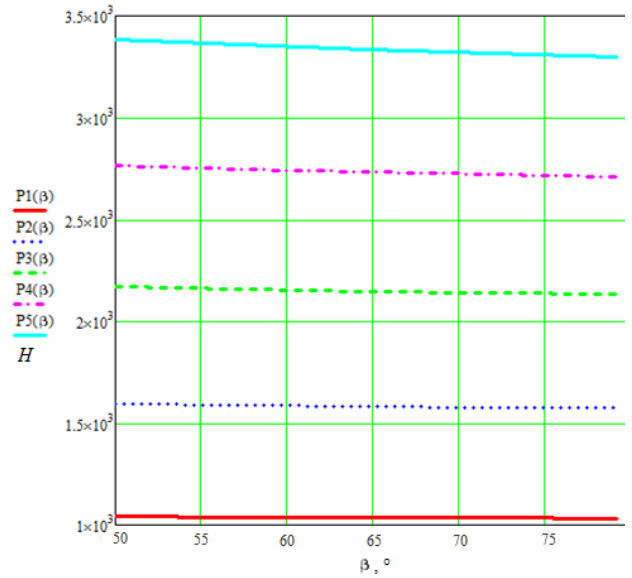
б

а – $v = 1 \div 15$ м/с болғанда тарту кедергісінің жылдамдыққа тәуелділік графигі; б – $v = 1,67 \div 3,33$ м/с болғанда тарту кедергісінің жылдамдыққа тәуелділік графигі

Сурет 2.6 – Әр түрлі орнату бұрыштарындағы тарту кедергісінің жылдамдыққа тәуелділік графигі



а



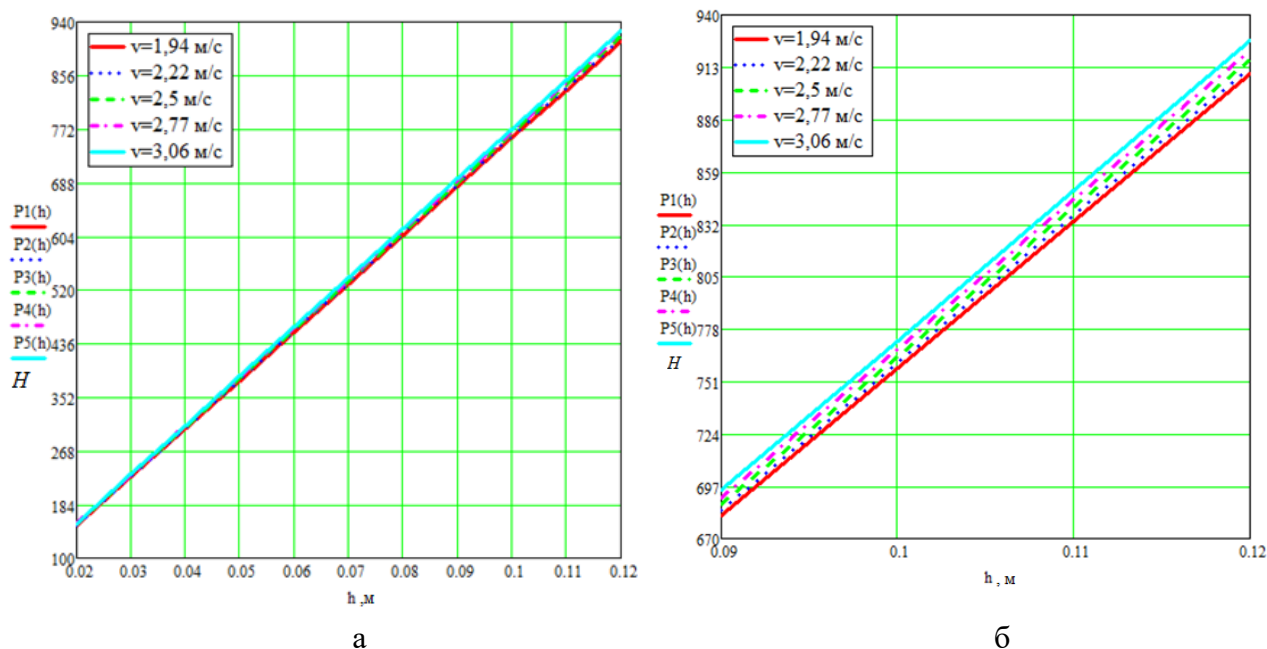
б

а – $b = 0,015 \div 0,035$ м болғанда тарту кедергісінің орнату бұрышына тәуелділік графигі; б – $b = 0,02 \div 0,06$ м болғанда тарту кедергісінің орнату бұрышына тәуелділік графигі

Сурет 2.7 – Қашау енінің әр түрлі мәнінде тарту кедергісінің орнату бұрышына тәуелділік графигі

Қашау енінің әр түрлі мәнінде тарту кедергісі орнату бұрышына сызықтық тәуелділікке ие, 2.7а-сурет және 2.7б-сурет. Тарту кедергісінің орнату бұрышына

тәуелділік графигінен орнату бұрышы ұлғайған кезде жұмыс органына түсетін тарту кедергісінің шамалы төмендеуін байқауға болады. Алайда қашаудың ені 0,005 м-ге ұлғайған кезде тарту кедергісінің мәні шамамен 300Н-ға артады. Сепкіштің тарту кедергісінің артуы қашаудың жұмыс бетінің енінің ұлғаюымен, ал сепкіштің тарту кедергісінің төмендеуі оның горизонтқа қатысты орнату бұрышының өзгеруімен түсіндіріледі [87, р. 2335-2337].

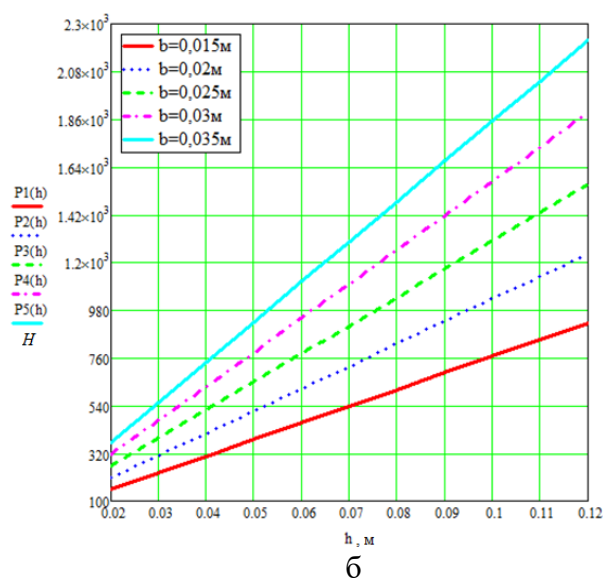
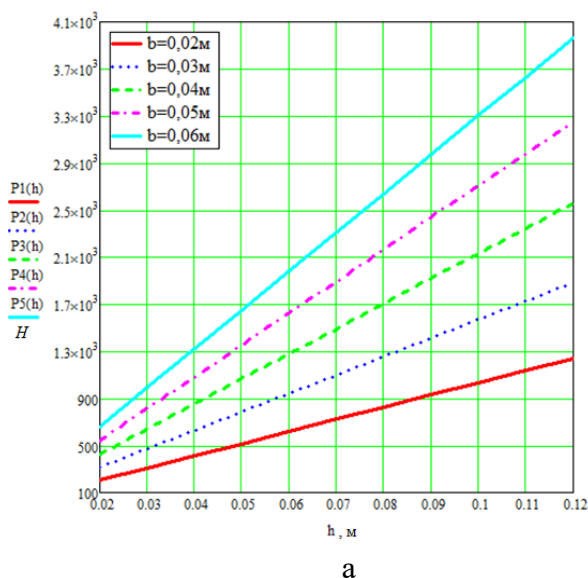


а – Себу тереңдігі $h=0,02\div 0,12$ м болғанда тарту кедергісінің себу тереңдігіне тәуелділік графигі; б – Себу тереңдігі $h=0,09\div 0,12$ м болғанда тарту кедергісінің себу тереңдігіне тәуелділік графигі

Сурет 2.8 – Тарту кедергісінің әр түрлі жылдамдықтағы тұқымдарды себу тереңдігіне тәуелділік графигі

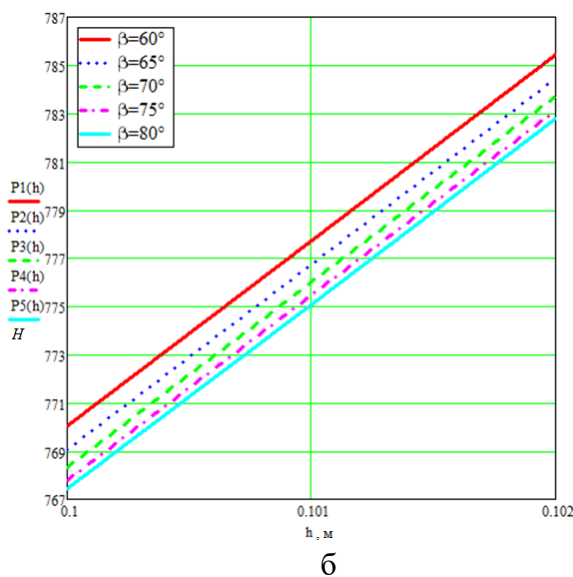
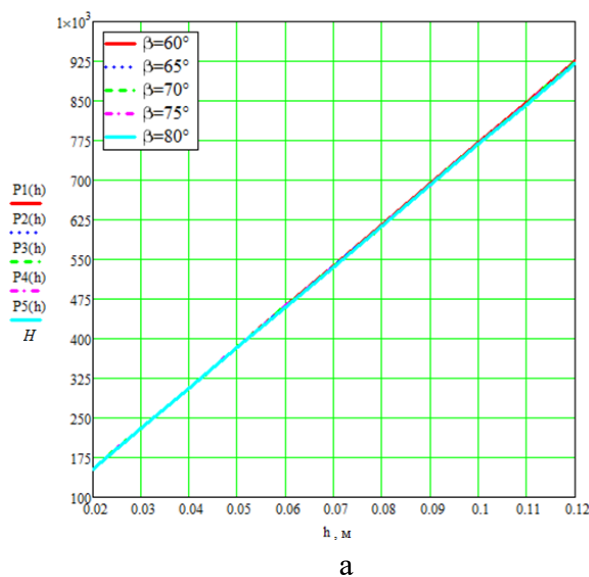
2.8-суретте көрсетілген графигі талдау қабылданған тұқым себу тереңдігі сіңіруші мен сепкіштің кернеу кедергісіне айтарлықтай әсер етеді және тікелей пропорционалды квадраттық тәуелділікке ие деген қорытынды жасауға мүмкіндік береді. Себу тереңдігінің мәні жоғарылаған кезде жұмыс органына тарту кедергісі екі есе артады, бірақ сепкіштің жұмыс жылдамдығы жоғарылаған кезде тарту кедергісі төмендейді.

Қашау енінің әр түрлі мәнінде тарту кедергісінің себу тереңдігіне тәуелділік графигінен (2.9-сурет) себу тереңдігі ұлғайған кезде, жұмыс органына түсетін тарту кедергісінің мәні едәуір артатынын, сонымен қатар қашаудың ені 0,005 м-ге ұлғайған кезде тарту кедергісінің мәні шамамен 300Н-ға артатыны байқауға болады [87, р. 2335].



а – Қашау ені $b=0,02\div 0,06$ м болғанда тарту кедергісінің себу тереңдігіне тәуелділік графигі; б – Қашау ені $b=0,015\div 0,035$ м болғанда тарту кедергісінің себу тереңдігіне тәуелділік графигі

Сурет 2.9 – Қашау енінің әр түрлі мәнінде тарту кедергісінің тұқымдарды себу тереңдігіне тәуелділік графигі



а – Себу тереңдігі $h=0,02\div 0,12$ м болғанда тарту кедергісінің себу тереңдігіне тәуелділік графигі; б – Себу тереңдігі $h=0,1\div 0,102$ м болғанда тарту кедергісінің себу тереңдігіне тәуелділігінің графигі

Сурет 2.10 – Әртүрлі орнату бұрыштарындағы тарту кедергісінің тұқым себу тереңдігіне тәуелділік графигі

2.10-суретте тарту кедергісінің әр түрлі орнату бұрыштарындағы тұқым себу тереңдігіне тәуелділік графигінен себу тереңдігі ұлғайған кезде жұмыс органына түсетін тарту кедергісінің мәні жоғарылайтынын көруге болады, бірақ орнату бұрышының мәндері жоғарылаған кезде айырмашылық айтарлықтай емес, әсіресе $\beta=60^\circ$ -пен $\beta=70^\circ\div 85^\circ$ -ты салыстырғанда.

(2.45) формуласынан алынған тәуелділік графиктерінен тұқымның енінің, тереңдігінің артуы жұмыс органына түсетін тарту кедергісінің мәнінің артуына әкеледі деген қорытынды жасауға болады. Ал кері жағдайда, жұмыс жылдамдығы жоғарылағанда тарту кедергісінің мәні төмендейді. Орнату бұрышы ұлғайған сайын тарту кедергісі де артады, алайда $\beta=70^\circ\div 85^\circ$ арасындағы тарту кедергісінің айырмашылығы айтарлықтай емес.

2.3 SolidWorks және ANSYS бағдарламаларында қашау параметрлерін соңғы элемент және SPH әдісімен модельдеу

Топырақты терең қопсыту – қатты қабаттарды бұзу және топырақтың тығыздалу шектеулерін жеңу үшін топырақты өңдеудің маңызды әдісі. Үш негізгі параметр (көтеру бұрышы φ , орнату биіктігі h және орнату бұрышы β) ауылшаруашылық машиналарының жұмысына айтарлықтай әсер етеді. [88-90] зерттеулерде топырақтың қопсыту тиімділігіне негізгі параметрлердің әсерін бағалау үшін дискретті элементтерді (DEM) қолданатын модельдер әзірленді және негізделді. Нәтижелер φ -ге ең көп әсер ететінін көрсетті, содан кейін h және β . Жұмыс органының параметрлерінің k -ге әсер етуінің маңыздылығы келесідей болды: h , φ және β ; φ және h өзара әрекеттесуінің k -ге әсері де маңызды болды. Жұмыс органының тарту кедергісі және тік күші көлбеу бұрышына байланысты сызықтық және сызықтық емес өзгереді. Көлбеу бұрышы төмендеген сайын тарту кедергісі айтарлықтай өсті. [91] зерттеуде жұмыс органының параметрлерін оңтайландыру арқылы көлденең және тік күштер топырақтың қопсытуын және көтерілу аймағын арттырды, бірақ нақты шөгінділерді, топырақтың көлемдік тығыздығын және еруге төзімділікті азайтты. Алайда, бұл жұмыстар тартылыс күші мен өнімділіктің терең-қопсытқыштың құрылымдық және технологиялық параметрлеріне тәуелділігін зерттеді [87, p. 2327].

Жіңішке сіңірушілер топырақты өңдеусіз себу кезінде қарықтарға тұқымдарды және тыңайтқыштарды себу үшін кеңінен қолданылады, бірақ топырақты шамадан тыс араластыру көбінесе олардың тиімділігін шектейді. [92] жұмыста сіңірушіні орнату бұрышының ($35-90^\circ$) әсері модельденіп, алдыңғы зерттеулермен салыстырылды. Құмды-сазды топырақта қарық профилінің параметрлерін, қопсыту аймағын, жотаның биіктігін, ойық аймағын, қарықты толтыруды және топырақтың бүйірлік шығарылуын салыстырмалы қателікпен (9, 16, 14, 0.8 және 9%) болжанады. Орнату бұрышы ұлғайған кезде тарту кедергісінің шамамен екі есе төмендеуін, сондай-ақ 71° тік күштің өзгеруін DEM әдісімен болжанды, бұл тенденцияға толығымен сәйкес келеді. Қолданылған DEM модельдеу тәсілі құмды-сазды топырақтағы тар контурлы сіңіруші өнімділігін оңтайландыруға арналған.

90° (доғал және қиғаш беті) және 53° орнату бұрыштары бар үш сіңіруші егістіктің құрғақ сазды-сазды топырағындағы екі қисық пышақ геометриясымен (0,045 және 0,095 м-ге ығысу) салыстырылды [93-97]. 53° көлбеу бұрышы бар тік сіңіруші жылдамдыққа ең үлкен реакцияны көрсетті, қарық толтыруды азайтты және топырақтың (қарық ортасынан) бүйірлік шығарылуын арттырды. Екі жақты фасканы қосу топырақтың бүйірлік таралуын азайтып, 2,22 м/с жылдамдықпен

толтыруды қамтамасыз етті, бірақ топырақтың таралуы 3,33 және 4,44 м/с-та өсті. Алайда, 0,045 м-ге ығысқан қисық аяғы бар сіңіруші жылдамдықта топырақтың көбірек таралуына ие болды. Бұл қарық толтырудың азаюына және 4,44 м/с жылдамдықпен топырақтың бүйірлік таралуының жоғарылауына әкелді (тік сағалы сіңірушіге ұқсас). [98] жұмысында қарықтың мөлшері бүйірлік аяқтың алға қарай қисаю бұрышына ($>90^\circ$) қарағанда аяқтың бүйірлік ығысуына және бүйірлік аяқтың иілу бұрышына көбірек тәуелді екендігі анықталды. Нәтижелер топырақтың таралуын және тартылуын азайту арқылы тікелей себу жылдамдығын арттыру үшін жаңа сіңіруші технологиясының әлеуетін көрсетеді, осылайша себу сапасы мен сепкіштің өнімділігін арттырады [87, р. 2343].

Жұмыс органдарына әсер еткен кезде топырақтың жағдайын эксперименттік зерттеу өте қиын немесе мүмкін емес. Сондықтан көптеген зерттеушілер [99-100] құралдарға әсер ететін күштерді, топырақтағы кернеулердің таралуын және топырақтың бұзылу сипатын зерттеу үшін топырақтың физикалық күй-өзгерісін соңғы элементтермен (FEM) тығыздалған кезде модельдеуді қолданды.

Зерттеулерде [101-106] топырақ пен үйінді соқаның топырақтың қозғалуына, өңдеу күштеріне байланысты өзара әрекеттесуін модельдеу үшін дискретті элементтер әдісі (DEM) қолданылды. DEM болжаған тарту кедергілері әртүрлі топырақ түрлеріне есептелгендерге ұқсас болды. Өңдеу тереңдігінің артуы тарту кедергісінің артуына әкелді.

Алайда, кейбір жағдайларда дәстүрлі соңғы элементтерді немесе торлы іріктеуге негізделген басқа әдістерді қолдану мүмкін емес. [107] жұмыста жоғары қысымды топырақты бұзу процестерін модельдеу үшін тегіс бөлшектердің гидродинамикасының Лагранжды торлы емес әдістерін топырақ ортасына қолдануға шолу берілген.

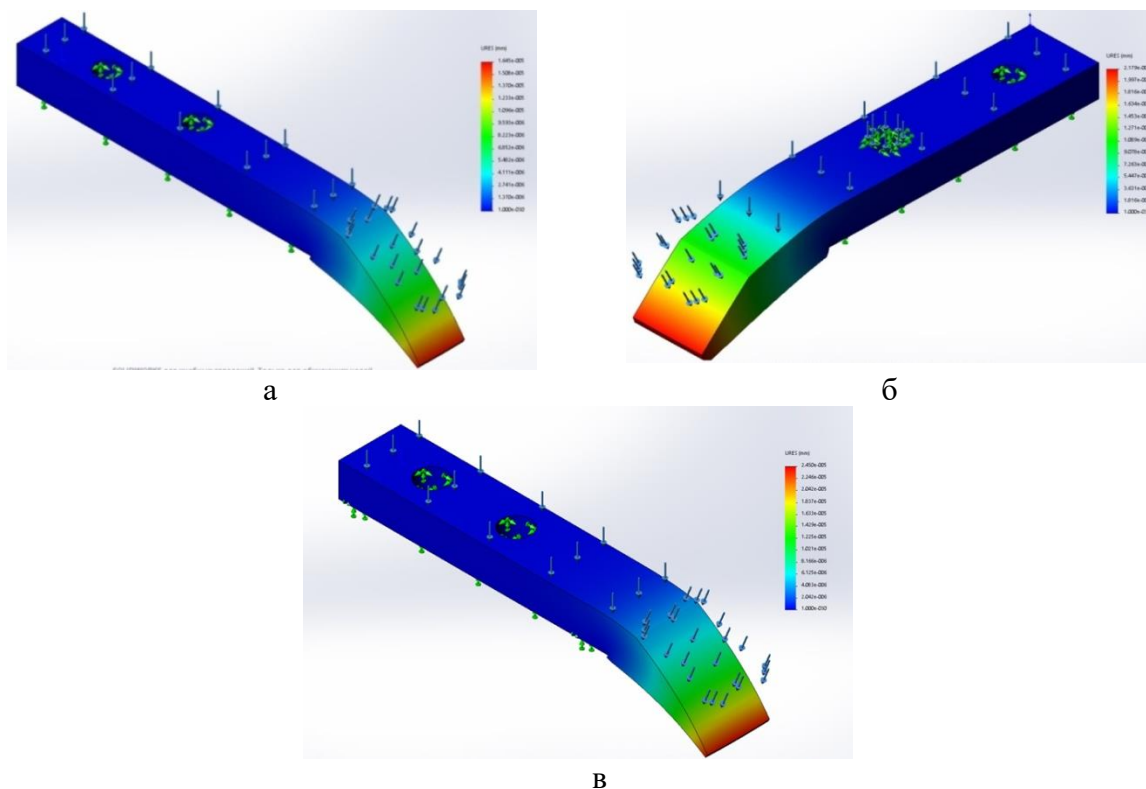
Далалық сынақтың анықталған кемшіліктері модельдеу кезінде нақтыланғаннан кейін қашау параметрлерінде сіңіруші құрылымының өзгеруін болжайды. Сепкіштің жұмыс органының құрылымын жасау кезінде қашау параметрлерін оңтайландыру маңызды мәселе болып табылады.

Сіңіруші қашауының белгіленген параметрлерінің қауіпсіздік қорын анықтау үшін кернеулі деформацияланған күйді алдын-ала есептеу жүргізілді. SolidWorks Simulation бағдарлама кешенінде жүзеге асырылған соңғы элементтер әдісі қолданылды.

Салыстырмалы талдау үшін қашаудың негізгі өлшемдері ретінде ені 0,02 м, 0,025 м және 0,03 м, ал ұзындығы 0,145 м қабылданды.

2.11-суретте қашаулардың жиынтық орын ауыстыру эпюралары көрсетілген. Есептеу нәтижелері бойынша модельдің ауданы ұлғайған кезде қашаудың кесу бөлігіндегі максималды қозғалыстың мәні де артады деп айтуға болады. Ені 0,02 м қашау үшін оның мәні $1,645 \times 10^5$ Н/м², 0,025 м – $2,411 \times 10^5$ Н/м², ал 0,03 м – $2,450 \times 10^5$ Н/м². 2.6а, 2.6б, 2.6в-суреттен кедергі мен деформацияның қашау еніне тәуелділігінің тура пропорционалдығын атап өтуге болады. Қашау неғұрлым кең болса, соғұрлым тарту кедергісі мен тұмсық бөлігінің деформациясы артады.

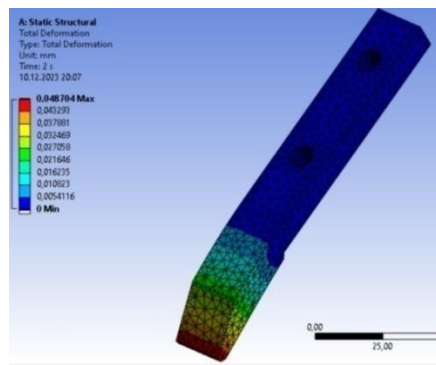
Ені 0,02 м қашауға унитарлық кернеулердің таралуын талдау үшін ANSYS-те модельдеу жүргізілді. Қашаудың сипаттамасын зерттеуге арналған құрылымдық өлшемдер ретінде SOLIDWORKS модельдеу нәтижелері бойынша оңтайлы параметрлер қабылданды: ені 0,02 м, ұзындығы 0,145 м, орнату бұрышы 75°. Қашаудың қозғалысы OX осі бойымен жүреді, OZ осі жазық бетіне қатысты жұмыс бөлігінің көлбеу бұрышын анықтайды. Модельдеу қарапайым қара топырақ үшін жүргізілді (ылғалдылығы 25-45%, топырақтың орташа диаметрі 0,050 м тастармен ластануы 0,6-1,5 дана/м²).



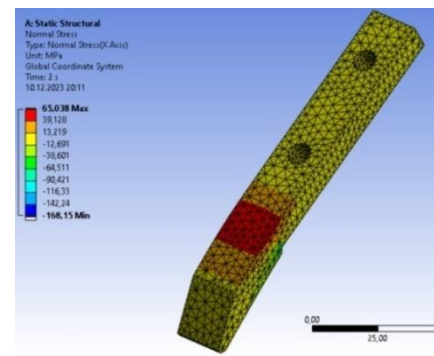
а – ені 0,02 м: $\max 1.645 \times 10^{-8}$ м; б – ені 0,025 м: $\max 2.179 \times 10^{-8}$ м; в – ені 0,03 м: $\max 2.450 \times 10^{-8}$ м

Сурет 2.11 – URES: Жиынтық орын ауыстыру

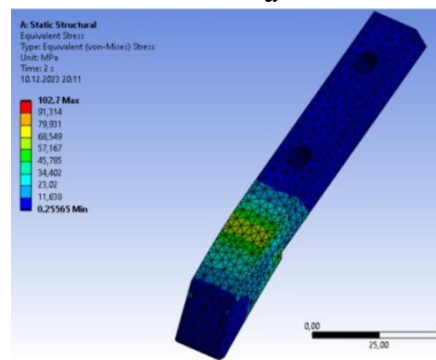
Максималды деформация және қауіпті тозу аймағы 2.12а-суретте көрсетілгендей қашаудың тұмсық бөлігінде орналасқан. Бұл жағдайда қызыл түспен қауіпті аймақ көрсетілген, бұл қашауда сызаттар мен жарықшақтарды тудыруы мүмкін. Модельдеу нәтижелері бойынша жұмыс бөлігінде қара топырақ (оңтүстік карбонат, ауыр саздақ, шым) үшін максималды қалыпты кернеу 65,038 МПа (2.12б-сурет), ал ығысу кернеуі 22,601 МПа (2.12г-сурет) екенін байқауға болады. Қашау жүктемесі өңдеу тереңдігіне сәйкес келетін қысыммен тікелей орындалды: қара топырақ үшін $P_{\max}=2,00$ МПа, $P_{\min}=0,7$ МПа. Қысымға ұшыраған модельдегі von Mises эквивалентті кернеулерінің таралуы 2.12-суретте көрсетілген, б-г. топырақты тығыздау кезінде жұмыс бөлігінің тозу мөлшері тіреудегі бекіту нүктесінен еркін ілінетін консоль бөлігінде болады.



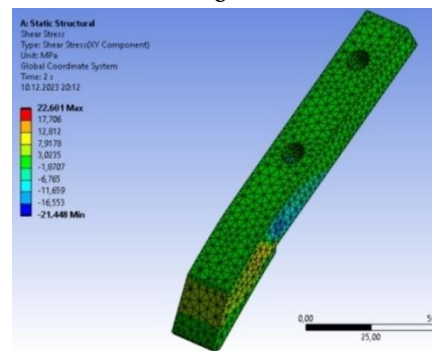
а



б



в



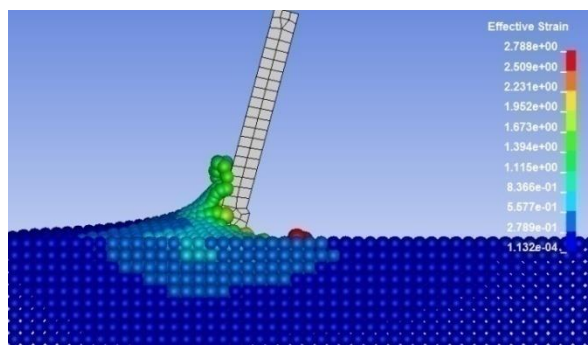
г

а – қашаудағы жалпы деформация; б – ОХ бағытындағы қалыпты қозғалыс; в – эквивалентті (von Mises) кернеу; г – ығысу кернеуі

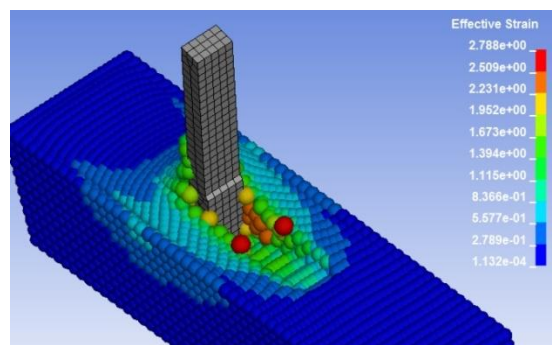
Сурет 2.12 – Бірлік және жанама кернеулер

ANSYS-тегі модельдеу нәтижелері бойынша кара топырақ бөлшектер арасындағы немесе бөлшектер мен агрегаттар арасындағы байланыстың беріктігіне байланысты сұйықтықтың немесе ығысудың үлкен кернеулерін қабылдай алады, бұл текстураның осы түрлерін аздап деформацияға әкеледі деген қорытынды жасауға болады. Сепкіштің жұмыс органының зерттелетін ені ұсынылған топырақ түріне және қысымға сәйкес келеді.

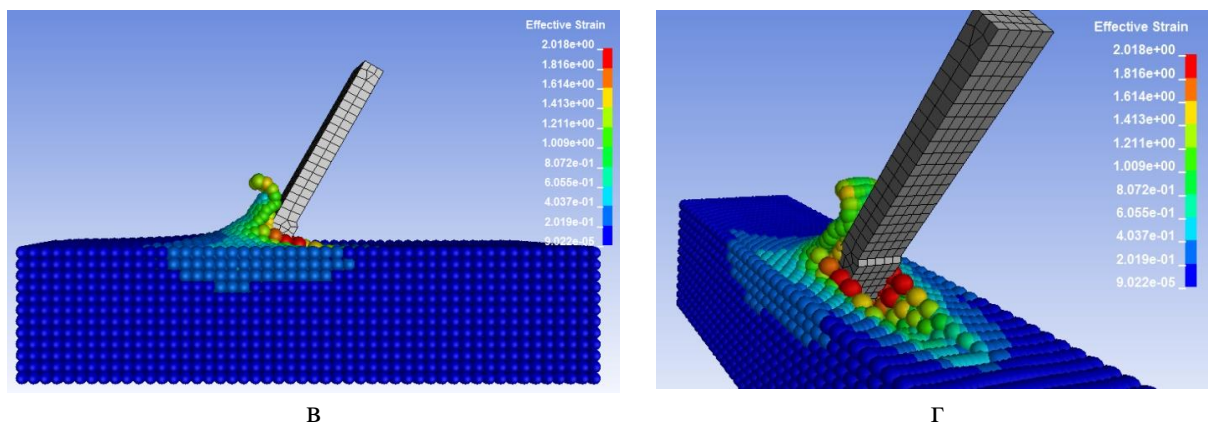
Модельдеудегі келесі міндет – сепкіш өткеннен кейін шымның қопсуын болдырмау және қашауды орнатудың геометриялық параметрлері мен бұрыштарын негіздеу. Модельдеуде осы мәселені шешу үшін LS-DYNA-да SPH әдісі қолданылды (2.13-сурет).



а



б

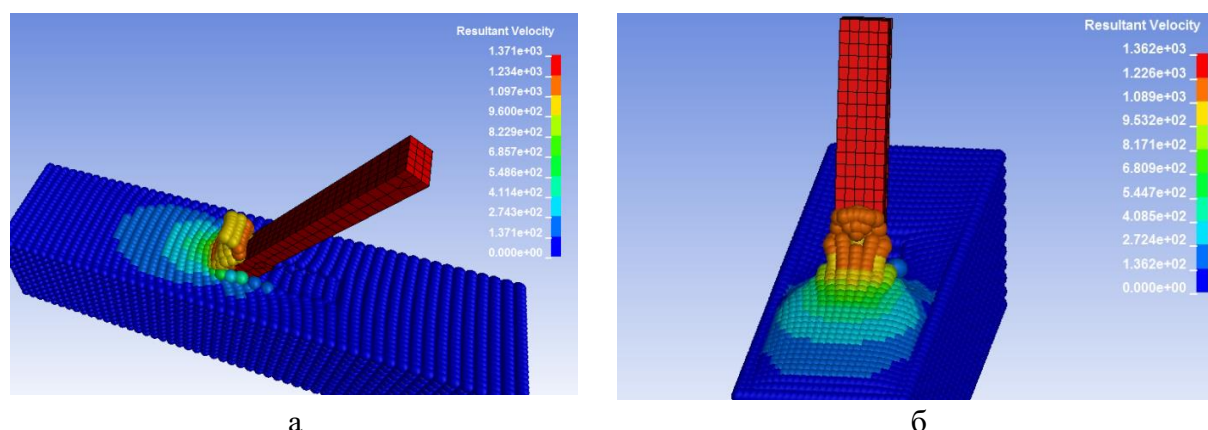


Тіреуге 75° -пен бекітілген, ені 0,02 м қашау: а – бүйірлік көрініс; б – қашау ізі; Тіреуге 60° -пен бекітілген, ені 0,03 м қашау: в – бүйірлік көрініс; г – қашау ізі

Сурет 2.13 – Тиімді кернеу

Қашаудың алдыңғы құрылымдық параметрлерін ескере отырып, модельдеу параметрлері алынды: ені 0,02 м және орнату бұрышы 75° , ені 0,02 м және орнату бұрышы 45° , ені 0,03 м және орнату бұрышы 60° [87, p. 2340].

Топырақты кесу процесінде қашау мен топырақ арасындағы байланыс аймағы ұлғайған сайын топырақтағы тиімді кернеу артады. Топырақ толығымен бұзылған кезде тиімді кернеу тұрақты мәнге жетеді. Топырақты кесу процесінде 75° бұрышпен тіреуге бекітілген, ені 0,02 м қашау үшін топырақтағы максималды тиімді кернеу 2,788 Па (2.13а, 2.13б-сурет) және 60° бұрышпен бекітілген, ені 0,03 м қашау үшін 2,018 Па (2.8в, 2.8г-сурет). 2.13-суретте қашаудың бос бөлігі егу кезде деформация мен тозуға көбірек ұшырайтынын атап өтуге болады. Жұмыс органын топыраққа алғашқы енгізу кезінде қарықта және алдыңғы консоль бөлігінде топырақтың тығыздалуын көруге болады.



а – орнату бұрышы 60° , ені 0,03 м; б – орнату бұрышы 75° , ені 0,02 м

Сурет 2.14 – Жылдамдықтың қорықты векторы

2.14-суретте қашаудың қозғалысына әсер ететін бірнеше күштер тудырған жалпы әсерді анықтайтын модельдеу үшін қабылданған параметрлердің қорықты векторының нәтижелері келтірілген. Топырақты кесу процесінде

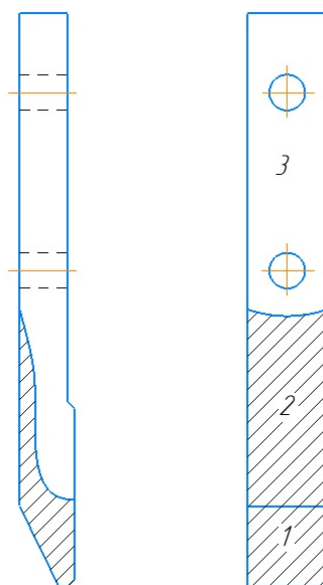
тіреуге 75° -пен бекітілген, ені 0,02 м қашау үшін жылдамдықтың қорықты векторы $2,371 \times 10^3$, (2.14а-сурет) және 60° -пен бекітілген, 0,03 м қашау үшін $2,362 \times 10^3$ (2.14б-сурет). Қорықты вектор ені ұлғайғанда және орнату бұрышы азайғанда үйкелістің жалпы күші мен оның әрекет ету бағыты жоғарылайтынын, ал ені азайып, орнату бұрышы ұлғайғанда жылдамдықтың қорықты векторының мәні төмендейтінін көрсетеді. Яғни, осы параметрдің мәнін ұлғайту кезінде тарту кедергісі артады, сондықтан эксперименттік үлгі үшін қашаудың келесі параметрлері қабылданды: орнату бұрышы 75° , ені 0,02 м және ұзындығы 0,145 м.

2.4 Қашаудың тозу сипаты мен қарқындылығы

Қашаудың тозу қарқындылығы мен сипаты теорияда бөлек қарастырылмайды. Алайда, қашаудың құрылымы түренге ұқсас, сондықтан оны түреннің тозу қарқындылығы теориясы бойынша зерттейміз. Қашаудың тозу қарқындылығын 3 аймаққа бөлуге болады: тұмсық 1, алдыңғы 2 және ортаңғы 3 бөлік (2.15-сурет).

Шығыңқы тұмсығы алдымен топыраққа еніп, жер жырту кезінде қашаудың тереңдеуі мен қашаудың тұрақтылығын қамтамасыз етеді. Нәтижесінде, тұмсық аймағында қысым пайда болады, бұл оның пышаққа қатысты алдын-ала тозуына әкеледі. тұмсық аймағындағы орташа қысым оның орталық бөлігіндегі орташа қысымнан 2,8–4,6 есе көп [108].

Көлбеу бұрышы, шүйде фаскасының конфигурациясы және бетінің тозуы [108, с. 13] қашаулар топырақ түріне (механикалық құрамы) және олардың агрегаттық күйіне байланысты.

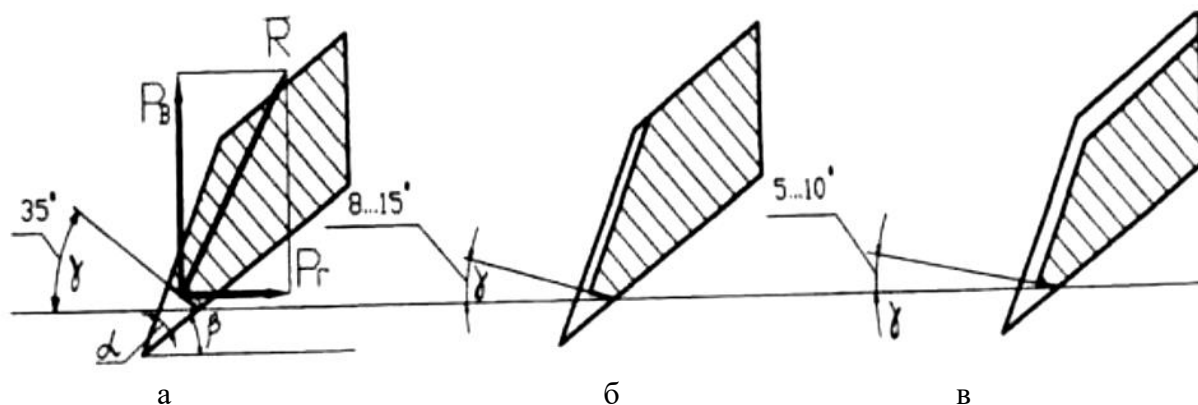


1 – тұмсық бөлігі; 2 – бүйір бөлігі

Сурет 2.15 – Қашаудың тозу аймақтары

Сазды топырақты жырту кезінде γ 35° -қа жетеді, жүзі доғалырақ (2.16-сурет) болады. Мұндай жүздің қатты топырақта жұмыс істеу процесінде осы

фаскада пайда болатын P_e тік компоненті қашауды топырақтан итеріп жібереді, бұл оны қашаудың ені бойынша салыстырмалы түрде аз тозу кезінде мақсатына сай пайдалану мүмкін емес, ал көлденең күш P_r кесу күші мен соқаның кедергісін арттырады. Сазды топырақты жырту кезінде $\gamma = 8-15^\circ$ (2.16-сурет); құмды және құмды-сазды топырақты жырту кезінде $\gamma = 5-10^\circ$, фаска ең өткір жүзді құрайтын және ені бойынша шекті тозуға дейін оның жұмыс күйін қамтамасыз ететін жазық алаң [108, с. 13] болып табылады.



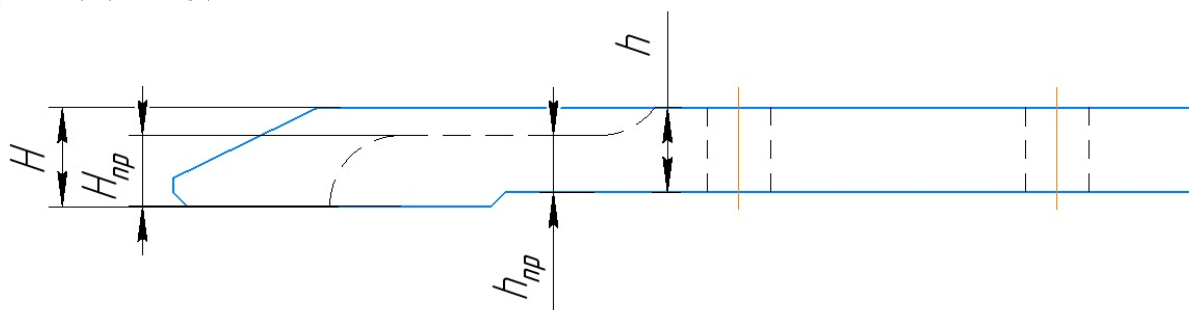
а – сазды; б – саздақ; в – құмды және құмды-сазды топырақ

Сурет 2.16 – Қашау жүзінің тозуы және топыраққа байланысты шүйде фаскасының пайда болу сипаты

Осы мақсатта қашаудың жекелеген бөліктерінің тозу сипаттамалары болуы керек.

Қашаудың тұмсық бөлігінің алдыңғы жағы әсіресе қарқынды тозуға ұшырайды, нәтижесінде тұмсық беріктігін жоғалтады және тереңдету күшінің әсерінен қарықтың түбіне қарай төмен қарай иіледі, бұл да қашауды жоюдың тән себептерінің бірі болып табылады.

Осылайша, оның өнімділігі мен беріктігін анықтайтын қашаудың негізгі геометриялық параметрлері – тұмсықтың биіктігі (2.17-сурет), қаңқа ені (жүзі) h , жүзінің қалыңдығы b .



H , $H_{пр}$ – тұмсық бөлігінің бастапқы және ақау көрсеткіш (шекте) биіктігі; h , $h_{пр}$ – пышақ бөлігінің бастапқы және ақау көрсеткіш (шекте) ені

Сурет 2.17 – Қашаудың өнімділігін анықтайтын негізгі геометриялық сипаттамалары

Бұл параметрлер қашау үшін де ақау көрсеткіші болады. Олардың әрқайсысына жеткенде қашау ауыстырылады, өйткені [108, с. 14]:

– сызықтық тозу нәтижесінде ($W_1 = 0,022$ м) тұмсықтың биіктігі бойынша сіңірушінің тереңдету қабілеті төмендейді, жер жырту тереңдігі төмендейді, алым ені азаяды;

– бөлшектің ені бойынша сызықтық тозу нәтижесінде ұстау ені азаяды, топырақтың сыну сапасы төмендейді, сіңірушінің тарту кедергісі артады;

– жүзінің қалыңдығына a дейін тозуы нәтижесінде шүйде фаскасының пайда болуымен егістіктің қатты бөліктерінде сіңірушіні тереңдету арқылы жер жыртудың тұрақты тереңдігі қамтамасыз етілмейді.

2.5 Беріктендіру арқылы қашаудың тозуға төзімділігін арттыру

Жұмыс беттеріне қаптама жасауды қолдану [109, 110] тиісті химиялық құрамы мен физика-механикалық қасиеттері бар металды қолдану арқылы олардың беріктігі мен тозуға төзімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Қаптама жасау процесінің маңызды параметрлерінің бірі – негізгі металдың балқу тереңдігі: қаптама тереңдігі неғұрлым аз болса, қаптама жасалған металдағы негізгі металл соғұрлым аз болады. Балқытылған металдың химиялық құрамы қоспа металға жақын болады. Әдетте қоспа метал мен беткі металдың химиялық құрамы екінші немесе үшінші қабатта тегістеледі.

Қаптама тереңдігінде негізгі металдан қаптама жасалған қабатқа ауысу аймағы орналасқан. Бұл аймақ металды бұзу тұрғысынан ең қауіпті болып саналады. Өтпелі аймақтың металы тігіс металының салқындату жылдамдығының жоғарылауына байланысты сынғыш, металл химиясының үлкен әртекті және сәйкесінше сызықтық кеңею коэффициенттерінің үлкен айырмашылығына байланысты суық сызаттардың пайда болу үрдісі жоғарылайды. Демек, қаптама тереңдігі неғұрлым терең болса, әлсіреген аймақ соғұрлым үлкен болады және бөлшектің беріктігі соғұрлым төмен болады. Керісінше, қаптама тереңдігі неғұрлым аз болса, соғұрлым бөлшектің беріктігі жоғалады. Химиялық құрамы бойынша қаптама жасалған метал қоспасына жақындайды, ал екінші қабатты қолдану қажеттілігі жоғалады [111].

Жоғарыда айтылғандарға сүйене отырып, балқытуға арналған жабдықты, режимдер мен технологияны таңдау негізгі метал қаптамасының минималды тереңдігін қамтамасыз ету шартынан жүргізілуі керек.

Қаптама жасау режимдерін таңдау балқытылған қабаттың қалыңдығына байланысты.

Беткі материалдарды таңдау тозу түріне байланысты үйкелетін беттердің металына қойылатын талаптарға негізделеді. Мысалы, абразивті тозу жағдайлары көміртегі, хром, марганец, вольфрам мөлшері жоғары беткі материалдарды қолдану арқылы қамтамасыз етілетін балқытылған металдың жоғары қаттылығын қажет етеді [111, с. 40].

Коррозиялық тозу жағдайлары үшін төзімділікке металды хроммен 12%-дан көп мөлшерде легірлеу арқылы қол жеткізіледі (тот баспайтын болаттар).

Беріктігінің жоғарылауымен сипатталатын беткі қабаттың қатаюы (тойтарма) қажудан жарылулардың пайда болуын және дамуын қиындатады, бұл машина бөлшектерінің төзімділік шегін арттырады. Бұл жағдайда тойтарманың тиімділігі бөлшектің жұмыс жағдайына, оның құрылым ерекшеліктеріне және материалдың қасиеттеріне байланысты. Иілгіштігі аз болаттардан жасалған бөлшектерде тойтарманың тиімділігі төмендейді. Беткі қабат қаттылығының жоғарылауы тозуға төзімділікті арттырады, өйткені үйкелетін беттердің тозу қабілеті төмендейді. Қайта тойтарма жасау құбылысы болмаған жағдайда беріктендіру тозуға төзімділікті арттырады. Қайта тойтарма жасау жағдайында, металдың тұтастығының микроскопиялық бұзылуының қайтымсыз процестері және сырғанау жазықтықтарындағы атомаралық байланыстардың үзілуі басталған кезде, тіпті қатаю мен қаттылықтың жоғарылауымен де, тозуға төзімділік төмендей бастайды [112].

Қаптама жасау жұмыстарын орындау әртүрлі тәсілдермен жүзеге асырылады, олардың негізгілері қолмен доғалық балқыту, ағын астында автоматты доғалық қаптама жасау, көмірқышқыл газының ортасында қаптама жасау, діріл доғасы, плазмалық және газбен балқыту болып табылады.

Қолмен доғалық қаптама жасау жөндеу жұмыстарын жүргізудің жеке әдісімен қолданылады.

Үш немесе одан да көп негізгі элементтерден тұратын композициялық күрделі қорытпалар, көбінесе жоғары энтропиялық қорытпалар деп аталады, соңғы бірнеше жылда машина жасауда айтарлықтай назар аударды. Мұндай қорытпаларға X25C2GP және X28H4C4, сонымен қатар басқа бес қорытпа компоненттерінен тұратын CoCrFeMnNi сияқты қорытпалар бар. Олар температураның төмендеуімен сұйықтықтың, беріктіктің және икемділіктің айтарлықтай өсуін көрсетеді [113, 114].

Көптеген авторлар [115-120] хромның бөлшектердің механикалық қасиеттеріне әсерін зерттеді. Алайда, композициялық күрделі қорытпалардың абразивті төзімділік сияқты механикалық қасиеттерге әсері, әсіресе ауыл шаруашылық машиналарының жұмыс органдарының бөлшектері зерттелмеген.

