

С.Сейфуллин атындағы қазақ агротехникалық зерттеу университеті

ӨОК 631.333

Қолжазба құқығында

ТАНБАЕВ ХОЖАКЕЛДИ КУВАНДИКОВИЧ

**«Сұйық минералды тыңайтқыштарды топырақ ішіне енгізуге арналған
жұмыс органының негізгі параметрлерін негіздеу»**

8D08701-Аграрлық техника және технология
(Агроинженерия)

Философия докторы (PhD)
дәрежесін алу үшін дайындалған диссертация

Отандық ғылыми кеңесшісі
техникалық ғылымдарының докторы,
профессор
Нөкешев С.О.,

Шетелдік ғылыми кеңесшісі
доктор PhD,
профессор
Tahsin Engin
(Түркия)

Қазақстан Республикасы
Астана, 2023 жыл

МАЗМҰНЫ

НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР	5
АНЫҚТАМАЛАР, БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР	6
КІРІСПЕ	7
1 ЗЕРТТЕУ СҰРАҒЫ МЕН МІНДЕТТЕРІ	12
1.1 Қазақстандағы топырақ құнарлығы мәселесіне шолу	12
1.2 Өсімдіктердің тамыр жүйесі және нығыздалған топырақ қабаты мәселесі.....	13
1.3 Минералды тыңайтқыштарды сұйық түрінде беру мен топыраққа астарлай енгізудің тиімділігі	15
1.4 СМТ-ны топыраққа енгізуге арналған жұмыс органдарына шолу	18
1.4.1 Патенттік іздеу. Топырақты өңдеу және СМТ-ны топырақ ішіне енгізуге арналған жұмыс органдары	21
1.4.2 Топырақ өңдеу пышағы бар параплау типті соқалар	25
1.5 Қолданыстағы бүріккіш саптамаларды талдау	26
Бөлім бойынша қорытынды	29
2 ЖҰМЫС ОРГАНЫ ЖӘНЕ ОНЫҢ ЭЛЕМЕНТТЕРІНІҢ ҚҰРЫЛЫМЫ БОЙЫНША ТЕОРИЯЛЫҚ АЛҒЫШАРТТАР	31
2.1 СМТ-ны топыраққа енгізуге арналған жұмыс органының сұлбасы	32
2.1.1 Жұмыс органының тарту кедергісінің теориялық негізі.....	33
2.2 СМТ-ны топыраққа астарлай енгізуге арналған пышақ	39
2.2.1 СМТ-ны топыраққа астарлай енгізуге арналған пышақтың тарту кедергісі	40
2.3 Сұйықтықтың ағыны мөлшері мен жылдамдығының агрегаттың жұмыс ені мен жылдамдығына байланысы	45
2.4 Бүріккіш элементтің құрылымы	46
2.4.1 Жарты шеңбер пішінді соққы беті бар жалпақ бүріккіштің параметрлері, ағынның түрі және бүрку бұрышы	47
2.4.2 Бүрку бұрышын басқару параметрлері	50
2.5 Бүріккіштің соққы беті радиусы мен осы беттегі сұйықтық ағыны қалыңдығының теориялық негізі	56
2.6 Пышақтың ізінде құлаған топырақ ағыны сызығы мен табаны.....	62
Бөлім бойынша қорытынды	64
3 ЕСЕПТІК СҰЙЫҚ ДИНАМИКАСЫ ҚҰРАЛДАРЫМЕН ТАЛДАУ ЖӘНЕ ЭКСПЕРИМЕНТТІК ЗЕРТТЕУЛЕРДІҢ ӘДІСНАМАСЫ	67
3.1 Зерттеулердің міндеттері мен бағдарламасы	67
3.2 Жұмыс органының тарту кедергісін эксперименттік жолмен бағалау әдіснамасы.....	68
3.3 Пышақтың тарту кедергісін эксперименттік жолмен бағалау әдіснамасы.....	69

3.4	Жарты шеңбер пішінді соққы беті бар жалпақ бүріккішті Ansys Fluent® бағдарламасында зерттеу.....	70
3.5	Жалпақ бүріккіштің параметрлерін оңтайландыру әдіснамасы.....	72
3.6	Бүрку бірқалыптылығын алуға бағытталған оңтайландыру.....	75
3.7	Лабораториялық эксперименттік құрылғы.....	77
3.8	Жарты шеңбер пішінді соққы беті бар жалпақ бүріккіштің пішінін іздеу	79
3.9	Сұйықтық ағынының бірқалыптылығын бақылау және бүрку бұрышын анықтау	80
3.10	Тамшыларды өлшеу құрылғысы.....	81
3.11	Терең өңдеу және СМТ-ны топыраққа енгізуге арналған пышақ ізінде қалыптасатын топырақ асты қуысын бағалау әдіснамасы.....	82
3.12	Бүріккіштің ылғалдандыру дәрежесін тексеру әдіснамасы	84
3.13	Далалық эксперименттерді жүргізу бағдарламасы.....	84
3.13.1	Жұмыс органының тарту кедергісін анықтау әдіснамасы	86
3.13.2	Жұмыс органы бүріккішінің жұмыс қабілетін далалық жағдайда тексеру	87
4	ҚҰРЫЛЫМДЫҚ ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРДІҢ ЖҰМЫС ОРГАНЫ САПАЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІНЕ ӘСЕРІ	89
4.1	Пышақтың тарту кедергісін анықтау бойынша эксперимент нәтижелері	89
4.2	Жұмыс органының тарту күшін бағалау бойынша эксперимент нәтижелері	91
4.3	Қолданыстағы бүріккіштерді Solidworks Flow Simulation® бағдарламасында модельдеп тексеру нәтижелері.....	95
4.4	Жарты шеңбер пішінді соққы беті бар жалпақ бүріккіштің саңылауының пішіні.....	98
4.5	Соққы бетіндегі ағын қалыңдығын зерттеу нәтижелері	100
4.6	Бүріккіш параметрлерін оңтайландыру нәтижелері, бүрку перпендикулярлығының ауытқу мәселесінің шешімі	103
4.7	Тиімді бүріккіштің параметрлерін тексеруге арналған лабораториялық эксперимент нәтижелері	106
4.7.1	$d = d_1$ типті бүріккіштің параметрлерін тексеру бойынша эксперимент нәтижелері	106
4.7.2	$d > d_1$ типті бүріккіштің параметрлерін тексеру бойынша эксперимент нәтижелері	109
4.8	Бүрку бірқалыптылығын алуға бағытталған оңтайландыру нәтижелері	114
4.9	Бүріккіштен алынған тамшылардың өлшемдері.....	117
4.10	Топырақтың ылғалдану дәрежесі	119
4.11	Пышақтың ізінде қалыптасатын топырақ асты қуысының пішіні мен өлшемдері	119
4.12	Бүрку сапасы бойынша далалық эксперименттер нәтижелері	122

	Бөлім бойынша қорытынды	124
5	ЖҰМЫС ОРГАНЫН ҚОЛДАНУДЫҢ ЭКОНОМИКАЛЫҚ	
	ТИІМДІЛІГІ	126
5.1	СМТ-ны топырақ астына енгізуге арналған жұмыс органы орнатылған тереңқопсытқышты өндіру шығындарын анықтау.....	126
5.2	Ұсынылған жұмыс органын қолданудың экономикалық тиімділігі.....	128
	ҚОРЫТЫНДЫ	133
	ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ	136
	ҚОСЫМШАЛАР	145
	ҚОСЫМША А – Патенттер	145
	ҚОСЫМША Ә – Сертификаттар	155
	ҚОСЫМША Б – Зерттеу нәтижелерін енгізу туралы акт	158
	ҚОСЫМША В – Жұмыс органы жұмысы туралы сипаттама-пікір	159
	ҚОСЫМША Г – Ansys Fluent® бағдарламасында жүргізілген жұмыстар бойынша материалдар	160
	ҚОСЫМША Ғ – Өндірістік және эксперименттік жұмыстардан фотолар	170

НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР

Зерттеу жұмыстары барысында келесі стандарттар талаптарына сүйенілді: «Тыңайтқыштардың қауіпсіздігіне қойылатын талаптар» техникалық регламентін бекіту туралы Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы министрінің 2020 жылғы 29 сәуірдегі № 143 бұйрығы.