X25C2GP төрт компонентті қорытпасының құрамында бор бар, ол бірегей микролегірлеуші элемент болып табылады. Бұл химиялық элемент болаттың қасиеттеріне өте төмен концентрацияда әсер ете алады (пайыздың жүзден және мыңнан бір бөлігі). Борды микролегірлеуші қоспа ретінде қолдану оның көптеген алынған болаттарға оң әсеріне байланысты [121]. Ал композициялық күрделі X28H4C4 қорытпасында коррозияға төзімділікті, беріктікті және икемділікті арттыратын никельді легірлеуші элемент бар, бірақ ол қымбат металл, сондықтан оны арзан элементке ауыстырады. Өндірушілерден ұсынылатын қаттылық X25C2GP – 57÷63 HRC, ал X28H4C4 – 53÷57 HRC [114, с. 50].

Жоғарыда келтірілген ақпараттан абразивті тозу жағдайлары үшін көміртегі, хром, марганец, вольфрам мөлшері жоғары беткі материалдарды қолдану арқылы қамтамасыз етілетін балқытылған металдың жоғары қаттылығы қажет деген қорытынды жасауға болады. Сондай-ақ композициялық күрделі

қорытпалардағы легірлеуші элементтердің құрамы, әсіресе бор мен никель қаттылыққа айтарлықтай әсер етеді. Алайда, никельдің болуы (ЦС-1) күшейтілген бөлшектің құнын қымбаттатады, сондықтан оны бор негізіндегі төрт компонентті қорытпаға ауыстыру ұсынылады (Т590).

2.6 Астық-шөп-тыңайтқыш сепкішінің біріктендірілген қашауының жұмыс қорын зерттеу

Жұмыс органдарының қорын келесі негізгі өзгермелі параметрлердің функциясы ретінде ұсынуға болады [122]:

$$T = f(I, m, p, v, \eta_1, \eta_2 \dots \eta_n) \quad (2.46)$$

мұнда T – жұмыс қоры, га;

I – жұмыс органдарының материалының тозуға төзімділігі, сағ/га;

m – топырақтың тозу қабілеті, см/сағ;

p – жұмыс органының жұмыс бетіне топырақ қысымы, МПа;

v – жұмыс органының топыраққа қатысты қозғалу жылдамдығы, км/сағ;

$\eta_1, \eta_2 \dots \eta_n$ – топырақтың күйіне, жұмыс органның материалының құрамына және оны термиялық өңдеу режимдеріне, жұмыс органдарының құрылымдық параметрлеріне және т. б. байланысты негізгі параметрлердің өзгеруін сипаттайтын коэффициенттер.

Тұмсық бөлігінің тозуы бойынша өңделген аумақ бойынша қашаудың төзімділігі, га [122, с. 145]:

$$W_H = \frac{\varepsilon_{эТ} \eta_2 \chi A W_1}{k_{эТ} m \eta_1 p v_{п}} \quad (2.47)$$

мұнда $k_{эТ}$ – эталондық шарттарда эталондық үлгінің тозуының пропорционалдылық коэффициенті: $k_{эТ} = 0,016 \text{ см}/(\text{МПа} \cdot \text{км})$;

m – абразивтің эталондық қысымындағы топырақтың салыстырмалы тозу қабілеті (гранулометриялық құрамы бойынша), $m=0,022$ (2.1-кесте);

η_1 – қысымға байланысты топырақтың салыстырмалы тозу қабілетінің өзгеруін ескеретін коэффициент, $\eta_1 = 62,584$;

p – жұмыс органының ең тозған учаскесіндегі топырақтың (абразивтің) қысымы, МПа, $p=6,515$ МПа;

$v_{п}$ – жұмыс органының қозғалысының ілгерілемелі жылдамдығы, $v_{п}$ км/сағ, – 8км/сағ;

$\varepsilon_{эТ}$ – эталондық сынақ жағдайында материалдың салыстырмалы тозуға төзімділігі, 65Г болат үшін $\varepsilon_{эТ} = 1,7$, Т590 электроды үшін $\varepsilon_{эТ} = 4,1$;

η_2 – қысымға байланысты материалдың салыстырмалы тозуға төзімділігінің өзгеруін ескеретін коэффициент, $\eta_2 = 12,226$;

χ – жұмыс органының бетіндегі топырақ қабатының қозғалу жылдамдығының оның жұмыс органының жылдамдығына қатынасы, $\chi = 1$;

A – сепкіш корпусының өнімділігі, га/сағ, $A=2,88$ га/сағ;

W_1 – биіктігі бойынша тұмсығының шекті тозуы, м, $W_1 = 0,022$ м.

η_1 және η_2 түзету коэффициенттерінің мәндері эмпирикалық (2.48) формулалармен анықталады:

$$\begin{aligned} \eta_1 &= 9,6p + 0,04; \\ \eta_2 &= 1,75p + 0,825, \end{aligned} \quad (2.48)$$

мұнда p – жұмыс органының ең тозған учаскесіне түсетін топырақ қысымы, МПа.

Кесте 2.1 – Топырақтың фракциялық құрамы бойынша салыстырмалы тозу қабілеті (эталон – кварц, қысым 0,1 МПа)

Топырақ түрі	Орташа құрамы, %		Салыстырмалы тозу қабілеті, m (мм/сағ)
	күм	саз	
Күмды	95	5	0,87
Күмды саз	85	15	0,62
Саздақ (жеңіл)	75	25	0,42
Саздақ (орташа)	65	35	0,32
Саздақ (ауыр, шым)	50	50	0,22
Саз (жеңіл)	35	65	0,15
Саз (орташа)	25	75	0,10
Саз (ауыр)	10	90	0,06
Кварц бөлшектері	-	-	1

Ескерту – Әдебиет негізінде құралған [123]

Қашаудың жұмыс бетіне топырақтың қысымы топырақтың қаттылығына T , қашаудың қарық түбіне қарай көлбеу бұрышына β және жұмыс органының ілгерілемелі жылдамдығына v_{II} байланысты. Қашаудың тұмсығына әсер ететін максималды жалпы қысымды келесі эмпирикалық тәуелділіктер арқылы анықтауға болады:

$$p = (0,06 \div 0,065)(1 + 0,028v_{II}) \cdot (1 + 0,01\beta)(1,45 + T + 0,5T^{1,5}) \quad (2.49)$$

мұнда p – қашаудың тұмсық бөлігіндегі қысым, МПа;

v_{II} – жұмыс органының қозғалыс жылдамдығы, км/сағ;

β – қашаудың қарық түбіне қарай көлбеу бұрышы, градус.;

T – топырақтың қаттылығы, МПа.

Топырақ өңдеу машиналарының жұмыс органдары жасалатын болаттардың салыстырмалы тозуға төзімділігінің олардың химиялық құрамы мен қаттылығына тәуелділігі эмпирикалық теңдеу түрінде ұсынылған [122, с. 145]:

$$\varepsilon = 0,24X_1 + 0,07X_2 + 0,11X_3 - 3,54 \quad (2.50)$$

мұнда ε – болаттың салыстырмалы тозуға төзімділігі (эталон – 65Г болаттың қаттылығы 52 HRC, абразив – $0,16...0,32 \times 10^{-6}$ м бөлшектері бар кварц, абразив қысымы $p = 0,33$ МПа);

X_1 – көміртегі мөлшері, %;

X_2 – хром мөлшері, %;

X_3 – қаттылық, HRC.

Қаптама жасау материалдардың салыстырмалы тозуға төзімділігінің жеке элементтер мен қаттылықтың мазмұнына корреляциялық тәуелділігінің аналитикалық көрінісі:

$$\varepsilon = 0,018X_1 + 0,0023X_2 + 0,15X_4 + 0,076X_5 + 0,3X_6 + 0,4X_7 + 0,21X_3 - 7,47, \quad (2.51)$$

мұнда ε – салыстырмалы тозуға төзімділік;

$X_1, X_2, X_4, X_5, X_6, X_7$ – сәйкесінше көміртегі, хром, бор, молибден, вольфрам және титан, %;

X_3 – беткі материалдың HRC бірліктеріндегі қаттылық.

Егер эталондық қысым кезінде болаттың салыстырмалы тозуға төзімділігінің мәні белгісіз болса, онда ол (2.52) формула бойынша анықталады:

$$\varepsilon_{\text{эт}} = \frac{\varepsilon}{\eta_2} \quad (2.52)$$

мұнда ε – қысымдағы болаттың салыстырмалы тозуға төзімділігі $p = 0,33$ МПа.

Сепкіштің өнімділігі келесі (2.53) формула бойынша анықталады:

$$A = 0,1 \cdot \vartheta_i \cdot b \quad (2.53)$$

мұнда b – сепкіштің жұмыс алым ені, м;

$\vartheta_{\text{п}}$ – сепкіштің ілгерілемелі жылдамдығы, км/сағ.

(2.47) формула бойынша 65Г рессорлы-серіппелі болаттан жасалған «қашаудың тұмсық бөлігінің тозуы бойынша өңделген аймақ бойынша беріктігі

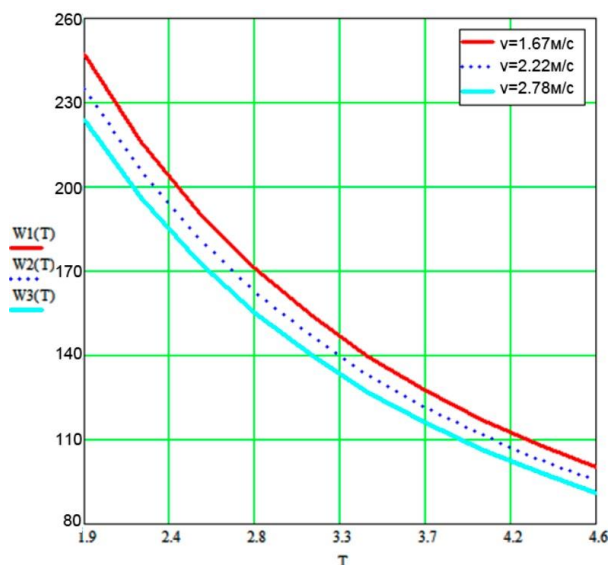
$$W_{\text{н}} = \frac{1,7 \cdot 12,226 \cdot 1 \cdot 2,88 \cdot 2,2}{0,016 \cdot 0,022 \cdot 62,584 \cdot 6,515 \cdot 8} = 114,6 \text{ га.}$$

(2.47) формула бойынша Т590 электродымен беріктендірілген тұмсық бөлігінің тозуы бойынша өңделген аймақ бойынша қашаудың беріктігі

$$W_{\text{н}} = \frac{4,1 \cdot 12,226 \cdot 1 \cdot 2,88 \cdot 2,2}{0,016 \cdot 0,022 \cdot 62,584 \cdot 6,515 \cdot 8} = 276,6 \text{ га.}$$

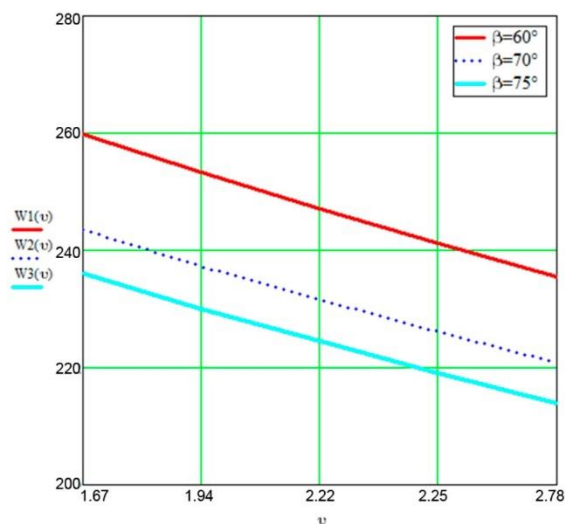
65Г болаттан жасалған және Т590 электродымен беріктендірілген қашаудың беріктігін аналитикалық есептеулердің нәтижелері бойынша беріктендірілген тұмсық бөлігінен қашаудың беріктігі шамамен 2 есе артатынын атап өтуге болады.

2.18-суретте астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштің беріктендірілген қашауының жұмыс қорының агрегаттың ілгерілемелі жылдамдығына және топырақтың қаттылығына тәуелділігі келтірілген. Бұл тәуелділік параболалық сипатқа ие. Алынған кестеден тығыздалған топырақта жұмыс істеген кезде қашаудың жұмыс қорының төмендеуін байқауға болады, ал жылдамдық беріктікке керісінше әсер етеді. Бұл қашаудың тұмсық бөлігі қаттылығы 4,6 МПа шымды топыраққа енген кезде тозу процесі қаттылығы 2,4 МПа шымды топыраққа қарағанда жылдамырақ жүреді, ал егер жылдамдық 6 км/сағ-тан 10 км/сағ-қа көтерілсе, онда сепкіштегі сіңірушінің жұмыс органының төзімділігі шамамен 4 га-ға қысқарады. Төзімділігін сақтау үшін қондырғы егістіктің қатты тығыздалған аймақтарында жоғары жылдамдықпен жұмыс істеуі керек.

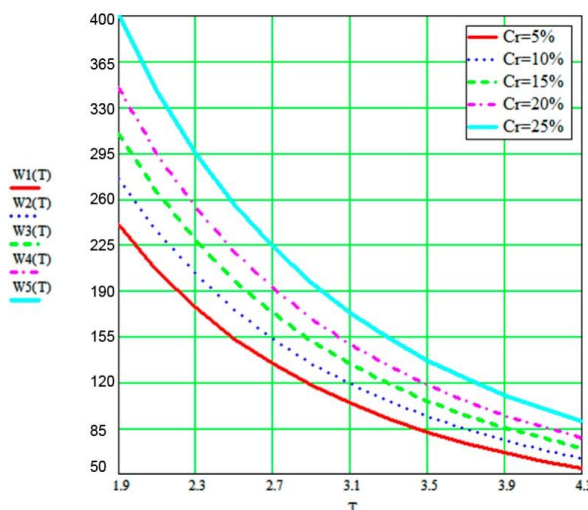


Сурет 2.18 – Беріктендіріліген қашаудың жұмыс қорының сепкіш жылдамдығына және топырақтың қаттылығына тәуелділік графигі

2.19-суретте астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштің беріктендірілген қашауының жұмыс қорының агрегаттың ілгерілемелі жылдамдығына және орнату бұрышына сызықтық тәуелділігі суреттелген. Бұл графикте агрегаттың жылдамдығы жоғарылаған кезде және орнату бұрышы ұлғайған кезде қашау қорының төмендеуін көруге болады. Осы тәуелділік графигін талдай отырып, қажет болған жағдайда орнату бұрышын 75°-қа дейін ұлғайту үшін қашаудың тұмсық бөлігін қатайту қажет деген қорытынды жасауға болады, өйткені бұл аймақ құрылғының жоғары жылдамдығымен жұмыс істегенде тозуға көбірек ұшырайды.



Сурет 2.19 – Беріктендіріліген қашаудың жұмыс қорының орнату бұрышына және сепкіш жылдамдығына тәуелділік графигі



Сурет 2.20 – Беріктендіріліген қашаудың жұмыс қорының топырақтың қаттылығына және құрамындағы хромның мөлшеріне тәуелділік графигі

2.20-суретте астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштің қашауын беріктендіргеннен кейін жұмыс қорының топырақтың қаттылығына тәуелділігі көрсетілген. Бұл тәуелділік параболалық сипатқа ие. Алынған кестеден тығыздалған топырақта жұмыс істеген кезде қашаудың жұмыс қорының төмендеуін байқауға болады, бірақ қашаудың қаптама жасалған қабатының құрамындағы хром неғұрлым көп болса, жұмыс қоры соғұрлым көп болады. Егер 1,9 МПа қаттылықтағы топырақты жырту кезінде қаптама жасалған қабатта 5% хром болса, онда жұмыс органының қоры 240 га болады. Алайда, егер хромның мөлшері 25%-ға дейін артса, онда қашаудың жұмыс қоры 2 есеге дейін артады. Себебі, хром – бұл материалдың беріктігі мен қаттылығын және абразивке төзімділігін арттыратын легірлеуші элемент. Яғни, қашаудың тұмсық бөлігі шыммен тығыздалған топыраққа енген кезде, легірлеуші элементтің құрамындағы хромның ең көп пайызына байланысты тозу процесі баяу жүреді. Осы графиктен шыммен

тығыздалған топырақта жұмыс істегенде, астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштің сіңіруші қашауының жұмыс бөлігін беріктендіру үшін жоғары хромды (25% және одан жоғары) қаптама жасау материалдары ұсынылады деген қорытынды жасауға болады.

T590 электродымен беріктендірілген қашау төзімділігінің теориялық нәтижелері LS-DYNA бағдарламасындағы SPH әдіспен модельдеу арқылы тексерілді. 2.21 – суретте модель құруға арналған материалдардың түрлері мен қасиеттері (А – топырақ, б-қашау) көрсетілген.

Keyword Input Form

NewID: MatDB: RefBy: Pick: Add: Accept: Delete: Default: Done: 1 soil

Use *Parameter Comment (Subsys: 1 wear_3var.k) Setting

*MAT_SOIL_AND_FOAM(TITLE) (005) (1)

TITLE: soil

1	MID	RO	G	BULK	A0	A1	A2	PC
		1.800e-09	63.849998	3.000e+04	0.0	0.0	0.0	-0.0069000
2	VCR	REF	LCID					
	0.0	0.0	0					
3	EPS1	EPS2	EPS3	EPS4	EPS5	EPS6	EPS7	EPS8
	0.0	-0.1040000	-0.1610000	-0.1920000	-22.0000000	-0.2400000	-0.2710000	-0.2830000
4	EPS9	EPS10						
	-0.2900000	-0.4000000						
5	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
	0.0	20.000000	40.000000	60.000000	120.00000	200.00000	400.00000	600.00000
6	P9	P10						
	800.00000	4100.0000						

Total Card: 1 Smallest ID: 1 Largest ID: 1 Total deleted card: 0

а

Keyword Input Form

NewID: MatDB: RefBy: Pick: Add: Accept: Delete: Default: Done: 2 tool

Use *Parameter Comment (Subsys: 1 wear_3var.k) Setting

*MAT_RIGID(TITLE) (020) (1)

TITLE: tool

1	MID	RO	E	PR	N	COUPLE	M	ALIAS
	2	7.850e-09	2.000e+05	0.3000000	0.0	0	0.0	
2	CMO	CON1	CON2					
	1.0	3	7					
3	LCO OR A1	A2	A3	V1	V2	V3		
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		

COMMENT:

Total Card: 1 Smallest ID: 2 Largest ID: 2 Total deleted card: 0

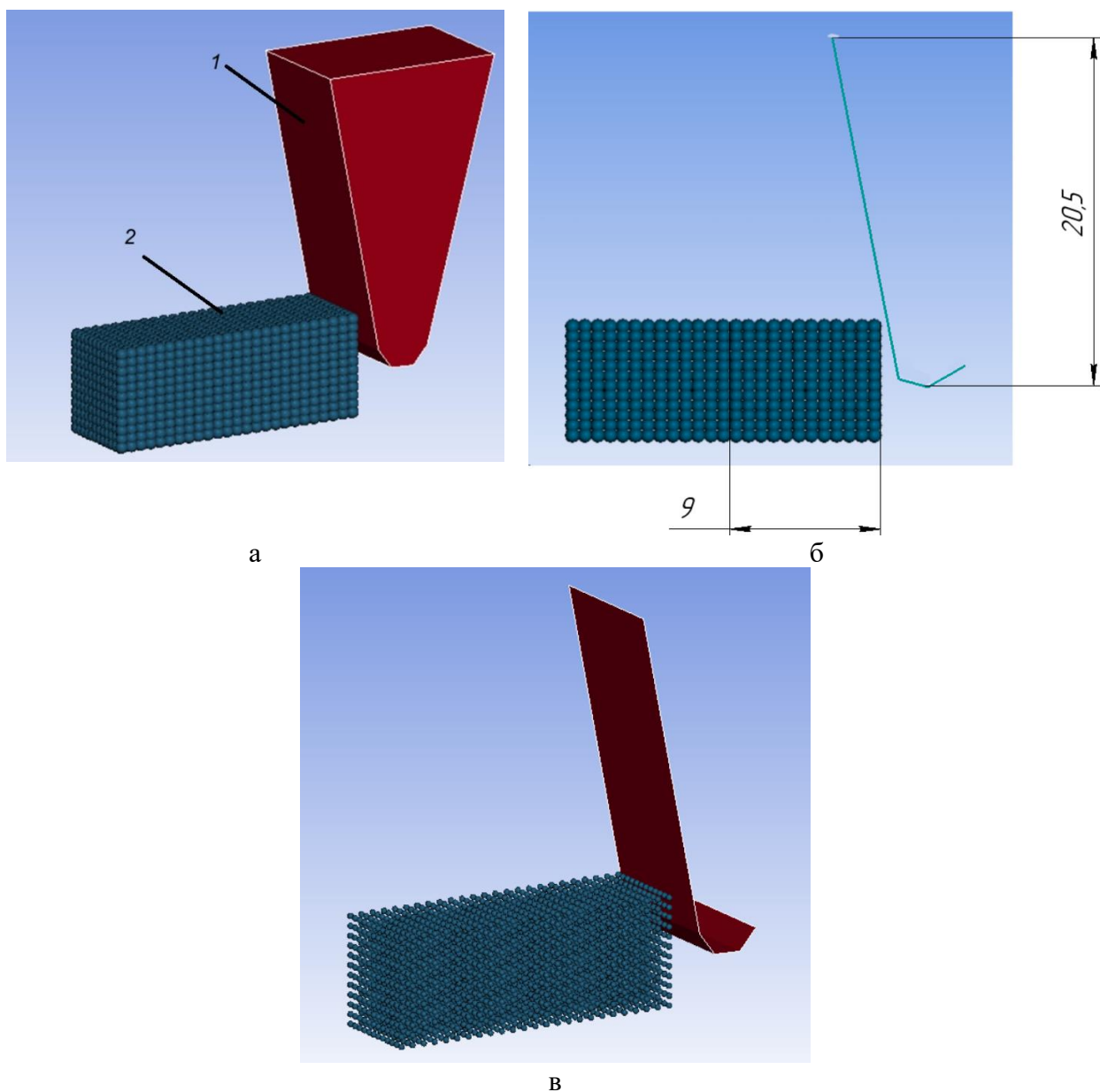
б

а –топырақ; б – қашау

Сурет 2.21 – Моделдеуге арналған топырақ пен қашаудың бастапқы мәліметтері

Қашаудың тұмсық бөлігі топырақпен тікелей байланыста болады және осылайша тозуға ұшырайды. Демек, жұмыс қорын және тозу тереңдігін зерттеу

үшін қашау мен топырақ модельдері кішірейтілген масштабпен салынған. Кішірейтілген масштабта жүргізілген эксперименттердің нәтижелері сенімді деректерді береді, ал сандық модельдер дәл калибрленеді және теориялық және эксперименттік тұрғыдан тексеріледі. 2.22-суретте топырақ 2 және қашаудың 2 салынған модельдері (А), олардың есептеу өлшемдері (б) және қашаудың SHELL (қабық) моделі (в) көрсетілген. Тозуды модельдеу үшін қашаудың SHELL моделі қолданылды. Дәлдік тұрғысынан, қабық модельдерімен жұмыс істегенде, элемент негізсіз бұрмаланбайды және қисық геометрия үшін дұрыс шешім береді.

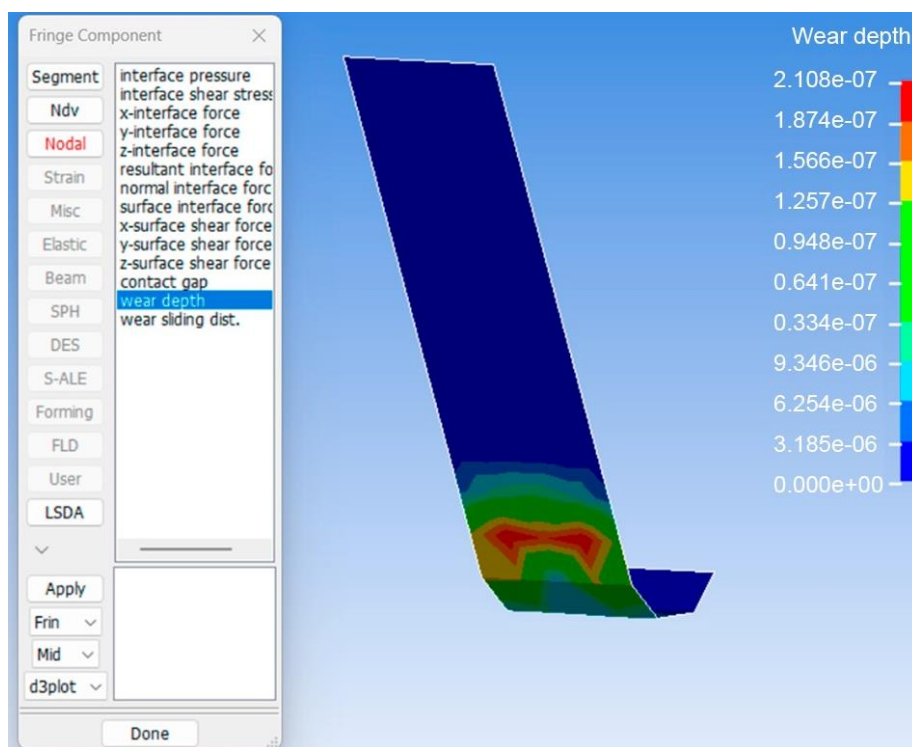


а – тұрғызылған модель: 1 – қашау, 2 – топырақ; б – есептеу өлшемдері; в – қашаудың SHELL (қабық) моделі

Сурет 2.22 – Есептеуге арналған тұрғызылған модель

Сепкіштің қармау ені 3,6 м болғанда, 276,6 га жерді жырту кезіндегі тозу аймағы модельдеу нәтижесінде алынды. Модельдеу барысында тозу тереңдігі

келеседей жүргізілді: 276,6 га жерді жырту үшін 0,009 м топырақ ұзындығын 85 370 370 рет циклда шекті тозу мөлшеріне жетеді. Моделдеу кезінде 0,009 м топырақты жырту барысында қашау тозу тереңдігі $2,108 \times 10^{-10}$ м, ал 276,6 га жерді жырту барысында шекті тозу мөлшері 0,018 м тең болды (2.23-сурет).



Сурет 2.23 – Қашау тозуының тереңдігі

2.23-суретке және (2.47) формулаға сәйкес алынған деректерді талдау теориялық деректердің (шекті тозуы 0,022 м) модельдеу арқылы алынған мәліметтермен (0,018 м) жеткілікті түрде сәйкес келетіндігін көрсетеді.

2.7 Қашау бетін балқыма қаптамасын жасау режимінің оңтайлы параметрлерін негіздеу

Дәнекерлеудің тұрақты процесі және дәнекерлеудің жақсы сапасы дәнекерлеу режимінің оңтайлы таңдалған параметрлерімен қамтамасыз етіледі, оларға $I_{св}$ дәнекерлеу тогының күші, U_d доғасының кернеуі және v_n дәнекерлеу жылдамдығы жатады. Сонымен қатар, дәнекерлеу шарттары бірқатар қосымша факторларға байланысты: электродтың диаметрі, токтың түрі мен полярлығы, электродтың ваннаға қатысты орналасуы және басқалары [124].

Бұл параметрлерді дұрыс орнатып қана қоймай, оларды дәнекерлеу процесінде үнемі ұстап тұру керек. Балқитын электродпен дәнекерлеу кезінде доғаның ұзындығының тұрақтылығы электрод сымын дәнекерлеу аймағына беріліс жылдамдығы v_s мен оны балқыту жылдамдығы v_n тең болған кезде қамтамасыз етіледі: $v_s = v_n$. Егер $v_s > v_n$ болса, онда доғаның ұзындығы азаяды және бөлшек пен электродтың қысқа тұйықталуы мүмкін. Егер $v_s < v_n$ болса, онда доғалар үзіліске және процестің аяқталуына дейін созылады. Электродтың балқу жылдамдығы ток күшіне тікелей байланысты [124, с. 121].

Доғаның ток күші артқан сайын дәнекерлеу ваннасының ұзындығы, ені және әсіресе балқу тереңдігі артады [124, с. 46].

Доғаның тұрақты жылу қуатымен дәнекерлеу жылдамдығының өзгеруі дәнекерлеу ваннасы мен тігістің мөлшеріне айтарлықтай әсер етеді. Жылдамдықтың жоғарылауымен балқу тереңдігі мен ваннаның ені азаяды, ал ұзындығы біршама артады [124, с. 47].

Дәнекерлеудің (балқыма қаптама жасау) есептелген жылдамдығы:

$$\vartheta_H = \frac{K_H \cdot I_{CB}}{\rho \cdot S_H}, \text{ м/с} \quad (2.54)$$

мұнда K_H – балқыма қаптама жасау коэффициенті, кг/(А·с);

I_{CB} – дәнекерлеу ток күші, А;

ρ – балқыма қаптама жасалған металл тығыздығы, кг/м³;

S_H – балқыма қаптама жасалған металл жік сымының көлденең қимасының, мм².

Балқыма қаптама жасалған металл жік сымының көлденең қимасының:

$$S_H = 0,75 \cdot b \cdot (a + z), \text{ м}^2 \quad (2.55)$$

мұнда b – балқыма қаптама жасалған беттің ені, м;

a – балқыма қаптама жасалған қабаттың қалыңдығы, м;

z – механикалық өңдеу әдібі, мм.

S_H мәнін (2.55) өрнегіне (2.54) формулаға қойып, аламыз

$$\vartheta_{CB} = \frac{K_H \cdot I_{CB}}{\rho \cdot 0,75 \cdot b \cdot (a + z)}, \text{ м/с} \quad (2.56)$$

Электрод сымының есептелген берілісінің жылдамдығы

$$\vartheta_3 = \frac{4 \cdot K_p \cdot I_{CB}}{\pi \cdot d^2 \cdot \rho}, \text{ м/с} \quad (2.57)$$

мұнда $K_p = 1,03 \cdot K_H$ – балқу коэффициенті, кг/(А·с);

I_{CB} – дәнекерлеу ток күші, А;

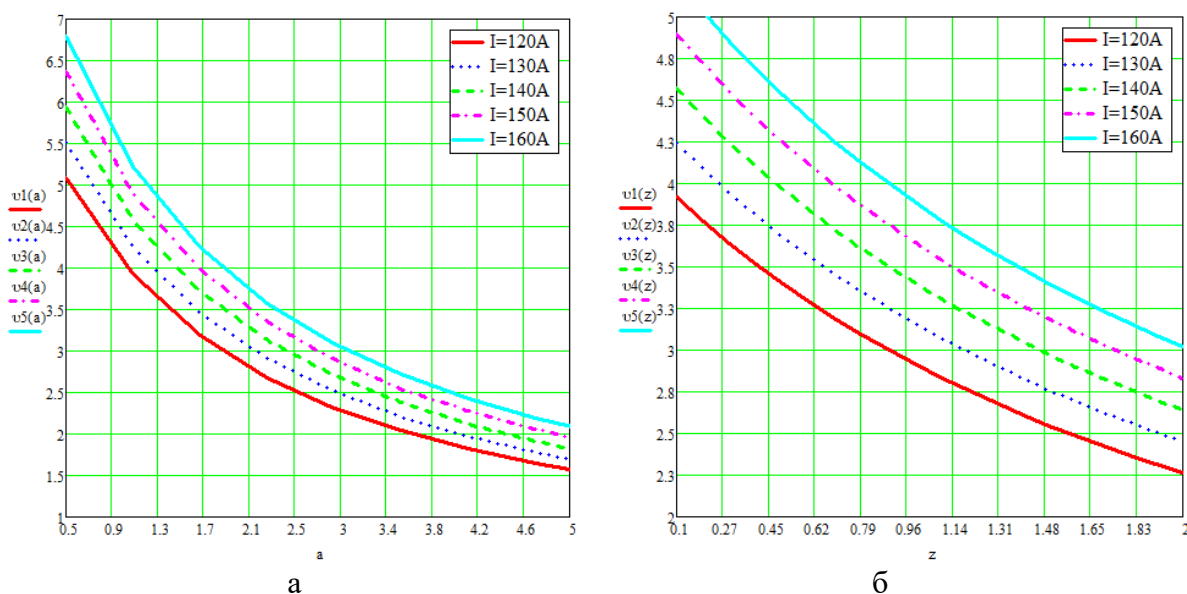
d – дәнекерлеу сымының диаметрі, м;

ρ – дәнекерлеу сымының тығыздығы, кг/м³.

MathCAD бағдарламасының көмегімен (2.56) формула бойынша әр түрлі ток көзінің мәндерінде балқымамен қаптама жасау жылдамдығының қаптамалған бет қалыңдығына және механикалық өңдеуге арналған әдіпке тәуелділік графиктері алынды.

Балқыма қаптама жасалған қабат қалыңдығына (2.24а-сурет) және механикалық өңдеу әдібіне (2.24б-сурет) байланысты балқыма қаптама жасау жылдамдығының өзгеруі параболалық сипатқа ие. Балқытылған қабаттың қалыңдығына және ток көзінің әртүрлі мәндеріндегі өңдеу әдібіне байланысты

балқыма қаптама жасау жылдамдығының графиктерінде қаптама жасалған қабат қалыңдығы мен әдібі ұлғайған кезде жылдамдықтың мәні төмендейтінін атап өтуге болады, бірақ ток көзінің мәндері артқан сайын жоғарылайды. Бұл токтың жоғарылауынан кейін дайындаманың доғалық күші мен жылу алмасуы артады, жылу көзінің орны төмен қарай жылжиды, ал қыздыру тереңдігі артады. Дәнекерлеу тереңдігі дәнекерлеу тогына пропорционалды. Дәнекерлеу жылдамдығы жоғарылаған сайын энергия азаяды, сондай-ақ балқу тереңдігі мен ені азаяды. Қалдық биіктігі де азаяды, өйткені ұзындық бірлігіне дәнекерлеуге сым металының тұндыру мөлшері дәнекерлеу жылдамдығына кері пропорционал, ал балқу ені дәнекерлеу жылдамдығының квадратына кері пропорционал.



Сурет 2.24 – Әр түрлі ток көзінің мәндерінде балқымамен қаптама жасау жылдамдығының қапталған бет қалыңдығына және механикалық өңдеуге арналған әдіпке тәуелділік графиктері

Балқыма қаптама жасалған қабаттың қалыңдығы процесс параметрлерінің мәндерінің тіркесімімен анықталады. Балқыма қаптама жасалған қабаттың бірдей қалыңдығын әр түрлі балқымалау параметрлері мәндерінің тіркесімдері арқылы алуға болады. Дегенмен, балқыма қаптама жасалған қабаттың қалған геометриялық сипаттамалары: механикалық өңдеу әдібі z , балқу тереңдігі h , балқыма қаптама жасау ауданы және балқу аймағы әртүрлі болады. Минималды механикалық өңдеу әдібі болғанда, балқыма қаптама жасалған қабаттың берілген қалыңдығын қамтамасыз ететін режимді таңдау жоңқаға айналатын электрод пен металдың шығынын едәуір азайтады. Мұның салдарынан балқыма қаптама жасау және кейінгі өңдеу шығындары төмендеуі болады.

Балқыма қаптама жасалған қабаттың қалыңдығын анықтайтын негізгі балқымалау параметрлері электродтың диаметрі, оның беріліс жылдамдығы, балқымалау жылдамдығы және тұрақты ток күші.

Электродтың диаметрі дәнекерленген металдың қалыңдығына, дәнекерленген қосылыстың түріне және кеңістіктегі тігістің орналасуына байланысты таңдалады. Электродтың диаметрін таңдағанда МЕСТ 9466-75 [125] бойынша 2.2-кестеде келтірілген немесе (2.58) формула бойынша шамамен есептелген деректерді пайдалануға болады:

$$d_э = 1,13 \sqrt{\frac{I_{св}}{j}}, \text{ м} \quad (2.58)$$

мұнда j – электродтағы рұқсат етілген ток тығыздығы, А/м²;

$I_{св}$ – дәнекерлеу ток күші, А.

Кесте 2.2 – Электрод диаметрінің металдың қалыңдығына тәуелділігі

Пластина қалыңдығы, 10 ⁻³ м	3-5	6-10	10-16	14-20	20-25	25-30
Электрод диаметрі, 10 ⁻³ м	1,6	2,5	4,0	5,0	8,0	10,0
	2,0	3,0		6,0		12,0
		3,15		6,3		12,5
Ескерту – Әдебиет негізінде құралған[125, с. 22]						

Балқыма қаптама жасалған үлгілердің қалыңдығын ескере отырып, МЕСТ 9466-75 сәйкес, электродтың диаметрі 0,004 м деп қабылдаймыз.

Диаметрі 0,004 м Т590 электродымен дәнекерлеудің төменгі позициясы үшін өндіруші ұсынатын дәнекерлеу тогының мөлшері – 120 ÷ 160 А.

Көміртекті және легіріленген құрылымдық болаттарды дәнекерлеуде қолданылатын электродтардың көптеген маркалары үшін доғадағы кернеу мөлшері 22 ÷ 28 В құрайды.

Тегіс бетті сүргілеудің машиналық уақыты осы бетті тегістеу кезіндегі машиналық уақыт формуласына ұқсас (2.59) формула бойынша анықталады

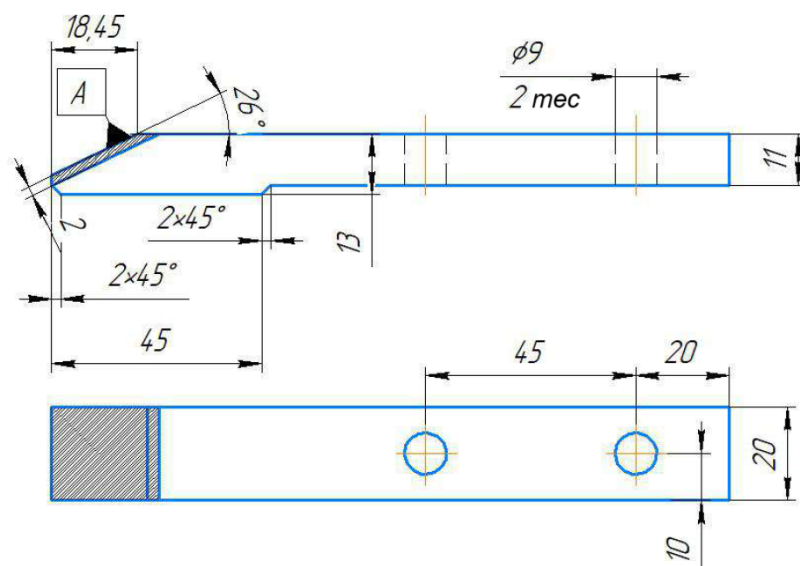
$$\tau = b/nt \quad (2.59)$$

мұнда b – балқыма қаптама жасалатын бет ені, м;

n – бөлшектің айналу жиілігі, айн/мин;

t – балқыма қаптама жасау қадамы, м.

2.25-суретте қашауды балқыма қаптама жасау технологиясы көрсетілген. Жұмыс кезінде А беті тозуға көбірек ұшырайды, сондықтан қашаудың консоль бөлігі электродпен беріктендіріледі.



A – балқыма қаптама жасалатын бет

Сурет 2.25 – Қашаудың балқыма қаптама жасау технологиясының сұлбасы

Бөлшектің айналу жиілігі

$$n = \frac{570\vartheta_n}{60L} \quad (2.60)$$

мұнда ϑ_n – балқыма қаптама жасау жылдамдығы, м/с.

(2.60) өрнектегі n мәнін (2.61) формуласына қою арқылы, келесіні аламыз

$$\tau = \frac{60bL}{570\vartheta_n t} \quad (2.61)$$

Алынған нәтижелерді есептік тексеру мақсатында әдеби дереккөздер негізінде алынған (2.56) және (2.57) формулаларына кіретін айнымалылардың орташа сандық мәндерін қабылдаймыз: $K_n = 0,278 \times 10^{-5}$ кг/(А · с) – балқыма қаптама жасау коэффициенті; $b = 0,020$ м – балқытылатын беттің ені; $\rho = 7850$ кг/м³ – балқытылған металдың тығыздығы; $I_{св} = 120 \div 160$ А – дәнекерлеу тогының күші; $a = 1 \div 4,5 \times 10^{-3}$ м – балқыма қаптама жасалған қабат қалыңдығы; $z = 0,3 \div 1,69 \times 10^{-3}$ м – механикалық өңдеу әдібі; $d = 0,004$ м – дәнекерлеу сымның диаметрі; $U_d = 22 \div 28$ В – доғадағы кернеу; $t = 0,004$ м – балқыма қаптама жасау қадамы.

Осы мәндермен келесіні аламыз: балқыма қаптама жасау жылдамдығы $\vartheta_n = 0,00059 \div 0,0013$ м/с және электрод сымның жылдамдығы $\vartheta_3 = 0,0035 \div 0,0046$ м/с. Таңдалған режимдерге сүйене отырып, экспериментті жоспарлау және сіңіруші қашауының жұмыс бетін беріктендіру қажет.

2-бөлім бойынша қорытынды

Жоғарыда айтылғандардан келесі тұжырымдар жасауға болады:

1. Кеңінен таралған әдістер мен техникалық құралдарды талдау негізінде оларды іске асыру үшін бір мезгілде шөп тұқымын себудің (0,04м-ге дейін) және топырақ горизонтының екі деңгейіне минералды тыңайтқышты (0,12 м-ге дейін) енгізудің жаңа технологиясы, жемшөп алқаптарын пайдаланудан және ауыл шаруашылығы дақылдарын тікелей себуге арналған астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштің құрылымы ұсынылды. Тұқым себу және тыңайтқыш енгізу тереңдігі реттеледі, ал олардың себу ені 0,04 м-ге дейін.

2. Теориялық зерттеулердің негізінде ашылу (25° - 45°) және сіңірушіні орнату (73° - 76°) бұрыштарының, сондай-ақ тарту кедергісінің оның құрылымдық және технологиялық параметрлеріне (759 Н) тәуелділігі негізделді.

3. Абразивті тозу жағдайлары үшін құрамында көміртегі, хром, марганец, вольфрам және қымбат легірлеуші элементтері бар беткі материалдарды пайдалану сепкіштің жұмыс органының жұмыс қорын арттыруға мүмкіндік беретіні анықталды. Композициялық күрделі қорытпаларда, әсіресе бор мен никель қаттылыққа айтарлықтай әсер етеді. Алайда, никельдің болуы (ЦС-1) беріктендірілген бөлшектің құнын қымбаттатады, сондықтан оны бор негізіндегі төрт компоненттік қорытпағы ауыстыру ұсынылады (Т590).

4. 65Г болаттан жасалған қашаудың төзімділігі 114,6 га және электродпен беріктендірілген Т590 – 276,6 га құрайды. Тұмсық бөлігі беріктендірілген қашаудың төзімділігі құрамында хром, марганец және бордың болуына байланысты шамамен 2,4 есе артады.

5. Теориялық зерттеулердің негізінде балқымалаумен қаптама жасаудың негізгі режимдері таңдалды: $I_{св} = 120 \div 160\text{А}$ – дәнекерлеу ток күші; $a = 1 \div 4,5 \times 10^{-3}\text{м}$ – балқыма қаптама жасалған қабат қалыңдығы; $z = 0,3 \div 1,69 \times 10^{-3}\text{м}$ – механикалық өңдеу әдібі; $d = 0,004\text{мм}$ – дәнекерлеу сымының диаметрі; $U_{д} = 22 \div 28\text{В}$ – доғадағы кернеу; $t = 0,004\text{мм}$ – балқыма қаптамасының қадамы; $v_{н} = 0,00059 \div 0,0013\text{м/с}$ – балқыма қаптамасының жылдамдығы және $v_{э} = 0,0035 \div 0,0046\text{м/с}$ – электрод сымының жылдамдығы.

3 ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ СЫНАУ БАҒДАРЛАМАСЫ, ӘДІСТЕМЕСІ

3.1 Эксперименттік зерттеулердің міндеттері мен бағдарламасы

Осы жұмыстың бірінші тарауында қойылған міндеттерді және зерттеудің эксперименттік бөлімінде сіңірушінің технологиялық және құрылымдық параметрлерін негіздеудің теориялық алғы шарттарын іске асыру үшін:

- тұқым себуге және топыраққа тыңайтқыш енгізуге арналған сіңірушінің жұмысын тексеру;
- тәжірибелі сіңірушінің сапалық және технологиялық параметрлері арасындағы негізгі тәуелділіктерді орнату;
- сіңірушінің құрылымдық параметрлерінің оңтайлы мәндерін анықтау;
- сіңіруші жұмысының сапасын және егістік жағдайында сіңіруші қашауының тозу дәрежесін тексеру.

Қойылған міндеттерге сәйкес эксперименттік жұмыстар бағдарламасы қарастырылды:

- зертханалық зерттеулер;
- егістік сынақтары.

3.2 Астық-шөп-тыңайтқыш сепкішінің эксперименттік сіңірушісінің құрылымдық ерекшеліктері

Тұқым себуге және топырақ ішіне тыңайтқыш ендіруге арналған сіңіруші (2.1, 2.2, 3.1-суреттер), төменгі жағы қашаумен аяқталатын тіреуден тұрады, сол жағында реттелетін ені 0,04 м дейінгі биіктікте пышақ, ал артқы жағында екі түтік, тұқым және тыңайтқыш түтігі бар.

Қашауы 10 бар жұмыс органының тіреуі 9 ені 0,02 м тік саңылауды кеседі, ал пышақ 12 топырақты немесе қопсытқышты қабаттың айналуынсыз босатады (2.2-сурет). Сонымен бір мезгілде тыңайтқыштарға арналған бункерден минералды тыңайтқыштар 3 тыңайтқыштарға арналған себу аппараты арқылы 5 тыңайтқыш түтігі 8 арқылы үлестіргіштің 14 конустық бетіне беріледі және 0,08÷0,12 м тереңдікте орналасқан қашау 10 мен пышақтың 11 ізіне біркелкі шашырайды. Таптағыш катоктардан 15 айналмалы қозғалысты қабылдай отырып, қопсытқыш 6 тұқымдарды бункерден 2 себу аппаратына 4 жібереді, содан кейін дән түтігі 7 бойынша тұқымдар топыраққа 0,04÷0,06 м тереңдікке тыңайтқыш қабатының үстіне беріледі. Таптағыш каток 13 пайда болған саңылауды қысады (2.1-сурет).

Жоғарыда теориялық зерттеулер негізгі параметрлерді белгілейді: жүзінің қалыңдығы – 0,0028 м, жоғарғы жағындағы бұрыш $\gamma=28^\circ$. Сіңірушінің ені технологиялық талаптарға сәйкес 0,02 м-ге дейін орнатылған. Осы параметрлер негізінде сіңірушінің макет үлгісі жасалды, 3.1-сурет.

Зертханалық сынақтарды жүргізу үшін зертханалық қондырғы жасалды. Зертханалық қондырғы бункердің фрагменті, сіңіруші және жылжымалы таспа орнатылған жақтаудан тұрады (3.2-сурет). Тыңайтқыш себетін аппараттар жетекті СТЭУ-10М-1000-ГОСНИТИ стендінен алады, бұл айналу жиілігін сатысыз өзгертуге мүмкіндік береді. Шексіз таспа үшін жеке жетек орнатылған.



Сурет 3.1 – Эксперименттік сіңіруші



Сурет 3.2 – Зертханалық қондырғы

3.3 Негізгі тәуелділіктерді анықтау бойынша эксперименттік зерттеулер жүргізу әдістемесі және нәтижелерді статистикалық өңдеу

3.3.1 Іздеу эксперименттері

Іздеу эксперименттерінің мақсаты – тәжірибелік қондырғыны баптау, мүмкін ақауларды анықтау, эксперименттер жүргізу тәртібін пысықтау, кіріс және шығыс параметрлерін және олардың деңгейлерін негіздеу және таңдау.

Оңтайландыру критерийлері үшін тарту кедергісі, бойлық себу және тұқымның себу тереңдігінің бірқалыпсыздығы қабылданды. Олар сіңіруші жұмысының сапалық көрсеткіштерін сипаттайды.

Тәжірибе жүзінде жұмыс сапасы оның негізгі басқарылатын факторлар ретінде таңдалған құрылымдық және технологиялық параметрлеріне байланысты екені белгілі: қашаудың ені b мен ұзындығы l және артқы жағын горизонтқа орнату бұрышы β .

Тәжірибелерді жүргізу үшін келесі өлшемдері бар 27 қашау (құрылымдық рессорлы-серіппелі 65Г болаттан дайындалған) жасалды: ені b – 0,015; 0,020; 0,025м ұзындығы l – 0,130; 0,145; 0,160м; артқы жағын горизонтқа орнату бұрышы β – 60; 75; 90°.