ҚР СТ МемСТ Р 51520-2010 Минералды тыңайтқыштар. Жалпы техникалық шарттар.

ҚР СТ МемСТ Р 15.011-2005. Патенттік зерттеулер жүргізу тәртібі.

ГОСТ Р 53056-2008. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки.

ГОСТ 34393-2018. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки.

ГОСТ Р 52777-2007 Техника сельскохозяйственная. Методы энергетической оценки.

ГОСТ 23730-88. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки универсальных машин и технологических комплексов.

ГОСТ 34393-2018. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки.

ГОСТ 19419-74 Лаборатория для работ с источниками ионизирующего излучения. Общие технические требования.

ГОСТ Р 8.663-2009. «ГСИ. Государственный первичный эталон и государственная поверочная схема для средств измерения силы».

ГОСТ 5072-79. Секундомеры механические. Технические условия.

ГОСТ 427-75. Линейки измерительные металлические. Технические условия.

ГОСТ 33736-2016. Межгосударственный стандарт. Техника сельскохозяйственная. Машины для глубокой обработки почвы Методы испытаний.

ГОСТ 20915-2011. Сельскохозяйственная техника. Методы определения условий испытаний.

ГОСТ 24055-2016. Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки.

ГОСТ 28714-90 Машины и тракторы сельскохозяйственные и лесные. Машины для внесения твердых минеральных удобрений. Методы испытаний.

ГОСТ 33686-2015. Машины для транспортирования и внесения жидких удобрений. Методы испытаний.

ГОСТ 17.4.3.01-2017. «Межгосударственный стандарт. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб»

ГОСТ 12.2.019-2005 Система стандартов безопасности труда. Тракторы и машины самоходные сельскохозяйственные. Общие требования безопасности.

АНЫҚТАМАЛАР, БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР

Ansys Fluent® – есептік сұйық динамикасы бағытында зерттеу, модельдеу, талдау жұмыстарын жүргізуге арналған бағдарлама.

Solidworks Flow Simulation® – есептік сұйық динамикасы бағытында зерттеу, модельдеу жұмыстарын жүргізуге арналған бағдарламалық қосымша.

Өсіру (Extrude), Буль операциялары (Boolean) – 3D модельдерді құруда қолданылатын жүйелік пәрмендер.

Параплау (paraplow) – топырақ бетіндегі өсімдік қалдықтарын сақтай отырып, топырақты аудармастан, тығыздалған топырақ қабаттарын терең жыртуға, қопсытуға арналған соқа.

Бүріккіш – сұйықтықты ұсақ тамшылар қалыптастырып шашырататын арнайы саптама.

СМТ	– сұйық минерал тыңайтқыш
КАС	– карбамид аммиакты силитра
NP 11:37	– сұйық азот-фосфорлы тыңайтқыш
ЕСД	– есептік сұйық динамикасы (CFD)
CFD	– Computational Fluid Dynamics
ЖШС	– жауапкершілігі шектеулі серіктестік
АШТС	– ауылшаруашылығы тәжірибелік стансасы
БЭ	– бүріккіш элемент
БАЭ	– басты атқарушы элемент
СКТ	– сұйық кешенді тыңайтқыш
ҚЕ	– қоректік ерітінді
RGB	– түсті бағалау тәсілі (аддитивтік түстер моделі)

КІРІСПЕ

Нақты егіншілік жүйесі [1] іске асырудың әр кезеңінде ауыл шаруашылығындағы атқарылатын қызметтердің өзектілігіне, зерттелетін мәселе бағытына байланысты жаңа міндеттер қояды және негізделген ғылыми тәсілдер мен инновациялық шешімдерді талап етеді. Егін шаруашылығындағы маңызды бағыттардың бірі тыңайтқыштарды тиімді енгізуге арналған техникалық құралдарды жетілдіру болып табылады.

Топырақ құнарлылығын сақтау және арттыру Қазақстанның егіншілігінде басты мәселелердің бірі болып отыр, өйткені егістік алқаптарындағы топырақ құнарлылығы мен қарашірік құрамы жыл сайын төмендеп келеді. Ғалымдардың зерттеулеріне сәйкес, Қазақстанның әсіресе солтүстік облыстарындағы топырақ құнарлылығы сарқылған, өткен тың игерудің жарты ғасырдан астам кезеңінде 1,4 млн тонна қарашірік жоғалған, бұл оның бастапқы күйінің 1/3 бөлігін құрайды. Орташа алғанда, Қазақстанда қарашіріктің жыл сайынғы шығыны 0,5–1,4 т/га болып, бұл шығындар әсіресе эрозияға ұшыраған жерлерде жоғары мөлшерде [2]. Атап өтер болсақ, эрозиясы әлсіз аймақтарда топырақ құнарлылығы 30%-ға, эрозиясы орташа аймақтарда 50%-ға және эрозиясы жоғары аймақтарда 70%-ға төмендеген [3]. Солтүстік Қазақстанның қара топырақты алқаптарында дегумификация үдерісі байқалады. Кәдімгі қара топырақта 1956 жылмен салыстырғанда 1992-1996 жылдарда қарашіріктің мөлшері 12,3%-ға, 2003-2006 жылдары – 21,5%-ға төмендеген. Оңтүстік қара топырақта 1956 жылмен салыстырғанда 1992-1996 жылдарда қарашірік құрамы 18,2%-ға, 2003-2006 жылдары 38,2%-ға төмендеген [4].

Қара каштан топырақтарындағы қарашірік құрамының төмендеу мәселелері Б.Н. Насиев пен А.Ж. Назарованың 2019 жылы Ақмола облысы, Аршалы ауданының дәнді-сүрлі ауыспалы егіс алқаптарындағы далалық жағдайда жүргізілген зерттеулерінде де көрініс тапты. 10 жыл бойы дәнді-сүрлі ауыспалы егу тәсілін пайдаланған кезде жоғарғы, 0–20 см қабаттағы қарашірік мөлшері тыңмен (4,1) салыстырғанда 9,14%-ға азайып, 3,75%, ал 20–40 см қабатта қарашіріктің абсолютті шығындары 0,40% құраған. Ғалымдар сонымен қатар 40 жыл бойы дәнді-сүрлі ауыспалы егістерінде пайдаланылған қара каштан топырақтың жоғарғы қабаттардағы гумустың 2,81%-ға және фосфордың 8,75%-ға төмендегенін анықтады [5]. Тыңайтқыштарды топырақ астына беру оның тиімділігін, әсерін және экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін де маңызды.

Қазірде сұйық минералды тыңайтқыштардың (СМТ) негізгі мөлшерін топыраққа астарлай енгізудің технологиялық үдерісі мен әдіснамасы жоқ. Демек осы бағыттағы жұмыстар көп жағдайда атқарылмайды немесе сапасыз атқарылады. Бұл топырақтың тамыр қалыптасатын қабатындағы қоректік заттардың азаюына әкеледі. Сонымен қатар, дәнді дақылдарды өсірудің минималды және нөлдік технологиясының кең қолданылуымен алқаптардағы нығыздалған қабаттың қалыптасу мәселелері де ескерілмей келеді. Барынша қаражат үнемдеуге бағытталған және минимал өңдеу технологиялары салдарынан егін алқаптарында нығыздалған қабат қалыптасуы өсімдік тамырының терең дамуына жол бер-

мейді, нәтижеде өнімділік артпайды, ал өсімдік тек беткейлік қоректендіргіштерге тәуелді болады.

Қазақстанда топырақ өңдеу техникаларымен қамтылғандығы туралы жүргізілген шолу сұйық минералды тыңайтқыштардың тиісті мөлшерін (доза) топыраққа астарлай енгізуде қолданылатын техниканың жоқтығын көрсетті. Қолданыстағы техникалардың басым көпшілігі шет елде өндірілген және еліміздің егін шаруашылығындағы агротехникалық ерекшеліктерге толық бейімделмеген әрі қымбат, СМТ-ны енгізу бірқалыптылығы бойынша агротехникалық талаптарды толық орындамайды [6].

Қорыта келе, топырақтағы қарашіріктің мөлшері азайып қана қоймай, төмендеу деңгейі жыл сайын артып келеді. Аталған мәселелерді шешудің бір тәсілі – өсімдіктердің тамыр жүйесінің тұрақты дамуына қолайлы жағдай жасау үшін егістік жерлердің ылғалдылығын, минералды және қоректік заттарын арттыруға, сақтауға бағытталған топырақты өңдеу, мелиоранттарды енгізу бойынша жүйелі іс-шаралар жүргізу [7]. Ал мұндай шаралар өз кезегінде сапалы техникалық жабдықпен қамтуды талап етеді.

Жоғарыда айтылғандарға сүйене отырып, топырақ құнарлығы мәселелерін жою мақсатында, қажетті техникалық жабдықпен қамтамасыз ету үшін сұйық минералды тыңайтқыштарды топыраққа астарлай енгізуге арналған жұмыс органын, оның басты атқарушы элементтерін әзірлеу және олардың параметрлерін негіздеу өзекті.

Тақырыптың даму дәрежесі. Бүгінгі таңда елімізде топырақ өңдеу машиналары мен жұмыс органдарының құрылымдық-технологиялық параметрлерін негіздеу үшін үлкен теориялық және практикалық материал жинақталған. Олар негізінен топырақты үздіксіз өңдейтін технологияларда қолданылатын техникалық құралдарды әзірлеуге және жетілдіруге бағытталған. Топыраққа қатты минерал тыңайтқыштарды енгізу тәсілдері және бұл бағыттағы саралап енгізу технологиясы даму жолында. Алайда, сұйық минерал тыңайтқыштарды топырақ астына енгізу құралдары мен технологиялық үдерісі толық зерттелмеген, осы бағыттағы стандарт пен әдіснамалар жоқтың қасы.

Ғылыми зерттеу жұмысы сұйықтық қасиеттері және динамикасымен тікелей байланысты. Бұл ретте, елімізде гидродинамиканың өте ұсақ өлшемді саңылаулар мен тесіктерден өтетін сұйық ағынын және бүрку үдерісін зерттеуге қаратылған бөлімдері бойынша ғылыми негізделген білімнің жеткіліксіздігі байқалды. Заманауи ғылымда қолданыс тапқан есептік сұйық динамикасы (ЕСД) мен дискретті элементтер әдісі және олардың ғылыми мақсатта қолдану негіздері де елімізде енді ғана қолға алына бастаған. Осы аталғандар негізінде ғылыми жұмыс тақырыбының өзектілігін тағы бір рет атап өтуге болады. Жалпы ғылыми жұмыс тақырыбы классикалық және заманауи білімдерді қамтитын ауыспалы пәнаралық сипатқа ие.

Ғылыми зерттеу гипотезасы. Сұйық минералды тыңайтқыштардың экономикалық және экологиялық тиімділігіне оларды топырақ ішіне белгілі тереңдікке, бірқалыпты жалпақ жолақ түрінде енгізу арқылы қол жеткізуге болады.

Зерттеу мақсаты: жұмыс органы және оның бүріккіштерінің құрылымдық сұлбасы мен ұтымды параметрлерін негіздеу арқылы сұйық минерал тыңайтқыштарды топырақ ішіне енгізу бірқалыпсыздығын төмендету.

Мақсатқа жету үшін келесі **міндеттер** шешілді:

- технологиялық құралдар мен үдерісті зерттеу және топырақты өңдеу кезінде сұйық тыңайтқыштардың топырақ ішінде бірқалыпты бүркілуіне әсер ететін факторларды анықтау және жұмыс органы бүріккіштерінің құрылымдық-технологиялық сұлбасын негіздеу;

- жұмыс органы және оның бүріккіштерінің ұтымды құрылымдық және технологиялық параметрлерін теориялық және эксперименттік негіздеу.

- бүрку пішіні мен өлшемдерін, қажетті беру жылдамдығын анықтау және негіздеу;

- сұйық минералды тыңайтқыштарды топыраққа енгізуге арналған жұмыс органы мен бүріккіштерінің жұмысқа қабілеттілігін өндірістік жағдайда тексеру және оны қолдану тиімділігіне техникалық-экономикалық баға беру.

Зерттеу нысаны. Сұйық минералды тыңайтқыштарды топыраққа енгізудің технологиялық үдерісі.

Зерттеу пәні. Бүріккіштері бар жұмыс органының құрылымдық және технологиялық параметрлерінің жұмыс органының ені бойынша бүрку жолағын қалыптастыруға және бүркудің бірқалыптылығына әсер ету заңдылықтары.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы:

- СМТ-ны топыраққа астарлай енгізуге және терең өңдеуге арналған жұмыс органының құрылымдық параметрлерінің тарту кедергісіне әсер ету тәуелділігі анықталды;

- жарты шеңбер пішінді соққы беті бар жалпақ бүріккіштен қалыптасатын бүрку бұрышын және бірқалыптылығын анықтау бойынша тәуелділіктер енгізілді;

- агрегат жылдамдығы мен бүрку бұрышы арасындағы байланысты көрсететін, топырақ өңдеуші пышақ қозғалысы кезінде қалыптасатын топырақ асты кеңістігінің (қуыс) пішіні мен топырақтың құлау сызығын анықтаудың әдіс ұсынылды.

Техникалық шешімдердің жаңалығы өнертабысқа берілген № KZ В 35768, KZ В 36425 және KZ В 36482 (Қосымша А) патенттерімен қорғалған.

Жұмыстың практикалық маңызы. Сұйық мелиоранттарды тамыр жүйесінің даму аймағына тікелей енгізуге мүмкіндік беретін жұмыс органының және топырақ өңдеуші пышақтардың, сұйықтық бүріккіштердің сызбасы, 3D моделі және тәжірибелік үлгісі; сұйық бүріккіштің жұмысқа жарамдылығын тексеруге арналған құрылғы мен өлшеуіш ыдыс; топырақ арнасында пышақ қозғалысы кезінде оның ізінде қалыптасатын топырақ асты кеңістігі мен топырақтың құлау сызығын анықтауға арналған эксперименттік құрылғы келешек ізденіс жұмыстарында қолданымды болу мүмкін.