Тұқымдар мен тыңайтқыштардың механикалық себілуіне үлкен әсер ететін басқа да маңызды факторлар бар. Бұл ылғалдылық, материалдардың гранулометриялық құрамы. Оларды өндіруші белгілейді, олардың деңгейлері сақтау жағдайларына және басқа себептерге байланысты. Бұл факторларды басқару қиын, сондықтан эксперимент кезінде олар стандартты деңгейде тұрақтандырылды.

3.3.2 Негізгі эксперименттер және эксперименттерді жоспарлау туралы

Эксперименттердің стратегиясы келесідей. Зерттелетін сіңіруші алдын-ала жасалған жоспар бойынша эксперименттік сынақтардан өтеді. Белгіленген тәжірибелерді жүзеге асырғаннан кейін, математикалық аппаратпен жұмыс жасай отырып, зерттелетін процестердің модельдері жасалады. Алынған математикалық модельдер ізделетін тәуелділіктер болып табылады. Бұл модельдерді талдау оңтайлы аймақты анықтауға мүмкіндік береді. Осы эксперименттерде қойылған міндеттер экспериментті белсенді жоспарлау әдістерін қолдана отырып шешілді.

Экспериментті жоспарлау матрицасы 4-кестеде келтірілген (4-тарау).

Эксперимент нәтижелерін түсіндіру барабар модельдерді стандартты түрге түрлендіруден, жауап бетінің түрін анықтаудан және оны талдаудан тұрады, оны екі өлшемді қимамен жүргізуге ыңғайлы.

3.3.3 Эксперименттер жүргізу тәртібі және нәтижелерді статистикалық өңдеу

Сіңірушінің жұмысын анықтау міндетіне сәйкес эксперименттік зерттеулер МЕСТ 28714-2007 «Қатты минералды тыңайтқыштарды енгізуге арналған машиналар» [126] сәйкес жүргізілді. Сынақ әдістері, МЕСТ 31345-2007 «Трактор сепкіштері. Сынау әдістері» [127], ОСТ 70.5.1-83 «Ауыл шаруашылығы техникасын сынау. Егіс машиналары» [128]. Зертханалық-егістік эксперименттер 2018-2020 жылдары техникалық факультеттің зертханаларында және «С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КеАҚ кампусының (Целиноград ауданы, Ақмола облысы) алаңдарында жүргізілді.

Зертханалық тәжірибелерде тыңайтқыш себетін катушка мен жылжымалы таспа барабанының айналу жиілігі СК тахометрімен өлшенді, секундомермен уақыт және енгізілетін материал 0,01 гр дәлдікпен CASMW-II – 300 BR таразы арқылы өлшенді.

Оңтайландыру критерийлерінің бірі ретінде жұмыстың сапалық көрсеткіштерін сипаттайтын тұқымдарды себу тереңдігінің бірқалыпсыздығы қабылданды. МЕСТ 31345-2007 сәйкес тұқым себу тереңдігі үш тәсілдің бірі бойынша анықталады:

1. Топырақты себу тереңдігіне дейін қабатты алып тастауға арналған құрал.
2. Өсімдіктің этиолданған бөлігін өлшеу арқылы.
3. Қатардағы тұқымдарды тікелей табу (қазу).

Зерттеу үшін қатардағы тұқымдарды тікелей табу (қазу) әдісін қолдандық. Эксперименттік жұмыс органдары бар егу агрегаттары бір тәжірибенің екі іргелес сепкіш өту жолдарындағы екі жолақ бойынша жұмыс органдарының әрбір қатары үшін (алдыңғы және артқы) анықталады. Астықты ендіру тереңдігінің көрсеткіші астықтан кесілген жерге дейінгі арақашықтық болып табылады, дәлірек айтсақ, өлшеу сызғышының көмегімен жер асты бөлігінің

жоғарғы нүктесінен астықтың ортасына дейінгі арақашықтық 1 мм дәлдікпен өлшенеді.

Тәжірибелер аяқталғаннан кейін барлық қажетті көрсеткіштер алынып, белгіленген нысанға сәйкес бақылау журналына енгізілді.

Нәтижелерді өңдеу вариациялық статистика әдісімен тұқымдарды себу тереңдігінің бірқалыпсыздығын анықтаудан тұрды. Тұқым себу тереңдігінің бірқалыпсыздығы ретінде себу тереңдігінің вариация коэффициенті қабылданады. Деректер келесі ретпен өңделеді:

1. Себу тереңдігінің орташа мәнін \bar{q}' келесі (3.1) формула бойынша есептейді:

$$\bar{q}' = \frac{\sum_{i=1}^{n'} \bar{q}_i}{n'}; \quad (3.1)$$

мұнда \bar{q}_i – себудің орташа тереңдігі, см;

n' – өлшеу саны;

2. Себу тереңдігінің стандартты ауытқуы σ , см, (3.2) формула бойынша:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta \bar{q}_i)^2}{n' - 1}}, \quad (3.2)$$

мұнда $\Delta \bar{q}_i$ – i -ші өлшемдегі себу тереңдігінің орташа мәннен ауытқуы, см.

3. Себу тереңдігінің бірқалыпсыздығы H_y (вариация коэффициенті V_y), (3.3) формула бойынша есептеледі:

$$H_y(V_y) = \frac{\sigma}{\bar{q}'} 10^2; \quad (3.3)$$

Егіс алдында топырақтың ылғалдылығы мен қаттылығы анықталды.

Топырақтың ылғалдылығы МЕСТ-20915 [129] сәйкес егістік ылғалдылығы мен өнімді ылғалдылықтың топырақ сынамаларын алу арқылы анықталды. Учаскенің диагоналі бойынша орналасқан 0,05 м сайын (сәйкесінше 0-0,05, 0,05-0,1, 0,1-0,15 м) 3 есе қайталап, горизонт қабаты бойынша төрт жерден алюминий бюкстерге сынамалар алынды, 3.3а-сурет.



а



б

а – ылғалдылықты анықтауға арналған буюктар, б – қаттылықты өлшеу

Сурет 3.3 – Топырақтың ылғалдылығы мен қаттылығын анықтау

Топырақтың қаттылығы моделі 41010 WileSoil – топырақ тығыздығын өлшегіш пенетрометрді қолдану арқылы анықталды, сурет 3.3б. Өлшеу диапазоны 0-ден 500 psi-ге дейін, сәйкесінше 0-3500 кПа немесе кН/м². Тығыздық мәні:

Жасыл сегмент (0-14×10⁴ кг/м²): қолайлы өсу жағдайлары.

Сары сегмент (14×10⁴ -21×10⁴ кг/м²): жарамды өсу жағдайлары.

Қызыл сегмент (21×10⁴ кг/м² және одан жоғары): өсу үшін қолайсыз жағдайлар.

Тыңайтқыштың сусымалы тығыздығы тыңайтқыштың бес сынамасының салмағы бойынша анықталады, олардың әрқайсысы ішкі өлшемдері 0,25х0,25х0,25 м өлшеуіш қорапқа тығыздалмай (қораптың шеттерімен бірдей) орналастырылады және өлшенеді. Өлшеу қателігі ±10 г. тыңайтқыштың сусымалы тығыздығы ρ , кг/м³, (3.4) формула бойынша есептеледі:

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (3.4)$$

мұнда m – өлшеуіш қораптағы тыңайтқыштың массасы, кг;

V – өлшеуіш қораптың көлемі, м.

Орташа мән бірінші ондық бөлшекке дейін дөңгелектеу арқылы есептеледі.

Егістік бетінің *жотасы* жоталардың биіктігін өлшеу нәтижелері бойынша анықталады. Егістік бетінің жотасы ұзындық бойынша алымның бүкіл енінен 3 жерден тексеріледі. Жоталардың биіктігі рейка пен сызғыштың көмегімен төрт рет қайталанып өлшенеді. Машинаны басып алу ені бойынша өткеннен кейін, рейканы кездейсоқ таңдалған жерлерде жоталардың жоғарғы жағына қойылады.

Өлшемдер жоталар арасындағы қарықтың түбінен рейканың төменгі жазықтығына дейін жүргізіледі. Өлшеу қателігі ± 5 мм. Барлық өлшеулер 40-тан кем емес (10 өлшемнің әр қайталануында), 3.4-сурет.



Сурет 3.4 – Топырақ бетінің жотасы

Тұқым себу барысында тұқымның бірқалыпсыз үлестірілуі. Оны анықтау үшін сіңірушінің астына орнатылған 0,61 м/с жылдамдықпен қозғалатын таспа қолданылды. Тыңайтқыштар мен тұқымдар таспа бойымен орнатылған 0,05 м-лік контейнерлерге себілді, 3.5-сурет. Әр 0,05 м-лік учаскеден тыңайтқыш таспалары мен тұқымдары өлшенді. *Бірқалыпсыз үлестірілу* вариация коэффициентімен анықталды. Тыңайтқыш тұқымдары мен түйіршіктерінің таралуын бақылау үшін жабысқақ таспа қолданылды, 3.6-сурет. Айқындықты қамтамасыз ету үшін тұқым себудің ең жоғары мүмкін нормалары және минералды тыңайтқыштарды енгізу дозалары белгіленді.



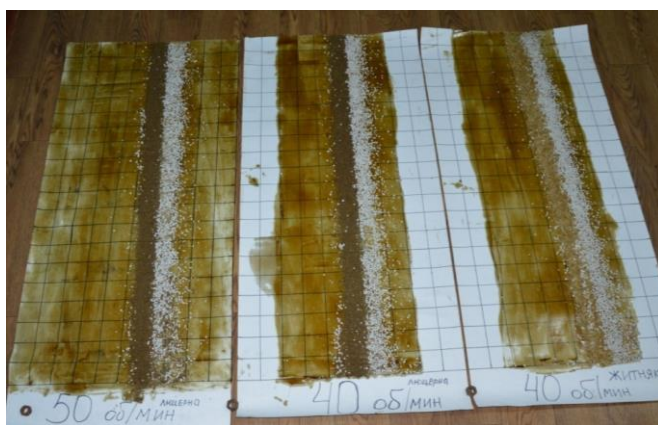
а



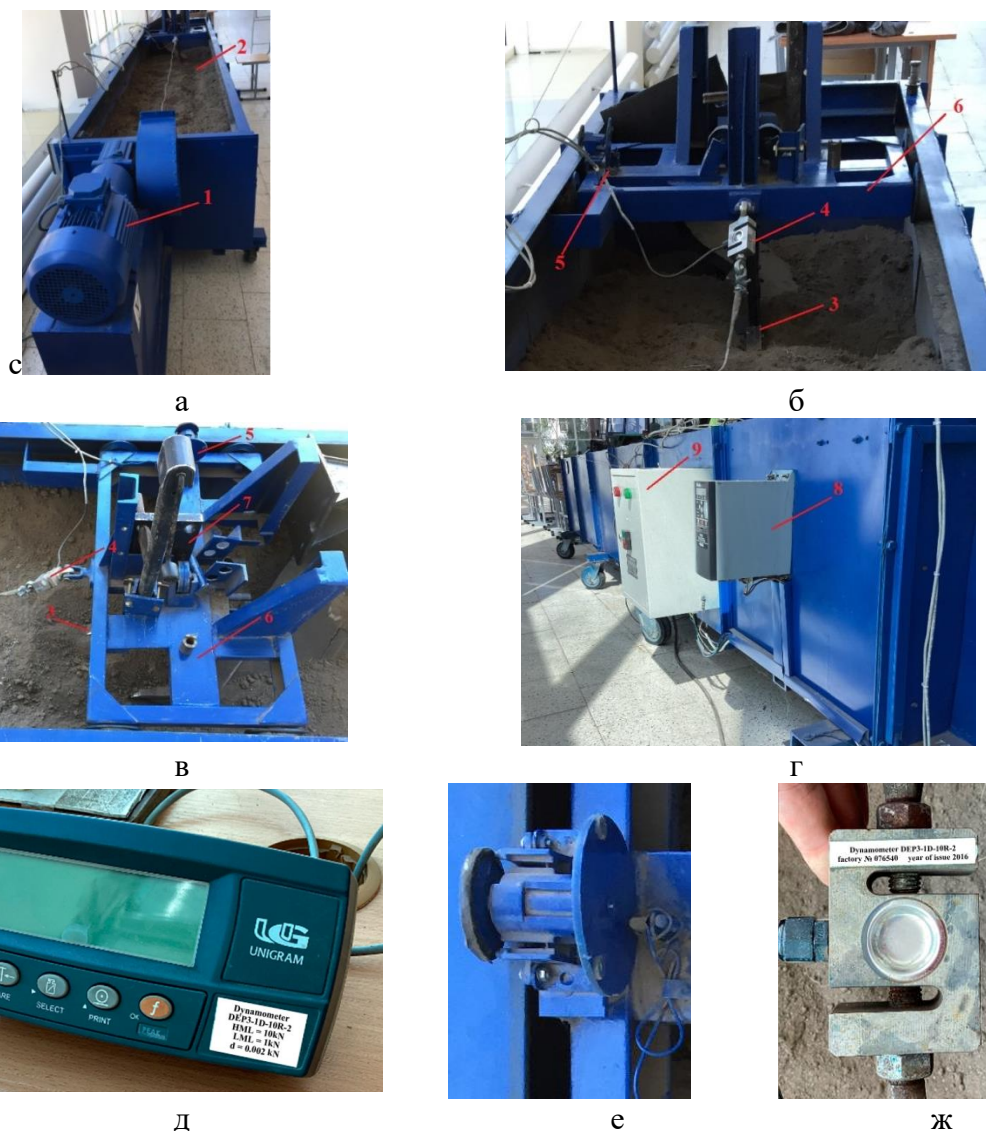
б

Сурет 3.5 – Тұқымдар мен тыңайтқыштарды қаңылтыр табаға себу

Зертханалық тәжірибелерде эксперименттік сіңірушінің тарту кедергісін анықтау үшін топырақ арнасы (ұзындығы 3,63м, биіктігі 0,63м және ені 0,85м) қолданылды. 3.7-суретте зертханалық топырақ арнасының жалпы көрінісі көрсетілген.



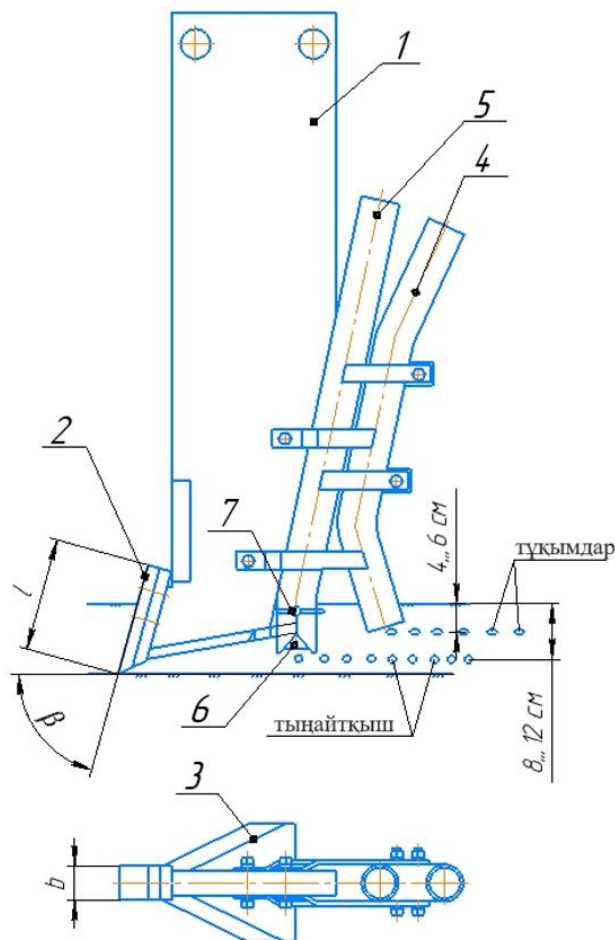
Сурет 3.6 – Жабысқақ таспаға енгізу фрагменттері



а – балдыңғы көрініс; б – топырақ арнасындағы эксперименттік жұмысшы орган; в – үстіңгі көрініс; г – бүйірінен қарағандағы көрініс; д – индикатор R320 (1); е – жылдамдық датчигі; ж – динамометр: 1 – электр қозғалтқышы; 2 – топырақ арнасы; 3 – қашау; 4 – динамометр; 5 – жылдамдық датчигі; 6 – торнатылған арба; 7 – жұмыс органының тіреуі; 8 – векторлық жылдамдық конвертері; 9 – электрмен қамтамасыз ету щіті

Сурет 3.7 – Зертханалық қондырғының топырақ арнасындағы жалпы көрінісі

Топырақ арнасы рельстерден, лебедкадан, электр жетегінен, арбадан, жылдамдық датчигінен және динамометрден тұрады. Жұмыс органы (3.76-сурет) жылжымалы жақтауға орнатылады. Сіңірушінің жүріс тереңдігі тік тіреудің саңылауы арқылы реттеледі. Қозғалыс электр қозғалтқышынан жүзеге асырылады және жылдамдық жиілік түрлендіргішімен реттеледі.



1 – жұмыс органының тіреулері; 2 – қашау; 3 – пышақ; 4 – тұқым бағыттаушы; 5 – тыңайтқыш бағыттағыш; 6 – үлестіргіш; 7 – шплинт; b – сіңірушінің қашау ені; l – сіңірушінің қашау ұзындығы; β – артқы жағын горизонтқа орнату бұрышы

Сурет 3.8 – Негізгі параметрлері көрсетілген жұмыс органының сұлбасы

Тарту кедергісі мен тұқым себу тереңдігінің бірқалыпсыздығының астық-шөп-тыңайтқыш сепкіш қашауының параметрлеріне тәуелділігін зерттеу үшін эксперимент Бокс-Уилсон әдісі бойынша екінші ретті орталық композициялық айналмалы жоспарлау бағдарламасы бойынша жүргізілді және оңтайлы аймақты сипаттайтын екінші дәрежелі көпмүшемен алынды. Әсер етуші факторлар ретінде келесі параметрлер қарастырылды: қашау ені b және ұзындығы l және артқы жағын горизонтқа орнату бұрышы β (3.8-сурет).

Факторлар мен қажеттілік функцияларының мәндері Statistica 10 бағдарламасындағы DOE әдісімен анықталды. Тәуелділік графиктері және факторлардың ең оңтайлы мәндері Бокс-Бенкен әдісімен алынған.

Математикалық және компьютерлік модельдеу С. Сейфуллин атындағы КАТЗУ «Технологиялық машиналар мен жабдықтар» кафедрасының зертханаларында орындалды.

3.4 Астық-шөп-тыңайтқыш сепкіш қашауының қаттылығының қаптама жасалған қабаттың химиялық құрамына тәуелділігін зерттеу

Зерттеу жүргізу үшін беріктігі, тұтқырлығы және тозуға төзімділігі, шағын пластикалық деформацияларға жоғары төзімділігі және релаксацияға төзімділігі жоғары, жеткілікті жоғары шынықтыру тереңдігіне ие, салыстырмалы түрде төмен құны бар құрылымдық рессорлы-серіппелі 65Г болаттан жасалған астық-шөп-тыңайтқыш сепкіш қашауларының үлгілері пайдаланылды [130].



1 – Т590 қатты қорытпалы электродпен қаптама жасалған үлгі; 3 – ЖЖТ шынықтырылған үлгі; 6 – ЦС-1 сормайтымен қаптама жасалған үлгі; 7 – термиялық өңделген типтік (зауыттық) әдістегі үлгі

Сурет 3.9 – Өртүрлі әдіспен беріктендірілген микроқұрылымдар мен микроқаттылықты анықтауға арналған сыналатын үлгілер

Микроқұрылымдық талдауды және химиялық құрамның микроқаттылыққа әсерін анықтау үшін мынадай әдіспен беріктендірілген қашау үлгілері іріктелді: термиялық өңдеудің үлгілік (зауыттық) әдісі (3.9-сурет, 7-үлгі), 800-820°C температурада техникалық майда ЖЖТ шынықтыру арқылы беріктендірілген (3.9-сурет, 3-үлгі), диаметрі 0,004 м Э–320Х25С2ГР типті Т590 (Mn 1,0-1,5%, Si 2,0-2,5%, C 2,9-3,5%, P ≤ 0,04, S ≤ 0,035, Cr 22,0- 27,0, В 0,5-1,5) (3.9-сурет, 1-үлгі) және Э-300Х28Н4С4 (Cr=27,5%, Ni=2,98-4,0% және Si=2,0-4,0%) типті ЦС-1 (№1 сормайт) (3.9-сурет, 6-үлгі) қатты қорытпалы электродтарымен қаптама жасалған.

Микроқұрылымдық талдау. Сіңіруші жұмыс органының тәжірибелік үлгілеріне микроқұрылымдық талдау жүргізілді. Микрошлифтер бірнеше

кезеңмен жасалды: эксперименттік үлгілер ең аз мөлшерде 0,012x0,01 м, 0,01x0,01 м кесіліп, Р100, Р600 және Р 1200 абразивті парақтармен ажарланды. Беткі қабат алдыңғы абразивті парақтың іздерін алып тастағанға дейін ажарланды, ажарлау бағыты 90° өзгеріп, М-2 Pre-grinder алдын ала ажарлау машинасында орындалды. Үлгінің бетін жылтырату ГОЙ пастасымен қолмен және кейін М-2 Pre-grinder машинасында (3.10-сурет) металлографиялық шлифтерді дайындауға арналған қондырғыда сукноны пайдаланып жүргізілді. Жылтыратқаннан кейін үлгі сумен жуылып, алкогольге малынған тампонмен майсыздандырылды және сүзгі қағазымен кептірілді. Микроқұрылымды анықтау үшін микрошлифтер 20-30 сағат бойы қолданар алдында тұз қышқылының 3 бөлігі мен азот қышқылының 1 бөлігі пропорциясында «патша арағымен» өңделді.



Сурет 3.10 – Металлографиялық үлгілерді алдын ала ажарлауға арналған станок



Сурет 3.11 – Микроскоп Биомед ММР-1

3.11-суретте, микроқұрылымдық талдау үшін 40-тан 1250 есеге дейін ұлғайту диапазоны бар ММР-1 Биомед микроскопы қолданылды. Үлгілер ЕА 10x/0,25/160/0,17 объективімен зерттелді.

Виккерстің қаттылығын өлшеу. Бринелл немесе Роквэлл инденторында ізінің қалдыру шамасы жоғары болғандықтан, үлгінің қаттылығын Виккерс микроқаттылықты өлшеу әдісін қолданады. Гауһар пирамида индентор ретінде қолданылады.

МЕТ-У1А қаттылықты өлшегіш (3.12а-сурет) Бринелл (НВ), Роквэлл (HRC), Виккерс (HV), Шор «D» (HSD) шкалалары бойынша ультрадыбыстық контактілі импеданс (UCI) әдісімен әртүрлі бұйымдардың қаттылығын жергілікті өлшеуге, сондай-ақ көміртекті перлит класындағы болаттардан жасалған бұйымдардың созылу беріктігінің шегін анықтауға арналған.



а – МЕТ-У1А портативті ультрадыбыстық қаттылықты өлшегіш; б – Виккерс шкаласымен қаттылықты өлшеу процес

Сурет 3.12 – Виккерс шкаласымен қаттылықты өлшеу

Динамикалық әдіске карағанда, ультрадыбыспен бөлшектердің қаттылығын өлшеу бөлшектің массасына қатаң шектеулер қоймайды және бақылау объектісінің бетінде із қалдырмайды. Ультрадыбыстық датчикпен өлшеу жүргізу сәтінде дыбыстық сигнал шыққанға дейін датчик корпусына тұрақты тік күш қамтамасыз етіледі (3-4 сек бойы кемінде 1,5 кг) (3.12б-сурет).

Бұл экспериментте сепкіштің жұмыс органы сіңіруші қашауын беріктендіру үшін электрод ретінде қолданылған композициялық күрделі қорытпаларды салыстыруды қарастырылады. Жұмыс органы топырақпен әсерлескенде абразивті тозуды азайту және материалдың қаттылығын арттыру үшін беріктендіру қарастырылған. Бұл зерттеу 65 Г болаттан жасалған және әр түрлі беріктендіру әдісімен жасалған астық-шөп-тыңайтқыш сепкіш

қашауларының қаттылығының химиялық құрамға тәуелділігін анықтауға арналған.

3.4.1 Кремний-марганец-хром негізіндегі қаптама жасау арқылы беріктендірілген қашаудың макроқұрылымдық талдауы

Қашауларды термиялық өңдеудің типтік (зауыттық) әдісі оларды техникалық майда көлемдік шынықтыру (температурасы 800-830°C диапазонында) және ауада босату (температурасы 300-350°C шегінде) арқылы жүзеге асырылады.

Сериялық өндірілген қашауларды термиялық өңдеу СНОЛ 12/12-В моделді камералық зертханалық электр пешінде жүргізілді. Ені 0,020 м қашау үлгілері ВДМ-2х313 УЗ дәнекерлеу түзеткішінің көмегімен балқытылды. Балқу коэффициенті – $0,278 \times 10^{-5}$ кг/(А · с) (3.13а, 3.13б-сурет). Балқу шарттары келесі мәндермен сипатталды: жұмыс кернеуі 28 В, электродтың діріл жиілігі – 50Гц.



а



б

а – ВДМ-2х313 УЗ дәнекерлеу түзеткіші; б – Диаметрі 4 мм Т590 электроды

Сурет 3.13 – Дәнекерлеу аппараты және балқытуға арналған электрод

Сіңіруші қашауларының үлгілері 800÷820°C температурада техникалық майда ЖЖТ шынықтырылды, Т590 және ЦС-1 (№1 сормайт) электродтарымен қаптама жасау процесі оңтайлы режимдерде орындалды: балқыту тогының күші $I = 120 \div 160$ А (кері полярлық тұрақты), кернеу $U = 50 \div 70$ В.

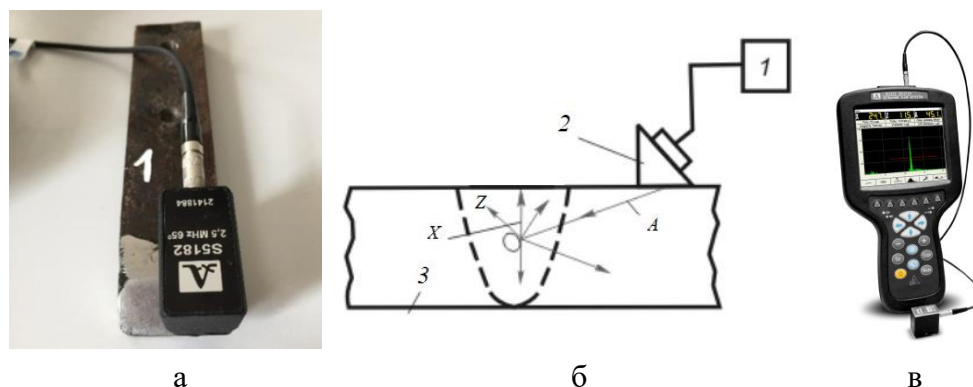
Макроқұрылымдық талдау кезінде ультрадыбыстық дефектоскоппен ақадан және түбінен шағылысқан ультрадыбыстық импульс күшейіп, индикатор экранында жазылады. Дефектоскоптағы индикатор электронды сәулелік түтік болып табылады, оның экранында арнайы орналастыру құрылғысының көмегімен металда ультрадыбыстық импульстің таралуына сәйкес келетін уақыт кестесі пайда болады. Экрандағы көлденең сызықтар уақыт осін білдіреді. Ультрадыбыстық импульсті зерттелетін металға жіберу периодты түрде жасалады, осы металда ультрадыбыс тұрақты жылдамдықпен таралады:

$$g = \frac{S}{T} \quad (3.5)$$

мұнда g – дыбыс жылдамдығы;
 S – қашықтық;
 T – уақыт.

Металдың ішіндегі ақауды экранда тіркелген импульстік жарқыл арқылы анықтауға болады, мұнда бастапқы импульс пен ақаудан шағылысқан импульс арасындағы қашықтық ақаудың пайда болу тереңдігіне сәйкес келеді.

A1212 MASTER моделінің ультрадыбыстық дефектоскопы тозған беттік қабаттардың күйін оларда ақаулардың болуын (беріктендірілген беттердегі микросызаттар, кеуектілік, тұтастық және балқытылған қабаттардың ішкі қабыршақтануы, коррозия ошақтары) зерттеді. Құрылғы ультрадыбыстық бақылаудың типтік және мамандандырылған әдістерін, жоғары өнімділік пен өлшеу дәлдігін жүзеге асыруға мүмкіндік берді [130, с. 118]. A1212 MASTER модельді дефектоскоптың "амплитуда-қашықтық-түзету" диаграммалары (АҚД-диаграммалар) (3.14в-сурет) экрандағы қисықтар бойынша бақылаудың үш деңгейін (ақау, бақылау және іздеу) анықтауға мүмкіндік береді. Шағылыстырғыштың эквивалентті шығарылатын ауданын есептеу автоматты түрде жүргізіледі. Бұл функция ақаулардың эквивалентті аймағын қолмен есептеуден бас тартуға және бақылау өнімділігін арттыруға мүмкіндік береді.



а – үлгінің жұмыс бетін дефектоскоп датчигімен өлшеу процесі; б – аспаптың жұмыс істеу принципі; в – моделі A1212 MASTER ультрадыбыстық дефектоскоп: 1 – дефектоскоптың электрондық блогы; 2 – пьезо түрлендіргіш; 3 – бақыланатын объект

Сурет 3.14 – Сіңіруші қашауының тозған беттерін зерттеуге арналған ультрадыбыстық дефектоскоп

3.14-суретте өлшеу процесі бейнеленген болат 65Г, Т590 электродымен алдыңғы және артқы жағы беріктендірілген (а), S5182 датчигінің көмегімен зерттеу процесінде (б) құрылғының жұмыс істеу принципі және A1212 MASTER (в) моделінің ультрадыбыстық дефектоскопы.

Эхо-сигналдың амплитудасы ең қарапайым өлшенетін сипаттама, ол басқалармен тең жағдайда шағылысатын беттің өлшемімен, бағытымен,

конфигурациясымен және кедір-бұдырлығымен, оның орналасу тереңдігімен анықталады. Ақаулар мөлшерінің ұлғаюымен эхо амплитудасы ақау өлшемдері ақау орналасқан бөлімдегі ультрадыбыстық сәуледен асып кеткенше өседі [130, с. 118].

Ортада серпімді қасиеттердің болуы ондағы серпімді толқындардың пайда болуын қамтамасыз етеді. Қатты денеде қабаттағы ығысулар көрші қабаттардағы кернеулерді тудырады. Бұл кернеулер іргелес қабаттарда орын ауыстыруды тудырады, нәтижесінде көлденең толқындарды аламыз [130, с. 118].

Табиғи ақаулар әртүрлі пішінге, өлшемге, бағытқа және акустикалық қасиеттерге ие болуы мүмкін. Егер ақаулардың өлшемдері ультрадыбыстық толқын ұзындығынан үлкен болса, ақаулардан эхо амплитудасы аз ерекшеленеді.

Қатайту әдісі мен қолданылатын материалдар туралы ақпаратты талдай отырып, келесі қорытынды жасауға болады: сіңіруші қашауларының тозған беткі қабаттарының күйін оларда ақаулардың бар-жоғын ультрадыбыстық дефектоскоптың көмегімен зерттеуге болады.

3.4.2 Қаттылықтың беттік беріктендіру тәсіліне тәуелділігін анықтау әдістемесі

Орнату аналитикалық максималды қаттылықтың беттік беріктендіру әдісіне тәуелділігі өте күрделі болып көрінеді. Сондықтан оны толық факторлық эксперимент әдісімен эксперимент арқылы анықтау керек. Кіріс факторларының айнымалылары ретінде мыналар қабылданады: материалдың құрамы, атап айтқанда құрамындағы хромның қаттылыққа әсері, өңдеу процесінде ұстау уақыты және қатайтатын материалдың меншікті кедергісі.

Эксперимент екінші ретті орталық композициялық айналмалы жоспарлау бағдарламасы бойынша жүргізілді [124, с. 78-82] зерттеулерде қабылданған факторлардың өзгеру деңгейлері мен аралықтары (Қосымша Д) көрсетілген.

Алынған қаттылық теңдеуінің беттік қатаю әдісіне сәйкестігін тексеру үшін, сондай-ақ оңтайлы жауап беру бағытын іздеу үшін осы зерттеуде SAS статистикалық талдау бағдарламасы қолданылады. SAS статистикалық талдау бағдарламасында жауап бетінің регрессиясы RSREG процедурасы жауапты оңтайландыратын факторлардың мәндерін іздеуде пайдалы жауап бетінің квадраттық моделіне сәйкес келеді. Келесі PROC RSREG функциялары оны жауап беттерін талдау үшін басқа регрессия процедураларына қарағанда қолайлы етеді:

- квадраттық эффектілерді автоматты түрде құру;
- сәйкессіздік сынағы;
- бетінің критикалық мәндеріне арналған шешім;
- байланысты квадраттық форманың меншікті мәндері;
- оңтайлы жауап беру бағытын іздеу үшін жоталарды талдау.

Нәтижесінде талдау үшін регрессия диагностикасында келтірілген сегіз графикті 5 топқа бөлуге болады:

- бақыланатын және болжанатын жауаптар кестесі;
- болжалды жауаптармен салыстырғанда қалдық мәндердің екі графигі;

- шығарындыларды, жоғары иінді бақылауларды және ықпалды бақылауларды көрсететін екі график;
- қалдықтардың қалыптылығын бағалайтын екі график;
- орталықтандырылған болжамды мәндер мен қалдықтардың кумулятивті таралуын салыстыратын график.

3.5 Қашау бетіне қаптама жасау режимінің оңтайлы параметрлерін анықтау әдістемесі

Қаптама қалыңдығының оңтайлы мәні және бөлшектің қаптама жасалған беттерінде кейінгі өңдеуді азайту бөлшектің өндіріс құнын төмендетеді, сонымен қатар беріктендірілген бет жұмыс органының қорын арттырады, сондықтан балқыту режимдерін орнату қажет. Балқытылған қабаттың қалыңдығын анықтайтын негізгі балқыту параметрлері электродтың диаметрі, оның беріліс жылдамдығы, балқу жылдамдығы, балқу қадамы, жұмыс кернеуі және ток болып табылады. Зерттеуде қабылданған айнымалы факторлардың өзгеру деңгейлері мен аралықтары (Қосымша Д)-да көрсетілген.

Оңтайландыру параметрі ретінде қаптама жасалған қабаттың қалыңдығы y_a және механикалық өңдеу әдібі y_z қабылданды. Балқыту диаметрі 0,004 м Т590 электродымен жасалды. Ені 0,02 м қашау ВДМ-2х313 У3 модельді дәнекерлеу түзеткішінің көмегімен балқытылды. Балқу коэффициенті – $0,278 \times 10^{-5}$ кг/(А · с). Балқу шарттары келесі мәндермен сипатталды: жұмыс кернеуі 29В, электродтың діріл жиілігі – 50Гц.

Жоспарлау матрицасы және тәжірибе нәтижелері (Қосымша Д)-да келтірілген. Эксперимент екінші ретті орталық композициялық айналмалы жоспарлау бағдарламасы бойынша жасалды. Эксперимент деректерін математикалық өңдеу нәтижесінде регрессия теңдеуінің коэффициенттері анықталды.

Факторлар мен қажеттілік функцияларының мәндері Statistica 10 бағдарламасындағы DOE әдісімен анықталды. Тәуелділік графиктері және факторлардың ең оңтайлы мәндері Бокс-Бенкен әдісімен алынған.

3-бөлім бойынша қорытынды

1 Зерттеу жүргізу үшін беріктігі, тұтқырлығы және тозуға төзімділігі, шағын пластикалық деформацияларға жоғары төзімділігі және релаксацияға төзімділігі жоғары, жеткілікті жоғары кальцинацияға ие, салыстырмалы түрде төмен құны бар 65Г болаттан жасалған [23, р. 269-277; 24, р. 30-42, 25, р. 10-18] сепкіш қашауларының үлгілері пайдаланылды.

2 Эксперимент екінші ретті орталық композициялық айналмалы жоспарлау бағдарламасы бойынша жасалды. Эксперимент деректерін математикалық өңдеу нәтижесінде регрессия теңдеуінің коэффициенттері анықталды.

3 Сериялы дайындалған және беріктендірілген сіңіруші қашауларының үлгілерін далалық сынау 2019 жылы Қазақстанның Ақмола облысының топырақ-климаттық жағдайларында кәдімгі қара топырақ бойынша (ылғалдылығы 25-

45%, топырақтың орташа диаметрі 0,05 м тастармен ластануы 0,6-1,5 дана/м²) егістік (жаздық) вики, беде егу кезінде жүргізілді 2 + тартқыш класты доңғалақты трактор құрамындағы машина-трактор агрегатындағы сусымалы және жоңышқа дәнді-шөпті сепкіш [23, р. 269-277; 24, р. 30-42; 25, р. 10-18; 26, с. 3-100].

4 ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ СЫНАҚ НӘТИЖЕЛЕРІН ТАЛДАУ

4.1 Сіңірушінің оңтайлы параметрлерін таңдау

Тарту кедергісі мен тұқымдарды себудің тереңдігінің бірқалыпсыздығын анықтау кезінде сіңірушінің оңтайлы құрылымдық және технологиялық параметрлерін таңдау үшін эксперименттік зерттеулер топырақ арнасында жүргізілді. Тәжірибе Бокс-Уилсон әдісі бойынша екінші ретті орталық композициялық ротатабельді жоспарлау бағдарламасы бойынша тарту күшінің P және тұқымдарды себу тереңдігінің бірқалыпсыздығының v_{26} (житняк және түйежоңышқа) астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштің сіңірушісінің құрылымдық параметрлеріне тәуелділігін анықтау үшін қойылды. Эксперименттік деректерді өңдеу STATISTICA 10 бағдарламалық пакетінің «Design of Experiments» (DoE) құралының көмегімен жүзеге асырылды. Тәуелділік графиктері және факторлардың ең оңтайлы мәндері Бокс-Бенкен әдісімен алынды.

Тәуелділіктер $P=f(b, \beta, l)$ және $v_{26}=f(b, \beta, l)$ екінші дәрежелі көпмүшемен жуықтау туралы шешім қабылданды. Зерттеуде қабылданған факторлардың өзгеру деңгейлері мен аралықтары (Қосымша А)-да көрсетілген.

Жоспарлау матрицасы және тәжірибе нәтижелері (Қосымша Д)-да келтірілген. Үш факторға арналған екінші ретті орталық композициялық айналмалы жоспар 2^3 типті толық факторлық эксперимент жоспарынан (3.2-кесте, 1-8 тәжірибелер), «жұлдызды нүктелердегі» алты тәжірибеден (9-14 тәжірибелер) және жоспар орталығындағы алты тәжірибеден (15-20 тәжірибелер) тұрады.

Қабылданған эксперимент жоспарына сәйкес жүргізілген тәжірибелердің нәтижелері бойынша регрессия теңдеуінің коэффициенттерін келесі түрде бағалауға болады [124, с. 79]:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 \quad (4.1)$$

$k=3$ кезінде (4.1) теңдеуінің коэффициенттерін есептеу үшін (4.2)-(4.5) формулалары келесідей болады:

$$b_0 = 0,16666 \sum_{j=1}^{20} y_j - 0,05694 \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^{20} x_{ij}^2 y_j \quad (4.2)$$

$$b_i = 0,07322 \sum_{j=1}^{20} x_{ij} y_j \quad (4.3)$$

$$b_{ii} = 0,125 \sum_{j=1}^{20} x_{ij} x_{ij} y_j \quad (4.4)$$

$$b_{ii} = 0,06254 \sum_{j=1}^{20} x_{ij}^2 y_j + 0,00695 \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^{20} x_{ij}^2 y_j - 0,05694 \sum_{j=1}^{20} y_j \quad (4.5)$$

s_y^2 қайталану дисперсиясы жоспардың орталығындағы тәжірибелердің нәтижелері бойынша анықталды. Есептеу үшін s_y^2 көмекші кестелер жасалды (Қосымша Д).

Регрессия теңдеуінің коэффициенттерін анықтаудағы қателіктерді сипаттайтын дисперсиялар (4.6)-(4.9) формулалары бойынша есептелді.

$$s^2\{b_0\} = \frac{2A\lambda^2(k+2)}{N} s_y^2; \quad (4.6)$$

$$s^2\{b_i\} = \frac{c}{N} s_y^2; \quad (4.7)$$

$$s^2\{b_{ii}\} = \frac{c^2}{\lambda N} s_y^2; \quad (4.8)$$

$$s^2\{b_{ii}\} = \frac{Ac^2[(k+2)\lambda - (k-1)]}{N} s_y^2. \quad (4.9)$$

$s_{ад}^2$ есептеу үшін көмекші кестелер жасалды (Қосымша Д)).

Алынған регрессия теңдеуінің сәйкестігін тексеру үшін Фишер критерийі қолданылады:

$$F_p = \frac{s_{ад}^2}{s_y^2} \quad (4.10)$$

Егер келесі шарт орындалса:

$$F_p < F_T \quad (4.11)$$

сызықтық регрессия теңдеуі барабар деп танылады.

Эксперимент деректерін математикалық пысықтау нәтижесінде регрессия теңдеуінің коэффициенттері анықталды, $P=f(b, \beta, l)$ үшін:

$$b_0 = 0,639; b_1 = -0,028; b_2 = 0,041; b_3 = 0,007; b_{12} = -0,028; b_{13} = -0,015;$$

$$b_{23} = 0,0025; b_{11} = 0,0254; b_{22} = 0,0271; b_{33} = -0,0153.$$

$v_{\sigma} = f(b, \beta, l)$ үшін регрессия теңдеуінің коэффициенттері:

$$b_0 = 10,837; b_1 = 1,072; b_2 = 0,43; b_3 = 0,109; b_{12} = 0,6; b_{13} = -0,1;$$

$$b_{23} = 1,475; b_{11} = -1,0686; b_{22} = 0,895; b_{33} = 1,036.$$

$P=f(b, \beta, l)$ үшін регрессия теңдеуінің коэффициенттерінің дисперсиясы:

$$s^2\{b_0\} = 0,0002; s^2\{b_i\} = 0,000089;$$

$$s^2\{b_{il}\} = 0,00015; s^2\{b_{ii}\} = 0,000085.$$

$v_{z\sigma} = f(b, \beta, l)$ үшін регрессия теңдеуінің коэффициенттерінің дисперсиялары:

$$s^2\{b_0\} = 0,38665; s^2\{b_i\} = 0,16987;$$

$$s^2\{b_{il}\} = 0,29; s^2\{b_{ii}\} = 0,16124.$$

$P = f(b, \beta, l)$ үшін коэффициенттердің сенімділік аралықтары келесі мәндерге ие:

$$\Delta b_0 = \pm ts\{b_0\} = \pm 0,0367; \Delta b_i = \pm ts\{b_i\} = \pm 0,0244$$

$$\Delta b_{il} = \pm ts\{b_{il}\} = \pm 0,032; \Delta b_{ii} = \pm ts\{b_{ii}\} = \pm 0,0237$$

$v_{z\sigma} = f(b, \beta, l)$ үшін коэффициенттердің сенімділік аралықтары келесі мәндерге ие:

$$\Delta b_0 = \pm ts\{b_0\} = \pm 1,598; \Delta b_i = \pm ts\{b_i\} = \pm 1,059$$

$$\Delta b_{il} = \pm ts\{b_{il}\} = \pm 1,384; \Delta b_{ii} = \pm ts\{b_{ii}\} = \pm 1,032$$

мұнда t – 5% маңыздылық деңгейіндегі Стьюдент критерийінің кестелік мәні.

Дисперсияның мәндері есептеулер нәтижесінде $s_{ад}^2 = 0,016$ (Қосымша Д 5% маңыздылық деңгейінде және еркіндік дәрежелерінің саны $f=8$, $t=5,41$ болғанда) анықталды. Алынған модельді тексеру барысында модель 5% маңыздылық деңгейінде барабар екенін көрсетті, бұл (4.10) және (4.11) формулалары бойынша F-критерийінің есептік және кестелік мәндерін салыстыру арқылы дәлелденді:

$$F_p = \frac{0,016}{0,006358} = 2,52 < F_T$$

$$2,52 < 5,41.$$

$$F_p = \frac{12,98}{2,917} = 4,45 < F_T$$

$$4,45 < 5,41.$$

$P = f(b, \beta, l)$ кезінде b_3 , b_{12} , b_{13} , b_{23} және b_{33} коэффициенттері сенімділік аралықтарынан аз болады, сондықтан оларды статистикалық тұрғыдан маңызды емес деп тануға және регрессия теңдеуінен шығаруға болады. Маңызды емес коэффициенттерді алып тастағаннан кейін (4.1) теңдеу келесідей болады

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 \quad (4.12)$$

$v_{26}=f(b, \beta, l)$ кезінде b_2, b_3, b_{12}, b_{13} , және b_{22} коэффициенттері сенімділік аралықтарынан аз, сондықтан оларды статистикалық тұрғыдан маңызды емес деп тануға және регрессия теңдеуінен шығаруға болады. Маңызды емес коэффициенттерді алып тастағаннан кейін (4.1) теңдеу келесідей болады

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_{23} x_2 x_3 + b_{11} x_1^2 + b_{33} x_3^2 \quad (4.13)$$

Осылайша, екінші ретті айналмалы жоспарлау нәтижесінде алынған (4.12) математикалық модель келесідей болды

$$y = 0,639 - 0,028 x_1 + 0,041 x_2 + 0,0254 x_1^2 + 0,0271 x_2^2$$

(4.13) математикалық модель келесі түрде болады

$$y = 10,837 + 1,072 x_1 + 1,475 x_2 x_3 - 1,0686 x_1^2 + 1,036 x_3^2$$

Квадраттық мүшедегі мағыналы емес коэффициенттер болғандықтан, (4.12) теңдеудің коэффициенттері ең кіші квадраттар әдісін қолдана отырып қайта есептелді.

Нормальды теңдеулер жүйесін шешіп, $P=f(b, \beta, l)$ болғанда $b_0=0,632$; $b_1=-0,003$; $b_2=-0,041$; $b_3=0,027$; $b_{22}=0,029$ үшін коэффициент мәндерін анықтаймыз.

$v_{26}=f(b, \beta, l)$ болғанда $b_0=-0,349$; $b_1=1,022$; $b_{23}=-0,409$; $b_{11}=-7,398$; $b_{33}=9,499$.

Екінші ретті ротатабельді жоспарлауды (4.12) қолдану нәтижесінде келесі регрессия теңдеуі алынды:

$$y = 0,632 - 0,003 x_1 - 0,041 x_2 + 0,027 x_1^2 + 0,029 x_2^2 \quad (4.14)$$

(4.13) формуладан келесі регрессия теңдеуі алынды:

$$y = 1,022 x_1 - 0,409 x_2 x_3 - 7,398 x_1^2 + 9,499 x_3^2 - 0,349 \quad (4.15)$$

(4.10) теңдеуі бойынша есептелген мәндер эксперименттік мәндерден тәжірибе қателігінен аспайтын шамаларға ерекшеленеді.

Факторлардың кодталған мәндері табиғи тәуелділіктермен байланысты:

$$x_1 = \frac{b - b_0}{\varepsilon_1} = \frac{b - 20}{5}; \quad x_2 = \frac{\beta - \beta_0}{\varepsilon_2} = \frac{\beta - 75}{15}; \quad x_3 = \frac{l - l_0}{\varepsilon_3} = \frac{l - 145}{15}$$

мұнда b_0, l_0, β_0 – натурал өрнектердегі факторлардың негізгі деңгейлері;
 $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ – факторлардың өзгеру интервалы.