Ұсынылған бүріккіш беткейлік бүрку жұмыстарында және жалпы техникалық мақсаттарда өзге салаларда да қолданылуы мүмкін. Жұмыс органы топы-

рақты күзгі сүдігері жырту кезінде, негізгі өңдеумен қатар сұйық минерал тыңайтқышты беру мүмкіндігіне ие.

Теориялық маңызы. Жұмыс органы мен пышақтың тарту күшінің оның негізгі құрылымдық және технологиялық параметрлеріне тәуелділігі тарту класстары әртүрлі тракторлар үшін құрал параметрлерін анықтауға мүмкіндік береді. Бүрку параметрлері мен жұмыс органының жылдамдығы арасындағы анықталған аналитикалық және геометриялық тәуелділіктер, жарты шеңбер пішінді жалпақ бүріккіштің бүрку бұрышы мен соққы бетіндегі ағын қалыңдығы, Ansys Fluent® бағдарламасымен жасалған сұйықтық ағыны облысының 3D моделі және модельдерді оңтайландыру үшін қолданылатын теориялық шешімдер, тендеулер мен қатынастар, бүріккіштің жарамдылығын бағалау негіздері топырақ ішінде сұйық тыңайтқыштарды тарату саласындағы зерттеулерді одан әрі дамытуға ықпал етеді.

Қорғауға ұсынылатын қағидаттар:

- сұйық минералды тыңайтқыштарды топыраққа астарлай енгізуге арналған жалпақ ағынды бүріккіштің құрылымдық сызбасы, өлшемдері және 3D моделі;

- жарты шеңбер пішінді соққы беті бар жалпақ бүріккіштің бүрку бұрышы мен бүрку бірқалыптылығының бүріккіштің құрылымдық параметрлеріне тәуелділігі;

- тарту кедергісінің пышақтар орнатылған жұмыс органының параметрлеріне теориялық тәуелділігі;

- сұйық тыңайтқыштар ағынының бүріккіштермен өзара байланысын сипаттайтын ЕСД модельдер, есептік-графикалық тәуелділіктер, оңтайландыру шарттары.

Жүргізілген зерттеулердегі докторанттың жеке үлесі. Докторант диссертациялық жұмыстың зерттеу жоспарын, бағдарламасын және міндеттерін дайындады. Ұсынылған жұмыс органы және бүріккішінің үш өлшемді моделін, сұлбаларын әзірледі, оларды зауытта және лабораторияды дайындады. Лабораториялық және далалық эксперименттерді дербес жүргізді. Ansys Fluent®, КОМПАС 3D®, Solidworks Flow Simulation® сияқты бағдарламалады қолданып модельдеу, сұйық ағыны заңдылықтарын зерттеу, оңтайландыру жұмыстарын орындады. Зерттеу нәтижелерін тұжырымдау, математикалық-статистикалық өңдеуді және алынған нәтижелерді дәйектеуді орындады. Жарияланымдар мен диссертация мәтінін әзірледі. Ғылыми тағылымдамада болды, ғылыми конференция мен семинарларға және білімін жетілдіруші курстарға (Қосымша Ә) қатысты.

Жұмысты апробациялау. Зерттеу нәтижелері келесі халықаралық ғылыми конференцияларда баяндалды:

1. «М.А. Гендельманның 110 жылдығына арналған «Сейфуллин Оқулары – 19» халықаралық ғылыми-практикалық конференциясы.

2. Сейфуллин Оқулары-18: «Жастар және ғылым – болашаққа көзқарас» халықаралық ғылыми-практикалық конференциясы.

Ғылыми-зерттеу жұмысы нәтижелерін өндіріске енгізу А.И. Бараев атындағы Астық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығының егіс алаңында жүргізілді (Қосымша Б).

Жарияланымдар туралы мәліметтер. Жалпы 10 ғылыми еңбек, оның ішінде Scopus (Web of Science) деректер базасына кіретін Халықаралық ғылыми басылымда 4 мақала, ҚР ҒЖБМ Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынған басылымдарда 4 мақала, халықаралық және республикалық ғылыми-практикалық конференциялар материалдарында 2 мақала жарияланды. Барлығы 5 өнертабысқа Қазақстан Республикасының патенті алынды.

Зерттеу нәтижелерінің қолданысы. Жұмыс органының негізгі бөлшектері «Agritech-KATU» ЖШС дайындалды әрі құрастырылды (Қосымша Ғ, 1-4-суреттер). Далалық эксперименттер А.И. Бараев атындағы астық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығының егіс даласында жүргізілді. Тереңқопсытқыштыңайтқыш 2020-2021 жылдары «Қарабалық АШТС» ЖШС қолданыста болды және зерттеу нәтижелеріне сай тереңқопсытқыш көмегімен топырақты күзгі сүдігері өңдеу нәтижесінде гектарына 2,7 центнер артық өнім алынатыны бақыланды (Қосымша В).

Ғылыми ізденіс кезінде зерттелген бүріккіш агротехнологиялық тұрғыдан СМТ-ны топыраққа астарлай беруге, беткейлік беруге, сонымен қатар ұшты табанды соқамен қолдануға жарамды. Жалпытехникалық тұрғыдан ауаны ылғалдандыру, өрттен сақтану сияқты басқа да салаларды қолданылуы мүмкін.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі. Диссертация кіріспе, бес тарау, жалпы қорытынды, 135 атаудан тұратын пайдаланылған әдебиетер тізімі және қосымшалардан тұрады. Көлемі – 144 бет, суреттер саны 92, кестелер – 33. Қосымшалар – 29 бетті құрайды.

1 ЗЕРТТЕУ СҰРАҒЫ МЕН МІНДЕТТЕРІ

1.1 Қазақстандағы топырақ құнарлығы мәселесіне шолу

Топырақ құнарлылығының төмендеуі Қазақстанның ауыл шаруашылығындағы басты мәселелердің бірі. Бұл мәселе ауыл шаруашылығымен, әсіресе егіншілікпен айналысатын өзге де көптеген елдерде кездеседі [8-11]. Солтүстік Қазақстанның негізгі аймақтық топырақтары – қара топырақтар, каштан топырақтары және қара каштан топырақтары [12] болып, бұл өңірлерде топырақ құнарлығы сарқылуда, егіс алқаптарындағы топырақтың құнарлылығы мен қарашірік құрамы жыл сайын нашарлап, азот пен фосфор көрсеткіштері төмендеп кеткен [13]. Жарты ғасырдан астам жүргізілген тың жерлерді игеру барысында 1,4 миллион тонна қарашірік жоғалды, бұл бастапқы жағдайдың 1/3 бөлігін құрайды. Орташа алғанда, Қазақстанның егін алқаптарындағы қарашіріктің жыл сайынғы шығыны 0,5–1,4 т/га құрайды [2], бұл шығындар әсіресе эрозияға ұшыраған жерлерде көп байқалады. Эрозия күйі әлсіз топырақтарда топырақ құнарлығының деңгейі 30%-ға, орташа топырақтарда 50%-ға және жоғары топырақтарда 70%-ға дейін төмендеген [3]. Зерттеулер Солтүстік Қазақстанның қара топырақты алқаптарында 1992 жылдан 2006 жылға дейін ылғалсыздану үдерісі байқалғанын көрсетті. Қарапайым қара топырақта 1956 жылмен салыстырғанда қарашірік қабатының мөлшері 1992-1996 жылдары 12,3%-ға және 2003-2006 жылдары 21,5%-ға, ал оңтүстік қара топырақта 1992-1996 жылдары 18,2%-ға және 2003-2006 жылдары 38,2%-ға төмендеген [4]. Бидай монокультурасы үшін егістікті ұзақ уақыт пайдалану жалпы және жеңіл гидролизденетін азоттың айтарлықтай төмендеуіне әкеледі. Мысалы, Ақмола облысы Целиноград ауданында орналасқан № 13 стационарлық экологиялық алаңда алынған талдамалық деректер 2001 жылдан 2011 жылға дейін жоғарғы аккумулятивті горизонттағы қарашіріктің төмендеуі 2,99-дан 1,94%-ға, ал жалпы және жеңіл гидролизденетін азоттың сәйкесінше 0,19-дан 0,14%-ға, яғни 100 г топыраққа 6,37-ден 4,5 мг-ға дейін төмендегенін көрсетті [12, 70 б]. Жалпы топырақ мәселелерін және өсімдіктердің тамыр жүйесін зерттеу кезінде жергілікті ғалымдардың зерттеулеріне назар аударылды. Аймақтың топырақ жағдайы туралы бастапқы деректермен танысу үшін (шамамен 1950 жылдан бастап) классикалық ғалымдардың еңбектері мен зерттеу жұмыстары [14, 15] үйренілді.

Соңғы зерттеулерге [16, 17] назар салсақ Солтүстік Қазақстанның құрғақ дала аймағының қара каштан жеңіл топырақтарындағы құнарлық көрсеткіштері келесідей: қарашірік 2,90–2,95%, жалпы азот – 0,17%, фосфор – 0,15%, 100 г топыраққа көлеміне жылжымалы калий 60 мг-нан артық, сілтілік рН 8,08–8,1 және 100 г топырақтағы $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ 20–22 мг. Насиев пен Назарованың [5] зерттеулері де қара каштан топырағындағы қарашіріктің азаюын көрсетеді. Дәнді-сүрлі ауыспалы егіс алқаптарындағы 10 жыл ішінде 0–20 см жоғарғы топырақ қабаттарындағы *қарашірік* мөлшері тың кезеңімен (4,1) салыстырғанда 9,14%-ға төмендеп, 3,75%, ал 20–40 см терең қабатта қарашіріктің жоғалуының абсолютті мәні 0,40% болды. Қара каштан топырақтарының жоғарғы қабаттарында, дәнді дақылдардың ауыспалы егістерінде 40 жыл ішінде гумустың мөлшері 2,81%-ға, ал фосфор 8,75%-ға төмендеген.

Аталған деректер еліміздегі егін алқаптарында топырақ құнарлығының төмендегенін көрсетеді және бұл өсімдіктердің тамыр жүйесінің тұрақты дамуына қолайлы жағдай жасау үшін егістік жерлердің ылғалдылығын, минералды және коректік заттарын сақтауға бағытталған топырақты өңдеу, мелиоранттарды енгізу бойынша жүйелі іс-шаралар жүргізуді талап етеді.

1.2 Өсімдіктердің тамыр жүйесі және нығыздалған топырақ қабаты мәселесі

Агротехникалық талаптарға сәйкес тамыр жүйесінің дамуы температураға, топырақтың құнарлығына, ылғалдылығына және өңдеу сапасына байланысты. Өсімдіктердің тамыр жүйесінің дамуы мен қызметі су мен коректік заттарды сіңіру арқылы дақылдардың өсуі мен өнімділігі үшін маңызды [18]. Толық дамыған тамырлар дақылдардың өнімділігіне, құрғақшылыққа және суыққа төзімділігіне оң әсер етеді [19]. Тамырлар су қорының шектеулі және шектеусіз жағдайларында да сіңіру және өсімдікті коректік заттармен қамтамасыз ету міндетін атқара береді [20].

Тамыр жүйелерінің дамуы тиісті табиғи ортаға байланысты [21]. Қара каштан топырақтарында дәнді дақылдардың тамыр жүйесінің шамамен 60%-ы жоғарғы қабатта шоғырланады, тамырлардың даму тереңдігі 15–20 см, ал 40%-ы терең қабаттарға түседі. Тұзды топырақтарда тамыр жүйесі топырақ бетіне жақын орналасады. Бидай, қара бидай, сұлының тамыр жүйелері топырақтың ылғалдылығына байланысты 100–150 см тереңдікке, жүгері тамырлары 150 см-ге дейін енеді. Дәнді дақылдардың тамыр жүйесінің диаметрі 40–60 см, жүгерінікі – 2–2,5 м дейін жетеді. Әдетте көпшілік өсімдіктердің тамыр жүйесі конус тәрізді болады. Жаздық бидайдың тамыры жалпы массасының 19,4–26,0%-ы жоғарғы 10 см қабатта, 59,6–69,8%-ы 0–50 см тереңдік қабатында таралады [22]. Бұл тамыр жүйесінің дамуы өңдеу түрі мен тәсіліне де байланысты. Мысалы терең жалпақ кесіп және үйінділеп жер аударудан кейін тамырлардың жалпы массасының 64,5–69,8%-ы 20–22 см қабатта, 88,3–90,1%-ы 0–100 см қабатта және 9,9–1,7%-ы 100–150 см қабатта шоғырланады.

Өкінішке орай, өсімдік тамырларының дамуы туралы соңғы жылдардағы деректер бұрынғы зерттеулерде анықталған негізгі деректерден айтарлықтай ерекшеленеді. Ауылшаруашылығы кәсіпкерлері топырақты өңдеуде әртүрлі тәсілдерді қолданады және олардың басым көпшілігі тек экономикалық тиімділікті көздегендіктен топырақтың жағдайын жақсартуға деген шараларды орындауға құлқы жоқ. Сондықтан бір егін маусымында тамыр жүйесі дамитын топырақ горизонты әртүрлі ерекшеліктермен қалыптасуы мүмкін. Технология бұзылған кейбір алқаптарда өсімдік үшін қолайлы қабат талап етілгеннен әлдеқайда аз. 1.1-суретте бір маусымда бидай тамыр жүйесі дамыған топырақ қабаты көрсетілген (7–10 см). Егіс алқабы табанында тамырдың төмен қарай дамуына жол бермейтін тығыздалған топырақ қабаты қалыптасқан. Бұл таяз топырақ қабатында өсімдік ылғалдылық жеткілікті болғандықтан ғана дамиды (жауын-шашын жеткілікті болған кезде), бірақ өнімділік төмен болып қала береді. Алқаптарды топырақтың нығыздалған қабатының пайда болуы және оның өңделмеуі, топырақ құ-