Кодталған x_1, x_2, x_3 фактор мәндерінен натурал мәндерге b, l, β ауыса отырып, тарту кедергісінің қашаудың геометриялық параметрлеріне тәуелділігін аламыз:

$$P = 0,632 - 0,003 \left(\frac{b - 0,02}{5} \right) - 0,041 \left(\frac{\beta - 75}{15} \right) + 0,027 \left(\frac{b - 0,02}{5} \right)^2 + 0,029 \left(\frac{\beta - 75}{15} \right)^2.$$

Түрлендіруден кейін

$$P = 1,562 - 0,000643b + 0,0011b^2 - 0,0217\beta + 0,00013\beta^2 \quad (4.16)$$

Тұқым себу тереңдігінің бірқалыпсыздығының қашаудың геометриялық параметрлеріне тәуелділігі:

$$v_{гб} = 1,022 \left(\frac{b - 0,02}{5} \right) - 0,409 \left(\frac{\beta - 75}{15} \right) \left(\frac{l - 0,145}{15} \right) - 7,398 \left(\frac{b - 0,02}{5} \right)^2 + 9,499 \left(\frac{l - 0,145}{15} \right)^2 + 0,349.$$

Түрлендіруден кейін

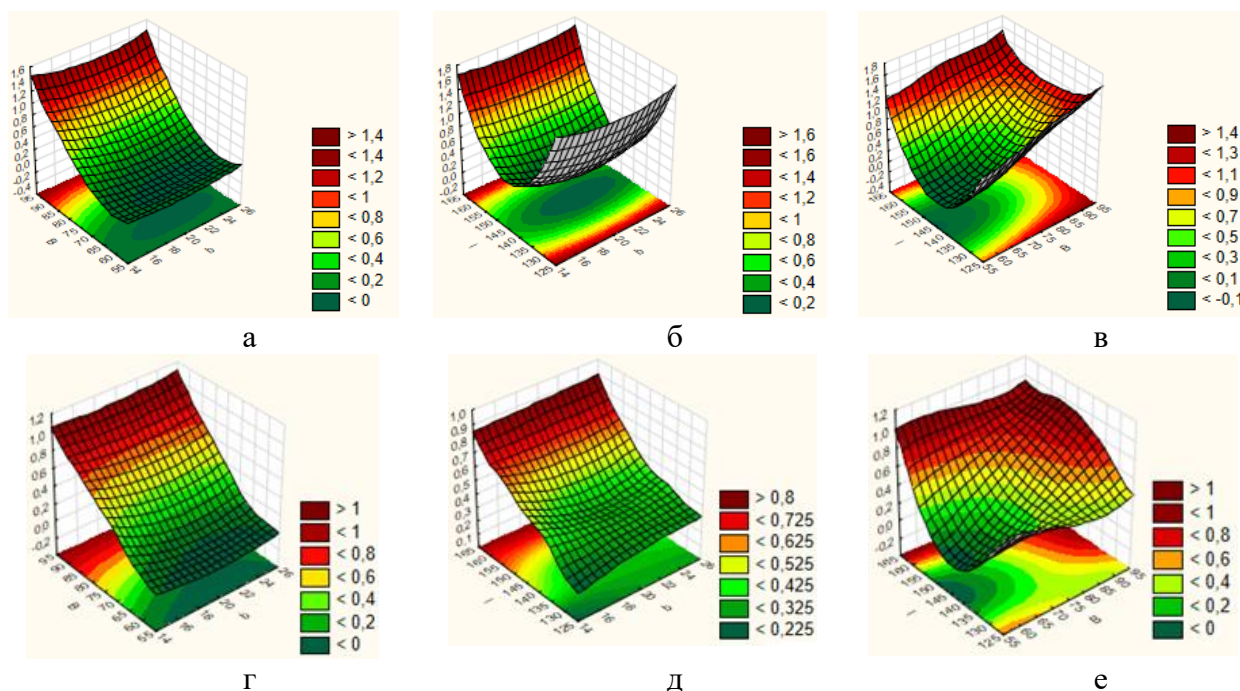
$$v_{гб} = 0,294 + 0,2162b - 0,296b^2 - 0,0018bl + 0,0008\beta + 0,043l^2 + 0,037l \quad (4.17)$$

(4.12) және (4.13) теңдеуі барабар, сондықтан (4.12) теңдеуді тарту кедергісінің P шамасын есептеу үшін және (4.13) теңдеуді тұқым себу тереңдігінің бірқалыпсыздығын $v_{гб}$ есептеу үшін интерполяциялық формула ретінде қолдануға болады. (4.16) теңдеу бойынша келесідей қорытынды жасауға болады: тарту кедергісіне анағұрлым көп әсер ететін параметрлер – қашаудың ені $x_1(b)$ және артқы жағын горизонтқа орнату бұрышы $x_2(\beta)$. (4.17) теңдеуінен келесін атап өтуге болады: қашау ені $x_1(b)$ және ұзындығы $x_3(l)$ тұқымның себу тереңдігінің бірқалыпсыздығына ең үлкен әсер етеді. Факторларды саралау қарастырылған параметрлерді реттеуге және тарту кедергісінің мәнін азайту кезінде олардың ұтымды мәндерін алуға мүмкіндік береді.

4.1.1 Факторлардың мәнін және қажеттілік функциясын анықтау үшін Statistica бағдарламасында экспериментті жоспарлау

Матрицалық композицияның әсерін нақтылау арқылы $P = f(\beta, b)$, $P = f(l, b)$ және $P = f(l, \beta)$ тәуелділіктерінің 3D графиктері болып табылатын жауап беттерін талдауға мүмкіндік береді (4.1-сурет). Осылайша, орнату бұрышының ұлғаюы тарту кедергісінің жоғарылауына әкеледі, диаграммадан құрылымдағы қашаудың ені 0,016-дан 0,024 м-ге дейін болғанда орнату бұрышының оңтайлы мәнін 78° екенін байқауға болады (4.1а-сурет). Тұқым себу тереңдігінің бірқалыпсыздығы (4.1г-сурет) орнату бұрышына және сіңіруші қашауының еніне байланысты болғанда, құрылымдағы орнату бұрышы неғұрлым үлкен болса, қашаудың ені соғұрлым аз болуы керек. Бұл жағдайда қашаудың ені 0,015-

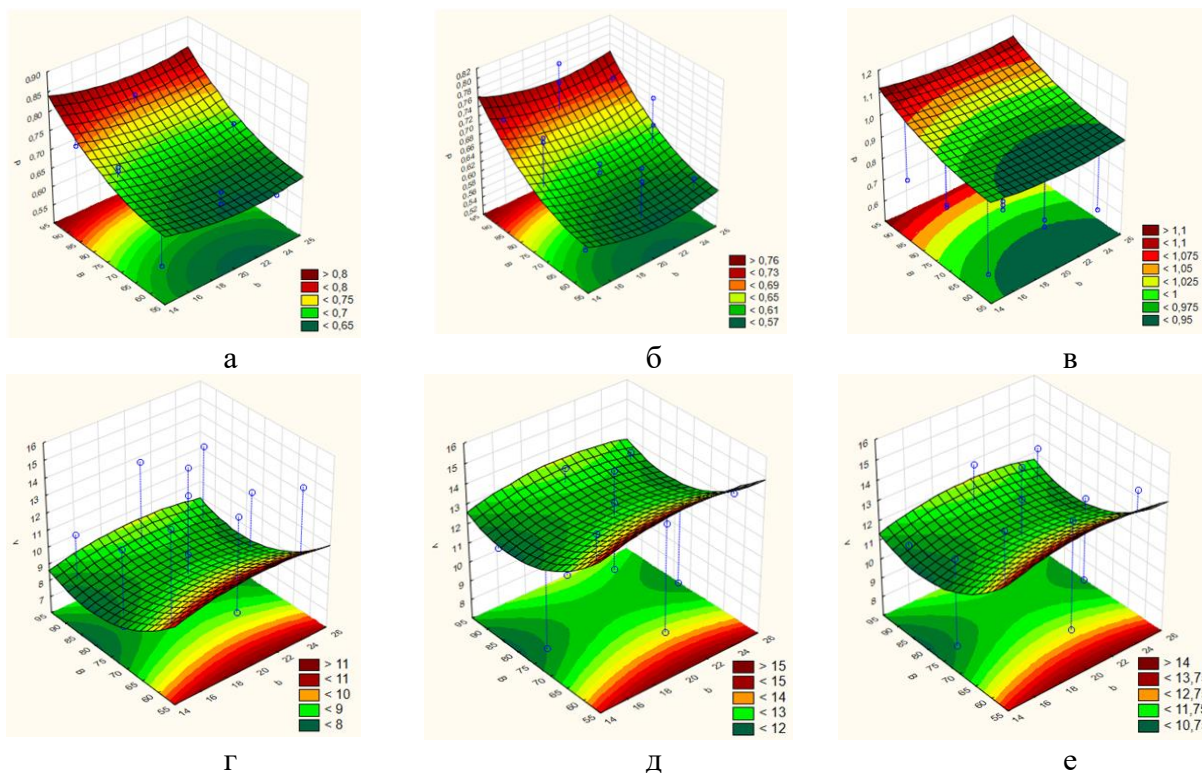
тен 0,026 м-ге дейін болғанда орнату бұрышының оңтайлы мәні 72° . Тарту кедергісі қашаудың ұзындығы мен еніне тәуелді болған кезде, тренд парабола түрінде жүреді, қашау ұзындығының минималды және максималды мәні тарту кедергісінің жоғарылауына әкеледі (4.1б-сурет). Бұл графикте $P=f(l, b)$ тәуелділікте қашаудың оңтайлы ұзындығы $0,140 \div 0,145$ м, ал ені $0,017 \div 0,024$ м. Алайда, тұқым себу тереңдігінің бірқалыпсыздығының тәуелділігінде (4.1д-сурет), ұзындықтың ұлғаюы ойыс қисық бойымен тұқым себу тереңдігінің төмендеуіне әкеледі, ол $0,130$ м мәнімен минимумға жетеді. Ұзындықтың одан әрі ұлғаюымен тұқым себу тереңдігінің артуы басталады.



а – $P=f(\beta, b)$; б – $P=f(l, b)$; в – $P=f(l, \beta)$; г – $v_{r6}=f(\beta, b)$; д – $v_{r6}=f(l, b)$; е – $v_{r6}=f(l, \beta)$

Сурет 4.1 – Тарту кедергісінің P және тұқымдарды себу тереңдігінің бірқалыпсыздығының v_{r6} астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштің сіңіруші қашауының құрылымдық параметрлеріне тәуелділігінің үш өлшемді графигі

Сондай-ақ, ені азая отырып, тұқымдарды себу тереңдігінің бірқалыпсыздығы төмендейтіні анықталды. Ал қашаудың ұзындығына және артқы жағын горизонтқа орнату бұрышына тәуелді болған жағдайда, ұзындықты ұлғайту тарту кедергісін азайту үшін орнату бұрышының мәнін азайтуды талап етеді (4.1в-сурет). Бұл оңтайлы мән тек $0,135 \div 0,155$ м ұзындықта және $55 \div 78^\circ$ орнату бұрышында мүмкін болатындығына байланысты. $H=f(l, \beta)$ болған жағдайда (4.1е-сурет) гиперболаның графигі минимакс типтің жауап бетіне сәйкес келеді, өйткені факторлардың қарама-қарсы мәндері бар. Құрылымдағы тұқымдарды себу тереңдігінің бірқалыпсыздығын төмендету үшін ұзындығы $0,135 \div 0,150$ м және орнату бұрышы $55 \div 65^\circ$ болу қажет. Осы параметрлерді орнату оңтайландыру критерийінің төмендеуіне әкеледі [87, р. 2336].

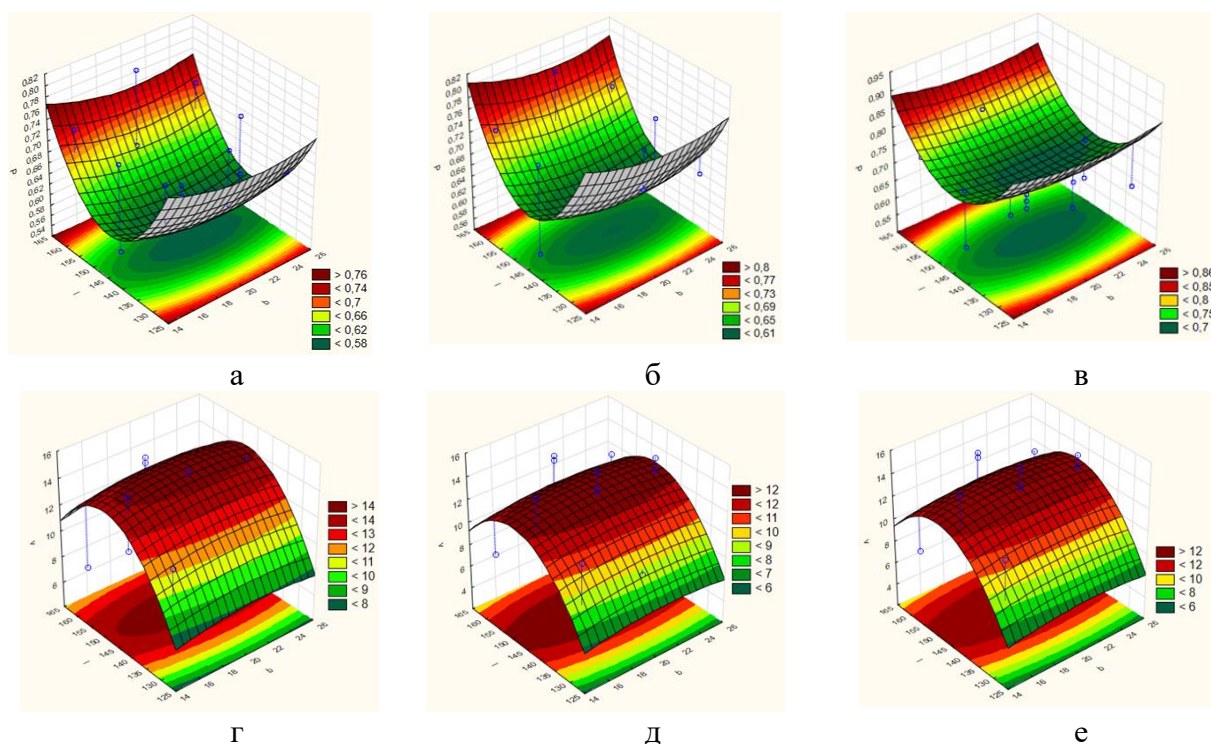


а – $l=0,130$ м болғанда $P=f(b, \beta)$; б) $l=0,145$ м болғанда $P=f(b, \beta)$; в) $l=0,160$ м болғанда $P=f(b, \beta)$; г) $l=0,130$ м болғанда $v_{гб}=f(b, \beta)$; д) $l=0,145$ м болғанда $v_{гб}=f(b, \beta)$; е) $l=0,160$ м болғанда $v_{гб}=f(b, \beta)$

Сурет 4.2 – Тарту кедергісінің P және тұқымның себу тереңдігінің бірқалыпсыздығының H әр түрлі қашау ұзындығындағы (l) артқы жағын горизонтқа орнату бұрышына (β) және қашаудың еніне (b) тәуелділігінің 3D-графикі

$P = f(\beta, b)$ тәуелділігінің 3D графиктері болып табылатын жауап беттерін талдау көрсеткендей, қашаудың ұзындығы $0,130$ м (4.2а-сурет) болғанда, максималды тарту кедергісі $0,8$ кН, ал минимум $0,65$ кН. Бұл тәуелділікте қашаудың ұзындығын $0,145$ м-ге дейін ұлғайту кезінде (4.2б-сурет), максималды тарту кедергісі $0,76$ кН-ден үлкен, ал минималды мәні $0,57$ кН-ден аз. Ал ұзындығы $0,160$ м (4.2в-сурет) болғанда, тарту кедергісінің диапазоны максимум $1,1$ кН-ден жоғары және минимум $0,95$ кН-ден аз болады. Бұл ұзындығы $0,160$ м-ге дейін немесе $0,130$ м-ге дейін азайған кезде, тарту кедергісінің артуы басталады. Қажетті тарту кедергісі үшін оңтайлы орнату бұрышы $55 \div 70^\circ$, қашаудың ені $0,019 \div 0,023$ м және ұзындығы $0,130 \div 0,145$ м. 4.2-суреттің г-е графиктерін қарастырған кезде, қашаудың ұзындығы ұлғайған кезде (4.2е-сурет), тұқым себу тереңдігінің бірқалыпсыздығының орнату бұрышына және қашаудың еніне тәуелділігі де артып келе жатқанын атап өтуге болады. Гиперболаның графиктері минимакс типті жауап бетіне сәйкес келеді және тұқымның себу тереңдігінің өзгеру коэффициентінің оңтайлы мәндерін максималды ені 25 мм, сондай-ақ минималды мәні $0,015 \div 0,016$ м-де алуға болады. алайда, бұл жағдайда орнату бұрышының мәнін 70° -тан 90° -қа дейін арттыру қажет [87, р. 2337].

$P=f(\beta, b)$ тәуелділіктерін талдау нәтижесінде 4.2а, 4б, 4в-суретте көрсетілген графиктер бойынша қорытынды жасауға болады: қашаудың ұзындығы неғұрлым ұзынырақ болса, тарту кедергісінің артқы бөліктің горизонтқа орнату бұрышына (β) және сіңіруші қашауының еніне (b) тәуелділігінің мәні соғұрлым үлкен болады. Ал егер $\nu_{r6}=f(b, \beta)$ (4.2г, 4.2д, 4.2е-сурет) болған жағдайда, қашаудың ұзындығы неғұрлым ұзынырақ болса, тұқым себу тереңдігінің бірқалыпсыздығының артқы жағын горизонтқа орнату бұрышына (β) және сіңіруші қашауының еніне (b) тәуелділігінің мәні соғұрлым аз болады. Осылайша, егер тарту кедергісін азайту үшін 0,130÷0,145 м ұзындық қажет болса, тұқым себу тереңдігінің бірқалыпсыздығының өзгеру коэффициентін азайту үшін ұзындығы 0,130 м және 0,160 м болу қажет.

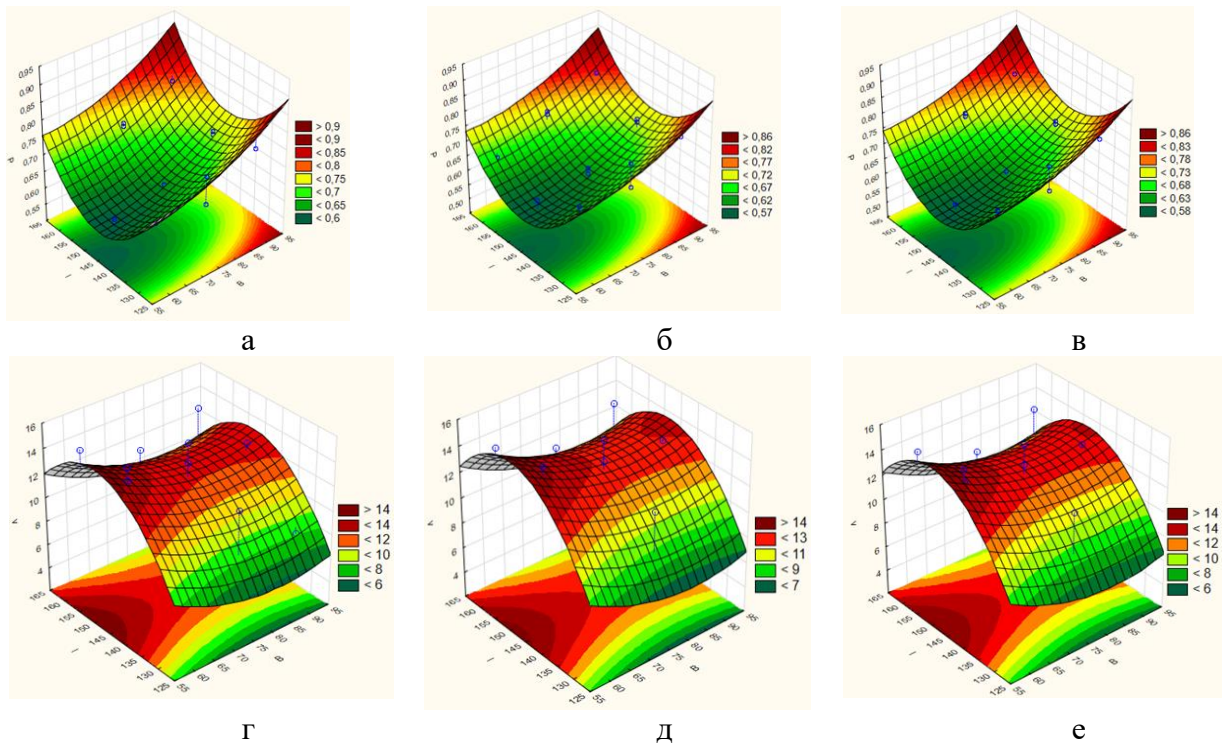


а – $\beta=60^\circ$ $P=f(l,b)$; б – $\beta=75^\circ$ $P=f(l,b)$; в – $\beta=90^\circ$ болғанда $P=f(l,b)$; г – $\beta=60^\circ$ болғанда $\nu_{r6}=f(l,b)$; д – $\beta=75^\circ$ болғанда $\nu_{r6}=f(l,b)$; е – $\beta=90^\circ$ болғанда $\nu_{r6}=f(l,b)$

Сурет 4.3 – Тарту кедергісінің P және тұқым себу тереңдігінің бірқалыпсыздығының ν_{r6} артқы жағын горизонтқа орнатудың (β) әр түрлі бұрышында сіңіруші қашауының ұзындығына (l) және еніне (b) тәуелділігінің 3D-графигі

4.3-суретте $P=f(l, b)$ тәуелділіктерінің беттік жауаптары көрсетілген. Графиктерден артқы жағын горизонтқа орнату бұрышын ұлғайту кезінде тарту кедергісінің ені (b) мен ұзындығына (l) тәуелділігінің максималды және минималды мәні де өсетінін атап өтуге болады. Артқы жағын горизонтқа орнату бұрышының мәні $\beta=70^\circ\div75^\circ$ тарту кедергісі 0,6÷0,7 кН арасындағы оңтайлы мәндерге ие, максималды мәні 0,8 кН. 4.3-суреттегі а-в графиктерден көрініп тұрғандай, қашау ені 0,018÷0,024 м және ұзындығы 0,140÷0,150 м болғанда тарту

кедергісі төмендейді. Артқы жағын горизонтқа орнату бұрышы ұлғайған кезде, тұқым себу тереңдігінің v_{r6} сіңіруші қашауының еніне (b) және ұзындығына (l) тәуелділігінің мәні төмендейді. Артқы жағын горизонтқа орнату бұрышының мәні $\beta=75^\circ\div 90^\circ$ тұқым себу тереңдігінің бірқалыпсыздығы бірдей мәндерге ие. Орнату бұрышының барлық диапазондарында вариация коэффициентінің оңтайлы мәні $0,125\div 0,130$ м ұзындықта болады. Осыған сүйене отырып, тарту кедергісін азайту үшін $75\div 90^\circ$ орнату бұрышында ені мен ұзындығының орташа мәндері қажет деген қорытынды жасауға болады. Дегенмен, берілген орнату бұрышында тұқымдарды себу тереңдігінің бірқалыпсыздығын азайту үшін ұзындық мәнін минимумға дейін азайту керек. Бұл жағдайда қашау енінің диапазоны маңызды емес [87, р. 2338].



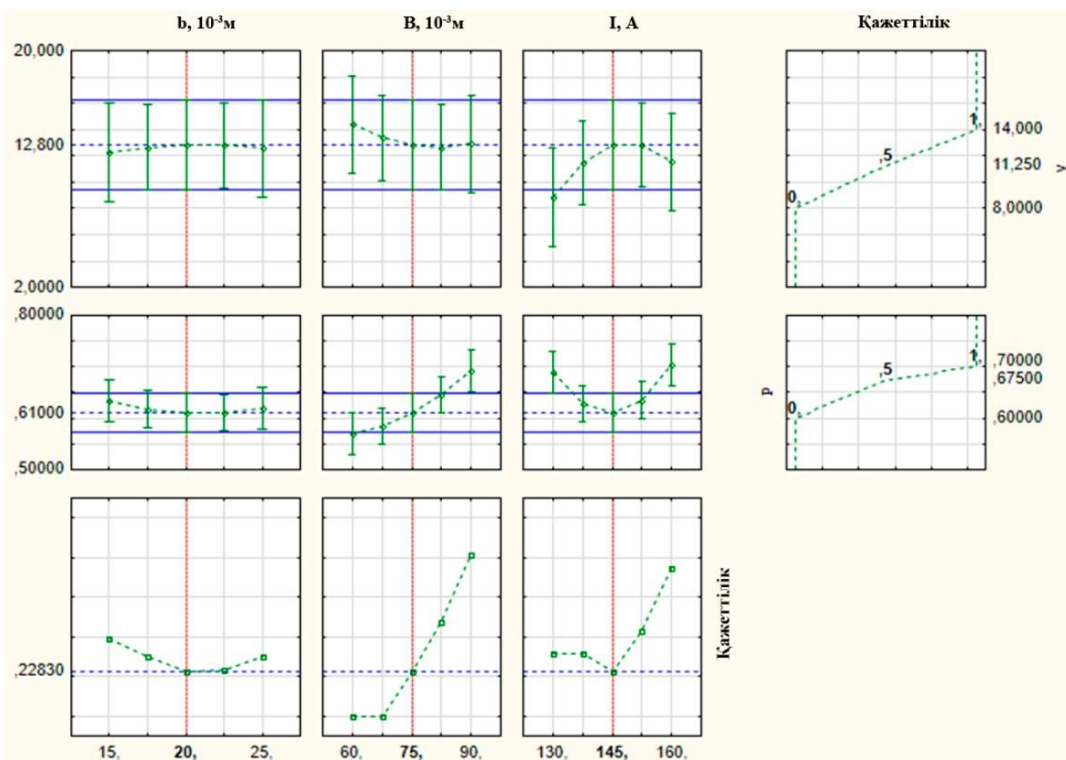
а – $b=0,015$ м болғанда $P=f(l, \beta)$; б – $b=0,020$ м болғанда $P=f(l, \beta)$; в – $b=0,025$ м болғанда $P=f(l, \beta)$; г – $b=0,015$ м болғанда $v_{r6}=f(l, \beta)$; д – $b=0,020$ м болғанда $v_{r6}=f(l, \beta)$; е – $b=0,025$ м болғанда $v_{r6}=f(l, \beta)$

Сурет 4.4 – Тарту кедергісінің P және тұқым себу тереңдігінің бірқалыпсыздығының сіңіруші қашауының әр түрлі енінде (b) ұзындығына (l) және артқы жағын горизонтқа орнату бұрышына (β) тәуелділіктерінің 3D-графиктері

4.4-суретте $P = f(l, \beta)$ тәуелділіктерінің беттік жауаптары көрсетілген. Графиктерге сәйкес, қашаудың ені $0,015$ м және $0,025$ м болғанда тарту кедергісінің артқы жағын горизонтқа (β) орнату бұрышына және сіңіруші қашауының ұзындығына (l) тәуелділігі артады, максимум $0,86\div 0,9$ кН және минимум $0,58$ кН-ден асады. Қашау енінің мәні $b = 0,019\div 0,020$ м болғанда, тарту кедергісі $0,57\div 0,7$ кН арасындағы оңтайлы мәндерге ие, максималды мәні $0,86$ кН. Бұл қашаудың ені неғұрлым үлкен болса, тарту кедергісінің қашау

ұзындығына және орнату бұрышына тәуелділігі төмендейтінін түсіндіреді (4.4б, 4.4в-сурет). Қашау ені 0,020 м болғанда қажетті тарту кедергісінің диапазонын алу үшін ұзындығы 0,140÷0,150 м және орнату бұрышы 60÷65°, ал ені 0,025 м болғанда ұзындығы 0,142÷0,148 м және орнату бұрышы 60° болу қажет. Дегенмен, тұқымның себу тереңдігі бірқалыпсыздығының $v_{г6}$ орнату бұрышына (β) және сіңіруші қашауының ұзындығына (l) тәуелділігі барлық қарастырылған қашау енінің диапазондарында шамамен бірдей мәндерге ие. Берілген тұқым себу тереңдігінің бірқалыпсыздығының функциясы үшін $v_{г6} = f(l, \beta)$ қашау ұзындығы орнату бұрышына қарағанда маңыздырақ. Графиктерге сүйене отырып (4.4г, 4.4д, 4.4е-сурет), қашаудың ұзындығы неғұрлым аз болса, сәйкесінше тұқым себу тереңдігінің вариация коэффициенті соғұрлым аз болады деген қорытынды жасауға болады.

Сондай-ақ, Statistica бағдарламасында болжамды мәндер мен қажеттілік функцияларының профильдері алынды (4.5-сурет). Диаграммалар бойынша құрылымдық параметрлердің қажетті оңтайлы мәндерін көруге болады (4.5-сурет) [87, р. 2338].



Сурет 4.5 – Болжамды мәндер мен қажеттілік функцияларының профильдері

Критич.значения; Перемен.: v (3 факт. план Бокса-Бенкена)
Решение:
Предск.значение при решении: 12,8298

Фактор	Наблюдае Минимум	Крит. Знач.	Наблюдае Максимум
b, 10 ⁻³ м	15,0000	20,9677	25,0000
B, град.	60,0000	81,6045	90,0000
l, 10 ⁻³ м	130,0000	148,9115	160,0000

Сурет 4.6 – Астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштің қашау параметрлерінің оңтайлы мәндері

Егер ені 0,015 м және 0,025 м болса, тарту кедергісінің мәні артады (4.5-сурет), онда тұқым себу тереңдігінің вариация коэффициентінің мәні төмендейді, сондықтан қашау енінің оңтайлы мәні 0,02097 м (4.6-сурет). Орнату бұрышының графиктері бойынша осы фактордың мәні өскен кезде, егер тарту кедергісінің мәні төмендесе, онда тұқым себу тереңдігінің вариация коэффициентінің графиктері төмендейді. Орнату бұрышының оңтайлы мәні $81,6^\circ$ көрсетеді (4.6-сурет). Қашау ұзындығы парабола түрінде қисықтардың иілуіне ие, 0,130 м және 0,145 м-де қашаудың ұзындығы, егер тарту кедергісінің мәні жоғарыласа, онда осы диапазондардағы вариация коэффициенті төмендейді, оңтайлы ұзындығы 0,1489 м болып саналады. Осы графиктерге сүйене отырып, факторлардың тарту кедергісіне және тұқым себу тереңдігінің вариация коэффициентіне кері әсерін атап өтуге болады.

Зерттеулерде [93, p7 53-63; 94, p7 1-14; 95, p. 99-114; 96, p. 259-265; 97, p. 65-72] егістіктің құрғақ саздақ топырағында 90° және 53° сіңірушіні қармау бұрыштары қабылданды. Салыстырмалы талдауларда 53° көлбеу бұрышы бар тік сіңіруші қарықты толтырудың төмендеуін және топырақтың бүйірлік шығарылуының жоғарылауын көрсетті. Алайда, 60° тіреуге орнату бұрышы бар қашауды сынау кезінде, астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштің макет үлгісі [80, с. 1-4; 81; 82; 83, с. 318-327; 84, p. 83-85; 86, p. 536-547; 87, p. 2326-2350], саңылау кесілген кезде шымның қопсуын көрсетті. Ал [90, p. 1529-1536] жұмыста қарықтың мөлшері бүйірлік аяқтың көлбеу бұрышына байланысты екендігі анықталды.

Бұл [97, p. 65-72] жұмыстың авторлары сіңірушінің қармау бұрышының әсерін ($35-90^\circ$) модельдеді және құмайт топырақтағы алдыңғы зерттеулермен салыстыру нәтижелері бойынша 71° қармау бұрышының тартылуының екі есе төмендеуін анықтады.

Сондықтан, осы математикалық модельдеуде артқы жағын горизонтқа орнату бұрыштары 60° , 75° және 90° деп қабылданды.

Қашаудың ені [80, с. 1-4; 81; 82; 83, с. 318-327; 84, p. 83-85; 86, p. 536-547; 87, p. 2326-2350] 0,030 м болды және бұл қашау ені артқы ізінен ашық қарық қалдырғандықтан, теориялық негіздеме үшін экспериментті жоспарлауда ені 0,015, 0,020, 0,025 м және ұзындығы 0,130 м, 0,145 м және 0,160 м қабылданды.

Қабылданған мәндерде ені $0,020\text{м} \div 0,025\text{м}$ және орнату бұрыштары $60^\circ \div 75^\circ$ болса, тарту кедергісі $0,62 \div 0,8$ кН болды. Тарту кедергісінің ұзындыққа тәуелділігінің нәтижелері бойынша ол ұзындық неғұрлым үлкен болса, соғұрлым көп тарту кедергісін қажет екенін көрсетті.

Жоғарыда айтылғандардан астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштің сіңіруші параметрлері келесі мәндерге ие болуы керек: сіңіруші қашауының ені $b=0,020 \div 0,021\text{м}$, артқы жағын горизонтқа орнату бұрышы $\beta= 70 \div 80^\circ$; сіңіруші қашауының ұзындығы $l = 0,140 \div 0,150$ м.

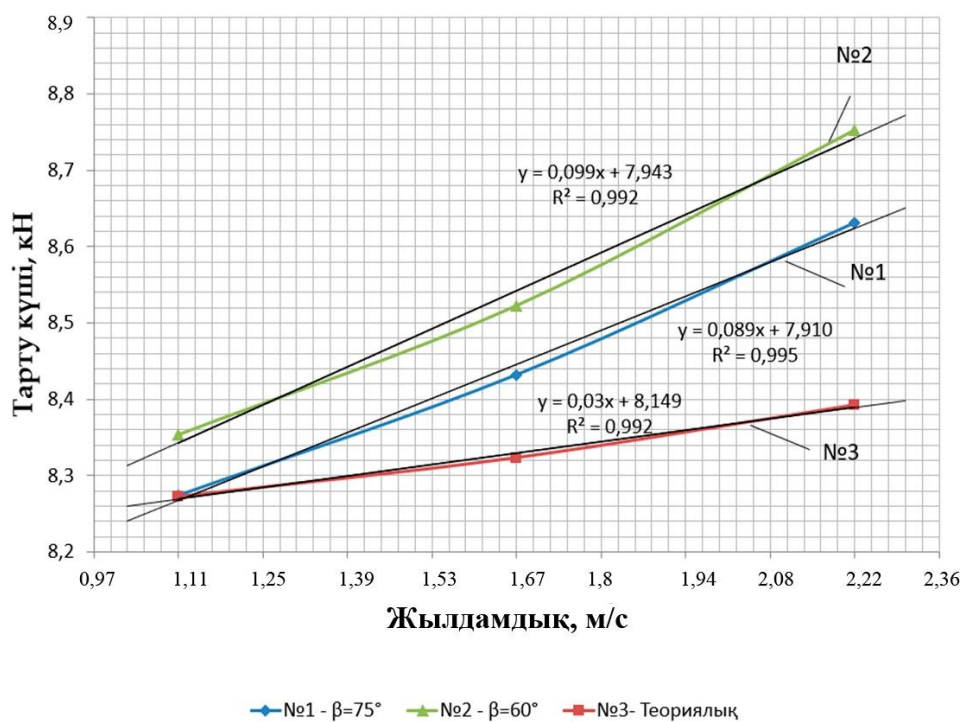
Көрсетілген параметрлері бар сіңірушілер жасалды. Егістіктегі эксперименттік астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштің жалпы тарту кедергісін анықтау (4.7 – сурет) барысында $8,28 \div 8,63$ кН аралығында өзгеретінін көрсетті.



Сурет 4.7 – Эксперименттік астық-шөп-тыңайтқыш сепкішінің жалпы тарту кедергісін анықтау

Тәжірибелер көрсеткендей, қондырғының қозғалыс жылдамдығы эксперименттік жұмыс органдарымен сепкіштің тарту кедергісінің мөлшеріне айтарлықтай әсер етеді. 4.8-суретке сәйкес алынған деректерді талдау теориялық мәліметтер эксперименттік мәліметтермен жеткілікті түрде сәйкес келетіндігін көрсетеді. 1,028-ден 2,22 м/с-қа дейінгі қозғалыс жылдамдығының жоғарылауымен эксперименттік сепкіш үлгісінің тарту кедергісі $4\div 4,5\%$ -ға артады. Тәжірибелік сепкіш үлгісіндегі тарту кедергісінің төмендеуі жұмыс бетінің ұзындығының, қашаудың енінің азаюымен және оны горизонтқа қатысты орнату бұрышының 75° дейін өзгеруімен түсіндіріледі.

Эксперименттік сепкішті сынау кезінде қабылданған параметрлер бойынша топырақ пен қарықтың қопсуының төмендеуі, сондай-ақ тарту кедергісі байқалды. Астық-шөп-тыңайтқыш сепкіш жүрістен кейін егістіктің беті жұмыс органдарының – сіңірушінің тіреулерінің іздері (ені 20 мм) бар шымның тегіс рельефімен сипатталады, 4.9а, 4.9б-сурет және т.б. Жаңа жұмыс органының жұмысын төмен жылдамдықпен бақылау барысында пышақтың топырақты немесе шымды қабаттың айналуынсыз қопсытатынын көрсетті. Сонымен қатар, ол ескі шөптердің тамырларын кесіп тастайды және тыңайтқыштар мен тұқымдар арасында топырақ қабатының пайда болуына ықпал етеді. Қашауды оның артқы жағын горизонтқа 75° бұрышпен орнату қабаттың айналуын болдырмайды.



Сурет 4.8 – Агрегаттың тарту кедергісінің қозғалыс жылдамдығына тәуелділігі



а

а – егістіктің жүрістен кейінгі беті

Сурет 4.9 – Астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштің эксперименттік үлгісінің жүрісінен кейінгі өріс беті, парақ 1

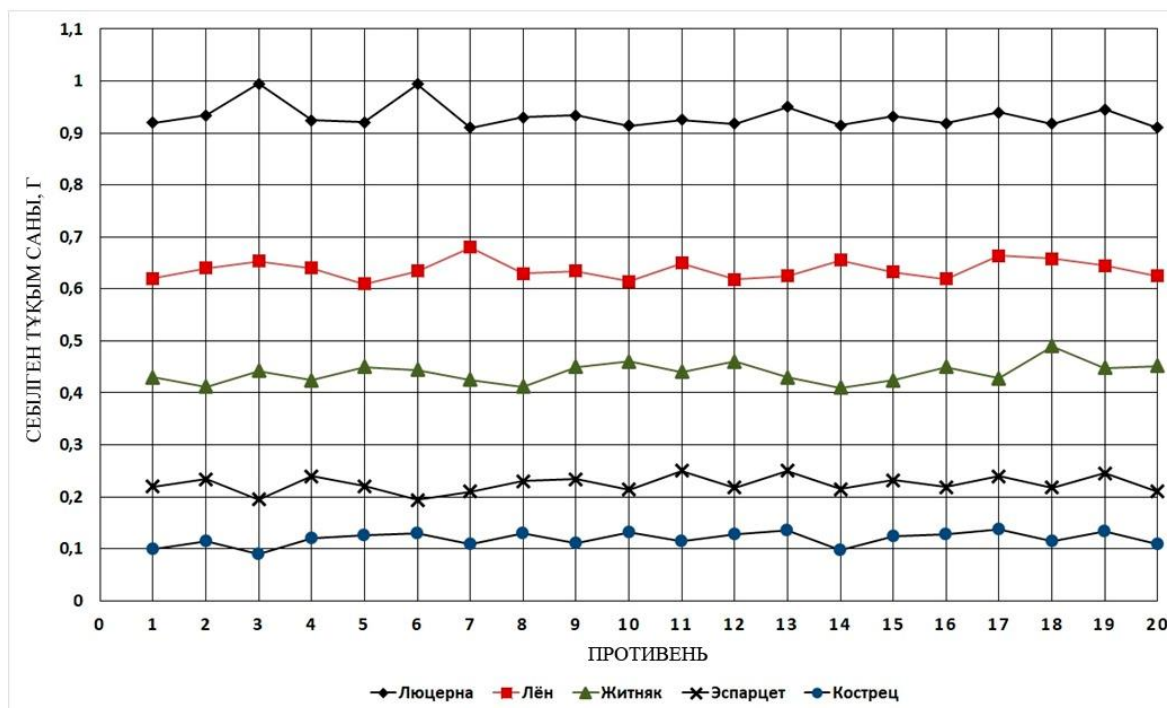


б

б – эксперименттік үлгінің жұмыс органы

Сурет 4.9, парақ 2

Сонымен қатар егістіктегі эксперименттердің нәтижелері машинаның жылдамдығы $1,67 \div 2,22$ м/с және әр дақыл үшін орташа норма кезінде эксперименттік құрылғының әртүрлі тұқымдық материалдары мен тыңайтқыштарын себудің бойлық бірқалыпсыздығы 9-13,5% аралығында өзгеретінін көрсетті. Учаскелердегі орташа себу саны айқын ауытқуларға ие емес (4.10-сурет), бұл жұмыс органының параметрлерінің белгілі бір мәндерінің дұрыстығын көрсетеді.



Сурет 4.10 – Шөп тұқымдарының қатардағы сіңірушімен үлестірілуінің бойлық біркелкілігі

Тұқым себу тереңдігінің біркелкілігін анықтау

Тұқымдарды себу тереңдігінің біркелкілігі тұқымдарды қатарда тікелей табу (қазу) әдісімен анықталады. Эксперименттік жұмыс органдары бар егу агрегаттары бір тәжірибенің екі іргелес сепкіш өту жолдарындағы екі жолақ бойынша жұмыс органдарының әрбір қатары үшін (алдыңғы және артқы) анықталады.

Тұқым себу тереңдігінің көрсеткіші астықтан кесілген жерге дейінгі арақашықтық болып табылады, дәлірек айтсақ, өлшеу сызғышының көмегімен жер асты бөлігінің жоғарғы нүктесінен астықтың ортасына дейінгі арақашықтық 1 мм дәлдікпен өлшенеді (4.11-сурет).



Сурет 4.11 – Шымдағы тұқымның тереңдігін анықтау

Алынған мәліметтерге сәйкес статистикалық сипаттамалар анықталды: шөптегі шөп тұқымын себудің орташа нақты тереңдігі, орташа квадраттық ауытқу, оның тереңдігі бойынша бірқалыпсыздығы (вариация коэффициенті), орташа іріктеу қателігі. Егістіктегі сынақтардың негізгі нәтижелері 4.2-кестеде және 4.12, (Қосымша Д)-да берілген.

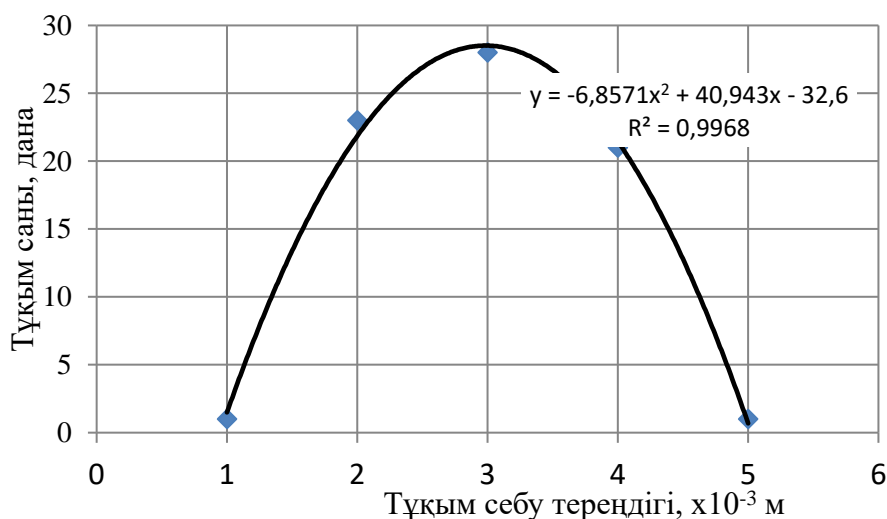
Кесте 4.2 – Тұқым себу тереңдігі

Топы рак қабаты, ×10 ⁻² м	Сіңірушілер бойынша тұқым саны, дана												Орташа арифметикалық	Стандартты ауытқу	Вариация коэффициенті	
	1			2			3			4						
	қайталау															
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Түйежоңышқа																
0-1	1,0	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,3	0,5	0,36
1-2	18,0	19,0	28,0	19,0	21,0	21,0	26,0	22,0	18,0	28,0	25,0	31,0	23,0	23,0	4,5	0,19
2-3	23,0	26,0	21,0	30,0	28,0	26,0	27,0	17,0	30,0	14,0	27,0	20,0	24,1	24,1	5,1	0,21
3-4	29,0	21,0	16,0	14,0	19,0	20,0	25,0	18,0	15,0	23,0	22,0	13,0	19,6	19,6	4,8	0,24
4-5	1,0	2,0	1,0	2,0	2,0	2,0	1,0	2,0	2,0	1,0	2,0	2,0	1,7	1,7	0,5	0,30
Еркекшөп																
0-1	2,0	2,0	3,0	2,0	1,0	2,0	2,0	1,0	2,0	1,0	2,0	3,0	1,9	1,9	0,7	0,35
1-2	20,0	25,0	18,0	15,0	22,0	20,0	27,0	24,0	19,0	28,0	23,0	20,0	21,8	21,8	3,8	0,18
2-3	28,0	31,0	35,0	30,0	29,0	31,0	27,0	30,0	32,0	20,0	31,0	22,0	28,8	28,8	4,2	0,15
3-4	19,0	27,0	28,0	16,0	21,0	22,0	17,0	25,0	29,0	21,0	25,0	19,0	22,4	22,4	4,3	0,19
4-5	2,0	2,0	2,0	3,0	2,0	1,0	2,0	2,0	1,0	2,0	1,0	2,0	1,8	1,8	0,6	0,31
Арпабас																
0-1	2,0	1,0	2,0	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,8	1,8	0,4	0,21
1-2	12,0	15,0	11,0	16,0	18,0	14,0	17,0	16,0	19,0	19,0	15,0	12,0	15,3	15,3	2,7	0,18
2-3	18,0	21,0	22,0	19,0	20,0	21,0	22,0	19,0	27,0	18,0	24,0	15,0	20,5	20,5	3,1	0,15
3-4	17,0	13,0	14,0	15,0	19,0	16,0	16,0	17,0	16,0	13,0	12,0	20,0	15,7	15,7	2,4	0,15
4-5	1,0	2,0	3,0	1,0	2,0	2,0	1,0	2,0	2,0	2,0	3,0	2,0	1,9	1,9	0,7	0,35
Жоңышқа																
0-1	2,0	3,0	4,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,9	2,9	0,5	0,18
1-2	22,0	26,0	28,0	25,0	27,0	30,0	28,0	21,0	29,0	29,0	22,0	32,0	26,6	26,6	3,5	0,13
2-3	23,0	19,0	28,0	21,0	33,0	27,0	24,0	20,0	32,0	20,0	31,0	22,0	25,0	25,0	5,0	0,20

4.2-кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
3-4	3,0	3,0	4,0	4,0	4,0	3,0	2,0	3,0	3,0	3,0	4,0	3,0	3,3	0,6	0,19
4-5	1,0	2,0	2,0	3,0	2,0	1,0	1,0	2,0	2,0	1,0	2,0	2,0	1,8	0,6	0,36
Эспарцет															
0-1	2,0	2,0	1,0	1,0	3,0	2,0	2,0	2,0	3,0	2,0	2,0	1,0	1,9	0,7	0,35
1-2	18,0	15,0	16,0	21,0	20,0	18,0	28,0	23,0	22,0	19,0	16,0	20,0	19,7	3,6	0,18
2-3	25,0	30,0	28,0	27,0	26,0	27,0	25,0	15,0	30,0	17,0	22,0	26,0	24,8	4,7	0,19
3-4	22,0	21,0	25,0	19,0	28,0	23,0	23,0	20,0	18,0	20,0	12,0	15,0	20,5	4,3	0,21
4-5	2,0	2,0	3,0	1,0	2,0	2,0	2,0	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1	0,5	0,25

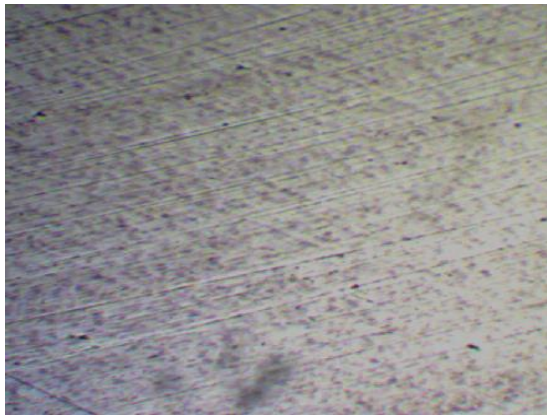
Графиктерден негізгі массадағы түйежоңышқа тұқымдары 19-36% вариация коэффициенттерімен 0,018-0,04 м тереңдікте орналасқанын көруге болады, 4.12-сурет. Еркекшөп тұқымдары вариация коэффициенті 15-35% болатын 0,02-0,042 м тереңдікте орналасқан (Қосымша Д). 0,02-0,04 м тереңдікте орналасудың вариация коэффициентінің мөлшері (19-35%) қылтықсыз арпабас тұқымдарының қанағаттанарлық шашырауын көрсетеді, (Қосымша Д). Жоңышқа тұқымын себу сондай-ақ 0,018-0,04 м тереңдікте 13-36% шегінде себу тереңдігінің бірқалыпсыздығын көрсете отырып, қанағаттанарлық шашырауды көрсетті, (Қосымша Д). Эспарцет тұқымының шашырауы қалыпты таралу заңына ие, ал 0,02-0,03 м тереңдікте вариация коэффициенті 18-35% құрайды, (Қосымша Д). Себу тереңдігі бойынша тұқымның орналасуының салыстырмалы түрде жоғары вариация коэффициенттері себуге дайын емес шым рельефімен, топырақтың қаттылығымен және оның тәжірибелік астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштің қозғалыс тұрақтылығына әсерімен түсіндіріледі.