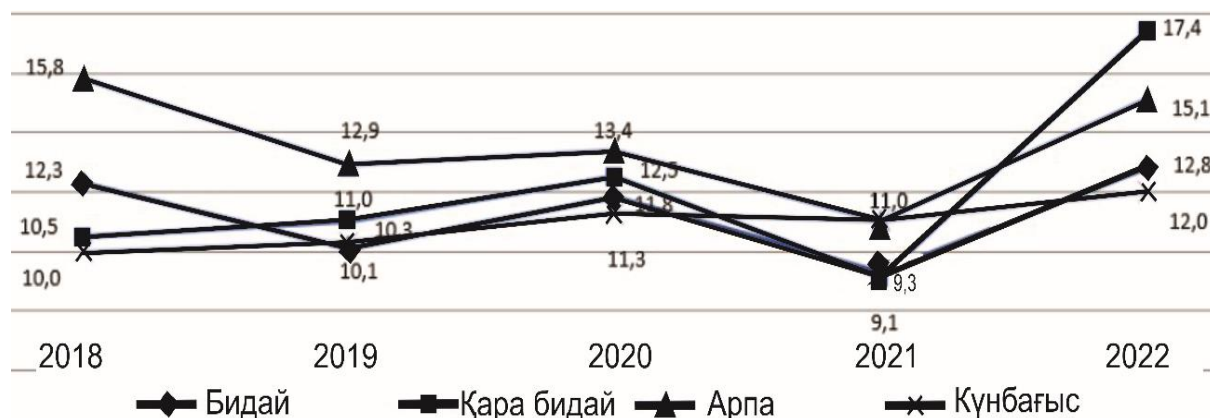


1.1-сурет. Бір маусымда бидайдың тамыр жүйесі дамыған топырақ қабаты (кездейсоқ таңдалған егіс алаңы)

нарлығын төмендетіп, тамыр жүйесінің толық дамуына кедергі болып, ал бұл өз кезегінде астық өнімділігінің төмен болуына алып келеді. Нығыздалған қабат бір тереңдікте көпжылдық өңдеу нәтижесінде пайда болады және оны қалпына келтіру үшін тереңірек өңдеу қажет. Сонда егілген дақылдың тамыры үшін топырақтың терең ылғалданған горизонттарына жол ашылады.

Жалпы Қазақстан бойынша дәнді және бұршақ дақылдарының орташа өнімділігі әлі де төмен, мысалы 2021 жыл үшін бұл көрсеткіш 10,4 ц/га болды, бұл өткен маусымға қарағанда 19%-ға төмен. Оның ішінде бидайдың жылдық өнімділігі

21%-ға төмендеп, 9,3 ц/га құрады [23]. 2022 жыл 2021 жылғы деңгеймен салыстырғанда дәнді (күрішті қоса алғанда) және бұршақ дақылдарының өнімділігі (өңдеуден кейінгі салмақта) 32,7%-ға артып, 13,8 ц/га болды [24]. Кейбір өсімдіктердің орташа өнімділігінің соңғы жылдардағы тенденциясы 1.2-суреттегі графикте ұсынылған.



1.2-сурет. Кейбір өсімдіктердің орташа өнімділігінің соңғы жылдардағы тенденциясы [24]

Тамыр жүйесінің бір егін маусымында даму пішіндері егуде, егу алдындағы өңдеу кезінде де жұмыс органының қозғалыс траекториясына қатысты көлденең қимасының тамырға қауіпсіз болатындай, СМТ-ны тамыр дамитын аймаққа жеткізетіндей пішінін анықтауға мүмкіндік береді. Осы арқылы тамыр жүйесінің даму пішіндері жұмыс органы мен оның топырақ өңдеуші элементінің геометриялық дизайнын әзірлеуде маңызды болуы мүмкін.

1.3 Минералды тыңайтқыштарды сұйық түрінде беру мен топыраққа астарлай енгізудің тиімділігі

Екіншілік салдарынан топырақтағы қоректік заттар сарқылатындықтан (1.1-кесте) және оларды қандай да түрде болмасын топыраққа қайта енгізу ауыл шаруашылығының тұрақтылығы үшін өте маңызды [25]. Өсімдіктерде шамамен 92 табиғи элемент бар екендігі дәлелденген және олардың ішінде 14-і өсімдік тамырлары арқылы топырақтан сіңірілетін минералды элементтер. Азот (N), фосфор (P) және калий (K) көбінесе бастапқы қоректік заттар (*macronutrients*) ретінде жіктеледі. Өсімдіктер пайдалануы үшін N химиялық белсенді түрлерге (аммоний және нитрат) айналуы керек. P әдетте топырақ минералдарында және органикалық заттарда көп мөлшерде кездеседі және өсімдіктер пайдалану үшін бейорганикалық фосфат иондарына айналуы керек. Калий топырақ минералдарында көп мөлшерде кездеседі және иондық K^+ түрде топырақ бөлшектеріне және органикалық заттарға адсорбцияланады [26].

Сұйық тыңайтқышты шашыратып себуге, жолақтап себуге, нүктелік ин-жектормен енгізуге, түтік аппликатормен шашыратуға болады. Жолақтап себуді негізгі өңдеуде, егу алдында, тұқыммен бірге, жанында немесе отырғызудан кейін орындауға болады [27]. Тамыр жүйесінің тиімді бөлігінің жоғары концентрациясы (күтілетін) аймағына сұйық тыңайтқышты қолдану тыңайтудың ең тиімді әдісі болып табылады [28].

1.1-кесте. Кейбір дақылдардың өнімділігіне байланысты қоректік заттардың топырақтан сарқылуы

Өсімдіктер	Өнімділік, ц/га		Топырақтан шығарылады, кг			
	Дән, тамыр, тамыртүйнек	Сабан, шөп, көгі	N	P	K	S
Қысқы қара бидай	15	30	34,5	20,6	29	2,1
Қыстық бидай	15	30	37,5	19,8	36	1,6
Жаздық бидай	15	30	47,8	18,8	31,5	1,6
Сұлы	15	22,5	41	20,7	43,5	1,7
Арпа	15	40	62	23,4	73,4	2,2
Майлы зығыр	10		60	20	50	2,0
Рапс	10		55	30	70	5,0

Ескерту – «KazAgroLab» (Көкшетау қ.) агрохимиялық сынақ зертханасы мәліметі бойынша құрастырылды.

Ұзақ мерзімді зерттеулерді талдау азот тыңайтқыштарының жоғары сұранысқа ие екенін көрсетеді [29] және минералды тыңайтқыштарды қолдану топырақ құрылымына кері әсер етпейді. Жақсы тыңайтылған дақылдардың ыдыраған қалдықтарының көп мөлшері топырақты қопсытады, өңдеуді жеңілдетеді және суға сезімтал болады. N көбінесе қарашірік төмен болуына байланысты негізгі маңызды қоректік зат болып табылады. Топырақ-өсімдік жүйелеріндегі азот айналымы және егін шаруашылығы жүйесінде азотты пайдалануды арттыру үшін басқарудың ең ықтимал нұсқалары [30] жұмысында талқыланды. Олар қолданылатын азотты тыңайтқыштардың тиімділігі олардың ұшу, шайылу және

топырақ-өсімдік жүйесінен денитрификациялану сияқты шығындары өте төмен екенін атап өткен. Азотты тыңайтқыштарды сұйық түрінде және топыраққа астарлай қолдану азоттың әртүрлі шығынын болдырмаудың дұрыс әдісі саналады әрі сұйық минерал тыңайтқыштар басқаруға жеңіл [31].