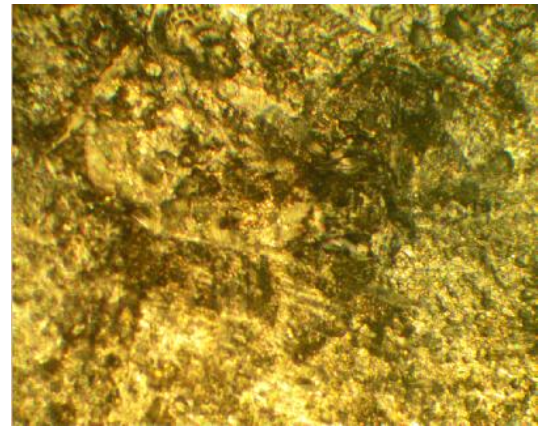
Сурет 4.12 – Түйежоңышқа тұқымын себу

4.2 Астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштің жұмыс органы қашаудың қаттылығының қаптама жасалған қабаттың химиялық құрамына тәуелділігін анықтау

Микроқұрылымдық талдау. Металлографиялық талдау көрсеткендей, бастапқы күйінде 65Г болаттың беті феррит пен пластиналы перлиттен, цементиттен тұрады (4.13-сурет). 4.13-суретте термиялық өндеуден кейін 65Г болат үлгілерінің диффузиялық қабатының микроқұрылымы берілген, мұнда 65Г болаттың көлденең қимасының құрылымында беттік беріктендіруден кейін бетінде мартенсит құрылымымен және термиялық әсер ету қабатымен қара өңделген шынықтырылған қабат байқалады. Термиялық өндеуден кейін мартенсит түйіршіктерінің түзілуі байқалады, олардың шекарасында легірлеуші элементтер карбидтерінің ұсақ бөлшектері орналасқан.



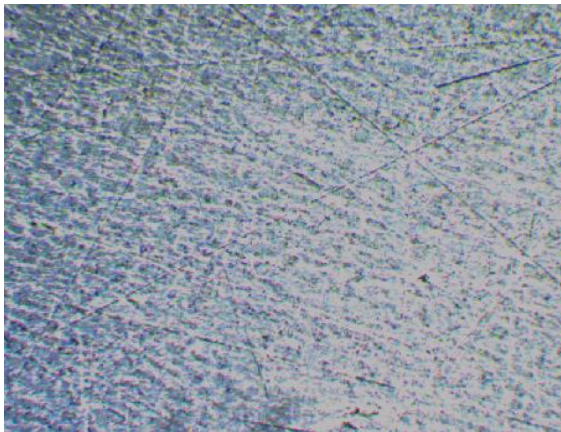
а



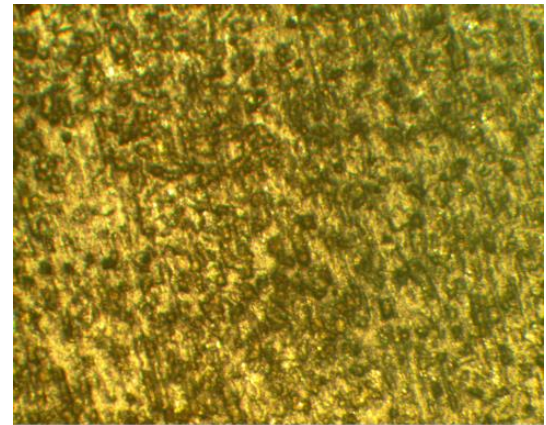
б

а – термиялық өңдеуге дейін; б – термиялық өңдеуден кейін

Сурет 4.13 – Зауыт технологиясы бойынша 65Г Болаттың диффузиялық қабатының микроқұрылымы (үлгі №7)



а

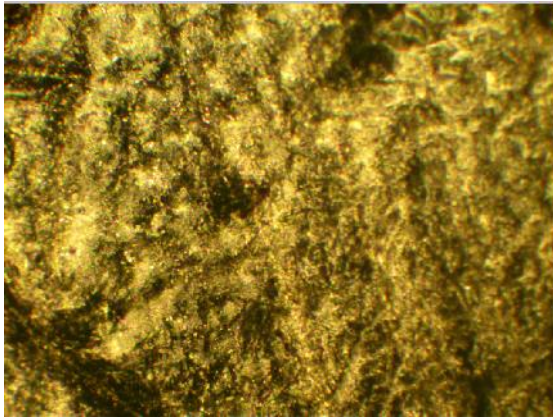


б

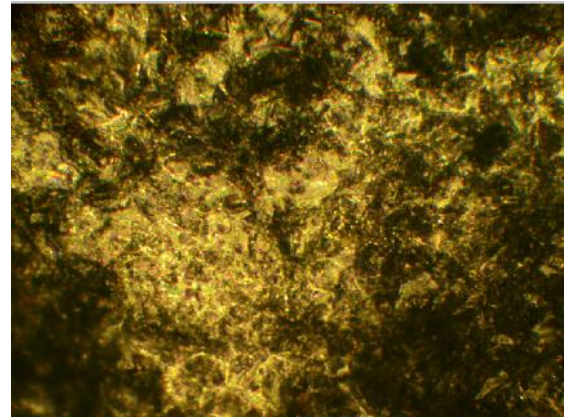
а – өңдеуге дейін; б – өңдеуден кейін

Сурет 4.14 – Термиялық өңдеуден кейінгі 65Г Болаттың диффузиялық қабатының микроқұрылымы (үлгі №3)

4.14-сурет, үлгілердің бастапқы микроқұрылымы беріктендіру алдында біркелкі түйіршік диаметрі бар ферритпен қоршалған ірі түйіршікті перлит болып табылады. Т590 электродымен және сормайтпен беріктендірілген кейін құрылымның айтарлықтай ұсақталуы орын алады. Мартенситтік инелердің мөлшері кішірейеді, сормайтпен беріктендірілген бетте мартенситтік инелер үлкенірек (4.15б-сурет), ал Т590 электродымен беріктендірілген беттің диффузиялық қабатының құрылымында екінші реттік цементит пен перлит цементиті арқасында кішірек инелі мартенсит пайда болады (4.15а-сурет).



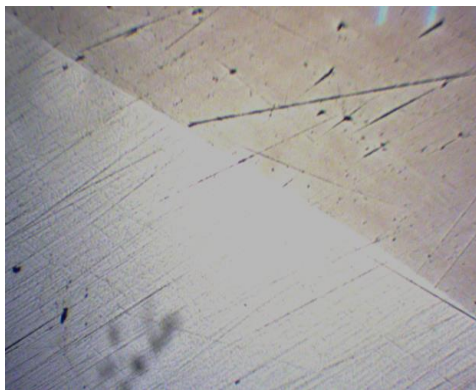
а



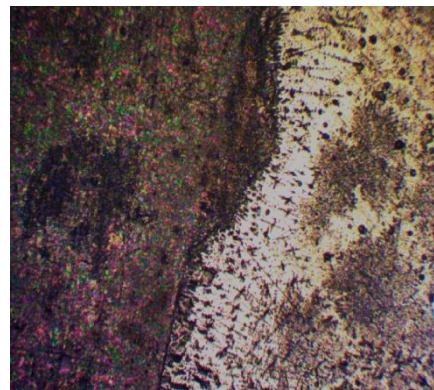
б

а – Т590 электродымен беріктендіруден кейін; б – сормайтпен беріктендіруден кейін

Сурет 4.15 – Беріктендіруден кейінгі 65Г болат үлгілерінің диффузиялық қабатының микроқұрылымы



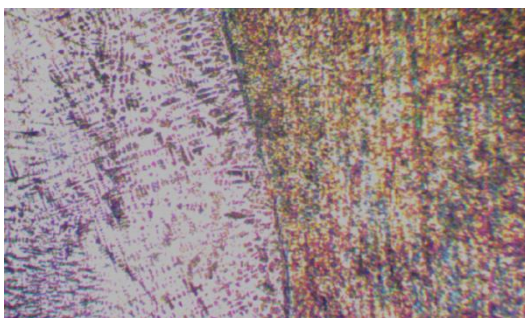
а



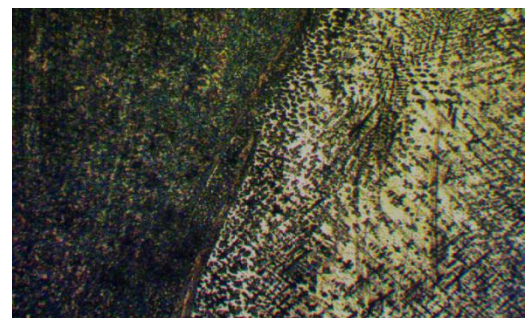
б

а – өңдеуге дейін; б – өңдеуден кейін

Сурет 4.16– Өңдеуге дейінгі және кейінгі №1-үлгінің балқыту шекарасының микроқұрылымы



а



б

а – 30 секунд өндегеннен кейін; б – 1 мин өндегеннен кейін

Сурет 4.17 – «Патша арағы» сілтiсiнде өңделген үлгiнiң микроқұрылымы

Ескерту – ақшыл бөлiгi – болат 65Г, қара бөлiгi – Т590 электродымен берiктендiрiлген

4.16, 4.17-суреттерде №1 үлгінің өңдеуге дейінгі және кейінгі беткі қабатының микроқұрылымдық фотосуреттері көрсетілген, ақшыл бөлігі 65Г болат, ал қара бөлігі – Т590 электродымен беріктендірілген бет. Шекарада хром, марганец, кремний және бор карбидтерінің ұсақ бөлшектерін көруге болады.

Құрамында көміртегінің мөлшері көп болаттардың көпшілігінде, әсіресе рессорлы-серіппелі болаттарда, айқын құрылымдарды алу үшін өңдеу процесін бірнеше сатыда жүргізу ұсынылады, сондықтан эксперимент кезінде үлгілер алдымен 30 секунд, содан кейін 1 минут ішінде сілтіде өңделген. Нәтижелер көрсеткендей, перлит негізі бар мартенситтік құрылым «патша арағы» сілтісінде 1 минуттық өңдеуден кейін анық анықталған.

Қаттылықты өлшеу. Виккерс шкаласы (HV) бойынша ультрадыбыстық байланыс кедергісінің (UCI) динамикалық әдісімен МЕТ-У1А қаттылықты өлшегішімен (3.12а-сурет) берілген үлгілердің қаттылығын жергілікті өлшеу (3.12б-сурет) 20 рет қайталау арқылы жүргізілді және эксперимент нәтижелері 4.3-кестеде келтірілді.

Кесте 4.3 – Виккерс шкаласы бойынша эксперименттік үлгілердің қаттылығын өлшеу, (HV)

Тәжірибе нөмірі	Үлгі №1	Үлгі №3	Үлгі №6	Үлгі №7
1	815	243	382	308
2	790	356	305	164
3	736	229	557	228
4	624	183	466	331
5	548	359	385	237
6	775	223	555	149
7	679	320	657	287
8	733	245	520	206
9	724	289	560	169
10	598	391	474	180
11	575	138	380	126
12	763	118	613	105
13	628	153	584	147
14	661	178	359	133
15	709	154	523	117
16	644	320	577	167
17	740	112	518	331
18	739	185	649	333
19	709	135	494	327
20	713	149	534	100

Нәтижелер көрсеткендей, №1 үлгінің Виккерс шкаласы бойынша микроқаттылығы $815 \div 548$ HV, №3 үлгіде – $391 \div 112$ HV, №6 үлгіде – $657 \div 305$ HV және №7 үлгіде – $333 \div 100$ HV аралығында ауытқиды. Сондықтан Т590 қатты қорытпалы электродпен қаптама жасалған №1-үлгі №7-үлгіге қарағанда шамамен 2,5 есе қаттылыққа ие. Сонымен қатар, ЖЖТ-шынықтырылған №3 үлгі типтік әдіс бойынша термиялық өңделген №7 үлгінің қаттылығын өлшеу

нәтижелеріне ұқсас. Ал ЦС-1 сормайтымен беріктендірілген №6 үлгінің қаттылығы №1 үлгіге қарағанда 1,2 есе аз, бірақ №7 үлгісімен салыстырғанда қаттылығы шамамен 2 есе көп.

Төмендегі 4.4, 4.5, 4.6 кестелердегі таңдалған үлгілердің химиялық құрамы Виккерс шкаласы бойынша өлшеу нәтижелерінен қашаудың қаттылығының жоғары мәндері (4.3-кесте) қаптама жасалған қабаттың күрделі құрамына байланысты екенін көрсетеді. Марганец-Кремний-Бор-Хром негізінде электрод құрамында хромның мөлшері аз Марганец-Кремний-Никель-Хром негіздегі электродқа қарағанда ең жоғары көрсеткіштерге ие, яғни Т590 электродында хромның мөлшері 22,0÷27,0%, ЦС-1 электродында хромның мөлшері 25,0÷31,0% болғанына қарамастан Т590 электродының қаттылығы жоғары.

Кесте 4.4 – 65Г болаттың химиялық құрамы

Химиялық элемент	Fe	C	Mn	Si	Ni	Cr	Cu	S	P
Құрамында %	97	0,65 ÷0,7	0,9 ÷1,2	0,17 ÷0,37	0,17 ÷0,37	дейін		көп емес	
						0,25	0,2	0,035	0,035

Кесте 4.5 – Т590 электродының химиялық құрамы

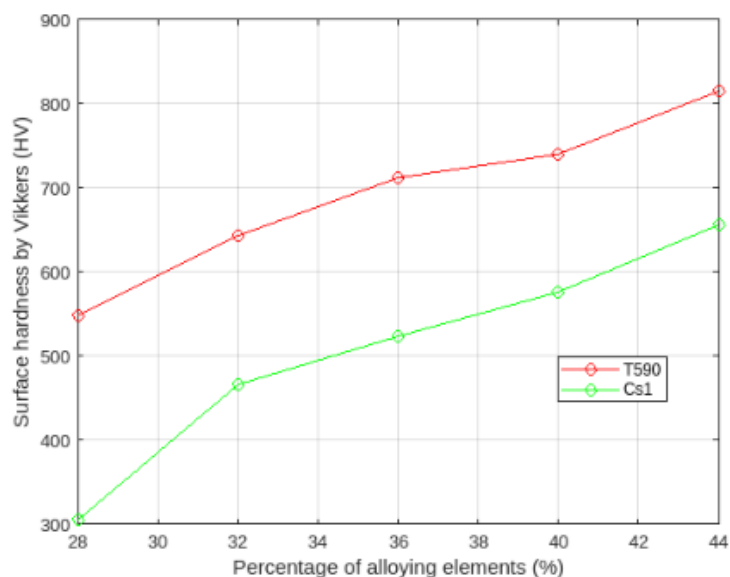
Химиялық элемент	C	Mn	Si	B	Cr	S	P
Құрамында %	2,9÷3,5	1,0÷1,5	2,0÷2,5	0,5÷1,5	22,0÷27,0	көп емес	
						0,035	0,035

Кесте 4.6 – Э-3300Х28Н4С4 типті ЦС-1 электродының химиялық құрамы (№1 сормайт)

Химиялық элемент	C	Mn	Si	Ni	Cr
Құрамында %	2,5÷3,4	1,0 дейін	2,8÷4,2	3,0÷5,0	25,0÷31,0

65Г болаттағы легірлеуші элементтердің мөлшері 1,76÷2,46%, Т590 электродында – 28,47÷36,07% және ЦС-1 электродында – 34,3÷44,6% құрайды. Өлшеу эксперименттерінің деректерін және электродтардың құрамындағы легірлеуші элементтердің жалпы пайызын ескере отырып, MathLab-та тек екі №1 және №6 үлгілерінің тәуелділік графигін (4.18-сурет) салуға болады, өйткені материалды ЖЖТ шынықтыру кезінде (№3 үлгі) легірлеуші элементтердің құрамы бастапқы №7 үлгідегі сияқты өзгеріссіз қалады.

Тәуелділік графигі бойынша (4.18-сурет) қорытпадағы қымбат легірленген элементтердің жоғары құрамына қарамастан, металдың қаттылығы аз болуы мүмкін деп айтуға болады, мысалы, құрамында бор элементі бар Т590 электродында құрамында қымбат никель элементі бар сормайтқа қарағанда қаттылығы жоғары.



Сурет 4.18 – Қашау бетінің қаттылығының легіріленген элементтердің құрамына тәуелділік графигі

Нәтижесінде 4.3, 4.4, 4.5, 4.6-кестеден және 4.13, 4.14, 4.15, 4.16, 4.17, 4.18-суреттерден Т590 маркалы электродтың қаптамасымен қашаудың толық жұмыс беті беріктендірілген №1 үлгі қаттылығы 815HV мен біркелкі мартенсит-перлит микроқұрылымының арқасында тұрақты абразивті әсерге ие екенін атап өтуге болады.

Беріктендірілген үлгілерді микроқұрылымдық талдау нәтижелері бойынша Т590 маркалы электродтармен және сормайтпен қаптама жасау арқылы беріктендіру, сондай-ақ термиялық өңделген үлгілерде материалдың қаттылығын арттыратын соңғы құрылымда екінші цементит және перлит цементиті бар екені анықталды. Сондай-ақ композициялық күрделі қорытпалардағы легірлеуші элементтердің құрамы, әсіресе бор мен никель қаттылыққа айтарлықтай әсер етеді. Алайда, никельдің болуы (ЦС-1) беріктендірілген бөлшектің құнын қымбаттатады, сондықтан оны бор негізіндегі төрт компонентті қрыптаға (Т590) ауыстыру ұсынылады.

4.2.1 Кремний-марганец-хром негізіндегі қаптама жасау арқылы беріктендірілген қашаудың макроқұрылымдық зерттеу нәтижелері

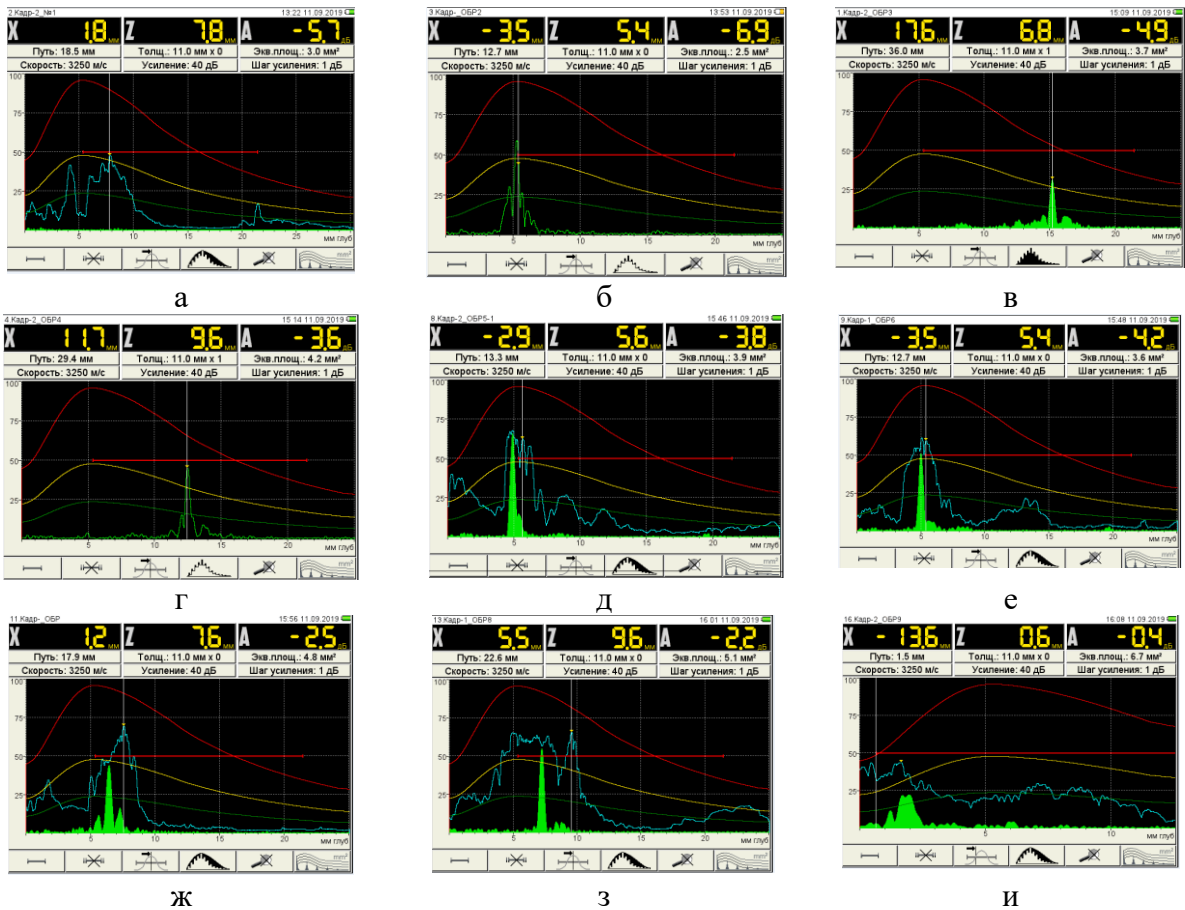
АРД-диаграммалардың нәтижелерін алу үшін ультрадыбыстық дефектоскопқа 65Г болат үшін физикалық сипаттамалардың мәндері (4.7-кесте) енгізілді. Келтірілген мәліметтерден 3250 м/с жылдамдық, 40 дБ күшейту, қадам 1дБ күшейту және қашау қалыңдығы 0,011 м деп қабылданды [130, с. 120-121].

АРД диаграммалары әдетте белгілі бір элементтің тірек калибрлеуі негізінде құрылады, мысалы, берілген рефлектор немесе берілген тереңдіктегі жалпақ түбі бар тесік. Осы калибрлеу нүктесінің көмегімен ПЭП сипаттамалары мен материалдың қасиеттерін ескере отырып, бүкіл қисықты құруға болады (4.7-кесте). Бүкіл қисықтар сериясын бейнелеудің орнына, құрылғы әдетте таңдалған рефлектордың өлшеміне негізделген бір қисықты көрсетеді (анықтау шегі). 4.19-

суретте жоғарғы қисық (қызыл) 0,05-тен 0,1 м-ге дейінгі тереңдікте 0,002 м диск рефлекторы үшін АРД графигін білдіреді. Төменгі қисық (сары) – 0,4-тен 6,9 дБ-ге дейінгі амплитудада салынған тірек қисығы. Экранда қызыл қисық 0,011 м тереңдіктегі жалпақ түбіндегі тесіктен шағылысуды білдіреді. Қисыққа қатысты шағылыстырғыштың биіктігі мен тереңдігіне сүйене отырып, құрылғы көмегімен тозған беттің эквивалентті ауданын (төменгі көк және жасыл қисықтар) есептелді.

Кесте 4.7 – 65Г болат үшін физикалық сипаттамалардың мәндері

Серпімділік модулі E (МН/м ²)·10 ³	Тығыздық ρ (кг/м ³) 10 ⁻³	Пуассон коэффициенті σ	Дыбыс жылдамдығы (м/с)		Меншікті толқындық кедергі (кг/(м ² ·с))·10 ⁻⁶
			C _l	C _t	
12,8÷20,15	7,8÷7,9	0,28÷0,35	5320÷5850	2950÷3250	40÷45



а – жұмыс беті (алдыңғы және артқы жағы) Т590 электродымен беріктендірілген үлгі; б – жұмыс беті (толық жұмыс бөлігі) Т590 электродымен беріктендірілген үлгі; в – жұмыс беті ЖЖТ шынықтырылған Үлгі; г, д, ж, з, и – жұмыс беті зауыт технологиясы (ЗТ) бойынша термоөңделген үлгілер; е – жұмыс беті ЦС-1 электродымен беріктендірілген үлгі (№1 сормайт) (эталон)

Сурет 4.19 – Астық-шөп-тыңайтқыш сепкіш қашауларының тозған беттерінің ультрадыбыстық дефектоскопының АРД диаграммаларынан кадрлар

АРД-диаграмма көрсетілген (4.19а-сурет) учаскені $x=0,0018$ мм координаттар бойынша зондтау кезінде сигнал тікелей сәулемен ұсталады. Мұны объектінің қалыңдығы бар терезеде көбейту белгісінен кейін "0 Саны" көрсетеді. Сигналдың амплитудасы ақау деңгейінен 5,7 дБ төмен, баламалы ауданы 3×10^{-6} м². Рефлексия 0,0078 мм тереңдікте алынды.

Дәл осындай өлшеулер №2-№9 үлгілермен жүргізілді. Сіңіруші қашауларының эксперименттік үлгілерінің тозған беттерін ультрадыбыстық дефектоскоппен зерттеу нәтижелері 4.8-кестеде келтірілген.

Кесте 4.8 – Қалыңдығы 11 мм тозған қашау беттерін зерттеу нәтижелері

Үлгі нөмірі	Эксперименттің қайталануы	Материал	Ақау параметрлерінің координаттары			Жол, м	Экв. аудан, м ²	Орташа ариф. экв. аудан, м ²
			X, м	Z, м	A, дБ			
1	1	Болат 65Г+Т590 (алдыңғы және артқы жағы)	0,0018	0,0078	-5,7	0,0185	3×10^{-6}	$3,25 \times 10^{-6}$
	2		-0,0033	0,0055	-4,4	0,0129	$3,5 \times 10^{-6}$	
2	1	Болат 65Г+Т590 (толық жұмыс бөлігі)	-0,0035	0,0054	-6,9	0,0127	$2,5 \times 10^{-6}$	$2,85 \times 10^{-6}$
	2		-0,0021	0,006	-5,1	0,0142	$3,2 \times 10^{-6}$	
3	1	Болат 65Г (ЖЖТ-шынықтыру)	0,0176	0,0068	-4,9	0,036	$3,7 \times 10^{-6}$	$3,3 \times 10^{-6}$
	2		-0,0035	0,0054	-8,8	0,0127	$2,9 \times 10^{-6}$	
4	1	Болат 65Г (ЗТ)	0,0011	0,0099	-6,6	0,0286	$3,8 \times 10^{-6}$	$4,0 \times 10^{-6}$
	2		0,0012	0,0096	-3,6	0,0294	$4,2 \times 10^{-6}$	
5	1	Болат 65Г (зауыт технологиясы)	0,00002	0,0071	-5,6	0,0168	$3,8 \times 10^{-6}$	$3,85 \times 10^{-6}$
	2		-0,0029	0,0056	-3,8	0,0133	$3,9 \times 10^{-6}$	
6	1	Болат 65Г +ЦС-1 (сормайт №1) эталон	-0,0035	0,0054	-4,2	0,0127	$3,6 \times 10^{-6}$	$3,55 \times 10^{-6}$
	2		-0,0035	0,0054	-4,5	0,0127	$3,5 \times 10^{-6}$	
7	1	Болат 65Г (ЗТ)	0,0012	0,0076	-2,5	0,0179	$4,8 \times 10^{-6}$	$4,8 \times 10^{-6}$
	2		0,0031	0,0084	-0,8	0,0179	$4,8 \times 10^{-6}$	
8	1	Болат 65Г (ЗТ)	0,0055	0,0096	-2,2	0,0226	$5,1 \times 10^{-6}$	$4,6 \times 10^{-6}$
	2		-0,0013	0,0064	-3,5	0,0151	$4,1 \times 10^{-6}$	
9	1	Болат 65Г (ЗТ)	-0,0017	0,0062	-11,1	0,0147	$3,5 \times 10^{-6}$	$4,1 \times 10^{-6}$
	2		-0,0136	0,0006	-0,4	0,0015	$6,7 \times 10^{-6}$	

Ультрадыбыстық дефектоскоптан алынған 4.19-суреттен және 4.8-кестеден алынған кадрлардың мәліметтері бойынша, зауыттық технология бойынша беріктендірілген параметрлері бірдей эксперименттік үлгілер арасында ақаудың (тозудың) эквивалентті аймағының ең үлкен мәні сериялық өндірілген қашаулардың үлгілерінде (№4, 5, 7, 8 және 9) болғанын атап өтуге болады. Ал

толық жұмыс беті Т590 электродымен беріктендірілген үлгіде (4.19б-сурет) тозудың ең кіші эквивалентті ауданы болды.

Сондай-ақ, Т590 маркалы электродтың алдыңғы және артқы жағы ғана беріктендірілген №1-үлгіде (4.20а-сурет) және жұмыс беті ЦС-1 электродымен беріктендірілген үлгіде (№1 сормайт) зауыт технологиясы бойынша сериялы өндірілген және жұмыс беті ЖЖТ шынықтыру арқылы беріктендірілген үлгілермен салыстырғанда тозудың эквивалентті ауданы аз болды.



а – жұмыс беті Т590 электродымен беріктендірілген үлгі (алдыңғы және артқы жағы); б – жұмыс беті (толық жұмыс бөлігі) Т590 электродымен беріктендірілген үлгі; в – жұмыс беті ЖЖТ шынықтырылған үлгі; г, д, ж, з, и – жұмыс беті зауыттық технология (ЗТ) бойынша термоөңделген үлгілер; е – жұмыс бетімен ЦС-1 электродымен беріктендірілген үлгі (№1 сормайт) (эталон)

Сурет 4.20 – Әр түрлі әдістермен беріктендірілген астық-шөп-тыңайтқыш сепкіш қашауларының тозған беттерінің фотосуреттері

4.20г, 4.20д-суретте и үлгілеріндегі қашаудың алдыңғы бетінде қатты топырақ түйіріне ұшыраған кезде жырашық пен тесік түрінде ұсақ майысулар

мен жарықшақ қалады, ал 4.20в, 4.20е, 4.20ж, 4.20з үлгілерінде өткір жиектері бар минералдардың кесу іздері мен дөңгелектелген фаскасы қалады. Абразивті тозуға а және б үлгілері аз ұшырайды [130, с. 122].

Ультрадыбыстық дефектоскоппен алынған АРД-диаграммалардың нәтижелері бойынша беріктендірілген үлгілердің эквивалентті тозу ауданы сериялы өндірілген (зауыттық технология) үлгілермен салыстырғанда аз екендігі анықталды. Беріктендірілген үлгілердің ішінде тозудың ең аз эквивалентті ауданы Т590 электродымен беріктендірілген толық жұмыс бетімен беріктендірілген үлгіге ие, сонымен қатар егістік эксперименттердің нәтижелері бойынша бұл үлгінің абразивті әсерге төзімділігі жоғары болды [130, с. 123].

Егістік эксперименттердің нәтижелері бойынша зауыттық технологиямен сериялы өндірілген, сормайтпен және ЖЖТ шынықтырумен беріктендірілген үлгілер қашаудың алдыңғы бетінде қатты топырақ түйіріне ұшыраған кезде жырашық пен тесік түрінде ұсақ майысулар мен жарықшақ, сондай-ақ кесу іздері және өткір жиектері бар минералдардың дөңгелектелген фаскасы пайда болады.

4.2.2 Қаттылықтың бетті беріктендіру әдісіне тәуелділігін анықтау

Жұмыс беті Т590 электродымен қаптама жасау арқылы беріктендірілген сіңіруші қаттылығының электрод құрамындағы легирлеуші элементтің (хромның) пайыздық мөлшеріне, ұстау уақытына және бетінің меншікті кедергісіне тәуелділігін $HV = f(R, \tau, Cr)$ екінші дәрежелі көпмүшемен аппроксимациялау туралы шешім қабылданды. Эксперимент екінші ретті орталық композициялық айналмалы жоспарлау бағдарламасы бойынша жүргізілді. Зерттеуде қабылданған факторлардың вариациялау деңгейлері мен аралықтары (Қосымша Д)-да келтірілген.

Теңдеудің коэффициенттері (4.1)-(4.5) формулалары бойынша анықталады.

Жоспарлау матрицасы және тәжірибе нәтижелері (Қосымша Д)-да келтірілген.

Қайта өндірілушіліктің s_y^2 дисперсиясы жоспар орталығындағы тәжірибелердің нәтижелері бойынша анықталды. Регрессия теңдеуінің коэффициенттерін анықтаудағы қателіктерді сипаттайтын дисперсиялар (4.6) – (4.9) формулалары бойынша есептелді.

Коэффициенттер үшін сенімділік аралығы:

$$\Delta b_0 = \pm ts\{b_0\} = \pm 36,65 ; \Delta b_i = \pm ts\{b_i\} = \pm 24,29$$

$$\Delta b_{il} = \pm ts\{b_{il}\} = \pm 31,74 ; \Delta b_{ii} = \pm ts\{b_{ii}\} = \pm 23,67$$

5% маңыздылық деңгейіндегі және еркіндік дәрежелерінің $f = 5$ санындағы Стьюдента критерийінің кестелік мәні $t = 2,57$ тең.

Коэффициенттер b_1, b_2, b_{11}, b_{22} және b_{33} сенімділік аралықтары аз, сондықтан оларды статистикалық маңызды емес деп тануға және регрессия теңдеуінен

шығаруға болады. Маңызды емес коэффициенттерді алып тастағаннан кейін теңдеу келесідей болады:

$$y = b_0 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 \quad (4.21)$$

Квадраттық мүшелер кезінде маңызды емес коэффициенттер болғандықтан, теңдеудің коэффициенттері ең кіші квадраттардың көмегімен қайта есептелді.

Екінші ретті айналмалы жоспарлауды қолдану нәтижесінде келесі регрессия теңдеуін аламыз:

$$y = 702,28 + 32,36x_3 - 32,5x_1x_2 + 52,25x_1x_3 + 41,75x_2x_3 \quad (4.22)$$

Қалыпты теңдеулер жүйесін шешіп, $b_0=695,15$; $b_3=32,35$; $b_{12}=-32,5$; $b_{13}=52,25$; $b_{23}=41,75$ үшін коэффициенттердің мәндерін анықтаймыз.

Модельдің сәйкестік гипотезасын тексеру (4.22) модельдің 5% маңыздылық деңгейінде барабар екенін көрсетті, өйткені F критерийінің есептік мәні кестелік мәннен аз. (4.22) теңдеуі бойынша есептелген y мәндері тәжірибелік мәндерден тәжірибе қателігінен аспайтын шамаларға ерекшеленеді.

Екінші ретті айналмалы жоспарлауды қолдану нәтижесінде (4.22) келесі регрессия теңдеуі алынды:

$$y = 695,15 + 32,35x_3 - 32,5x_1x_2 + 52,25x_1x_3 + 41,75x_2x_3 \quad (4.23)$$

Кодталған (x_1, x_2, x_3) факторлардың натурал (R, τ, Cr) мәндеріне ауыса отырып, беріктендірілген сіңіруші бетінің қаттылығының электрод құрамындағы легирлеуші элементтің (хромның) пайыздық мөлшеріне, ұстау уақытына және бетінің меншікті кедергісіне тәуелділігін аламыз:

$$X_1 = \frac{R-0,4}{0,15}; X_2 = \frac{\tau-2}{1}; X_3 = \frac{Cr-13}{5}.$$

Виккерс шкаласы бойынша қашау бетінің қаттылығының қашау параметрлеріне тәуелділігін аламыз:

$$HV = 695,15 - 38,13Cr + 69,7CrR + 8,35Cr\tau - 216,78R\tau - 472,57R - 21,775\tau \quad (4.24)$$

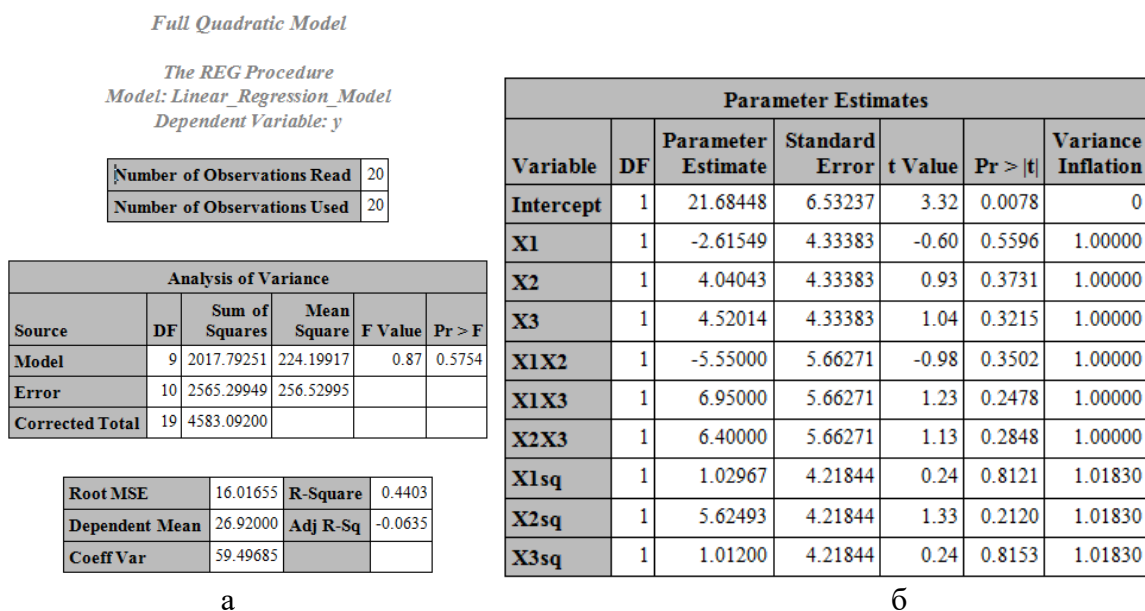
(4.24) теңдеуін HV шамасын есептеу үшін интерполяциялық формула ретінде пайдалануға болады. (4.24) теңдеуінен мынаны атап өтуге болады: эксплуатациялық (меншікті кедергі) және құрылымдық (легирлеуші элемент – хромның пайыздық мөлшері) көрсеткіштер технологиялық (ұстау уақыты) көрсеткішіне қарағанда қашау бетінің қаттылық мәніне көбірек әсер етеді. 65Г рессорлы-серіппелі болаттан жасалған қашауларды беріктендіру кезінде (4.24)

теңдеуді технологиялық, құрылымдық және эксплуатациялық көрсеткіштерінің ұтымды мәндерін белгілеу үшін пайдалануға болады.

Ерекше нүктенің координаттарын кодын қайта ашу кезінде факторлардың оңтайлы мәндері алынады: материалдағы $Cr=13.61\%$ құрамы; ұстау уақыты $\tau=2.108$ сағат және меншікті кедергі $R=0,41$ мкОм·м. 65Г болатқа ұсынылған қаттылық 695HV.

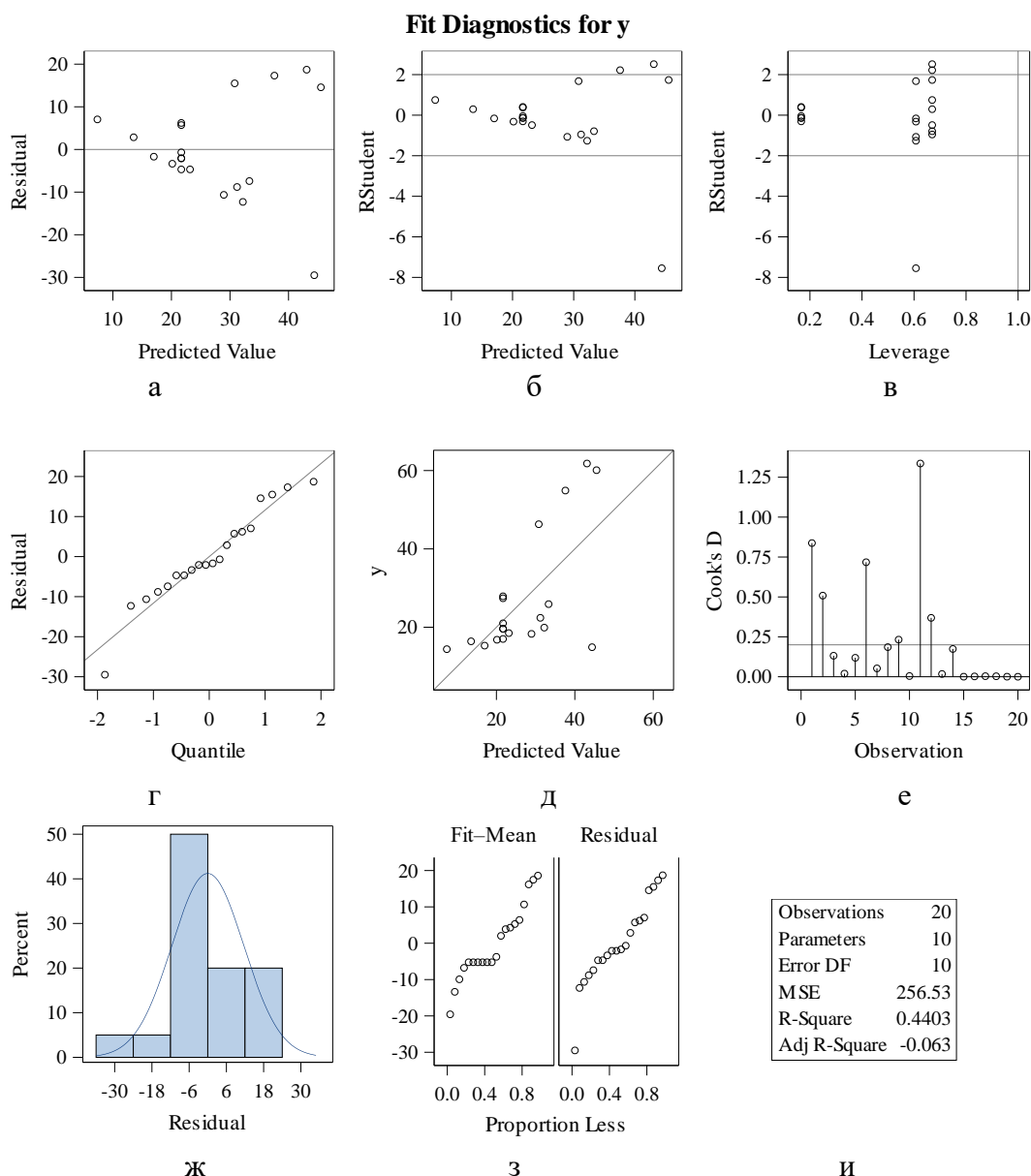
4.2.3 SAS статистикалық талдау бағдарламасы арқылы толық квадраттық модельді талдау нәтижелері

Жоспарлау матрицасы және эксперимент нәтижелері (Қосымша Д)-да келтірілген. 4.21-суретте статистикалық талдау бағдарламасы (SAS) арқылы толық квадраттық модельді талдау нәтижелері көрсетілген (SAS институты, Cary, NC 27513, АҚШ). Жалпы алғанда, нәтижелер модельдің, сондай-ақ модельдегі барлық айнымалылардың шамалы екенін көрсетеді ($p = 0,57$), көпмөлшерлі детерминация коэффициенті R^2 небәрі 0,44 және теріс түзетілген R^2 .



Сурет 4.21 – SAS бағдарламада талданған толық квадраттық модельдің деректері шығарусыз

Болжамды модельдің сапасы 4.22д-суреттің графигінде көрсетілген. Графикте әр байқау үшін болжамды жауаппен салыстырғанда байқалған жауап көрсетілген. Маркерлердің көпшілігі диагональды сызықтан алыс, бұл болжамды жауап бақыланатын жауаптан алыс болатын бақылауларды көрсетеді.



Сурет 4.22 – Қашаудың беттік беріктендіру әдісіне байланысты максималды қаттылықтың тәуелділігін анықтау үшін таңдалған толық квадраттық модельдің сызықтық регрессиясы

Екі қалдық диаграмма (а, б) өңделмеген қалдықтарды және студентті (сыртқы) бақылау қалдықтарын көрсетеді. Бірінші график (а) – өңделмеген қалдықтардың болжамды мәндерге тәуелділік графигі. Тәуелсіз және кездейсоқ шамалар жиынтығы (а) бір маркерден басқа көлденең сызық бойымен бірдей бөлінеді. Қалдықтардың екінші графигі (б) сыртқы мәліметтерден алынған, ("RStudent" деп белгіленген) өңделмеген қалдықтардың графигін сипаттайды. Берілген Стьюдент қалдық шамасында 3 теріс маркер ± 2 аймақта орналасқан және бұл бақылауды ықтимал шығарылым ретінде қарастырған жөн.

Жоғарғы оң жақ өрістегі екі график (в, е) шығарындыларды, ықпалды бақылауларды және жоғары иін нүктелерін зерттеуге мүмкіндік береді. Графиктердің бірінде Стьюдент қалдықтарының әр бақылау үшін иін мәніне

тәуелділігі көрсетілген. Жоғарыда айтылғандай, бақылаулар бойынша Стюдент қалдықтары ± 2 -ден асады, бұл жағдайда 3 маркер жойылды деп санауға болады. Иін (в) мәнінің статистикасы 3 ықпалды маркердің болуын және маркерлердің түсіндірме айнымалылар кеңістігіндегі деректер центроидынан қаншалықты алыс екенін көрсетеді. Тік сызықтың оң жағындағы маркерлер (в) – жоғары әсер ететін нүктелер. Осылайша, графикті (в) талдай отырып, бақылаулар «шығарындылар және жоғары иінді нүктесі» санатына жатады деп айтуға болады. Ең кіші квадраттардың модельдері тұрақты емес, сондықтан параметрлерді бағалау жоғары иін нүктелеріне байланысты болады. D Куктың екінші графигінің ине графигі (Е) – бұл деректердегі ықпалды бақылауларды көрсететін тағы бір график. Көлденең сызықтан жоғары орналасқан, 0,5 пен 1,5 арасындағы 4 ине теріс маркерлерге байланысты ықпалды болып саналады.

Төменгі сол жақтағы графиктер (г, ж) статистиканы шығару үшін қалыпты бөлінген қалдықтарды көрсетеді. Бірінші график (г) – квантильдер мен квантильдердің қалдықтарының қалыпты графигі (Q-Q-графигі). Маркерлер диагональды сызыққа жақын, сондықтан қалдықтар шамамен қалыпты. Қалдықтардың Q-Q графигінде маркерлер супердиагональды сызықтың сол және оң жағында, ал ортасында сызықтың астында орналасқан. Егер қалдық гистограммасына қарасақ (ж), қалыпты тығыздық қисығының қабаттасуы гистограммаға сәйкес келмейді оң жағында неғұрлым салмақты қалдық бар. Бұл модель үшін қалдықтар қалыпты емес, сондықтан теріс маркерлерді шығару қажет.

Шашырау диаграммасы (з) эмпирикалық квантильдерді олардың графиктегі орналасуымен салыстырады. Сол жақ график (орталықтандырылған таңдалған мәндер) және оң жақ график (қалдық мәндер) бірдей орналасады, бұл қалдық мәндердің бірдей таралуын көрсетеді.

Қалдықтарды мұқият зерттеу (Қосымша Д)-ның кестесінде көрсетілген №11 деректер нүктесі шығарынды екенін көрсетті. Центроидтан алыс бақылаулар регрессиялық модельге сәйкес келу кезінде ықтимал әсер етеді. «Әсер етушілер» бұл бақылауды алып тастау параметр ұпайларының салыстырмалы түрде үлкен өзгеруіне әкелуі мүмкін дегенді білдіреді. Сондықтан бұл деректер нүктесі жойылып, деректер қайта талданды. Нәтижелер 4.24-суретте көрсетілген.

4.23-суретте 1 шығарылымы бар толық квадраттық модельді талдау нәтижелері көрсетілген. Нәтижелер модельдің, сондай-ақ модельдегі барлық айнымалылардың маңыздылығын көрсетеді, көпмөлшерлі детерминация коэффициенті (R^2) 0,92 және түзетілген (R^2) 0,84.