Жергілікті топырақ мәселелеріне сәйкес көптеген қазақстандық ғалымдар минералды тыңайтқыштардың тиімділігін зерттеді. Минералды тыңайтқыштардың қарашірік құрамын байытатыны және олар топыраққа енгізілген аммонийдің бір бөлігі алмасу және сіңіру арқылы өңделетін қабатта сақталатынын және әлі де өсімдіктерді қоректендіру үшін пайдаланылуы мүмкін екені [32] жұмысында атап өтілген. Мұнда тыңайтқыш азотының аз бөлігі саз минералдарының кристалдық торына бекітілуі мүмкін. Азот тыңайтқыштарының мөлшерін екі есеге арттырудан гөрі азотпен қоректену жағдайларын жақсарту азот тыңайтқыштарын қолдану нәтижесінде жаздық бидай дәнінің өнімділігін арттыруға ықпал етеді [33]. Жаздық бидайдың орта есеппен 18 жыл ішіндегі жоғары өнімділігі – 4,14 т/га толық минералды тыңайтқышты 90 кг б.з./га мөлшерде енгізген кезде алынды, мұнда бақылау нұсқасының өнімділігі 2,48 т/га. Жаздық бидайды өсіруде ең тиімді өнімділік толық минералды тыңайтқышты 60 кг б.з./га мөлшермен қолданғанда болды [34].

Беткейлік қолданумен салыстырғанда топыраққа астарлай енгізуде тыңайтқыштарды белгіленген тереңдікте жабуға, бұл тыңайтқыштарды тамыр жүйесі дамитын топырақ қабатына жақын орналастыруға мүмкіндік береді, оларды сіңіруге оңай етеді. СМТ-ны терең қолдану арқылы өсімдік тамырларының тыңайтқыштарды сіңіруін жақсартады, тамырдың көшуін болдырмайды, дақылдардың жығылуға төзімділігін арттырады, тыңайтқыштардың жоғалуын азайтады және ұшу арқылы қоршаған ортаның ластануын төмендетеді [35]. Мысалы, аммиактың шығыны сұйық көнді 100 т/га арақатынаста беткі енгізу кезінде 20 кг/га-ға жетеді, ал топыраққа астарлай енгізу кезінде [36] олар 2 кг/га аспайды. Бұл олардың өтелуін 15–30%-ға арттыруға мүмкіндік береді, қоршаған ортаның ластануын азайтады. Зерттеулер көрсеткендей, бидай дақылының қалыптасуы азотты тыңайтқыштардың тереңдігіне байланысты айтарлықтай өзгереді. 0–20 см тереңдікке азотты тыңайтқыштарды (аммоний нитраты) енгізуден түсетін өнімнің өсуі 69% құрайды; 20–40 см қабатта – 42%. 40 см-ден терең горизонттардан азотты қолдану күрт төмендейді (7–3% дейін). Барынша өнімділігі жоғары астық 0–20 см қабатта орналастырылған азоттың арқасында қалыптасады [37].

Минералды тыңайтқыштардың сұйық түрінде қолданудың маңызды артықшылығы – оларды сақтау, тасымалдау және қолданудың құны төмен [38]. Сұйық тыңайтқыштарды қолдану техниканың жүрісін азайтады [39], жұмыс уақыты мен отынды үнемдейді; қолдану дәлдігі СМТ-ны үнемдеуге әсер етеді. Өсімдіктің алғашқы өнуі кезінде жүргізілген сынақтар сұйық тыңайтқыштарды терең жыртып қолдану аэрацияны, инфильтрацияны, дренаж жылдамдығын, топырақтың ылғалдылығын және топырақ қабатын жақсартады, бұл ең аз өңдеумен тұқымның өнгіштігін арттырады деген сөз. Маңыздысы сұйық минералды тыңайтқыштардың әсері тезірек жүреді [40], өйткені олар топырақ ортасында

біртіндеп еруі үшін уақытты қажет етпейді. Сұйық азот тыңайтқышы біркелкі сіңеді, ұзақ әсер етеді. Сонымен қатар, ылғал жинаудың әрі жоғары сорбциялық қабілеті бар сұйық мелиоранттарды қолдану маңызды.

Сұйық тыңайтқыштар көбінесе тұқымдарды егумен қатар қолданылады, өйткені оларды дәл мөлшерлеуге және оңай өңдеуге бейін. Сұйық тыңайтқыштардың бұл ерекшелігі СМТ-ны басқа технологиялық үдерістер кезінде, мысалы, жиектеу (жолақтап егу), терең өңдеу, пышақпен өңдеу және егу алдындағы өңдеу немесе жер жырту кезінде осы аталған үдерістерді орындайтын жұмыс органдарымен қолдануға мүмкіндік береді.

Қазірде күзде – негізгі өңдеу жұмысында, көктемде немесе жазда және себу алдында енгізілетін NP 11:37 СКТ (тығыздығы 1410–1470 кг/м³) және көктемде және себу алдында қолданылатын КАС (1330 кг/м³) сұйық тыңайтқыштар аса жоғары қолданыста. NP 11:37 дақылдарды азот және фосформен ұзақ уақыт қамтамасыз етеді, топырақтың барлық түрлерінде фосфор тапшылығын тамаша жояды және дақылдардың өнімділігін орта есеппен 15%-ға, ал құрғақшылық жылдары 30%-ға дейін арттырады. Егіс алдында сұйық кешенді тыңайтқыштарды енгізу жүгері өнімділігін 4,4 ц/га арттырды [41].

Күнбағыстың максималды өнімділігі (36,8 ц/га) NP 16:52 сұйық кешенді тыңайтқышын енгізу арқылы алынды, бұл дақыл құрылымының өзгеруіне тікелей байланысты. Тұқымның саны мен массасын 8–11%-ға, ал СКТ-ны жергілікті енгізуде жалпы өнімділік беткейлік тәсілге қарағанда 9–13%-ға артады [42].

КАС ұзақ мерзімді әсерге ие, ол құрамындағы азотты қоректер өсімдіктердің тамыр жүйесіне бірден сіңеді және өсімдіктердің сау дамуына ықпал етеді. Пайдалы азот шығынының төмендігі тұрғысынан КАС ең жоғары тиімділікті қамтамасыз етеді. Булану және шайылу арқылы әдетте, 50% немесе одан да көп шығынға ұшырауы мүмкін, ал сұйық әрі топыраққа астарлай беруде шығын 10%-дан аспайды. КАС құрамында бос аммиак пен биурет жоқ (0,2–0,3%-дан аспайды), бұл оны өсімдіктер мен адамдар үшін толығымен қауіпсіз етеді [43]. Эксперименттік мәліметтер бойынша, 4 жыл зерттеу барысында 150 кг/га КАС қолданған кезде дәнді дақылдардың өнімділігі гектарына 3,5 тоннадан 4,5 тоннаға дейін артты. КАС-ты дұрыс қолдану өсімдіктің өнімділігі мен қатар оның нарықтық құнын да арттыра алады. Мысалы, КАС қолдану бидай өнімділігін 10 ц/га-ға арттырса, ал бидай сортын 4-тен 2-ге дейін жақсартуға мүмкіндік береді [44]. Күздік бидайды азықтандыруға тыңайтқыштар жүйесін қолдану оның қарқынды дамуы мен пісуін қамтамасыз етті. Бастапқымен (47 ц/га) салыстырғанда 52 ц/га көтеріліп, бидай өнімділігіне айтарлықтай (10%-дан астам) әсерін көрсетті [45]. Тәжірибелер күздік бидайдың өнімділігіне бүріккішпен беткейлік өңдеумен салыстырғанда мультиинжектормен топырақ астына беру тиімдірек болатынын (өсім 20%) көрсетті. Өнімділіктің максималды әсері КАС-32 және құрамында күкірт бар қоректік ерітінді (ҚЕ) тыңайтқышын қолдану арқылы алынады, өнімділік бақылау нұсқамен салыстырғанда 14,9 ц/га немесе 21,2%-ға өсті. Күнбағыста жылжымалы күкірт мөлшері аз топырақтарда сұйық азот-күкірт бар КАС + күкірт және ҚЕ тыңайтқыштарын қолдану егіннің құрылымына оң әсер етті, күнбағыс себетінің диаметрінің (0,5–1,6 см), өсімдіктердің биікті-