Full Model without Outlier

The REG Procedure
Model: Linear_Regression_Model
Dependent Variable: y

Number of Observations Read	20
Number of Observations Used	19
Number of Observations with Missing Values	1

Analysis of Variance					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	9	4081.05474	453.45053	11.66	0.0006
Error	9	349.95262	38.88362		
Corrected Total	18	4431.00737			

Root MSE	6.23567	R-Square	0.9210
Dependent Mean	27.55263	Adj R-Sq	0.8420
Coeff Var	22.63186		

а

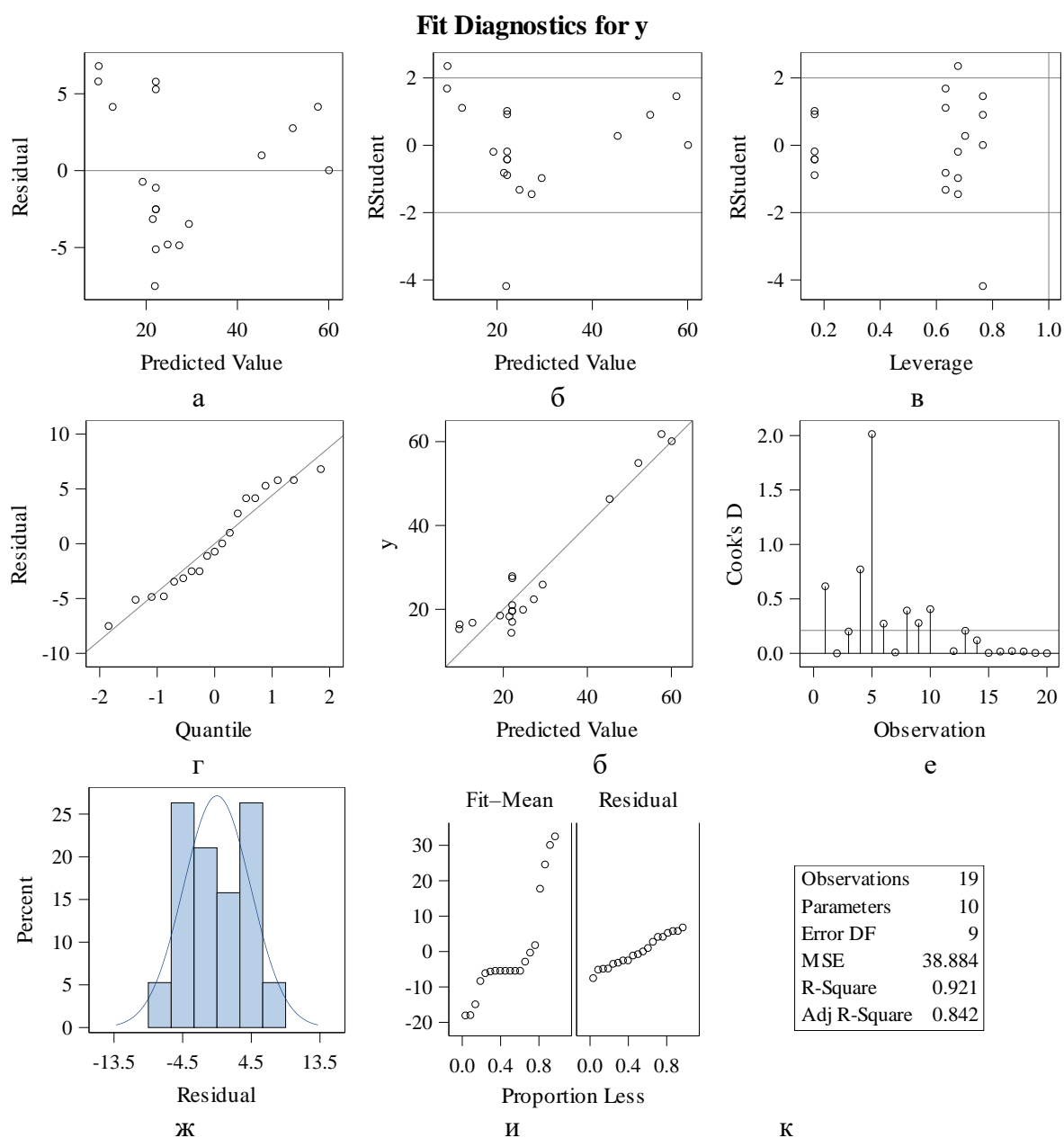
Parameter Estimates						
Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t	Variance Inflation
Intercept	1	22.11172	2.54386	8.69	<.0001	0
X1	1	-2.61549	1.68728	-1.55	0.1555	1.00000
X2	1	13.29056	2.08536	6.37	0.0001	1.19447
X3	1	4.52014	1.68728	2.68	0.0252	1.00000
X1X2	1	-5.55000	2.20464	-2.52	0.0329	1.00000
X1X3	1	6.95000	2.20464	3.15	0.0117	1.00000
X2X3	1	6.40000	2.20464	2.90	0.0175	1.00000
X1sq	1	-1.77088	1.68374	-1.05	0.3203	1.03448
X2sq	1	16.09997	2.15017	7.49	<.0001	1.16893
X3sq	1	-1.78855	1.68374	-1.06	0.3158	1.03448

б

Сурет 4.23 – 1 шығарындысы бар талданған толық квадраттық модель

№11 деректер нүктесін алып тастау мультиколлинеарлық мәселелерге әкелмейді, өйткені дисперсиялық инфляция коэффициенттерінің барлық мәндері 1-ге жақын (дисперсиялық инфляциямен ешқандай проблема жоқ). Модель өте маңызды болып шықты ($p=0,0006$), өте жоғары көпмөлшерлі детерминация коэффициентімен $R^2=0,92$ және түзетілген коэффициентімен $R^2=0,84$. X_1 , X_{12} , X_1 және X_{3sq} қоспағанда, модельдегі барлық айнымалылар маңызды болды. 4.24-суретте бақыланатын мәндердің модель болжаған мәндерге тәуелділік графигі көрсетілген. Маңызды емес №11 айнымалы модельден алынып тасталған кезде және регрессиялық талдау қайталанғанда, модель өзгерген жоқ. Бұл дисперсиялық инфляция коэффициентінің мәндерімен дәлелденген тәуелсіз айнымалылар арасындағы мультиколлинеарлықтың болмауына байланысты деп түсіндіріледі.

Маркерлердің көпшілігі 4.24-суреттегі диагональ сызығына жақын, бұл болжамды жауап байқалған жауапқа жақын болатын бақылауларды көрсетеді. Тәуелсіз және кездейсоқ шамалар жиынтығы (а) көлденең сызық бойымен бірдей шашыраңқы бөлінген. Стьюдент қалдық шамасында (б), 2 теріс маркер ± 2 аймағында орналасқан және бұл бақылауды ықтимал шығарылым ретінде қарастырған жөн.



Сурет 4.24 – Қашаудың беттік беріктендіру әдісіне байланысты максималды қаттылықтың тәуелділігін анықтау үшін, таңдалған толық квадраттық модельдің сызықтық регрессиясы

Иін (в) мәнінің статистикасы 2 ықпалды маркердің болуын және 1 маркердің айнымалылар кеңістігіндегі деректер центроидынан қаншалықты алыс екенін көрсетеді. Бұл бақылаулар «шығарынды және жоғары иін нүктесі» санатына жатады. D Кук инелерінің графигінде (e) 0,5 пен 2 арасындағы көлденең сызықтан жоғары орналасқан 3 ине теріс маркерлерге байланысты ықпалды болып саналады.

Квантильдер мен квантильдердің қалдықтары (Q-Q-график) графигінде (г) маркерлер диагональды сызыққа жақын, сондықтан қалдықтар шамамен қалыпты. Қалдықтардың Q-Q графигінде маркерлер диагональды сызықтың сол жағында және сызықтың оң жағында орналасқан. Егер қалдық гистограммасына

(ж) қарасақ, қалыпты тығыздық қисығының қабаттасуы гистограммаға сәйкес келеді. Бұл модель үшін қалдықтар қалыпты емес, сондықтан теріс маркерлерді шығару қажет.

Шашырау диаграммасы (3) эмпирикалық квантильдерді олардың графиктегі орналасуымен салыстыруын көрсетеді. Сол жақ график (орталықтандырылған таңдалған мәнгер) жоғары оң жақ графикке қарағанда (қалдық мәнгер) бірдей орналасады, бұл қалдық мәнгердің ең аз таралуын көрсетеді.

Two Potential Outliers removed

*The REG Procedure
Model: Linear_Regression_Model
Dependent Variable: y*

Number of Observations Read	20
Number of Observations Used	18
Number of Observations with Missing Values	2

Analysis of Variance					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	9	4138.59216	459.84357	33.50	<.0001
Error	8	109.81284	13.72661		
Corrected Total	17	4248.40500			

Root MSE	3.70494	R-Square	0.9742
Dependent Mean	28.28333	Adj R-Sq	0.9451
Coeff Var	13.09939		

а

Parameter Estimates						
Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t	Variance Inflation
Intercept	1	22.07281	1.51147	14.60	<.0001	0
X1	1	-0.27347	1.14828	-0.24	0.8177	1.21058
X2	1	17.57612	1.60779	10.93	<.0001	1.77577
X3	1	2.17812	1.14828	1.90	0.0944	1.21058
X1X2	1	-1.55151	1.62164	-0.96	0.3667	1.33040
X1X3	1	2.95151	1.62164	1.82	0.1062	1.33040
X2X3	1	2.40151	1.62164	1.48	0.1769	1.33040
X1sq	1	-1.51580	1.00226	-1.51	0.1689	1.03222
X2sq	1	19.14438	1.47033	13.02	<.0001	1.51763
X3sq	1	-1.53347	1.00226	-1.53	0.1645	1.03222

б

Сурет 4.25 – 2 шығарындысы бар талданған толық квадраттық модель

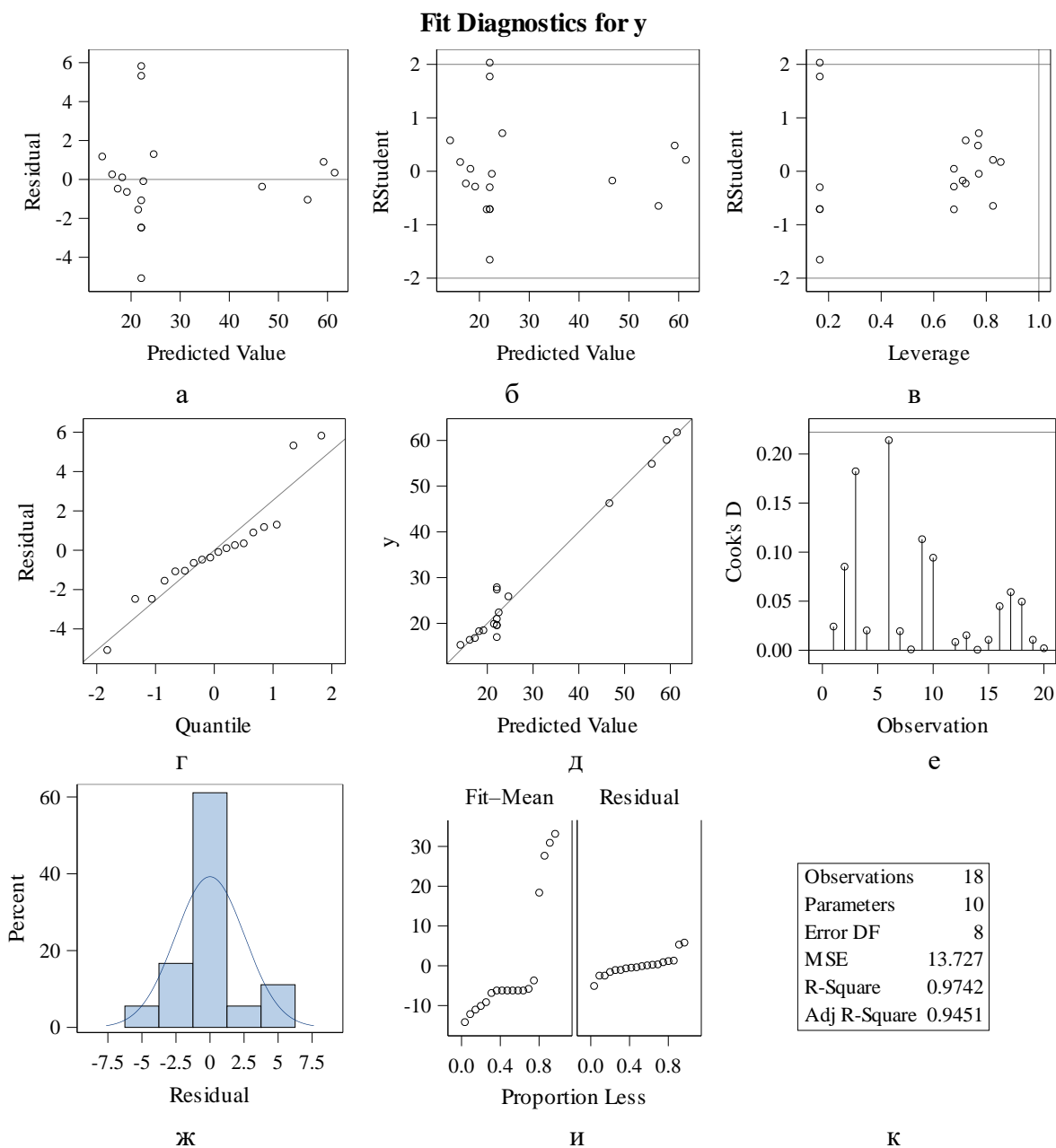
Осыған сүйене отырып, біз (Қосымша Д)-ның кестесінде ұсынылған №5 және №11 екі маркерді алып тасталынды және деректер қайта талданды. Нәтижелер 4.25-суретте көрсетілген.

№5 және №11 деректер нүктелерін алып тастау көп коллинеарлық мәселелерге әкелмейді, өйткені дисперсиялық инфляция коэффициенттерінің барлық мәнгері 1-ден үлкен. Модель өте маңызды болып шықты ($p=0,0001$), $R^2=0,97$ және түзетілген $R^2=0,94$ мәнгері өте жоғары. X_1 , X_{12} , X_1 және X_{3sq} қоспағанда, модельдегі барлық айнымалылар маңызды болды. 4.26д-суретте бақыланатын мәнгердің модель болжаған мәнгерге тәуелділік графигі көрсетілген. Маңызды емес №5 және №11 айнымалылар модельден алынып тасталғанда және регрессиялық талдау қайталанғанда, модель өзгерген жоқ. Бұл дисперсиялық инфляция коэффициентінің мәнгерімен дәлелденген тәуелсіз айнымалылар арасындағы мультиколлинеарлықтың болмауымен түсіндіріледі.

Маркерлердің көпшілігі 4.26д-суреттегі диагональ сызығына жақын, бұл болжамды жауап байқалған жауапқа жақын болатын бақылауларды көрсетеді.

Тәуелсіз және кездейсоқ шамалар жиынтығы (а) көлденең сызық бойымен бірдей шашыраңқы бөлінеді. Стьюдент қалдық шамасында (б), 1 теріс маркер ± 2 аймағында орналасқан, бірақ ол сызыққа жақын орналасқан, сондықтан оны болжамды жауапқа жатқызуға болады.

Иін (в) мәнінің статистикасы 1 ерекше әсер етпейтін маркердің болуын және айнымалылар кеңістігіндегі деректер центроидына қаншалықты жақын екенін көрсетеді. D Кук инелерінің графигінде (E) барлық инелер көлденең сызықтың ішінде орналасқан, бұл осы модельде әсерлі теріс маркерлер жоқ екенін білдіреді.



Сурет 4.26 – Қашаудың беттік беріктендіру әдісіне байланысты максималды каттылықтың тәуелділігін анықтау үшін таңдалған толық квадраттық модельдің сызықтық регрессиясы

Квантильдер мен квантильдердің қалдықтары (Q-Q-график) графигінде (г) маркерлер диагональды сызыққа жақын, сондықтан қалдықтар шамамен қалыпты. Қалдықтардың Q-Q графигінде маркерлер сызықтар бойымен, диагональды сызықтың сол жағында және сызықтың оң жағында бірдей орналасады. Егер қалдық гистограммасына қарасақ (ж), қалыпты тығыздық қисығының қабаттасуы гистограммаға сәйкес келеді. Бұл модель үшін қалдықтар қалыпты жағдай.

Шашырау диаграммасы (з) эмпирикалық квантильдерді олардың графигтегі орналасуымен салыстыратынын көрсетеді. Сол жақ график (орталықтандырылған таңдалған мәндер) оң жақ графикке қарағанда (қалдық мәндер) жоғары орналасқан, бұл қалдық мәндердің ең аз таралуын көрсетеді.

SAS бағдарламасында алынған толық квадраттық модель деректерін талдай отырып, (Қосымша Д)-ның кестесінен №5 және №11 екі шығарындысы бар (4.25) формула бойынша регрессиялық толық квадраттық модель максималды қаттылықтың қашаудың беттік беріктендіру әдісіне тәуелділігін анықтауға жеткілікті деп қорытынды жасауға болады. Диагностикалық графикке сүйене отырып, соның ішінде қателіктердің қалыптылығы мен тәуелсіздігін ескеріп, екі маркер шығарындылары бар деректер және алынған модель сызықтық регрессия болжамдарына сәйкес келеді.

4.3 Қашау бетіне қаптама жасау режимінің оңтайлы параметрлерін анықтау

Жоспарлау матрицасы және тәжірибе нәтижелері (Қосымша Д)-да келтірілген. Үш факторға арналған екінші ретті орталық композициялық айналмалы жоспар 2^3 типті толық факторлық эксперимент жоспарынан тұрады (3.2 кесте, 1-8 тәжірибелер), «жұлдызды нүктелердегі» алты тәжірибе (9-14 тәжірибелер) және жоспар орталығындағы алты тәжірибе (15-20 тәжірибелер).

(3.1) теңдеудің коэффициенттері (3.2)-(3.5) формулалары бойынша анықталады. Жоспарлау матрицасы және тәжірибе нәтижелері (Қосымша)-да келтірілген.

Қайта өндірілушіліктің дисперсиясы s_y^2 жоспар орталығындағы тәжірибелердің нәтижелері бойынша анықталды. Регрессия теңдеуінің коэффициенттерін анықтаудағы қателіктерді сипаттайтын дисперсиялар (3.6)-(3.9) формулалары бойынша есептелді.

Қайта өндірілушіліктің дисперсиясы s_y^2 механикалық өңдеу әдібінің мәнін анықтау үшін жоспар орталығындағы тәжірибелердің нәтижелері бойынша анықталады. Есептеу үшін s_y^2 қосымша кесте жасады (Қосымша Д).

$s_{ад}^2$ есептеу үшін механикалық өңдеу әдібінің мәнін анықтау үшін көмекші кесте жасалды (Қосымша Д).

Қайта өндірілушіліктің дисперсиясы s_y^2 қаптама жасалған қабаттың қалыңдығының мәнін анықтау үшін жоспардың ортасындағы тәжірибелердің нәтижелері бойынша анықталады. Есептеу үшін s_y^2 (Қосымша Д) кесте жасалды.

$s_{ад}^2$ есептеу үшін қаптама жасалған қабаттың қалыңдығының мәнін анықтау үшін көмекші кесте жасалды (Қосымша Д).

Екінші ретті айналмалы жоспарлауды қолдану нәтижесінде келесі регрессия теңдеуі алынды:

$$y_z = 0,737 + 0,201x_2 - 0,203x_3 + 0,258x_1^2 + 0,209x_2^2 \quad (4.26)$$

Кодталған x_1, x_2, x_3 факторлардың мәндерінен натурал $I, \vartheta_3, \vartheta_H$ мәндерге оту арқылы механикалық өңдеу әдібінің қаптама жасау режимінің параметрлеріне тәуелділігін аламыз:

$$z = 0,737 - 5,233\vartheta_3 + 0,209\vartheta_3^2 - 0,722I + 0,003I^2 - 0,615\vartheta_H \quad (4.27)$$

(4.26) теңдеуі барабар, сондықтан оны механикалық өңдеу әдібінің z шамасын есептеу үшін интерполяциялық формула ретінде пайдалануға болады. Бұл теңдеуден келесі қорытынды жасауға болады: ең күшті әсер ететін параметр электродтардың беріліс жылдамдығы x_2 (ϑ_3), одан кейін ток $x_1(I)$ және қаптама жасау жылдамдығы x_3 (ϑ_H) болып табылады. Факторлардың рейтингі қарастырылған параметрлерді түзетуге және механикалық өңдеу әдібінің неғұрлым ұтымды мәнін алуға мүмкіндік береді.

Дәл осылай екінші ретті айналмалы жоспарлау регрессиясының теңдеуі қаптама жасалған қабаттың қалыңдығының қашаудың қаптама жасау режимінің параметрлеріне тәуелділігін анықтау үшін анықталды:

$$y_a = 2,872 - 0,508x_1 - 0,679x_2 - 0,894x_1x_3 - 0,516x_1^2 + 0,479x_3^2 \quad (4.30)$$

Кодталған x_1, x_2, x_3 факторлардың мәндерінен натуралға $I, \vartheta_3, \vartheta_H$ ауыса отырып, қаптама жасалған қабат қалыңдығының қашаудың қаптама жасау режимінің параметрлеріне тәуелділігін аламыз:

$$a = 2,5562I - 0,00516I^2 - 0,0894 I\vartheta_3 + 11,837\vartheta_3 - 17,694\vartheta_H + 1,919\vartheta_H^2 + 2,872 \quad (4.31)$$

Ең аз әдіп пен максималды қаптама жасау өнімділігінде берілген қабат қалыңдығын қамтамасыз ететін ұтымды режимдер 4.9-кестеде келтірілген.

Кесте 4.9 – Ең аз әдіп пен максималды қаптама жасау өнімділігінде берілген қабат қалыңдығын қамтамасыз ететін режимдер

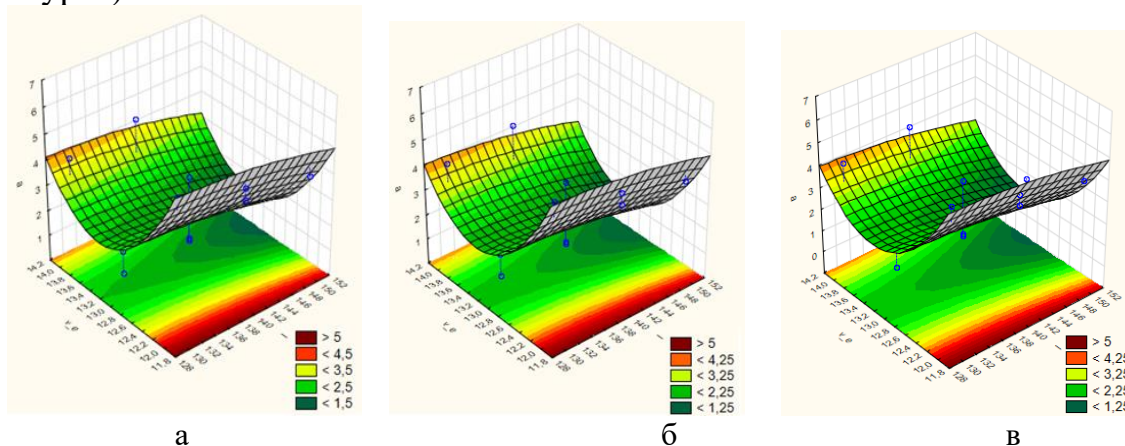
a	ϑ_3	ϑ_H	I	z	τ	a	ϑ_3	ϑ_H	I	z	τ
$\times 10^{-3}$ $м$	$м/с$		A	$\times 10^{-3}$ $м$	$мин$	$\times 10^{-3}$ $м$	$м/с$		A	$\times 10^{-3}$ $м$	$мин$
1,0	0,0034	0,0016	120	1,65	3,85	3,0	0,004	0,0012	120	1,38	4,55
1,0	0,0034	0,0015	130	1,65	3,95	3,0	0,0038	0,0012	130	1,38	4,44
1,0	0,0036	0,0014	140	1,67	4,07	3,0	0,0039	0,0011	140	1,35	4,79

4.9-кестенің жалғасы											
1,0	0,0037	0,0013	150	1,67	4,18	3,0	0,0037	0,0011	150	1,35	4,93
1,0	0,0038	0,0013	160	1,69	4,21	3,0	0,0037	0,0010	160	1,35	5,6
1,5	0,0036	0,0016	120	1,55	3,47	3,5	0,0033	0,0014	120	1,33	3,85
1,5	0,0034	0,0015	130	1,55	3,55	3,5	0,0034	0,0014	130	1,33	3,95
1,5	0,0037	0,0014	140	1,53	3,95	3,5	0,0034	0,0014	140	1,3	4,07
1,5	0,0038	0,0013	150	1,53	4,12	3,5	0,0036	0,0013	150	1,3	4,22
1,5	0,0039	0,0012	160	1,53	4,28	3,5	0,0037	0,0013	160	1,3	4,3
2,0	0,0036	0,0014	120	1,47	3,97	4,0	0,0033	0,0016	120	1,28	3,49
2,0	0,0037	0,0013	130	1,47	4,04	4,0	0,0034	0,0015	130	1,28	3,79
2,0	0,0038	0,0013	140	1,45	4,22	4,0	0,0035	0,0015	140	1,25	4,1
2,0	0,0037	0,0012	150	1,45	4,23	4,0	0,0037	0,0014	150	1,25	4,18
2,0	0,0039	0,0012	160	1,45	4,28	4,0	0,0035	0,0013	160	1,25	4,36
2,5	0,004	0,0013	120	1,43	4,33	4,5	0,0034	0,0014	120	1,23	3,92
2,5	0,0034	0,0012	130	1,43	4,47	4,5	0,0035	0,0014	130	1,23	4,04
2,5	0,0037	0,0012	140	1,43	4,69	4,5	0,0036	0,0013	140	1,2	4,09
2,5	0,0036	0,0011	150	1,4	4,86	4,5	0,0037	0,0013	150	1,2	4,19
2,5	0,0041	0,0011	160	1,4	5,03	4,5	0,004	0,0013	160	1,2	4,27

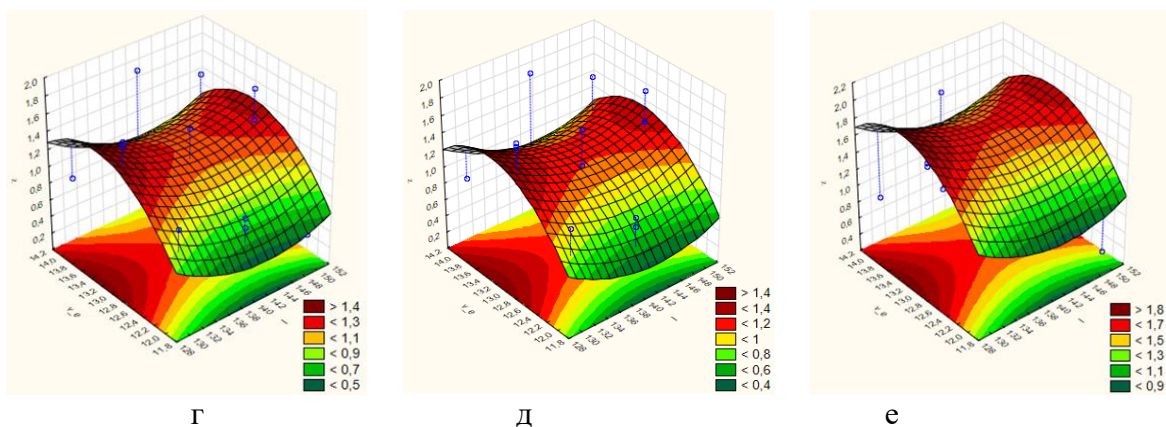
4.3.1 Факторлардың мәні мен қажеттілік функциясын анықтау үшін Statistica бағдарламасындағы экспериментті жоспарлау нәтижелері

Матрицалық композицияның әсерін нақтылау жауап беттерін талдауға мүмкіндік береді, олар $a=f(v_e, I)$ және $z=f(v_e, I)$, $a=f(v_n, I)$ және $z=f(v_n, I)$, $a=f(v_n, v_3)$ және $z=f(v_n, v_3)$ тәуелділіктерінің 3D-графиктері (4.27-4.29 суреттер) болып табылады.

$a=f(v_e, I)$ тәуелділігінің 3D графиктері болып табылатын жауап беттерін талдау қаптама жасау жылдамдығының жоғарылауы қаптама жасалған қабат қалыңдығына теріс әсер етеді, $z=f(v_e, I)$ механикалық өңдеу әдібінің мәніне оң әсер етеді. $a=f(v_e, I)$ тәуелділігінен алынған графиктерді салыстырған кезде, қаптама жасалған қабат қалыңдығы ұлғайған кезде қаптама жасалған бет мәні төмендейтінін және балқу жылдамдығы 0,0012 м/с болғанда қаптама жасалған қабат қалыңдығының оңтайлы мәндерін алуға болатынын көрсетеді (4.27а, 4.27б, 4.27в-сурет).



Сурет 4.27 – Қаптама жасалған қабат қалыңдығының (а) және механикалық өңдеу әдібінің (z) тұрақты ток (I) және электродтың беріліс жылдамдығына (v_e) тәуелділігінің үш өлшемді графигі, парақ1

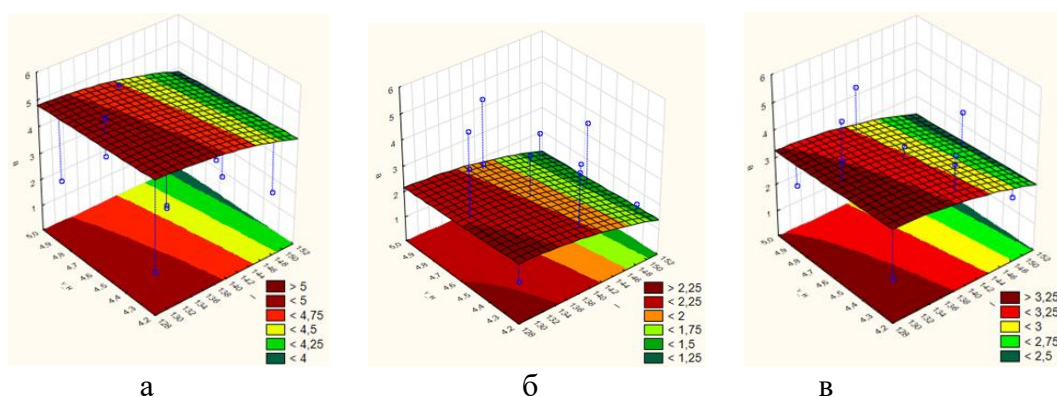


а – $v_n = 0,0012$ м/с болғанда $a=f(v_e, I)$; б – $v_n = 0,0013$ м/с болғанда $a=f(v_e, I)$; в – $v_n = 0,0014$ м/с болғанда $a=f(v_e, I)$; г – $v_n = 0,0012$ м/с болғанда $z=f(v_e, I)$; д – $v_n = 0,0013$ м/с болғанда $z=f(v_e, I)$; е – $v_n = 0,0014$ м/с болғанда $z=f(v_e, I)$

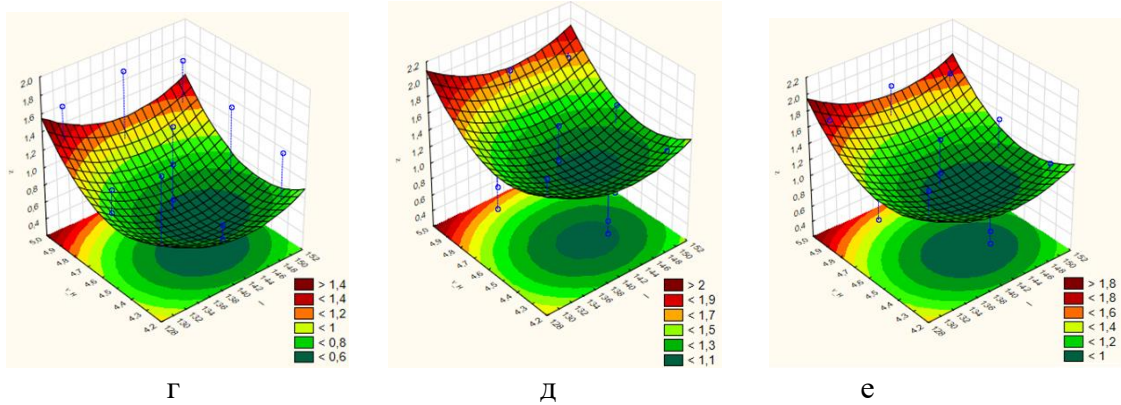
Сурет 4.27, парақ 2

4.27г, 4.27д, 7.27е-суретте профильдердің болжамды мәндерінің ауытқуын байқауға болады және 0,0014 м/с жылдамдықпен оңтайлы механикалық өңдеу әдібінің мәндері алынды.

4.28-суретте $a=f(v_n, I)$ және $z=f(v_n, I)$ тәуелділіктерінің беттік жауаптары көрсетілген. Графиктерге сәйкес, электродтың беріліс жылдамдығы жоғарылаған кезде қаптама жасалған қабат қалыңдығының балқу жылдамдығына және тұрақты токқа тәуелділігі төмендейтінін атап өтуге болады. Электродтың беріліс жылдамдығы 0,0033 м/с болғанда, тәуелді фактордың оңтайлы мәндері алынды (4.28а, 4.28б, 4.28в-сурет). Сонымен қатар 4.28г, 4.28д, 4.28е-суретте механикалық өңдеу әдібінің мәнінің ауытқуын байқауға болады және электродтың беріліс жылдамдығы 0,0033 м/с болғанда, өңдеудің оңтайлы механикалық өңдеу мәндері алынды.

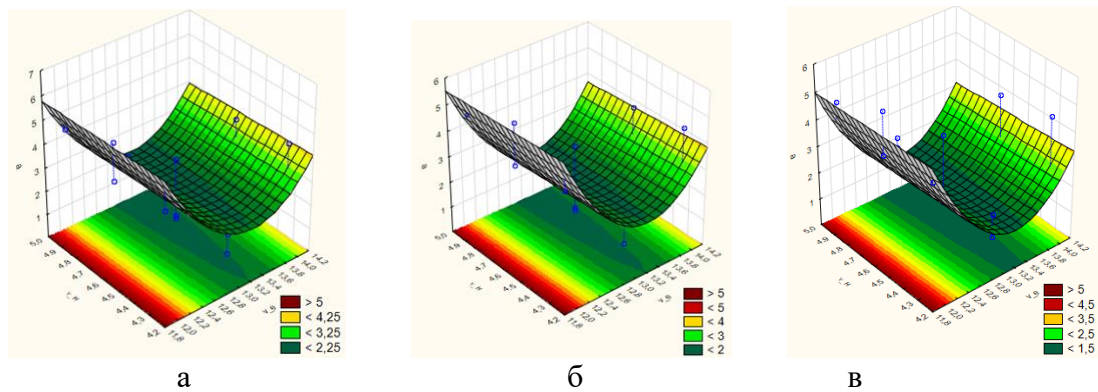


Сурет 4.28 – Қаптама жасалған қабат қалыңдығының (а) және механикалық өңдеу әдібінің (z) тұрақты токқа (I) және қаптама жасау жылдамдығына (v_n) тәуелділігінің үш өлшемді графигі, парақ 1

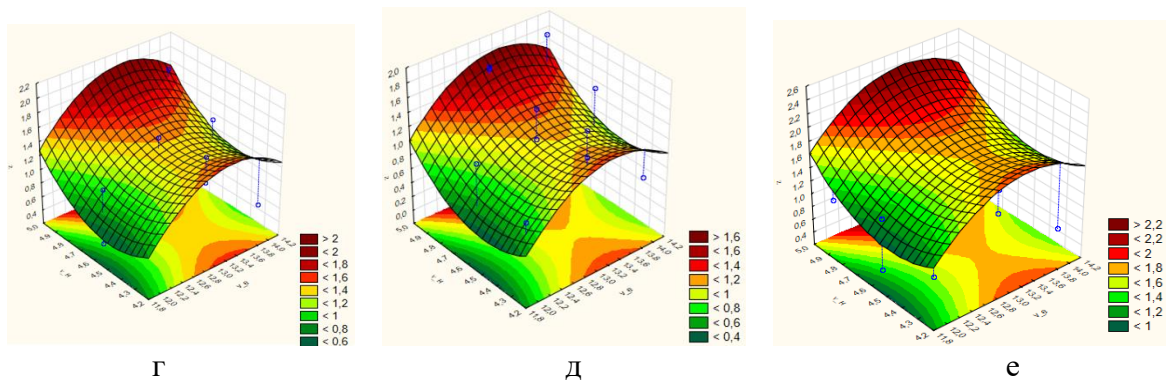


а – $v_3 = 0,0033$ м/с болғанда $a=f(v_H, I)$; б – $v_3 = 0,0036$ м/с болғанда $a=f(v_H, I)$; в – $v_3 = 0,0039$ м/с болғанда $a=f(v_H, I)$; г – $v_3 = 0,0033$ м/с, $z=f(v_H, I)$; д – $v_3 = 0,0036$ м/с, $z=f(v_H, I)$; е – $v_3 = 0,0039$ м/с, $z=f(v_H, I)$

Сурет 4.28, парақ 2



а – $I = 130A$, $a=f(v_H, v_3)$; б – $I = 140A$, $a=f(v_H, v_3)$; в – $I = 150A$, $a=f(v_H, v_3)$

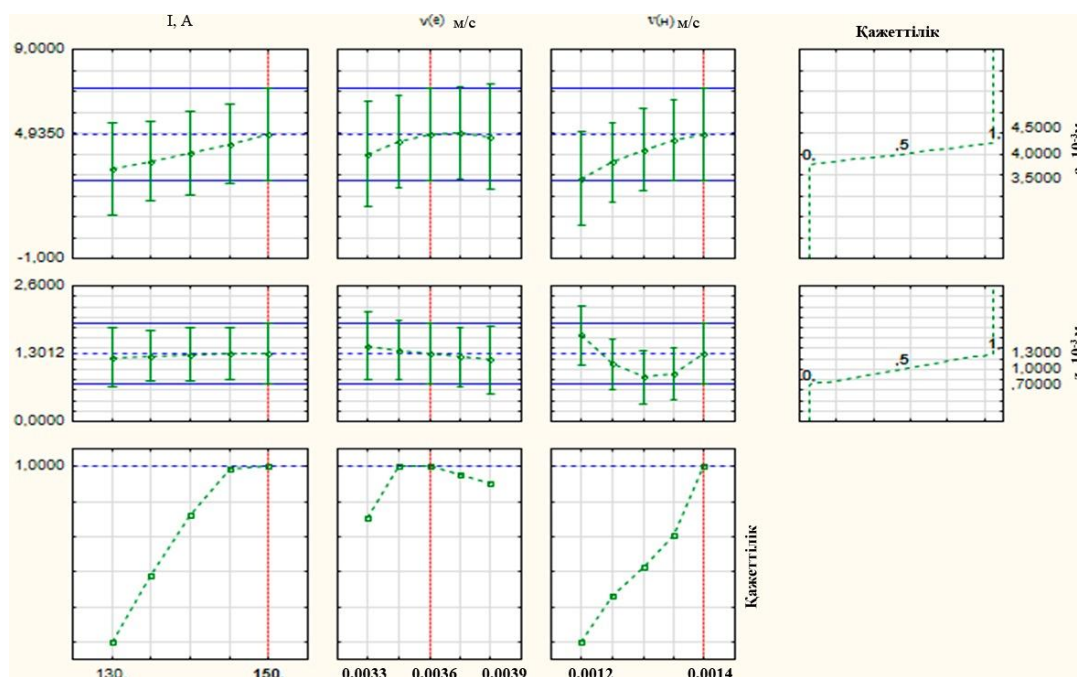


г – $I = 130A$, $z=f(v_H, v_3)$; д – $I = 140A$, $z=f(v_H, v_3)$; е – $I = 150A$, $z=f(v_H, v_3)$

Сурет 4.29 – Қаптама жасалған қабат қалыңдығының (а) және механикалық өңдеу әдібінің (z) электродтың беріліс жылдамдығына (v_e) және қаптама жасау жылдамдығына (v_H) тәуелділігінің үш өлшемді графигі

4.29-суретте $a=f(v_H, v_3)$ және $z=f(v_H, v_3)$ тәуелділіктерінің беттік жауаптары көрсетілген. 4.29-суреттегі а-в графиктері бойынша тұрақты ток мәнінің ұлғаюы қаптама жасалған қабат қалыңдығына теріс әсер ететінін және механикалық өңдеудің әдібіне оң әсер ететінін атап өтуге болады (4.29г, 4.29д, 4.29г-сурет).

Қалыңдықтың оңтайлы мәндері 130А болғанда, ал әдіп 150А болғанда байқалады.



Сурет 4.30 – Болжамды мәндер мен қажеттілік функцияларының профильдері

Сондай-ақ, Statistica бағдарламасында болжамды мәндер мен қажеттілік функцияларының профильдері алынды (4.30-сурет). Графиктерден қаптама жасалған қабат қалыңдығының y_a ($0,0042 \div 0,0044$ м) және механикалық өңдеу әдібінің ($0,0012 \div 0,0013$ м) қажетті оңтайлы мәндерін көруге болады. Осы диапазондарда бұл мәндер 1-ге жақын және функцияның қажеттілігін растайды. Профильдердің болжамды мәндерін $145 \div 150$ А тұрақты токпен, $0,0035 \div 0,0036$ м/с электродтың беріліс жылдамдығымен және $0,0014$ м/с қаптама жасау жылдамдығымен алуға болады.

4-бөлім бойынша қорытынды

1. Эксперименттік сіңірушілермен жүргізілген зертханалық тәжірибелердің деректері бойынша тарту кедергісі мен тұқым себу тереңдігінің құрылымдық параметрлерге тәуелділігін барабар сипаттайтын екінші ретті (4.14) және (4.15) математикалық модельдер алынды. Осы модельдерді талдау нәтижесінде сіңірушінің құрылымдық параметрлерінің оңтайлы мәндері нақтыланды. Астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштің сіңірушісі үшін келесі параметрлер ұсынылады: сіңіруші қашауының ені $b = 0,019 \div 0,021$ м, артқы жағын горизонтқа орнату бұрышы $\beta = 70 \div 80^\circ$; сіңіруші қашауының ұзындығы $l = 0,140 \div 0,150$ м.

2. Шөп тұқымын шымға себу кезінде өндірістік сынақтар тәжірибелік астық-шөп-тыңайтқыш сепкішінің эксперименттік үлгісі минералды тыңайтқыштарды $0,08 \div 0,12$ м тереңдікке бір мезгілде саралап енгізе отырып, $0,018 \div 0,06$ м тереңдікке қиын сусымалы шөптің тұқымын себудің тұрақты

технологиялық процесін қамтамасыз ететіндігін көрсетті. Астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштен өткеннен кейінгі егістік беті жұмыс орган тіреулерінің (ені 0,02 мм сіңірушінің) іздері бар шөптің тегіс рельефімен сипатталады. Жаңа жұмыс органының жұмысын төмен жылдамдықпен визуалды бақылау топырақ пен шым қабатының айналуынсыз қопсытуын көрсетті. Сіңіруші бір мезгілде ескі шөптердің тамырларын кесіп тастайды және тыңайтқыштар мен тұқымдар арасында Топырақ қабатының пайда болуына ықпал етеді.

3. Егістіктегі эксперименталды астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштің жалпы тарту кедергісін анықтау барысында оның $8,28 \div 8,63$ кН аралығында өзгеретінін көрсетті. Қозғалыс жылдамдығының 1,027-ден 2,22 м/с-қа дейін артуымен эксперименттік сепкіш үлгісінің тарту кедергісі $4 \div 4,5\%$ -ға артады. Теориялық деректер эксперименттік мәліметтерге сәйкес келеді, мәні $8,27 \div 8,39$ кН аралығында өзгерді.

4. Егістік жағдайында жұмыстың сапалық көрсеткіштерін анықтау барысында машинаның жылдамдығы $1,67 \div 2,22$ м/с және әр дақыл үшін орташа норма кезінде эксперименттік құрылғының әртүрлі тұқымдық материалдары мен тыңайтқыштарын себудің бойлық бірқалыпсыздығы $9 \div 13,5\%$ аралығында өзгеретінін көрсетті. Учаскелерде орташа себу саны айқын ауытқуларға ие емес. Тұқым себу тереңдігінің біркелкілігін анықтау нәтижелері түйежоңышқа ($0,018 \div 0,04$ м), еркекшөп ($0,02 \div 0,042$ м), қылтықсыз арпабас ($0,02 \div 0,04$ м), жоңышқа ($0,018 \div 0,04$ м), эспарцет ($0,02 \div 0,03$ м) тұқымдары $18 \div 36\%$ бірқалыпсыздықта тиісті тереңдікте орналасқанын көрсетті.

5. Т590 электродымен қаптама жасалған сіңіруші қашауларының қаттылығы мен тозуға төзімділігі жоғары екендігі анықталды.

6. Эксперименттік қашаулармен жүргізілген зертханалық тәжірибелерге сәйкес максималды қаттылықтың қашауды беттік беріктендіру әдісіне тәуелділігін барабар сипаттайтын және астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштің сіңірушісінің қашауының қаттылығына жетудің оңтайлы параметрлерін анықтауға мүмкіндік беретін толық квадраттық модель алынды: материалдағы хромның құрамы $Cr=13,61\%$; ұстау уақыты $\tau=2.108$ сағат және меншікті кедергі $R=0,41$ мкОм·М. Бұл жағдайда қашау қаттылығы 695HV жетеді.

7. Эксперименттік қашаулармен зертханалық тәжірибелердің нәтижелері бойынша, механикалық өңдеу әдібінің (y_z) және балқытылған қабаттың (y_a) қалыңдығының балқыту режиміне тәуелділігін барабар сипаттайтын екінші ретті (4.26) және (4.30) математикалық модельдер алынды. Көрсетілген модельді талдау нәтижесінде электрод пен тұрақты токтың беткі қабаты мен беріліс жылдамдығының оңтайлы мәндері нақтыланды. Астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштің жұмыс органының қашауының беткі қабатын беріктендіру үшін келесі балқыту режимдері ұсынылады: балқытылған қабаттың қалыңдығы $0,0042 \div 0,0044$ м және механикалық өңдеу әдібі $0,0012 \div 0,0013$ мм, тұрақты ток $145 \div 150$ А, электродтың беріліс жылдамдығы $0,0035 \div 0,0036$ м/с және балқу жылдамдығы $0,0014$ м/с.

5 АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ DAҚЫЛДАРЫН ТІКЕЛЕЙ СЕБУ ҮШІН АСТЫҚ-ШӨП-ТЫҢАЙТҚЫШ СЕПКІШТІҢ ЖҰМЫСШЫ ОРҒАНЫН ПАЙДАЛАЛУДЫҢ ЭКОНОМИКАЛЫҚ ТИІМДІЛІГІ

Әзірленген машинаны экономикалық бағалау МЕСТ 23728 – МЕСТ 23730 бойынша тікелей пайдалану шығындарын анықтаумен жүргізілді [131, 132].

Жаңа техниканы енгізудің жылдық экономикалық әсері базалық және жаңа техника бойынша жұмыстардың жылдық көлемін орындауға жұмсалған шығындардың айырмасы ретінде айқындалады:

$$\mathcal{E}_z = P_b - P_n + \mathcal{E}, \quad (5.1)$$

мұнда P_b және P_n – базалық және жаңа машинамен жылдық жұмыс көлемін орындауға жұмсалған келтірілген шығындар, теңге;

\mathcal{E} – потенциалы толық пайдаланылмаған учаскелерде өнімділікті арттырудан және тыңайтқыштар шығындарын төмендетуден пайда есебінен түскен экономикалық тиімділік, теңге.

Базалық және жаңа машиналар бойынша келтірілген шығындар (5.2) формула бойынша анықталады:

$$P = I + K \cdot E \quad (5.2)$$

мұнда I – тікелей пайдалану шығындары, теңге/га;

K – жұмыс бірлігіне күрделі салымдар, теңге/га;

E – күрделі салымдар тиімділігінің нормативтік коэффициенті [133], $E=0,15$.

Тікелей пайдалану шығындары I , теңге/га келесі (5.3) формуламен есептеледі:

$$I = Z + \Gamma + R + A + \Phi \quad (5.3)$$

мұнда Z – қызмет көрсетуші персоналдың еңбегіне ақы төлеуге арналған шығындар, теңге/га;

Γ – жанар-жағармай материалдарына арналған шығындар, теңге/кг;

R – техникалық қызмет көрсету және жөндеу шығындары, теңге/га;

A – амортизацияға аударымдар, теңге/га;

Φ – басқа шығындар, теңге/га.

Тыңайтқыштар мен тұқымдарға, VRT жүйесіне, топырақ сынамаларын іріктеуге және талдауға, қолдану карталарын жасауға жұмсалатын шығындар:

$$\Phi = d_y \cdot C_y + d_c \cdot C_c + (D_{BH})/B_z \quad (5.4)$$

мұнда d_y және d_c – тыңайтқыштар мен тұқымдарды қолдану нормасы, кг/га;

C_y және C_c – тыңайтқыштар мен тұқымдардың бағасы, теңге/кг;

$D_{вн}$ – VRT жүйесін сатып алуға, топырақ сынамаларын іріктеуге және талдауға, енгізу карталарын жасауға арналған жалпы шығындар, теңге.

Базалық және жаңа машинаға салынған күрделі салымдар, теңге:

$$K = \frac{B}{W_{ЭК} \cdot T_q} \quad (5.5)$$

Өнімділіктің жоғарылауынан және тыңайтқыш шығындарының төмендеуінен қосымша эффект \mathcal{E} келесі (5.6) формуламен анықталады:

$$\mathcal{E} = \Delta Y \cdot C_n + Y\partial \cdot C_{y\partial} \quad (5.6)$$

мұнда ΔY – астық-шөп-тыңайтқыш сепкішін қолданудан шығымдылықтың болжамды өсуі, кг/га;

C_n – бидай бағасы, теңге/кг;

$Y\partial$ – тыңайтқыштарды үнемдеу, кг/га;

$C_{y\partial}$ – тыңайтқыш бағасы, теңге/кг.

Минералды тыңайтқыштардың өнімділігі мен үнемделуінің болжамды орташа мәндері С. Сейфуллин атындағы ҚАЗТУ ғалымдарының 2009-2019 жылдардағы нәтижелерін талдау негізінде қабылданды. Олардың нәтижелері минералды тыңайтқыштарды сараланған қолдану минералды тыңайтқыштарды 25-30% үнемдеуге және ауылшаруашылық дақылдарының өнімділігін 10-30% арттыруға мүмкіндік беретіндігін көрсетеді.

5.1-кестеде жаңа техникалық шешімдермен бір мезгілде минералды тыңайтқыштарды саралап енгізе отырып, ауыл шаруашылығы дақылдарын жамылғы дақылдарының астына және шымға тікелей себу технологиясын іске асыру кезіндегі экономикалық тиімділіктің есебі келтірілген.

Кесте 5.1 – Астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштің экономикалық тиімділігінің салыстырмалы көрсеткіштері

Көрсеткіштер атауы	Көрсеткіштер мәні		Өзгеріс шамасы, теңге/га
	базалық агрегат	жаңа агрегат	
Еңбекақы шығындары, теңге/га	526,7	526,7	-
Жанар-жағармай материалдарының шығындары, теңге/га	350,086	350,086	-
Техникалық қызмет көрсету және жөндеу шығындары, теңге/га	2378,23	2567,8	189,57
Амортизацияға аударымдар, теңге/га	1588,66	1715,29	126,63
Тікелей эксплуатациялық шығындар, теңге/га	5045,346	5377,626	332,28
Меншікті капитал салымдары, теңге/га	5045,346	5377,626	332,28
Егіннің өсуі мен тыңайтқыштарды үнемдеудің қосымша әсері, теңге/га	-	14730	14730
Жаңа машинаны енгізудің жылдық экономикалық эффектісі, мың теңге	4 795		

Еркекшөптің жасыл массасының орташа өнімділігі 30 ц/га, 10%-ы өнімділіктің өсуі 3 ц/га құрайды. 2024 жылы еркекшөптің жасыл массасының сатып алу бағасы тоннасына 40-50 мың теңгеге тең болды. 60 кг/га енгізу нормасы кезінде минералды тыңайтқыштарды 35% үнемдеу 21 кг/га құрайды. Аммиак селитрасының нарықтық бағасы 130 теңге/кг құрайды. Бұл жағдайда өнімділікті арттырудың және тыңайтқышты үнемдеудің қосымша әсері:

$$\mathcal{E} = 300 \cdot 40 + 70 \cdot 125 = 14730 \text{ тг/га.}$$

Машинаны қолданудың жылдық экономикалық тиімділігінің шамасы базалық агрегат пен тәжірибелік сепкіш бойынша келтірілген шығындардың айырмасы және қосымша өнімді сатудан түскен ақшалай түсім ретінде айқындалады:

$$\mathcal{E}_T = W_T[(S_0 - S_1) + E_n(K_{0уд} - K_{1уд}) + Ц_d],$$

мұнда E_n – ауыл шаруашылығы техникасы үшін капитал салымдарының тиімділігінің нормативтік коэффициенті $E_n = 0,15$;

$Ц_d$ – қосымша өнімді сатудан түскен ақшалай түсім.

Сонда

$$\mathcal{E}_T = 336,38[(5045,3 - 5377,6) + 0,15(11891,3 - 12839,2) + 14730] = 4795 \text{ тыс. тг.}$$

Өзірленген астық-шөп-тыңайтқыш сепкішін енгізудің жылдық экономикалық әсері 4 795 мың теңгені құрайды.

5.1 Қашау бетін беріктендіру процесінің экономикалық шығындарын анықтау

Төмендегі көрсеткіштерді есептеу әдісі бойынша термиялық өңдеу (12/12В СНОЛ эмбебап зертханалық муфельді электр пешінде 175 минут ішінде 800-830° ($\pm 10^\circ$) температурада шынықтыру, 40 минут температураны ұстап тұру, одан әрі 5 минутқа майлы ортада ұстай отырып босату және салқындату) және Т590 (Э320Ч25С2ГР) электродымен қаптама жасау арқылы беріктендіру процесінің экономикалық шығындары анықталды [134]. Таңдалған үлгілер беріктендіруге дейін бірдей массалар мен жалпы өлшемдерге ие болды. Нәтижелер 5.2-кестеде көрсетілген.

Қаптама жасау арқылы беріктендірудің цехтық құны келесі (5.7) формуламен анықталады:

$$C = Z + C_M + C_{\mathcal{E}}, \quad (5.7)$$

мұнда Z – өндірістік жұмысшылардың жалақысы, теңге;

C_M – материал құны (электродтар, электрод сымы, газ, т.б.), теңге;

$C_{\mathcal{E}}$ – электр энергиясының құны, теңге.

Келісімді жүйе кезіндегі жалақы (жұмыс құны) келесі (5.8) формуламен анықталады

$$З = \beta \cdot T_{ум} \quad (5.8)$$

мұнда β – жұмыс разрядына сәйкес келетін сағаттық тарифтік ставка, теңге/сағ;
 $T_{ум}$ – даналық уақыт, сағат.

Материал құнын өнім бірлігін дайындауға кеткен нақты шығын бойынша анықтау керек

$$C_M = Q_M \cdot Ц_M \quad (5.9)$$

мұнда Q_M – өнім бірлігіне кеткен материалдар шығыны, кг;

$Ц_M$ – материал өлшегіш бірлігінің бағасы, тг/кг.

Материалдың (электродтың) шығыны қаптама жасау әдісіне және қаптама жасалған металдың массасына (көміртегі тотығын, режимді реттеу кезіндегі шығындарды және т.б. ескере отырып) байланысты анықталды. Қаптама жасалған металдың массасы беріктендірілген беттің геометриялық өлшемдерімен (ауданы мен биіктігі) анықталды.

Электр энергиясының құны олардың жабдықтың негізгі жұмыс уақыты бойынша анықталады:

$$C_э = A \cdot Ц_M, \quad (5.10)$$

мұнда – электр энергиясын тұтыну, кВт·сағ;

$Ц_M$ – электр энергиясының бір кВт·сағ бағасы, тг/кВт·сағ.

Электр энергиясының шығыны анықталады:

$$A = \frac{U_о \cdot I \cdot T_о}{1000 \cdot \eta} + P_о (T_H - T_о), \quad (5.11)$$

мұнда $U_о$ – доғадағы кернеу, В;

I – дәнекерлеу тогының күші, А;

$T_о$ – негізгі уақыт (доғаның жану уақыты), сағ.;

η – доғаның қуат көзінің ПӘК-і;

$P_о$ – қуат көзінің бос жүріс қуаты, кВт

T_H – дәнекерлеу циклінің толық уақыты, сағ.

Толық өңдеу уақыты (дәнекерлеу циклі уақыты) келесі (5.12) формула бойынша анықталады:

$$T_H = T_о + T_с + T_{он} \cdot K_{дон} + T_{он} \cdot K_{n-3}, \quad (5.12)$$

мұнда T_o – негізгі уақыт, мин;

T_e – толық көмекші уақыт, мин;

T_{on} – оперативті жұмыс уақыты, мин;

K_{don} – қосымша уақыттың пайыздық қатынасы, 15%;

K_{n-3} – дайындау-қорытындылау уақытының пайыздық қатынасы, 2%.

Термиялық өңдеу (№3 үлгі) Т590 электродымен қаптама жасау (№2 үлгі) арқылы беріктендірілген жұмыс органдарының техникалық-экономикалық көрсеткіштерін талдау (5.2-кесте) қаптама жасау жұмыстарының құны термиялық өңдеуге қарағанда шамамен 4,6 есе төмен екенін көрсетеді.

Кесте 5.2 – Термиялық өңдеу және Т590 электродтарымен балқыту процесінің техникалық-экономикалық көрсеткіштері

Көрсеткіштердің атауы	Т590 электродымен қаптама жасау	Термиялық өңдеу
Келісімді жүйе кезіндегі жұмыс құны (бөлшектің бірлігі үшін жалақы), теңге	643,5	3006,25
Бірлікке арналған материал құны (шығыс материалдары), теңге	122,4	1930
Электр энергиясының құны, теңге	10,375	55,7
Бір бірлікке арналған цех құны	776,245	4991,95
Толық өңдеу уақыты, сағат	0,1013	4,1
Даналық-калькуляция уақыты, сағат	0,0297	4,07
Жұмысшылар саны (4-разряд)	1 дәнекерлеуші	1 термист

5-бөлім бойынша қорытынды

Техникалық-экономикалық талдау көрсеткендей, Т590 электродымен беріктендірілген астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштің қашауының құны термиялық өңдеуге қарағанда арзан және жұмыс қоры 20 гектардан асады.

Әзірленген астық-шөп-тыңайтқыш сепкішті енгізудің жылдық экономикалық әсері 4 795 мың теңгені құрайды.

Сепкіштің сызбалары енгізу және одан әрі коммерцияландыру мақсатында «AGRITECH-KATU» ЖШС машина жасау компаниясына берілді.

ҚОРЫТЫНДЫ

1. Кеңінен таралған әдістер мен техникалық құралдарды талдау негізінде оларды іске асыру үшін бір мезгілде шөп тұқымын себудің (40 мм-ге дейін) және топырақ горизонтының екі деңгейіне минералды тыңайтқышты (120 мм-ге дейін) енгізудің жаңа технологиясы, жемшөп алқаптарын пайдаланудан және ауыл шаруашылығы дақылдарын тікелей себуге арналған астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштің құрылымы ұсынылды. Тұқым себу және тыңайтқыш енгізу тереңдігі реттеледі, ал олардың себу ені 40 мм-ге дейін.

2. Теориялық зерттеулердің негізінде ашылу бұрыштарының (25° - 45°) және сіңіруші қондырғысының (73° - 76°), сондай-ақ тарту кедергісінің оның құрылымдық және технологиялық параметрлеріне (759 Н) тәуелділігі негізделген.

3. Абразивті тозу жағдайлары үшін құрамында көміртегі, хром, марганец, вольфрам және қымбат легірлеуші элементтері бар қаптама жасау материалдарын пайдалану сепкіштің жұмыс органының жұмыс қорын арттыруға мүмкіндік беретіні анықталды. Композициялық күрделі қорытпаларда, әсіресе бор мен никель қаттылыққа айтарлықтай әсер етеді. Алайда, никельдің болуы (ЦС-1) беріктендірілген бөлшектің құнын қымбаттатады, сондықтан оны бор негізіндегі төрт компонентті қорытпаға (Т590) ауыстыру ұсынылады.

4. 65Г болаттан жасалған қашаудың жұмыс қоры 114,6 га, ал Т590 электродымен беріктендірілген қашаудың жұмыс қоры 276,6 га құрайды. Құрамында хром, марганец және бордың болуына байланысты тұмсық бөлігі беріктендірілген қашаудың жұмыс қоры шамамен 2,4 есе артады.

5. Эксперименттік сіңірушілермен жүргізілген зертханалық тәжірибелердің деректері бойынша тарту кедергісі мен тұқым себу тереңдігінің құрылымдық параметрлерге тәуелділігін барабар сипаттайтын екінші ретті (4.14) және (4.15) математикалық модельдер алынды. Осы модельдерді талдау нәтижесінде сіңіруші құрылымдық параметрлерінің оңтайлы мәндері нақтыланды. Астық-шөп-тыңайтқыш сепкішінің сіңірушісі үшін келесі параметрлер ұсынылады: сіңіруші қашауының ені $b=0,019-0,021$ м, артқы бөліктің горизонтқа орнату бұрышы $\beta = 70-80^{\circ}$; сіңіруші қашауының ұзындығы $l=0,140-0,150$ м.

6. Ең қиын жағдайларда өндірістік сынақтар – шөптің тұқымын шымға себу кезінде астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштің эксперименттік үлгісі минералды тыңайтқыштарды 8-12 см тереңдікке бір мезгілде саралап енгізе отырып, 0,018-0,06 м тереңдікке қиын шөптің тұқымын себудің тұрақты технологиялық процесін қамтамасыз ететіндігін көрсетті. Астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштен өткеннен кейінгі егістік беті жұмыс орган тіреулерінің (ені 0,02 м сіңіруші) іздері бар шымның тегіс рельефімен сипатталады. Жаңа жұмыс органының жұмысын төмен жылдамдықпен визуалды бақылау топырақ пен шымның қабаттың айналуынсыз қопсытуын көрсетті. Сіңіруші бір мезгілде ескі шөптердің тамырларын кесіп тастайды және тыңайтқыштар мен тұқымдар арасында топырақ қабатының пайда болуына ықпал етеді.

7. Егістік жағдайында эксперименттік астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштің жалпы тарту кедергісін анықтау барысында $8,28 \div 8,63$ кН аралығында өзгеретінін көрсетті. Қозғалыс жылдамдығының $1,027$ -ден $2,22$ м/с-қа дейін артуымен эксперименттік сепкіш үлгісінің тарту кедергісі $4 \div 4,5\%$ - ға артады. Теориялық деректер эксперименттік мәліметтерге сәйкес келеді, мәні $8,27 \div 8,39$ кН аралығында өзгерді.

8. Егістік жағдайында жұмыстың сапалық көрсеткіштерін анықтау машинаның жылдамдығы $1,67$ - $2,22$ м/с және әр дақыл үшін орташа норма кезінде эксперименттік құрылғының әртүрлі тұқымдық материалдары мен тыңайтқыштарын себудің бойлық бірқалыпсыздығы $9 \div 13,5\%$ аралығында өзгеретінін көрсетті. Учаскелерде орташа себу саны айқын ауытқуларға ие емес. Тұқым себу тереңдігінің біркелкілігін анықтау нәтижелері беде ($0,018$ - $0,04$ м), житняк ($0,02$ - $0,042$ см), қылтықсыз арпабас ($0,02$ - $0,04$ м), жоңышқа ($0,018$ - $0,04$ м), эспарцет ($0,02$ - $0,03$ м) тұқымдары 18 - 36% бірқалыпсыз тиісті тереңдікте орналасқанын көрсетті.

9. Эксперименттік қашаулармен жүргізілген зертханалық тәжірибелерге сәйкес максималды қаттылықтың қашауды беттік беріктендіру әдісіне тәуелділігін барабар сипаттайтын және астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштің сіңіруші қашауының қаттылығына жетудің оңтайлы параметрлерін анықтауға мүмкіндік беретін толық квадраттық модель алынды: материалдағы хромның құрамы $Cr=13,61\%$; ұстау уақыты $\tau=2.108$ сағат және меншікті кедергі $R=0,41$ мкОм·М. Бұл ретте қашаудың қаттылығы $695HV$ жетеді.

10. Сондай-ақ эксперименттік қашаулармен зертханалық тәжірибелердің деректері бойынша механикалық өңдеу әдібінің (y_z) және қаптама жасалған қабаттың қалыңдығының (y_a) балқыту режиміне тәуелділігін барабар сипаттайтын екінші ретті (4.26) және (4.30) математикалық модельдер алынды. Көрсетілген модельді талдау нәтижесінде тұрақты токтың, электрод пен балқыма қаптама жасау жылдамдығының оңтайлы мәндері нақтыланды. Астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштің жұмыс органының қашауының беткі қабатын беріктендіру үшін келесі балқыту режимдері ұсынылады: қаптама жасалған қабаттың қалыңдығы $0,0042 \div 0,0044$ м және механикалық өңдеу әдібі $0,0012 \div 0,0013$ м, тұрақты ток $145 \div 150A$, электродтың беріліс жылдамдығы $0,0034 \div 0,0036$ м/с және балқу жылдамдығы $0,0014$ м/с.

11. Техникалық-экономикалық талдау көрсеткендей, T590 электродымен беріктендірілген астық-шөп-тыңайтқыш сепкіштің қашауының құны термиялық өңдеуге қарағанда арзанырақ және жұмыс ресурсы $276,6$ гектарды құрайды.

Әзірленген астық-шөп-тыңайтқыш сепкішті енгізудің жылдық экономикалық әсері $4\ 795$ мың теңгені құрайды.

Сепкіштің сызбалары енгізу және одан әрі коммерцияландыру мақсатында «AGRITECH-KATU» ЖШС машина жасау компаниясына берілді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Тракторное и сельскохозяйственное машиностроение в Казахстане: текущее состояние, проблемы и перспективы роста // <https://qazindustry.gov.kz/ru/article/2136-traktornoe-i-selskokhozyaystvennoe>. 10.08.2024.
- 2 Изношенная сельхозтехника губит экономику Казахстана // <https://dknews.kz/ru/ekonomika/303911-iznoshennaya-selhoztehnikat>. 10.08.2024.
- 3 Агрормашиностроение в Казахстане продолжает бурный рост // <https://kazvedomosti.kz/article/agromashinostroenie-v-kazahstane>. 10.08.2024.
- 4 Козюков С.В. Повышение качества посева семян зерновых культур применением пневматической сеялки с лаповым сошником для подпочвенно-разбросного посева: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. – Пенза, 2011. – 176 с.
- 5 Демшин С.Л. Обоснование технологической схемы, параметров и режимов работы сеялки для посева трав в дернину: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. – Киров, 2002. – 176 с.
- 6 Мяленко В.В. Обоснование параметров устройства для полосно-разбросного посева семян трав в дернину: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. – Новосибирск, 2010. – 127 с.
- 7 Халанский В.М., Горбачев И.В. Сельскохозяйственные машины. – М.: Колос. С, 2003. – 624 с.
- 8 Суюндукова Я.Т. и др. Засоренность посевов при различных способах обработки почвы // Земледелие. – 2001. – №2. – С. 26-27.
- 9 Зимина О.Г. Разработка и обоснование параметров сошника для посева с внесением удобрений ниже уровня семян: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. – Улан-Удэ, 2021. – 149 с.
- 10 Rehm G.W., Sims A.L., Lamb J.A. Influence of rate and placement of phosphate fertilizer on growth and yield of hard red spring wheat in diverse tillage systems // Nutrient Cycling in Agroecosystems. – 2003. – Vol. 67. – P. 75-83.
- 11 Kawarada N., Tabata S., Mizutani Y. Effect of Chisel Deep Plowing before Wheat Cropping on Accuracy of Transplanting, Water Requirement in Depth, Yield and Grain Quality in Rice Production in Three-Crop Rotation System within Two Years // Japanese Journal of Farm Work Research. – 2023. – Vol. 58, Issue 2. – P. 49-58.
- 12 Ahmed Elmahi M.E., Omer A.A., Sirelkhatim K.A. Performance of Disc and Chisel Ploughs and their Effects on Some Soil Physical Properties // University of Khartoum Journal of Agricultural Sciences. – 2023. – Vol. 23, Issue 1. – P. 18-23.
- 13 Al-Kaisi M., Licht M.A. Effect of strip tillage on corn nitrogen uptake and residual soil nitrate accumulation compared with no-tillage and chisel plow // Agronomy Journal. – 2004. – Vol. 96. – P. 1164-1171.
- 14 Grisso R., Perumpral J.V., Vaughan D.H. et al. Predicting tractor diesel fuel consumption // Proceed. Virginia Cooperative Extension programs. – Virginia, 2010. – P. 1-10.

- 15 Karparvarfard S.H., Rahmanian-Koushkaki H. Development of a fuel consumption equation: Test case for a tractor chisel-ploughing in a clay loam soil // *Biosystems Engineering*. – 2015. – Vol. 130. – P. 23-33.
- 16 Tayel M.Y., Shaaban S.M., Mansour H.A. Effect of plowing conditions on the tractor wheel slippage and fuel consumption in sandy soil // *International Journal of ChemTech Research*. – 2015. – Vol. 8, Issue 12. – P. 151-159.
- 17 Almaliki S., Alimardani R., Omid M. Fuel consumption models of MF285 tractor under various field conditions // *Agricultural Engineering International Journal*. – 2016. – Vol. 18, Issue 3. – P. 147-158.
- 18 Borges P.H.M., Mendoza Z.M.S.H., Maia J.C.S. et al. Estimation of fuel consumption in agricultural mechanized operations using artificial neural networks // *J of the Brazilian Association of Agricultural Engineering*. – 2017. – Vol. 37, Issue 1. – P. 136-147.
- 19 Ranjbarian S., Askari M., Jannatkhah J. Performance of tractor and tillage implements in clay soil // *Journal of the Saudi Society of Agricultural Science*. – 2017. – Vol. 16. – P. 154-162.
- 20 Naji M.N. Al-Dosary, Saad A.A. et al. K-nearest neighbors method for prediction of fuel consumption in tractor-chisel plow systems // *Engenharia Agricola, Jaboticabal*. – 2019. – Vol. 3, Issue 39. – P. 729-736.
- 21 Kheiry A.N.O., Mohamed M.A., Omer E.A. et al. Performance evaluation of Giadchisel plow cp007 under different type of soils // *International Journal of Scientific & Engineering Research*. – 2017. – Vol. 8. – P. 1273-1283.
- 22 Bashir M.A., Dawelbeit M.I., Eltom M.O. et al. Performance Of Different Tillage Implements And Their Effects On Sorghum And Maize Grown In Gezira Vertisols, Sudan // *International Journal Of Scientific & Technology Research*. – 2015. – Vol. 4, Issue 4. – P. 237-242.
- 23 Alrijabo S.A.J., Kashmola S.B.Y. Design Effect of Shank Shape and the Developed Blade Type for Chisel Plow on Some of Power Requirement // *Tikrit University Journal for Agricultural Sciences*. – 2013. – Vol. 13, Issue 2. – P. 269-278.
- 24 Saad A.A. et al. Study of some field indicators for the chisel plow by using locally developed shares // *Mesopotamia Journal of Agriculture*. – 2020. – Vol. 3, Issue 48. – P. 30-43.
- 25 Basheer A.M. et al. Design and manufacture of chisel plow shares and their effect on some field performance indicators. *Tikrit Journal for Agricultural Sciences*, 2020, 20 (1), pp.10-19.
- 26 Фирсов М.М., Панов И.М., Колчин Н.Н. Современные сельскохозяйственные машины и оборудование для растениеводства: конструкция и основные тенденции развития. – М., 1997. – 104 с.
- 27 Сельскохозяйственная техника: каталог / под ред. В.И. Черноиванова. – Изд. 6-е, перер. и доп. – М., 1991. – Т. 1. – 232 с.
- 28 Брандт Ю.К., Соколов В.А. Тенденции развития посевных и посадочных машин: обзор. Информ. – М., 1978. – 52 с.
- 29 Сельскохозяйственная техника ведущих зарубежных фирм: каталог / ФГНУ Росинформагротех. – М., 2001. – 84 с.

30 Обзор технических особенностей сеялок на соответствие технологии no-till (прямого посева) // <https://agrarium.ru/obzor-agrarium>. 05.08.2024.

31 Романюк Н.Н., Нукешев С.О., Агейчик В.А. и др. К вопросу совершенствования конструкции зернотукотравяной сеялки // Актуальные проблемы инновационного развития и кадрового обеспечения АПК: матер. 7-й междунар. науч.-практ. конф. – Минск: БГАТУ, 2020. – С. 193-198.

32 Марченко О.С, Бычков В.В. Новый агрегат для ускоренного залужения кормовых угодий // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1994. – №3. – С. 8-9.

33 Марченко О.С. Тенденции развития технологий и рабочих органов машин для почвообработки // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1991. – №7. – С. 61-63.

34 А.С. 1514256 СССР, МКИ. А 01 В 49/02, 79/00 Комбинированная почвообрабатывающая машина / В.Н. Вершинин, О.С. Марченко, В.В. Бычков и др.; опубл. 15.10.89. – 3 с.

35 А.С. 1713465 СССР, МКИ. А 01 В 79/02, А 01 G 1/00 Способ возделывания трав / А.Д. Кормщиков, В.А. Сысуев, А.М. Пятин. и др.; опубл. 23.02.92. – 3 с.

36 Любушко Н.И., Имамов И.С. и др. Зернотравяная сеялка СЗПП-4 прямого посева // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1989. – №7. – С. 43-45.

37 Курбанов Р.Ф., Демшин С.Л., Сеитов В.Е. Совершенствование дернинных сеялок СДК полосного подсева семян трав // Механизация с.-х. производства. – 2020. – №1(91). – С. 39-46.

38 Кислицын А.В. Совершенствование рабочих органов комбинированной сеялки для посева трав в дернину: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. – Киров, 2003. – 188 с.

39 Пат. 2283565 РФ, МПК АО 1С 7/00, АО 1В 49/06. Сеялка полосного посева / Сысуев В.А., Ковалев Н.Г., Кормщиков А.Д. и др.; опубл. 20.09.06, Бюл. №26. – 7 с.

40 Помаскин А.С. Совершенствование рабочих органов комбинированной сеялки для посева семян трав в дернину: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. – Киров, 2008. – 196 с.

41 Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3 т. – Изд. 5-е, перер. и доп. – М.: Машиностроение, 1980. – 560 с.

42 Семенова Г.А. Улучшение эксплуатационных показателей почвообрабатывающих агрегатов путем разработки динамичных рабочих органов: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. – СПб., 2021. – 172 с.

43 Кашфуллин А.М. Повышение ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин путем нанесения износостойких покрытий дуговой металлизацией: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. – Пермь, 2017. – 131 с.

44 Шкуркин И.Г., Шкуркина Ю.А., Сухоленцев А.И. Контактное взаимодействие рабочих органов с твердыми частицами и их износ при относительном перемещении // Современные автомобильные материалы и

технологии (САМИТ-2017): сб. ст. 9-й междунар. науч.-техн. конф.. – Курск, 2017. – С. 266-269.

45 Лялякин В.П., Аулов В.Ф., Ишков А.В. и др. Износ долот анкерных сошников сеялки Primera DMC-9000, упрочненных комбинированными покрытиями, в условиях Алтайского края // Технологии и средства механизации сельского хозяйства. – 2014. – №12. – С. 124-132.

46 Трение, изнашивание, смазка: справоч. / под ред. И.В. Крагельского, В.В. Алисина. – М.: Машиностроение, 1978. – 400 с.

47 Плаксин А.М., Водясов Е.В. Пути повышения долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин // Вестник ЧГАА. – 2014. – Т. 68. – С. 60-63.

48 Ишков А.В., Кривочуров Н.Т., Мишустин Н.М. и др. Влияние технологических факторов на износ поверхностноупрочненных стрельчатых лап // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – №10(72). – С. 92-96.

49 Беляев В.И., Кривочуров Н.Т., Иванайский В.В. и др. Обоснование влияния тягового сопротивления на параметры износа стрельчатых рабочих органов // Вестник АГАУ. – 2009. – №10(60). – С. 92-95.

50 Петухов Д.А., Чаплыгин М.Е., Назаров А.Н. Инновационные проекты, новые технологии и оборудование // Техника и оборудование для села. – 2013. – №4. – С. 10-14.

51 Jankauskas V., Katinas E., Pusvaskis M. et al. A study of the durability of hardened plough point // Journal of Friction and Wear. – 2020. – Vol. 41. – P. 78-84.

52 Roy S., Sundararajan S. The effect of heat treatment routes on the retained austenite and Tribomechanical properties of carburized AISI 8620 steel // Surface & Coatings Technology. – 2016. – Vol. 308. – P. 236-243.

53 Napiorkowski J., Lemecha M., Konat L. Forecasting the wear of operating parts in an abrasive soil mass using the Holm-Archard Model // Materials. – 2019. – Vol. 12, Issue 13. – P. 2180-1-2180-15.

54 Ельцов, В.В. Восстановление и упрочнение деталей машин: электр. учеб. пос. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2015. – 335 с.

55 Бартенов И.М., Поздняков Е. В. изнашивающая способность почв и ее влияние на долговечность рабочих органов почвообрабатывающих машин // Машины и оборудование. – 2013. – №3. – С. 114-123.

56 Ахметшин Т.Ф. Повышение долговечности почвообрабатывающих рабочих органов, перемещающихся в абразивной почвенной среде // Вестник БГАУ. – 2013. – №4. – С. 76-81.

57 Салынских В.М., Щербакова Е.Е., Арефьева Л.П. Улучшение механических свойств пружин из стали 65Г изотермической закалкой // Молодой исследователь Дона. – 2018. – №2(11). – С. 77-80.

58 Чаботарев М.И., Кадыров М.Р. Выбор оптимального способа восстановления изношенной поверхности детали: учеб. пос. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 91 с.

59 Аулов В.Ф., Лужных П.В., Рыбалкин А.В. и др. Упрочнение долот сошника сеялки ДМС 9000 // Тр. ГОСНИТИ. – 2014. – Т. 116. – С. 128-132.

60 Stawicki T., Bialobrzeska B., Kostencki P. Tribological Properties of Plough Shares Made of Pearlitic and Martensitic Steels // Metals. – 2017. – Vol. 7, Issue 4. – P. 139-1-139-20.

61 Zhang J.W., Zhu L., Chen P. et al. Flowing interaction between cutting edge of ploughbreast with soil in shifting tillage operations // Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics. – 2020. – Vol. 14, Issue 1. – P. 1404-1415.

62 Yazici A., Cavdar U. A study of soil tillage tools from boronized sintered iron // Metal Science and Heat Treat. – 2017. – Vol. 58, Issue 11-12. – P. 753-757.

63 Novikov A.E., Motorin V.A., Lamskova M.I. et al. Composition and tribological properties of hardened cutting blades of tillage machines under abrasive deterioration // Journal of Friction and Wear. – 2018. – Vol. 39, Issue 2. – P. 158-163.

64 Vladut V., Marin E., Grigore I. et al. Field and laboratory wear testing of integral seedbed implement's chisel tines point // Actual Tasks on Agricultural Engineering. – 2017. – Vol. 45. – P. 131-140.

65 Wang F.L., Tao Q., Xiao L.Q. et al. Simulation and analysis of serrated chip formation in cutting process of hardened steel considering ploughing-effect // Journal of Mechanical Science and Technology. – 2018. Vol. 32, Issue 5. – P. 2029-2037.

66 Refai M., Hamid Z.A., El-kilani R.M. et al. Reducing the wear and corrosion of the agricultural machinery by electrode position nanocomposite coatings: A Review // Egyptian Journal of Chemistry. – 2020. – Vol. 63, Issue 8. – P. 3075-3096.

67 Vladutoiu L., Vladut V., Voiculescu I. et al. Increasing agricultural machinery active parts durability by hardening // Actual Tasks on Agricultural Engineering. – 2015. – Vol. 43. – P. 153-164.

68 Yazici A. Wear behavior of carbonitride-treated ploughshares produced from 30MNB5 steel for soil tillage applications // Metal Science and Heat Treatment. – 2011. – Vol. 53, Issue 5-6. – P. 248-253.

69 Воробьев Л.Н. Технология машиностроения и ремонт машин/ Л.Н. Воробьев. – М. Машиностроение, 1986. – 224 с.

70 Дудников И.А. Классификация деталей для управления качеством их поверхностного слоя // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – №5/7(53). – С. 10-13.

71 Петров С.А., Бисноватый С.И. Ремонт сельскохозяйственных машин. – М.: Колос, 1982. – 303 с.

72 Мочалов И.И. и др. Ремонт почвообрабатывающих машин. – М.: Россельхозиздат, 1986. – 142 с.

73 Чижев В.Н., Бельчикова О.Г., Селиверстов М.В. и др. Электромеханическое деформирование металлов – основа ресурсосбережения при ремонте деталей // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2007. – №9(35). – С. 54-58.

74 Napiorkowski J., Lemecha M., Konat L. Forecasting the Wear of Operating Parts in an Abrasive Soil Mass Using the Holm-Archard Model // Materials. – 2019. – Vol. 12, Issue 13. – P. 2180-1-2180-15.

75 Соловьев С.А. и др. Комбинированные упрочняющие покрытия для долот анкерных сошников сеялки Primera DMC-9000 // Тр. ГСНИТИ. – 2014. – Т. 117. – С. 159-167.

76 Нукушев С.О., Есхожин Д.З. Косатбекова Д.Ш. Обоснование технологии и конструктивно-технологической схемы зернотукотравяной сеялки // Байкальский Вестник ДААД. – 2018. – №1. – С. 88-92.

77 Косатбекова Д.Ш., Нукушев С.О. Разработка и обоснование параметров сошника зернотукотравяной сеялки и повышение ресурса работы его рабочей поверхности // Матер. междунар. науч.-теорет. конф. «Сейфуллинские чтения – 17: «Современная аграрная наука: цифровая трансформация», посв. 30-летию Независимости Республики Казахстан. – Нур-Султан, 2021. – С. 225-228.

78 Nukeshev S., Eskhozhin K., Kosatbekova V. et al. Technological and technical solutions to the problem of soil compaction and depletion in the system of precision farming in the conditions of Northern Kazakhstan // Proceed. 7th internat. scient. Congr. “Agricultural machinery”. – Bургas, 2019. – P. 120-124.

79 Нукушев С.О., Есхожин Д.З., Косатбекова Д.Ш. и др. Технологические и технические решения проблемы внесения основной дозы минеральных удобрений в системе точного земледелия в условиях северного Казахстана // Новости науки Казахстана. – 2020. – №1(143). – С. 176-187.

80 Евраз. пат. 38584. Зернотукотравяная противоэрозионная сеялка / Нукушев С.О., Есхожин Д.З., Косатбекова Д.Ш. и др.; опубл. 17.09.21. – 5 с.

81 Пат. 34241 РК. Зернотукотравяная сеялка / Нукушев С.О., Есхожин Д.З., Косатбекова Д.Ш. и др.; опубл. 27.03.20.

82 Пат. 34242 РК. Зернотукотравяная противоэрозионная сеялка / Нукушев С.О., Есхожин Д.З., Косатбекова Д.Ш. и др.; опубл. 27.03.20.

83 Нукушев С.О., Есхожин Д.З., Косатбекова Д.Ш. и др. Рабочий орган зернотукотравяной сеялки // Изденістер, нәтижелер – Исследование, результаты. – 2020. – №2(86). – С. 318-328.

84 Nukeshev S., Yeskhozhin K., Kossatbekova D. et al. The justification for colter spreader configuration selected for broadcast seeding and mineral fertilizer application // Journal Mechanization in agriculture & Conserving of the resources. – 2018. – Vol. 64, Issue 3. – P. 83-86.

85 Желиговский В.А. Экспериментальная теория резания лезвием. – М., 1941. – 28 с.

86 Nukeshev S., Yeskhozhin K., Kossatbekova D. et al. Traction force investigation of the new working body of the sod seeder // International Journal of Technology. – 2023. – Vol. 14, Issue 3. – P. 536-548.

87 Nukeshev S., Kossatbekova D., Ramaniuk M. et al. Traction Force, Sowing Quality, and Deformation Characteristics of the Coulter of a Grain-Fertilizer-Grass Seeder // AgriEngineering. – 2024. – Vol. 6. – P. 2326-2351.

88 Wang X. et al. Discrete Element Simulations and Experiments of Soil Disturbance Behaviours as Affected by the Upward Angle of Subsoiler’s Wing // <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?>. 10.08.2024.

- 89 Wang X., Gao P., Yue B. et al. Optimization of installation parameters of subsoiler' wing using the discrete element method // Computers and Electronics in Agriculture. – 2019. – Vol. 162. – P. 523-530.
- 90 Li B. et al. Comparison of Two Subsoiler Designs Using the Discrete Element Method (DEM) // Transactions of the ASABE. – 2018. – Vol. 61, Issue 5. – P. 1529-1537.
- 91 Askari M., Shahgholi G. et al. The effect of new wings on subsoiler performance. Applied Engineering in Agriculture // American Society of Agricultural and Biological Engineers. – 2016. – Vol. 32, Issue 3. – P. 353-362.
- 92 Barr J.B., Ucgul M. et al. Simulating the effect of rake angle on narrow opener performance with the discrete element method // Biosystems Engineering. – 2018. – Vol. 171. – P. 1-15.
- 93 Barr J.B. et al. Minimising soil disturbance and reaction forces for high speed sowing using bentleg furrow openers // Biosystems Engineering. – 2016. – Vol. 151. – P. 53-64.
- 94 Barr J., Ucgul M. et al. Simulating the effect of rake angle on narrow opener performance with the discrete element method // Biosystems Engineering. – 2018. – Vol. 171. – P. 1-15.
- 95 Barr J., Desbiolles J., Ucgul M. et al. Bentleg furrow opener performance analysis using the discrete element method // Biosystems Engineering. – 2020. – Vol. 189. – P. 99-115.
- 96 Solhjou A. et al. Soil translocation by narrow openers with various blade face geometries // Biosystems Engineering. – 2013. – Vol. 114, Issue 3. – P. 259-266.
- 97 Solhjou A., Fielke J.M. et al. Soil translocation by narrow openers with various rake angles // Biosystems Engineering. – 2012. – Vol. 112, Issue 1. – P. 65-73.
- 98 Aikins K.A., Barr J.B., Antille D.L et al. Analysis of effect of bentleg opener geometry on performance in cohesive soil using the discrete element method // Biosystems Engineering. – 2021. – Vol. 209. – P. 106-124.
- 99 Tagar A.A. et al. Finite element simulation of soil failure patterns under soil bin and field testing conditions // Soil and Tillage Research. – 2015. – Vol. 145. – P. 157-170.
- 100 Asaf Z., Rubinstein D., Shmulevich I. Determination of discrete element model parameters required for soil tillage // Soil and Tillage Research. – 2007. – Vol. 92, Issues 1-2. – P. 227-242.
- 101 Ucgul M., Saunders C., Fielke J.M. Comparison of the discrete element and finite element methods to model the interaction of soil and tool cutting edge // Biosystems Engineering. – 2018. – Vol. 169. – P. 199-208.
- 102 Saunders C., Ucgul M., Godwin R.J. Discrete element method (DEM) simulation to improve performance of a mouldboard skimmer // Soil and Tillage Research. – 2021. – Vol. 205. – P. 104764.
- 103 Ucgul M., Saunders C., Fielke J.M. Discrete element modelling of top soil burial using a full scale mouldboard plough under field conditions // Biosystems Engineering. – 2017. – Vol. 160. – P. 140-153.

104 Barr J.B., Desbiolles J.M.A., Fielke J.M. et al. Development and field evaluation of a high-speed no-till seeding system // *Soil and Tillage Research*. – 2019. – Vol. 194. – P. 104337.

105 Ucgul M., Fielke J.M., Saunders C. 3D DEM tillage simulation: Validation of a hysteretic spring (plastic) contact model for a sweep tool operating in a cohesionless soil // *Soil and Tillage Research*. – 2014. – Vol. 144. – P. 220-227.

106 Wang X., Zhang S., Pan H. et al. Effect of soil particle size on soil-subsoiler interactions using the discrete element method simulations // *Biosystems Engineering*. – 2019. – Vol. 182. – P. 138-150.

107 Нируманд Х., Мехризид М.Э.М., Саали М. Применение метода гидродинамики гладких частиц (SPH) для моделирования разрушения грунта при высоких давлениях // *Основания, фундаменты и механика грунтов*. – 2017. – №4. – С. 6.

108 Корнеев В.М. и др. *Технология ремонта машин: учеб.* – М., 2019. – 328 с.

109 Косатбекова Д.Ш., Нукешев С.О. Обоснование влияния технологических факторов на износ поверхностно-упрочненных рабочих органов сеялки и методы их восстановления // *Вклад молодых ученых в инновационные технологии для АПК: матер. науч.-практ. конф. молод. учен., посв. 80-лет. М.К. Сулейменова*. – Шортанды, 2019. – С. 83-86.

110 Нукешев С.О., Косатбекова Д.Ш. Шым шөп тұқымын сепкіш сінірушісінің беттік беріктендірудің әдістерін зерттеу // *Матер. республ. науч.-теорет. конф. «Сейфуллинские чтения-14: Молодежь, наука, инновации: Цифровизация – новый этап развития»*. – Нұр-Сұлтан, 2018. – С. 85-87.

111 Степанова Т.Ю. *Технологии поверхностного упрочнения деталей машин*. – Иваново, 2009. – 69 с.

112 Сорокин В.М., Курников А.С. *Основы триботехники и упрочнения поверхностей деталей машин: курс лекц.* – Н. Новгород, 2006. – 296 с.

113 Schuh B., Mendez-Martin F. et al. Mechanical properties, microstructure and thermal stability of a nanocrystalline CoCrFeMnNi high-entropy alloy after severe plastic deformation // *Acta Materialia*. – 2015. – Vol. 96. – P. 258-268.

114 Kossatbekova D.Sh., Nukeshev S.O., Romanyuk N.N. Investigation of dependence of hardness of grain-fertilizer-grass seeder chisel on chemical composition of the clad layer // *Вестник ПГУ*. – 2024. – №1. – С. 50-61.

115 Gerald O.J., Wenge L., Yuan Tao Z. et al. Influence of plasma spraying current on the microstructural characteristics and tribological behaviour of plasma sprayed Cr₂O₃ coating // *Boletín De La Sociedad Española De Cerámica Y Vidrio*. – 2021. – Vol. 60. – P. 338-346.

116 Laplanche G., Kostka A., Reinhart C. et al. Reasons for the superior mechanical properties of medium-entropy CrCoNi compared to high-entropy CrMnFeCoNi // *Acta Materialia*. – 2017. – Vol. 128. – P. 292-303.

117 Hou L., Cui X., Yang Y. et al. Chrome-free Samarium-based Protective coatings for Magnesium Alloys // *Physics Procedia*. – 2013. – Vol. 50. – P. 261-266.

118 Kocaman E., Kılınç B., Durmaz M. et al. The influence of chromium content on wear and corrosion behavior of surface alloyed steel with $Fe_{(16x)}Cr_x(B,C)_4$ electrode // Engineering Science and Technology, an International Journal. – 2021. – Vol. 24. – P. 533-542.

119 Mantrala K.M., Das M. et al. Additive manufacturing of Co-Cr-Mo alloy: influence of heat treatment on microstructure, tribological, and electrochemical properties // <https://doi.org/10.3389/fmech.2015.00002>. 10.08.2024.

120 Vieira L.F.S., Voorwald H.J.C., Cioffi M.O.H. Fatigue Performance Of AISI 4340 Steel Ni-Cr-B-Si-Fe HVOF Thermal Spray Coated // Procedia Engineering. – 2015. – Vol. 114. – P. 606-612.

121 Кель И.Н., Жучков В.И., Сычев А.В. Применение борсодержащих материалов в черной металлургии // Черная металлургия. – 2018. – №5(1421). – С. 48-54

122 Новиков В.С. Методика расчета почворезущих рабочих органов на долговечность // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2008. – №2(27). – С. 143-149.

123 Новиков В.С. Упрочнение рабочих органов почвообрабатывающих машин. – М.: МГАУ, 2013. – 169 с.

124 Спиридонов А.А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов. – М: Машиностроение, 1981. – 184 с.

125 ГОСТ 9466-75. Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки сталей и наплавки. Классификация и общие технические условия. – Введ. 1976-01-01. – М., 1977. – 43 с.

126 ГОСТ 28714-2007. Машины для внесения твердых минеральных удобрений. Методы испытаний. – Введ. 2009-01-01. – М., 2008. – 44с.

127 ГОСТ 31345-2007. Сеялки тракторные. Методы испытаний. – Введ. 2009-01-01. – М.: Стандартинформ, 2008. – 54 с.

128 ОСТ 70.5.1-83. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины посевные. Методы оценки функциональных показателей. – Введ. 1984-06-01.

129 ГОСТ 20915. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний. – Введ. 2013-01-01. – М., 2020. – 24с.

130 Kossatbekova D.Sh., Nukeshev S.O., Romanyuk N.N. Macrostructure of hardened chisel opener with silicon-manganese-chromium based cladding // Вестник ЕНУ. – 2024. – №1(146). – С. 114-131.

131 ГОСТ 23728-88-ГОСТ 23730-88. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. – Введ. 1989-01-01. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1988. – 3 с.



132 ГОСТ 23729-88. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки специализированных машин. – Введ. 1989-01-01. – М., 1988. – 9 с.

133 Нормативно-справочный материал для экономической оценки сельскохозяйственной техники. – М., 1988. – 200 с.

134 Черняк И.М., Криворудченко В.Ф., Зими́на Н.В. Проектирование процессов сварки и наплавки деталей вагонов. – Р-на-Д., 2000. – 32 с.

ҚОСЫМША А

Астық-шөп-тыңайтқыш сепкішінің әзірленген жұмыс органының жұмыс сызбалары

 <p>МИНИСТЕРСТВА СЕЛЬСКОЙ ГОСПОДАРЬИ І ХАТЧАВАННЯ РЭСПУБЛІКІ БЕЛАРУСЬ</p> <p>Установа адукацыі «БЕЛАРУСКІ ДЗІРЖАЎНЫ АГРАРНЫ ТЭХНІЧНЫ УНІВЕРСІТЭТ»</p> <p>ВЫПСКА З ПРАТАКОЛУ</p>	 <p>МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ПРОВОДКОЛЬСТВИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ</p> <p>Учреждение образования «БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»</p> <p>ВЫПИСКА ИЗ ПРОТОКОЛА</p>
<p><u>30.06.2020</u> № <u>12</u></p> <p>г. Минск</p>	<p>г. Минск</p>  <p>Исполнительный директор БГАТУ Н. Н. Романюк</p> <p>_____ 2020 г.</p>
<p>заседания Совета факультета «Технический сервис в АПК»</p> <p>Председатель - А.В. Миранович Секретарь - О.В. Сокол</p>	
<p>Присутствовали:</p> <p>Декан факультета, к. т. н., доцент Миранович А.В. Зам. декана Вольский А.Л. Д. т. н., профессор, зав. кафедрой «Технология металлов», Капцевич В.М. К. т. н., доцент, зав. кафедрой «Инженерная графика», Авраменко П.В. К. фил. н., доцент, зав. кафедрой «Белорусский и русский языки», Занкович Е.П. К. пед. н., доцент, зав. кафедрой «Иностранные языки», Захарьева Л.В. К. т. н., доцент, зав. кафедрой «Механика материалов и детали машин», Осипов В.Н. К. т. н., доцент, зав. кафедрой «Технологии и организация технического сервиса», Тарасенко В.Е. Председатель профбюро факультета, Мулярова О.В. Секретарь Совета факультета «Технический сервис в АПК» Сокол О.В.</p>	
<p>Слушали: онлайн-доклад докторанта 3-курса специальности 6D0724200 «Технологические машины и оборудование» Казахского агротехнического университета имени С. Сейфуллина Косатбековой Динары Шадиярбековны по диссертационной работе на тему: «Разработка и обоснование параметров сошника зернотукотравяной сеялки и повышение ресурса работы его рабочей поверхности».</p> <p>Работа выполняется на кафедре «Технологические машины и оборудование». Научный консультант - д.т.н., профессор Нукешов С.О., зарубежный научный консультант – к.т.н., доцент Романюк Н.Н.</p> <p>Докторант Косатбекова Динара отразила в своем докладе цель научных исследований, ее актуальность, ознакомила с задачами исследования, изложила</p>	

научную новизну и практическую значимость работы. Выполнен литературный и патентный обзор существующим конструкциям зернотукотраивающих сеялок, в том числе сошников. Выполнены лабораторные и полевые опыты с экспериментальными упрочненными сошниками.

В процессе обсуждения был задан ряд принципиальных вопросов, касающихся научной новизны, актуальности темы, обоснованности выбора конкретных научных и инженерных методов и средств решения поставленных задач, особенностей предлагаемых рекомендаций.

Вопросы задавали: д. т. н., профессор Капцевич В.М., к. т. н., доцент Тарасенко В.Е., к. т. н., доцент Основин В.Н., к. т. н., доцент Авраменко П.В.

Д.т.н., профессор Капцевич В.М.: Какое практическое применение и в каких условиях на предприятиях могут быть использованы результаты исследования?

К.т.н., доцент Основин В.Н.: Каким образом будет обеспечиваться качество обработанной поверхности?

К.т.н., доцент Тарасенко В.Е.: Какие программные комплексы будете использовать в моделировании упрочнения поверхности сошника?

К.т.н., доцент Авраменко П.В.: Какие методы упрочнения были использованы?

Докторант Косатбекова Д.Ш. дала обстоятельные ответы на заданные вопросы.

Выступил научный консультант к. т. н., доцент Романюк Н.Н., который положительно охарактеризовал работу соискателя.

По результатам открытого голосования (за - 10, против - нет, воздержавшихся - нет).

В результате обсуждения работы над диссертацией Д.Ш. Косатбековой

Постановили:

Признать тему диссертационной работы Д.Ш. Косатбековой «Разработка и обоснование параметров сошника зернотукотраивающей сеялки и повышение ресурса работы его рабочей поверхности» актуальной.

Рекомендовать продолжить работу над диссертацией до полного завершения согласно плану.

Председатель Совета факультета
«Технический сервис в АПК»,
к. т. н., доцент, декан факультета

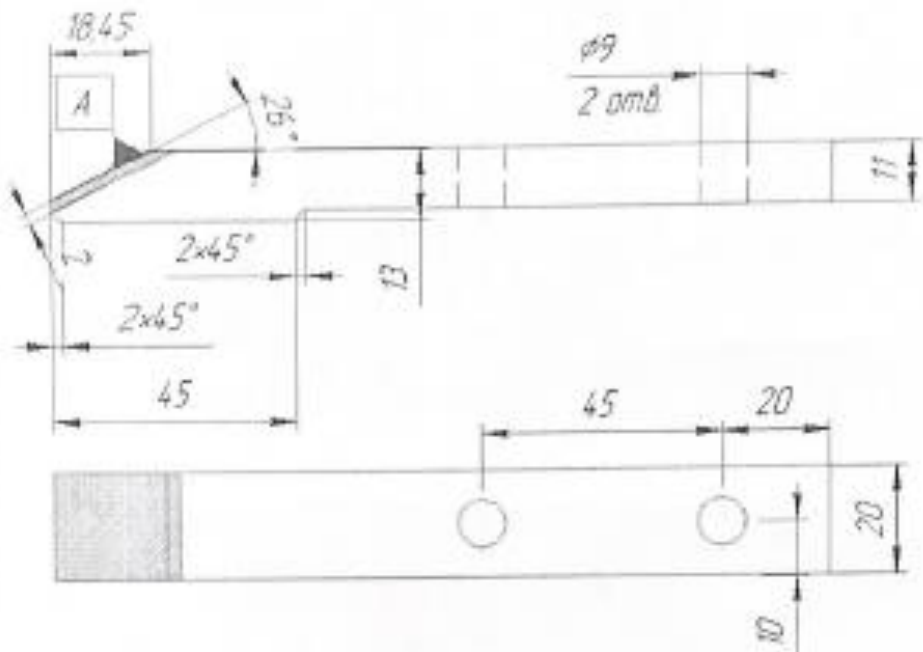


А.В. Миранович

Секретарь Совета факультета
«Технический сервис в АПК»



О.В. Сокол



1. Твердость наплавленного слоя HRC 55-62.
2. Поверхность "А" наплавить электродом Т590 ГОСТ 10051-62.
3. H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.

КОМПЛЕКТ № 127 "Спецификация" № 2111-010 "Металлоизделия" Листов 001 из 001
 № 127 "Спецификация" № 2111-010 "Металлоизделия" Листов 001 из 001

Исполнитель	Проверено	Дата
Мастер	Инженер	
Техник	Инженер	
Мастер	Инженер	
Мастер	Инженер	

Долото

Лист	Из всего	Утверждено
		11
Лист	Листов	1

ҚОСЫМША Ә

Патенттер



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ПАТЕНТ PATENT

№ 34242

ӨНЕРТАБЫСҚА / НА ИЗОБРЕТЕНИЕ / FOR INVENTION



(21) 2018/0892.1

(22) 30.11.2018

Қазақстан Республикасы Өнертабыстары мемлекеттік тізілімінде тіркелу күні / Дата регистрации в Государственном реестре изобретений Республики Казахстан / Date of the registration in the State Register of Inventions of the Republic of Kazakhstan: 18.03.2020

(54) Эрозияға қарсы астық-таспайтқыш-шеп сепкіш
Зерноукрепляющая противоэрозийная сепка
Seed-fertilizer and grass erosion control seeder

(73) "Саяхан Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті" қоғамдық шектес акционерлік қоғамы (KZ)
Некоммерческое акционерное общество "Казықсан агротехникалық университеті атындағы Саяхан Сейфуллин" (KZ)
«Saihan Seifullin Kazakh Agrotechnical University» Joint-Stock Company (KZ)

(72) Нұржанов Саяхат Оразович (KZ)
Есқожа Дәлелгер Зарықович (KZ)
Рамазан Микалш Нұржанович (BY)
Ағашбек Валерий Александрович (BY)
Есқожа Қайрат Дәлелгерович (KZ)
Қуспанов Руслан Қосжанович (KZ)
Ахметов Ержан Советович (KZ)
Тлеубетов Калдыбек Міралибекович (KZ)
Қосатбекова Динара Шадиарбековна (KZ)

Nurzhanov Sayzhat Orazovich (KZ)
Yeskhozhin Jadyger Zarykovich (KZ)
Ramazanik Mikalai Mikalajevich (BY)
Agashchik Valery Aleksandrovich (BY)
Yeskhozhin Kairat Jadygerovich (KZ)
Kuspanov Ruslan Kosjanovich (KZ)
Akhmetov Yarnhan Sovetovich (KZ)
Tleubetov Kaldybek Miralibekovich (KZ)
Kosatbekova Dinara Shadiyarbekovna (KZ)



ЭІПҚ қол қойылымы
Подпись ЭИП
Signed by EDS

Е. Қулағыров
Е. Қулағыров
Y. Kulyayrov

«Ұлттық интеллектуалдық меншік институты» РМҚ директоры
Директор НИИ «Национальный институт интеллектуальной собственности»
Director of the «National Institute of Intellectual Property» RSE



ЕВРАЗИЙСКАЯ ПАТЕНТНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
ЕВРАЗИЙСКОЕ ПАТЕНТНОЕ ВЕДОМСТВО

ЕВРАЗИЙСКИЙ ПАТЕНТ



ЕВРАЗИЙСКИЙ ПАТЕНТ

№ 038584

Название изобретения:

«ЗЕРНОТУКОТРАВЯНАЯ ПРОТИВОЭРОЗИОННАЯ
СЕЯЛКА»

Патентовладелец (льцы):

НЕКОММЕРЧЕСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "КАЗАХСКИЙ
АГРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ САКЕНА
СЕЙФУЛЛИНА" (KZ)

Изобретатель (и):

Нукешев Саяхат Оразович, Есхожин Джалдыгер Зарлыкович (KZ), Романюк
Николай Николаевич, Агейчик Валерий Александрович (BY), Есхожин
Кайрат Джалдыгерович, Кусаннов Руслан Комекович, Ахметов Ержан
Советович, Тлеумбетов Калдыбек Мирамбекович, Косатбекова Динара
Шадиербековна (KZ)

Заявка №: 201900544
Дата подачи заявки: 17 октября 2019 г.
Дата выдачи патента: 17 сентября 2021 г.

Настоящим удостоверяется, что евразийский патент выдан
на изобретение с формулой, опубликованной в Бюллетене
Евразийского патентного ведомства «Изобретения
(евразийские заявки и патенты)» № 9 / 2021 год.

При уплате установленных годовых пошлин патент
действует на территории государств - участников
Евразийской патентной конвенции - Азербайджанской
Республики, Кыргызской Республики, Республики Армения,
Республики Беларусь, Республики Казахстан, Республики
Таджикистан, Российской Федерации, Туркменистана.

ТЛЕВЛЕСОВА Сауле Январбековна
Президент Евразийского патентного ведомства



ҚОСЫМША Б

Өндірістерге енгізу актілері



«УТВЕРЖДАЮ»
Генеральный директор
АО «Ақмола-Феникс».
Рахимов Н.К.
«23» 10 2020 г.

АКТ

внедрения в производство научно-технических разработок и передового опыта

1. Наименование внедряемого мероприятия – Автоматизированная зернотукотравяная сеялка для дифференцированного прямого посева сельскохозяйственных культур под покровные культуры и в дернину с одновременным внесением минеральных удобрений
2. Каким научным учреждением предложено к внедрению – кафедрой технической механики КАТУ им. С.Сейфуллина
3. Кем и когда принято решение о внедрении мероприятия – Ученым Советом технического факультета КАТУ им. С.Сейфуллина, 28.08.2020
4. Наименование хозяйства, его адрес – АО «Ақмола-Феникс» Целиноградского района Ақмолинской области
5. Календарные сроки внедрения (начало-конец) - 01.05.2020 – 20.10.2020
6. Объем внедрения мероприятий (по плану и фактический) – Отбор почвенных проб, агрохимический анализ образцов почв, посев трав с одновременным дифференцированным внесением удобрений на площади 50 га.
7. Фактический экономический эффект от внедрения на единицу (за, машину, голову и т.д.) – 11685 тг/га
8. Фамилия, должность и затраты рабочего времени (чел.-час.) работников, участвовавших во внедрении мероприятия – Нукешев С.О., руководитель НИР – 25 чел.-час., Ахметов Е.С. – 25 чел.-час., Тлеумбетов К.М. – 40 чел.-час., Косатбекова Д.Ш. - 40 чел.-час.

Председатель комиссии
Гл. агроном
Члены комиссии:
Агроном-учетчик
Бригадир
Руководитель НИР, декан
технического факультета
Ст. научн. сотрудник

Докторант

Докторант

Акт составлен «23» октября 2020 г.

Абилкасимов Б.Т.

Тапсыкбаев Т.С.
Смагулов А.К.
Нукешев С.О.

Ахметов Е.С.

Тлеумбетов К.М.

Косатбекова Д.Ш.



УТВЕРЖДАЮ
Директор ТОО
«Целинсельмаш Астана»
Ш.С. Сыздыков

« _____ » _____ 2024г.

г. Астана

АКТ

о внедрении метода упрочнения и повышения ресурса работы поверхности рабочего органа зернотукоотравной сепарки

Мы нижеподписавшиеся составили настоящий акт внедрения метода упрочнения и повышения ресурса работы поверхности рабочего органа зернотукоотравной сепарки.

Для внедрения в производство ТОО «Целинсельмаш Астана», представителем Казахского агротехнического исследовательского университета имени С. Сейфуллина Д.Ш. Косатбековой были переданы следующие конструкторско-технологические и руководящие материалы:

- сборочный чертеж рабочего органа зернотукоотравной сепарки;
- рабочий чертеж долота сошника зернотукоотравной сепарки с оптимальными конструкторскими параметрами;
- рекомендации по выбору режимов наплавки рабочей поверхности для повышения износостойкости. По приведенным данным можно выбрать режим, обеспечивающий заданную толщину слоя при наименьшем припуске и максимальной производительности наплавки.

Предварительно выполненные расчеты показали, что применение метода упрочнения наплавкой электродом Т590 позволяет повышать износостойкость и ресурс работы долота зернотукоотравной сепарки в 1,9 раза.

Технический директор
ТОО «Целинсельмаш Астана»

Научный руководитель, д.т.н., профессор

Докторант кафедры ТМО КАТИУ

 О. Канрбасов
 С.О. Нукешев
 Д. Косатбекова

ҚОСЫМША В

БМАТУ хаттамасынан үзінді



ВЫПИСКА

Из протокола № 12 заседания Совета факультета «Технический сервис в АПК» учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»

от «30» июня 2020 г.

Присутствовали:

Декан факультета, к. т. н., доцент Миранович А.В.

Зам. декана Вольский А.Л.

Д. т. н., профессор, зав. кафедрой «Технология металлов», Капцевич В.М.

К. т. н., доцент, зав. кафедрой «Инженерная графика», Авраменко П.В.

К. фил. н., доцент, зав. кафедрой «Белорусский и русский языки», Занкович Е.П.

К. пед. н., доцент, зав. кафедрой «Иностранные языки», Захарьева Л.В.

К. т. н., доцент, зав. кафедрой «Механика материалов и детали машин», Основин В.Н.

К. т. н., доцент, зав. кафедрой «Технологии и организация технического сервиса», Тарасенко В.Е.

Председатель профбюро факультета, Мулярова О.В.

Секретарь Совета факультета «Технический сервис в АПК» Сокол О.В.

Слушали: онлайн-доклад докторанта 3-курса специальности 6D0724200 «Технологические машины и оборудование» Казахского агротехнического университета имени С. Сейфуллина Косатбековой Динары Шадиярбековны по диссертационной работе на тему: «Разработка и обоснование параметров сошника зернотукотравяной сеялки и повышение ресурса работы его рабочей поверхности».

Работа выполняется на кафедре «Технологические машины и оборудование». Научный консультант - д.т.н., профессор Нукушев С.О., зарубежный научный консультант – к.т.н., доцент Романюк Н.Н.

Докторант Косатбекова Динара отразила в своем докладе цель научных исследований, ее актуальность, ознакомила с задачами исследования, изложила научную новизну и практическую значимость работы. Выполнен литературный и патентный обзор существующим конструкциям зернотукотравяных сеялок, в том числе сошников. Выполнены лабораторные и полевые опыты с экспериментальными упрочненными сошниками.

В процессе обсуждения был задан ряд принципиальных вопросов, касающихся научной новизны, актуальности темы, обоснованности выбора конкретных научных и инженерных методов и средств решения

поставленных задач, особенностей предлагаемых рекомендаций.

Вопросы задавали: д. т. н., профессор Капцевич В.М., к. т. н., доцент Тарасенко В.Е., к.т.н., доцент Основин В.Н., к. т. н., доцент Авраменко П.В.

Д.т.н., профессор Капцевич В.М.: Какое практическое применение и в каких условиях на предприятиях могут быть использованы результаты исследования?

К.т.н., доцент Основин В.Н.: Каким образом будет обеспечиваться качество обработанной поверхности?

К.т.н., доцент Тарасенко В.Е.: Какие программные комплексы будете использовать в моделировании упрочнения поверхности сошника?

К.т.н., доцент Авраменко П.В.: Какие методы упрочнения были использованы?

Докторант Косатбекова Д.Ш. дала обстоятельные ответы на заданные вопросы.

Выступил научный консультант к. т. н., доцент Романюк Н.Н., который положительно охарактеризовал работу соискателя.

По результатам открытого голосования (за - 10, против - нет, воздержавшихся - нет).

В результате обсуждения работы над диссертацией Д.Ш. Косатбековой

Постановили:

Признать тему диссертационной работы Д.Ш. Косатбековой «Разработка и обоснование параметров сошника зернотукотравяной селки и повышение ресурса работы его рабочей поверхности» актуальной.

Рекомендовать продолжить работу над диссертацией до полного завершения согласно плану.

Председатель Совета факультета
«Технический сервис в АПК»,
к. т. н., доцент, декан факультета



А.В. Миранович

Секретарь Совета факультета
«Технический сервис в АПК»



О.В. Сокол

ҚОСЫМША Г

Сертификаттар

МІНІСТЭРСТВА СЕЛЬСКОЙ
ГАСПАДАРКІ І ХАРЧАВАННЯ
РЭПУБЛІКІ БЕЛАРУСЬ

Установа адукацыі
«БЕЛАРУСКІ ДЗЯРЖАЎНЫ
АГРАРНЫ ТЭХНІЧНЫ
ЎНІВЕРСІТЭТ»



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО
ХОЗЯЙСТВА И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СЕРТИФИКАТ

Регистрационный номер № 35 Дата 30.06.2020 г.

настоящим удостоверяется, что

КОСАТБЕКОВА
Динара Шадиярбековна

Прошла онлайн научно-исследовательскую стажировку по теме «Разработка и обоснование параметров сошника зернотукотравяной сеялки и повышение ресурса работы его рабочей поверхности» в период с 20.06.20 г. по 30.06.20 г.

Первый проректор



Н.Н. Романюк



**SCIENTIFIC AND TECHNICAL
UNION OF MECHANICAL ENGINEERING
BULGARIA
AWARDS**

A

DIPLOMA
FOR THE PARTICIPATION IN THE
VII INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONGRESS



AGRICULTURAL MACHINERY 2019

TO

*PhD doctoral student
Kosatbekova D.*

FOR THE REPORT

TECHNOLOGICAL AND TECHNICAL SOLUTIONS TO THE PROBLEM OF SOIL
COMPACTION AND DEPLETION IN THE SYSTEM OF PRECISION FARMING IN THE
CONDITIONS OF NORTHERN KAZAKHSTAN

Prof. D.SC. Eng. Georgi Popov
Chairman of the
Scientific-Technical Union of Mechanical Engineering

Burgas

26. - 29.06.2019

СЕРТИФИКАТ

настоящий сертификат удостоверяет, что

Косатбекова Динара

принял(а) участие в работе научно-практической конференции молодых ученых
«Вклад молодых ученых в инновационные технологии АПК»,
посвященная 80-летию академика Сулейменова М.К.

Генеральный директор
НПЦЗХ им. А.И. Бараева



Абдуллаев К.К.

15 марта 2019 г.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ МИНИСТРЛІГІ
С.СЕЙФУЛЛИН атындағы
ҚАЗАҚ АГРОТЕХНИКАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ



II - дәрежелі ДИПЛОМ

«СЕЙФУЛЛИН ОҚУЛАРЫ-14:

*Жастар, ғылым, инновациялар:
цифрландыру – жаңа даму кезеңі»*
атты Республикалық ғылыми-теориялық
конференцияға белсене қатысқаны үшін

Қосамбекова Динара

марапатталады

Ректор



А. Күрішбаев

Астана
25 сәуір 2018 жыл

ҚОСЫМША Д

Екінші ретті орталық композициялық ротатабельді жоспарлау бағдарламасы бойынша тарту кедергісінің және ені бойынша әркелкі үлестірілуінің сіңіруші қашауының параметрлеріне тәуелділігін эксперименттік зерттеулердің деректері

Кесте Д.1 – Факторлардың өзгеру интервалдары мен деңгейлері

Факторлар	Кодтық белгілеу	Өзгеру интервалдары	Кодталғанға сәйкес факторлардың натурал деңгейлері				
			-1,682	-1	0	+1	+1,682
b – қашау сіңірушісінің ені, м	x_1	5	0,01	0,015	0,02	0,025	0,03
β – артқы жағын горизонтқа орнату бұрышы, град.	x_2	15	45	60	75	90	105
l – қашау сіңірушісінің ұзындығы, м	x_3	15	0,115	0,130	0,145	0,160	0,175

Кесте Д.2 – Жоспарлау матрицасы және нәтижелері

Тәжірибе нөмірі	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$	x_1^2	x_2^2	x_3^2	УР	УН
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,56	0,36
2	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	1	0,6	0,38
3	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	1	1	0,72	0,31
4	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	0,71	0,33
5	1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	1	1	1	0,74	0,33
6	1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	1	1	1	0,66	0,24
7	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	0,73	0,35
8	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	1	1	0,72	0,32
9	1	1,682	0	0	0	0	0	0	2,829	0	0	0,68	0,27
10	1	-1,682	0	0	0	0	0	0	2,829	0	0	0,75	0,3
11	1	0	1,682	0	0	0	0	0	0	2,829	0	0,65	0,29
12	1	0	-1,682	0	0	0	0	0	0	2,829	0	0,79	0,25
13	1	0	0	1,682	0	0	0	0	0	0	2,829	0,61	0,39
14	1	0	0	-1,682	0	0	0	0	0	0	2,829	0,59	0,35
15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,63	0,38
16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0,34
17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,66	0,33
18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,65	0,32
19	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0,31
20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,62	0,31
сумма	20	0	0	0	0	0	2	-2	13,658	13,658	13,658	13,37	6,46

Кесте Д.3 – $P = f(b, \beta, l)$ анықтау үшін s_y^2 есептеуге арналған көмекші кесте

Тәжірибе нөмірі	y_u	\bar{y}	$y_u - \bar{y}$	$(y_u - \bar{y})^2$	s_y^2
1	0,56	$\frac{\sum_{u=1}^{n_0} y_u}{n_0} =$ $= 0,6475$	-0,0875	0,007656	$\frac{\sum_{u=1}^{n_0} (y_u - \bar{y})^2}{n_0 - 1}$ $= 0,006358$
2	0,6		0,0475	0,002256	
3	0,72		0,0725	0,005256	
4	0,71		0,0625	0,003906	
	$\sum_{u=1}^{n_0} y_u = 2,59$			$\sum_{u=1}^{n_0} (y_u - \bar{y})^2$ $= 0,019075$	

Кесте Д.4 – $H = f(b, \beta, l)$ анықтау үшін s_y^2 есептеуге арналған көмекші кесте

Тәжірибе нөмірі	y_u	\bar{y}	$y_u - \bar{y}$	$(y_u - \bar{y})^2$	s_y^2
1	0,36	$\frac{\sum_{u=1}^{n_0} y_u}{n_0} =$ $= 0,345$	0,015	0,000225	$\frac{\sum_{u=1}^{n_0} (y_u - \bar{y})^2}{n_0 - 1}$ $= 0,000967$
2	0,38		0,035	0,001225	
3	0,31		-0,035	0,001225	
4	0,33		-0,015	0,000225	
	$\sum_{u=1}^{n_0} y_u = 1,38$			$\sum_{u=1}^{n_0} (y_u - \bar{y})^2$ $= 0,0029$	

Кесте Д.5 – $P = f(b, \beta, l)$ анықтау үшін $s_{ад}^2$ есептеуге арналған көмекші кесте

Тәжірибе нөмірі	y_j	\bar{y}_j	$y_j - \bar{y}_j$	$(y_j - \bar{y}_j)^2$	$s_{ад}^2$
1	0,56	0,7	-0,14	0,0196	$\frac{\sum_{j=1}^N (y_u - \bar{y}_j)^2}{N - (k + 1)}$ $= 0,016$
2	0,6	0,7	-0,1	0,01	
3	0,72	0,62	0,1	0,01	
4	0,71	0,62	0,09	0,0081	
5	0,74	0,76	-0,02	0,0004	
6	0,66	0,76	-0,1	0,01	
7	0,73	0,68	0,05	0,0025	
8	0,72	0,68	0,04	0,0016	
				$\sum_{u=1}^{n_0} (y_u - \bar{y})^2$ $= 0,0622$	

Кесте Д.6 – $H = f(b, \beta, l)$ анықтау үшін $s_{ад}^2$ есептеуге арналған көмекші кесте

Тәжірибе нөмірі	y_j	\bar{y}_j	$y_j - \bar{y}_j$	$(y_j - \bar{y}_j)^2$	$s_{ад}^2$
1	0,36	0,7	-0,14	0,0196	$\frac{\sum_{j=1}^N (y_u - \bar{y}_j)^2}{N - (k + 1)}$ $= 0,016$
2	0,38	0,7	-0,1	0,01	
3	0,31	0,62	0,1	0,01	
4	0,33	0,62	0,09	0,0081	
5	0,33	0,76	-0,02	0,0004	
6	0,24	0,76	-0,1	0,01	
7	0,35	0,68	0,05	0,0025	
8	0,32	0,68	0,04	0,0016	
				$\sum_{u=1}^{n_0} (y_u - \bar{y})^2$ $= 0,0622$	

Екінші ретті орталық композициялық айналмалы жоспарлау бағдарламасы бойынша қаттылықтың бетті беріктендіру әдісіне тәуелділігін эксперименттік зерттеу деректері

Кесте Д.7 – 2^3 типті толық факторлық эксперименттің жоспарлау матрицасы

Факторлар				Оңтайландыру параметрі
Натурал белгіленулері	меншікті кедергі R , мкОм·м	ұстау уақыты τ , сағ	материал құрамындағы Cr , %	метал қаттылығы HV
Кодталған	x_1	x_2	x_3	y
Жоғарғы деңгей	0,55	3	18	-
Негізгі деңгей	0,40	2	13	-
Төменгі деңгей	0,25	1	8	-
Өзгеру интервалдары	0,15	1	5	-

Кесте Д.8 – Жоспарлау матрицасы және тәжірибелер нәтижесі

Тәжірибе нөмірі	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$	x_1^2	x_2^2	x_3^2	y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	1	815
2	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	1	790
3	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	1	1	736
4	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	624
5	1	1	1	-1	1	-1	-1	1	1	1	1	548
6	1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	775
7	1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	1	679
8	1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	733
9	1	0	0	1,682	0	0	0	0	2,829	0	0	724
10	1	0	0	-1,682	0	0	0	0	2,829	0	0	598
11	1	0	1,682	0	0	0	0	0	0	2,829	0	575
12	1	0	-1,682	0	0	0	0	0	0	2,829	0	763
13	1	1,682	0	0	0	0	0	0	0	0	2,829	628
14	1	-1,682	0	0	0	0	0	0	0	0	2,829	661
15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	709
16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	644
17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	740
18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	739
19	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	709
20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	713
сумма	20	0	0	0	0	0	0	0	13,658	13,658	13,658	13903

Қашау бетінің қаптама жасау режимінің оңтайлы параметрлерін эксперименттік зерттеу деректері

Кесте Д.9 – Факторлардың өзгеру интервалдары мен деңгейлері

Факторлар	Кодтық белгілеу	Өзгеру интервалдары	Кодталғанға сәйкес факторлардың натурал деңгейлері				
			-1,682	-1	0	+1	+1,682
I – ток, А	x_1	10	120	130	140	150	160
$v_э$ – электродтың беріліс жылдамдығы, м/с	x_2	0,0003	0,003	0,0033	0,0036	0,0039	0,0042
v_n – қаптама жасау жылдамдығы, м/с	x_3	0,0001	0,001	0,0011	0,0012	0,0013	0,0014

Кесте Д.10 – Жоспарлау матрицасы және тәжірибелер нәтижесі

Тәжірибе нөмірі	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$	x_1^2	x_2^2	x_3^2	y_a	y_z
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,1	1,1
2	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	1	4,65	0,9
3	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	1	1	1,20	0,7
4	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	4,50	0,63
5	1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	1	1	1	2,10	1,8
6	1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	1	1	1	2,35	1,65
7	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	4,18	0,79
8	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	1	1	3,63	1,52
9	1	1,682	0	0	0	0	0	0	2,829	0	0	1,3	1,45
10	1	-1,682	0	0	0	0	0	0	2,829	0	0	1,1	1,65
11	1	0	$\frac{1,68}{2}$	0	0	0	0	0	0	2,829	0	1,95	1,69
12	1	0	$-\frac{1,68}{2}$	0	0	0	0	0	0	2,829	0	5,5	1,13
13	1	0	0	$\frac{1,68}{2}$	0	0	0	0	0	0	2,829	3,9	0,35
14	1	0	0	$-\frac{1,68}{2}$	0	0	0	0	0	0	2,829	4,13	0,87
15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,92	1,29
16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,76	0,81
17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,02	0,92
18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,68	0,5
19	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,19	0,63
20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,58	0,65

сумма	20	0	0	0	0	0	2	-2	13,658	13,658	13,658	$\frac{56,7}{4}$	21,03
-------	----	---	---	---	---	---	---	----	--------	--------	--------	------------------	-------

Кесте Д.11 – s_y^2 есептеуге арналған көмекші кесте

Тәжірибе нөмірі	y_u	\bar{y}	$y_u - \bar{y}$	$(y_u - \bar{y})^2$	s_y^2
15	1,29	$\frac{\sum_{u=1}^{n_0} y_u}{n_0} = 0,8$	0,49	0,2401	$\frac{\sum_{u=1}^{n_0} (y_u - \bar{y})^2}{n_0 - 1} = 0,08$
16	0,81		0,01	0,0001	
17	0,92		0,12	0,0144	
18	0,5		-0,3	0,09	
19	0,63		-0,17	0,0289	
20	0,65		-0,15	0,0225	
	$\sum_{u=1}^{n_0} y_u = 4,8$			$\sum_{u=1}^{n_0} (y_u - \bar{y})^2 = 0,3960$	

Кесте Д.12 – $s_{ад}^2$ есептеуге арналған көмекші кесте

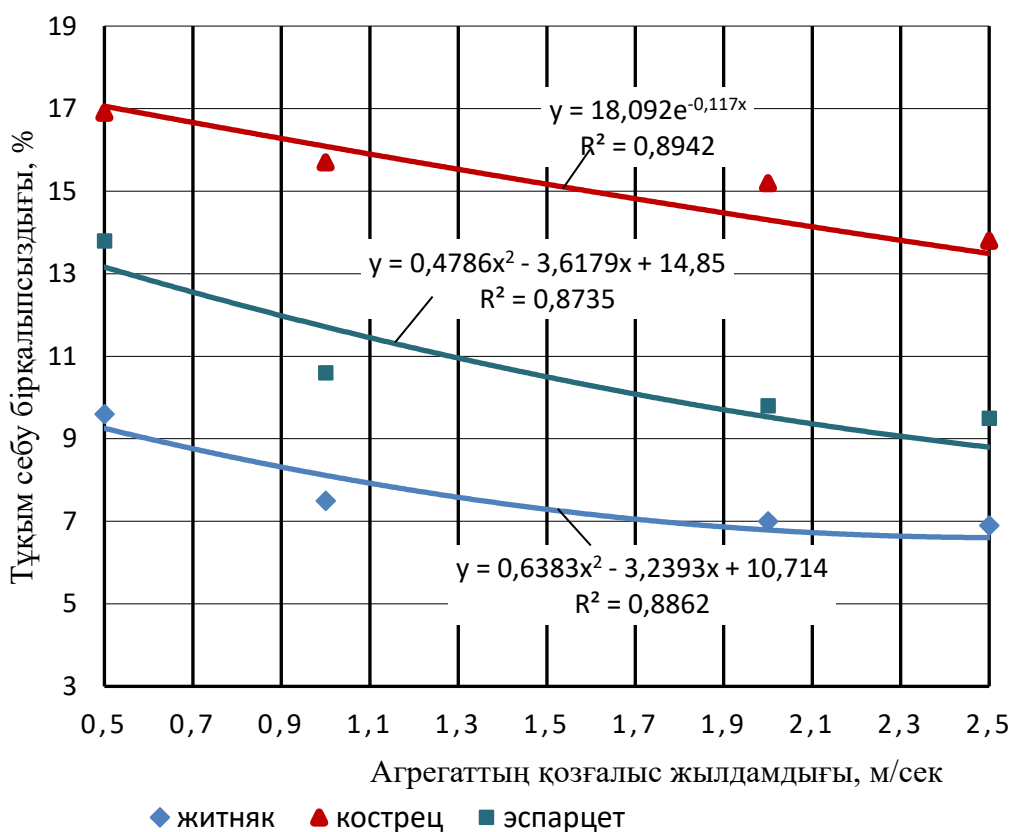
Тәжірибе нөмірі	y_j	\bar{y}_j	$y_j - \bar{y}_j$	$(y_j - \bar{y}_j)^2$	$s_{ад}^2$
1	1,1	1,24	-0,14	0,0196	$\frac{\sum_{j=1}^N (y_u - \bar{y}_j)^2}{N - (k + 1)} = 0,34$
2	0,9	1,646	-0,746	0,5565	
3	0,7	0,838	-0,138	0,0190	
4	0,63	1,244	-0,614	0,3779	
5	1,8	1,24	0,56	0,3136	
6	1,65	1,646	0,004	0,000016	
7	0,79	0,838	-0,048	0,0023	
8	1,52	1,244	0,276	0,0762	
	$\sum_{u=1}^{n_0} y_u = 9,09$	$\frac{\sum_{u=1}^{n_0} y_u}{n_0} = 1,242$		$\sum_{u=1}^{n_0} (y_u - \bar{y})^2 = 1,3651$	

Кесте Д.13 – s_y^2 есептеуге арналған көмекші кесте

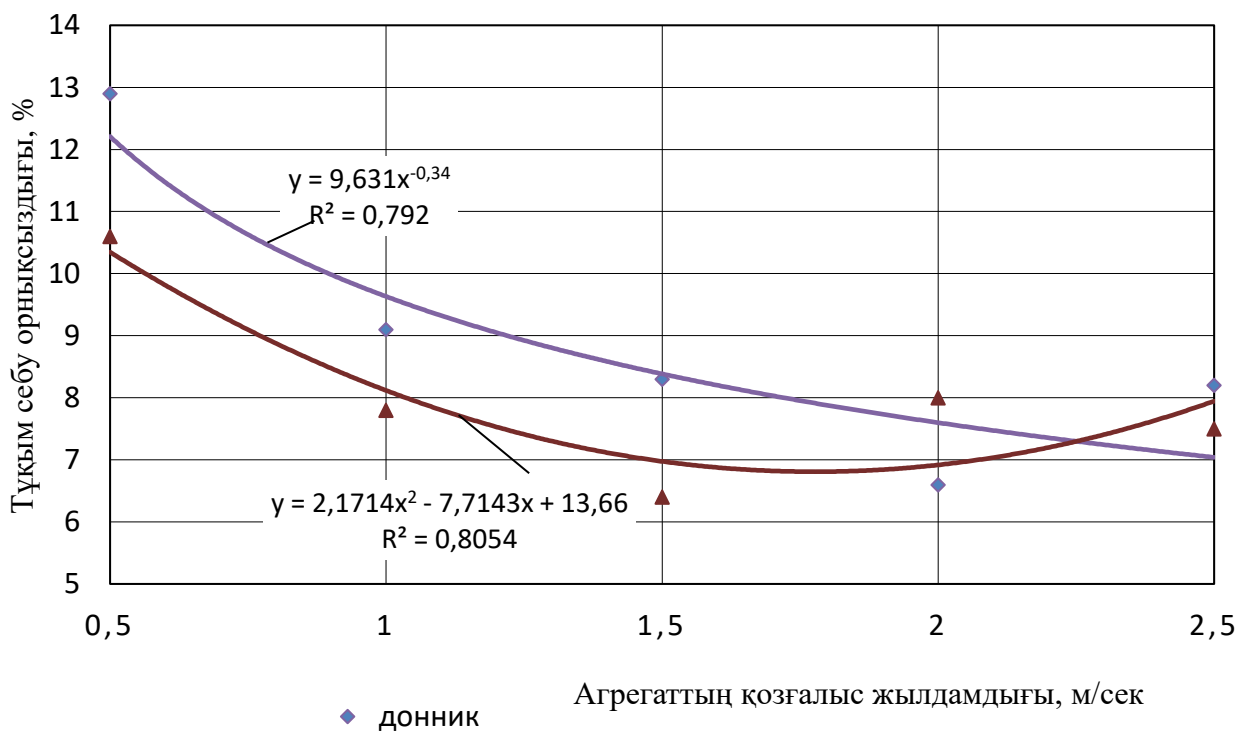
Тәжірибе нөмірі	y_u	\bar{y}	$y_u - \bar{y}$	$(y_u - \bar{y})^2$	s_y^2
15	1,92	$\frac{\sum_{u=1}^{n_0} y_u}{n_0} = 2,53$	-0,605	0,366025	$\frac{\sum_{u=1}^{n_0} (y_u - \bar{y})^2}{n_0 - 1} = 0,5291$
16	1,76		-0,765	0,585225	
17	3,02		0,495	0,245025	
18	3,68		1,155	1,334025	
19	2,19		-0,335	0,112225	
20	2,58		0,055	0,003025	
	$\sum_{u=1}^{n_0} y_u = 15,15$			$\sum_{u=1}^{n_0} (y_u - \bar{y})^2 = 2,6456$	

Кесте Д.14 – $s_{ад}^2$ есептеуге арналған көмекші кесте

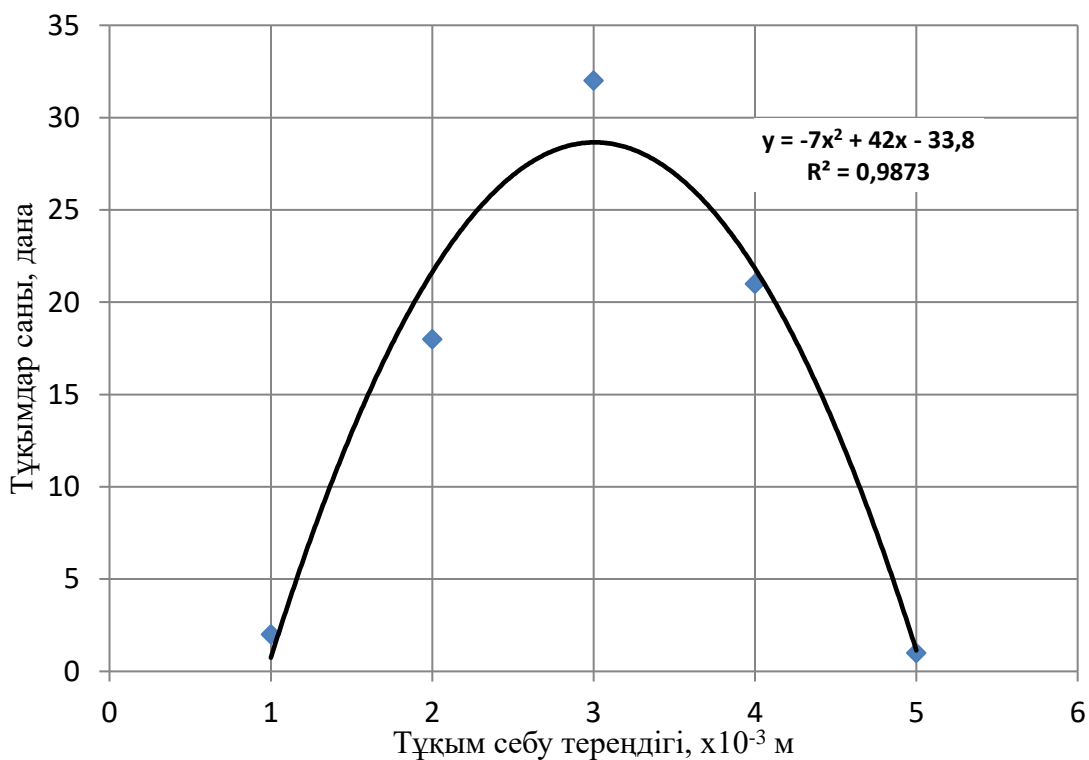
Тәжірибе нөмірі	y_j	\bar{y}_j	$y_j - \bar{y}$	$(y_j - \bar{y}_j)^2$	$s_{ад}^2$
1	1,1	0,471	0,629	0,3956	$\frac{\sum_{j=1}^N (y_u - \bar{y}_j)^2}{N - (k + 1)}$ $= 1,1$
2	4,65	3,275	1,375	1,8906	
3	1,2	1,829	-0,629	0,3956	
4	4,5	4,633	-0,133	0,0177	
5	2,1	2,259	-0,159	0,0253	
6	2,35	1,487	0,863	0,7448	
7	4,18	3,617	0,563	0,3169	
8	3,63	2,845	0,785	0,6162	
	$\sum_{u=1}^{n_0} y_u = 9,09$	$\frac{\sum_{u=1}^{n_0} y_u}{n_0} = 2,552$		$\sum_{u=1}^{n_0} (y_u - \bar{y})^2 = 4,4027$	



Сурет Д.1 – Қиын сусымалы тұқымдарды себу бірқалыпсыздығының агрегаттың қозғалыс жылдамдығына тәуелділігі



Сурет Д.2 – Сусымалы тұқым себудің орнықсыздығының агрегаттың қозғалыс жылдамдығына тәуелділігі



Сурет Д.3 – Житняк тұқымын себу

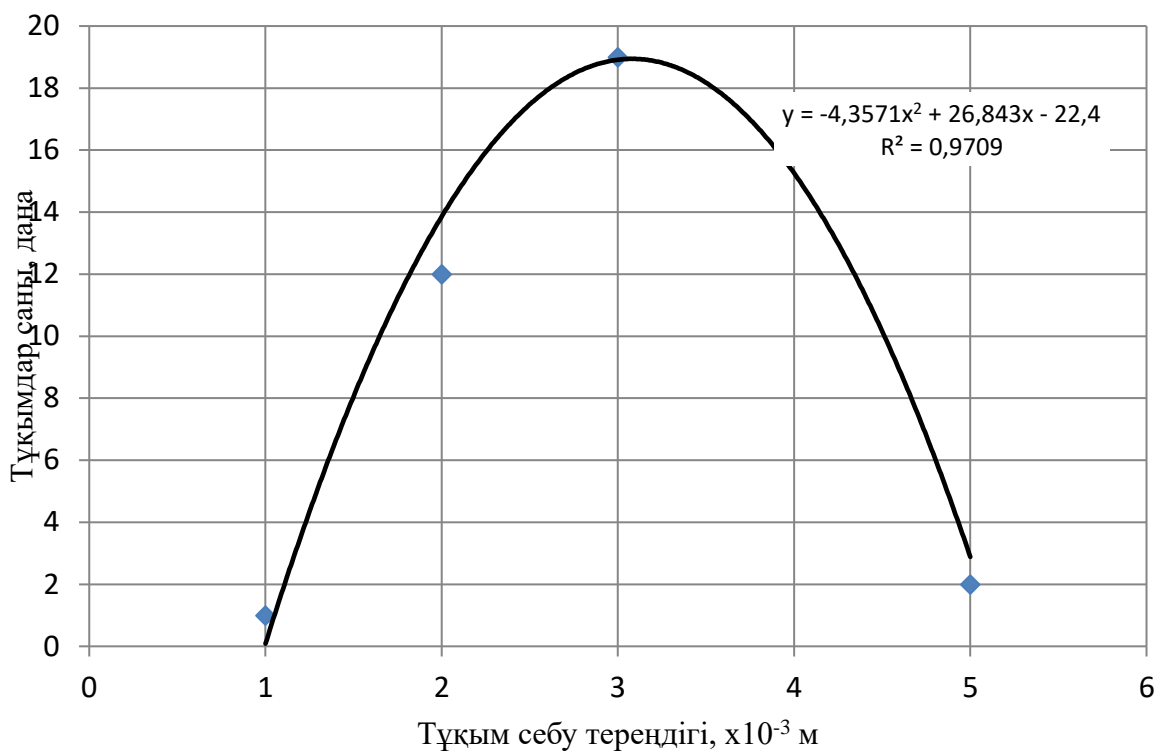
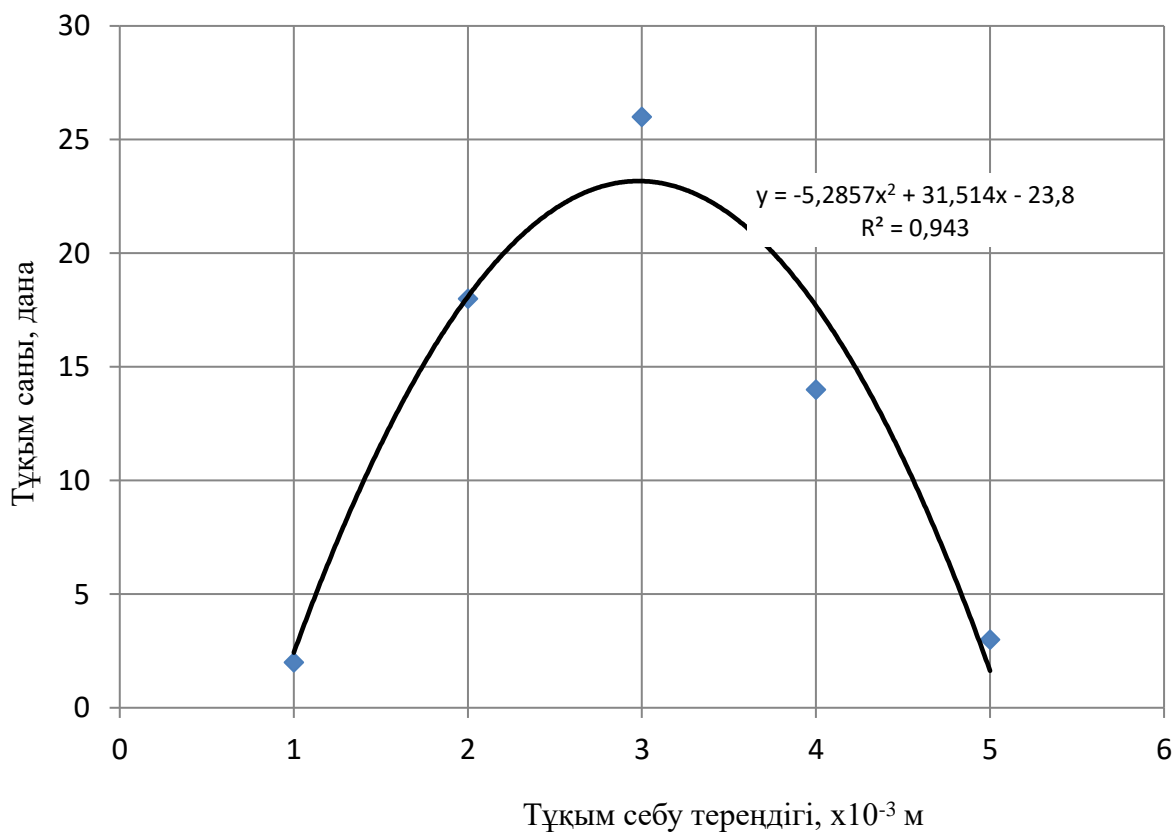
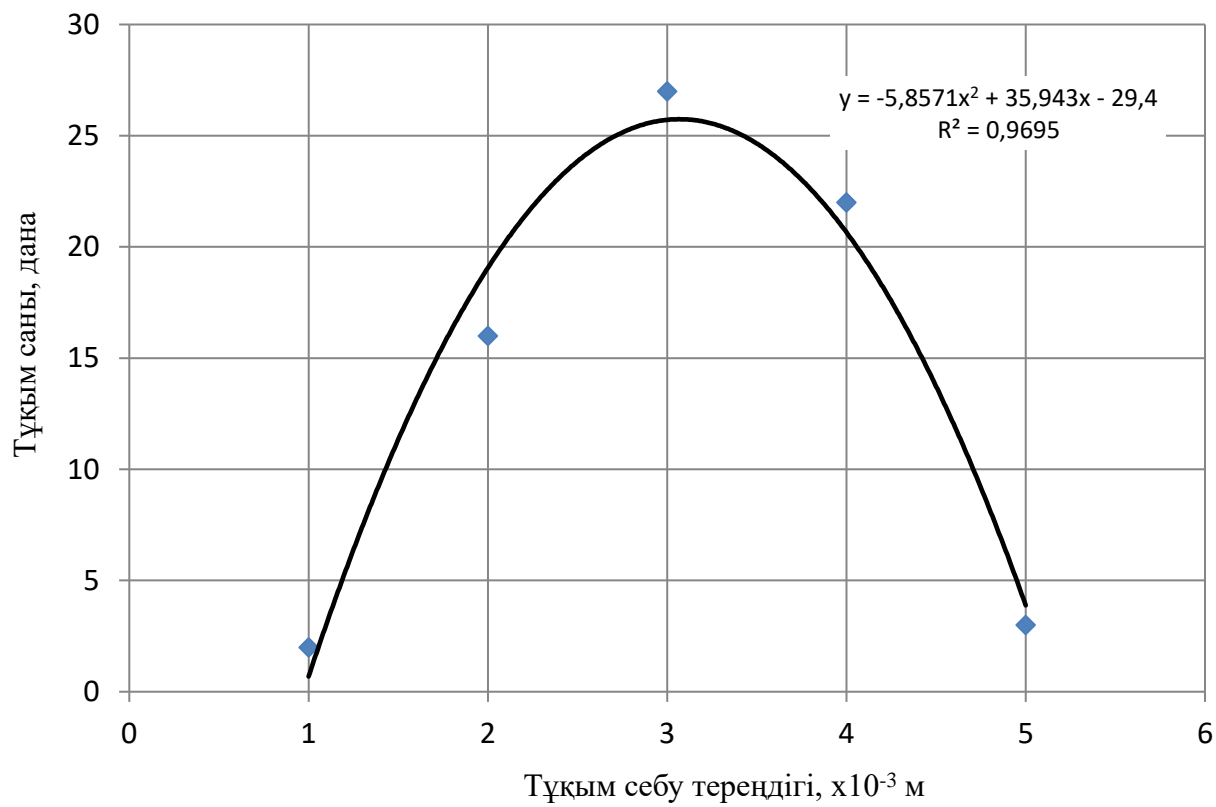


Рисунок Д.4 – Арпабас тұқымын себу



Сурет Д.5 – Жоңышқа тұқымын себу



Сурет Д.6 – Эспарцет тұқымын себу