гіне (178,3–193,6 см) ықпал етті және нәтиже бақылау нұсқадан 6–8% артық болды. КАС + күкірт нұсқасында өнімділіктің аруы 3,5 ц/га құрады, бірақ максимал өнімділік – 27,6 ц/га КАС + ҚЕ нұсқасында алынып, өнімділіктің артуы 5,2 ц/га құрады [46]. Тыңайтқыштардың кез келген түрін, атап айтқанда сұйық түрлерін де жергілікті беру (топыраққа астарлай) өсімдік бидай өнімділігін арттыруға көмектеседі. [37, 44 б.]. Азотты тыңайтқыштарды оңтайлы мөлшерде енгізу бидай дәніндегі ақуыз бен глютеннің құрамына да оң әсер етеді.

Қорытындылай келе, СМТ-ны топырақ астына енгізу экономикалық және экологиялық тұрғыдан тиімді, ол өнімділікпен қатар өсімдіктің сапалық көрсеткіштеріне де оң әсер етеді.

1.4 СМТ-ны топыраққа енгізуге арналған жұмыс органдарына шолу

Тыңайтқыш бергенде қоректік заттарды сіңірудің максималды тиімділігіне сұйық тыңайтқыштың қажетті мөлшерін дақылдың тамырлық аймағына немесе қажетті тереңдікке дәл енгізетін механизмді немесе жұмыс органдарын қолдану арқылы қол жеткізуге болады. Өндірушілердің негізгі бөлігі дискілік жұмыс органы бар топырақ өңдеу құралын ұсынған, онда СМТ айдау саптамасы (түтігі) дискінің немесе ашқыштың артына орнатылады және атыз мол әрі жалпақ бүркүсіз ылғалдандырылады. Шолулар бұл бағыттың Қазақстанда әлі жеткілікті зерттелмегенін көрсетті.

Әдебиеттерді шолу барысында ғылыми жұмыс тақырыбына жақын зерттеулер жасаған келесі ғалымдардың ғылыми тәсілдері, шешімдері мен жетістіктері зерделенді: Г.И. Личман, В.А. Милюткин, С.Г. Мударисова, В. А. Марченко, С.А. Макарова, Л.А. Белых, Р.Р. Гараев, А.А. Васильев, В.А. Зоремба, В.А. Колесникова, Р.И. Аминов және т. б. Ғалымдар сұйық минерал тыңайтқыштарды топыраққа астарлай енгізудің әдістерін негіздеп, ұтымды шешімдер мен тиімді құрылғыларды ұсынды.

Ағынды бүріккіш тетігі бар жұмыс органдарымен сұйық минералды тыңайтқыштарды топыраққа енгізудің гидроимпульсивті әдісін [47] ұсынды. Сұйық кешенді тыңайтқыштарды топыраққа енгізудің толық сұлбасы [40, 41 б.] жұмыстарда ұсынылды және онда сұйықтықтарды араластыру үдерісіне көбірек көңіл бөлінген. Жалпақ кесетін табанға орнатылған құбырдың ішіне құрастырылған және сұйықтықты жақсы жылжытуға арналған серіппелі жұмыс органын [48] ұсынды. Зерттеуші жазық кескіш құралды қолдана отырып, тыңайту үдерісінде мелиоранттың ағыны мен топырақтың құрылымсыз бөлшектерімен әрекеттесу үдерісін терең зерттеді. Аталған өзара әрекеттесу үдерісінің математикалық моделі маңызды рөл атқарса да, әзірленген дизайн жасау және одан әрі пайдалану үшін қиын. Жоғары қысымды сұйықтық ағынының топыраққа енуінің теориялық негіздерін зерттеп, гидроимпульс әдісін [49] қолданды. Оның жасаған әдістері ағаштардың тамыр жүйесіне арналған.

Сорғысы трактордың қуат алу білігімен жұмыс істейтін және сұйық тыңайтқыштардың қажетті мөлшерін бере алатын сұйық тыңайтқыш жүйесі [50] жұмысында сынап, бағаланды. Сепкіш механизмінде сұйық тыңайтқыштарды енгізу жүйесінің тиімді өнімділігі орташа 4,5 км/сағ жылдамдықта 0,65 га/сағ

құрады. Жүйенің негізгі кемшілігі – өнімділік трактордың жылдамдығына байланысты.

Орман өртіне қарсы минералданған топырақ асты жолағын жүргізуге, яғни топырақ астына химиялық заттарды енгізуге арналған әзірленген жұмыс органы [51] жұмысында баяндалған. Әзірлеу кезінде сфералық қаптамасы және бүріккіш саптамасы бар табан қолданылды. Сфералық қаптама ауыл шаруашылығында топырақты өңдеуге қолданылмайды.

Wang және әріптестері әзірлеген сұйық тыңайтқыш құрылғысының [52] оңтайландырылған жұмыс параметрлері келесідей болды: тыңайту тереңдігі 100–120 мм, жұмыс жылдамдығы 0,7 м/с, сорғының жұмыс қысымы 0,2 МПа. Сұйық тыңайтқыш аппликаторы дәрілік сұйықтықты бірқалыпты жабын қалыптастырып және дақылдарға аз механикалық зақым келтіре отырып шашыратуға мүмкіндік береді.

Зерттеу барысында Amozonen-Werke[®], Agromulch[®], Wednar FMT[®], Claydon[®], Exactrix[®], Demco Hawkins[®], Shieldag[®], PrecisionPlanting[®], Arag[®], Lechler[®] сияқты танымал өндірушілердің инновациялық жаңалықтары зерттелді. Олар СМТ енгізуге арналған механизмдерді, жұмыс органдары мен бөлшектерін әзірлеумен және өндірумен айналысады.

Precision planting[®] ұсынған FurrowJet жүйесі тыңайтқыш жолақтарын тұқым себу кезінде олардың жанына (3 жол) және алғашқы қоректендіру кезінде дәл орналастырады [53] (1.3-сурет). Exactrix[®] ұсынған үштік инъекция жүйесі бар ашқыштар қоректік заттарды енгізуге арналған ең тар ашқыш дизайн (1.4-сурет). Жалпы максимал ені 20 см және тереңдігі 23 см-ге дейін кедергісіз ағын немесе шөгінді қалыптастыратын бұл жұқа дизайнды қолданғанда топырақты бұзылуы өте төмен болады [54].



1.3-сурет. Precision planting[®] ұсынған FurrowJet жүйесі



1.4-сурет. Exactrix[®] ұсынған үштік инъекция жүйесі

ОВЖ-2000 сұйық минералды тыңайтқыштарын топыраққа енгізуге арналған жабдық болып топырақты қопсыту және чизельдеу кезінде қолданылуы мүмкін [55]. Оған сұйық минералды тыңайтқыштарға арналған алдыңғы және артқы ыдыстар, сорғы қондырғысы, сұйықтық ағынын реттегіш, роторлық таратқыш, тарату жеңдері және қоректендіру түтіктері кіреді. Жабдықты басқару гидравликалық жүйені қолдана отырып, трактор кабинасынан жүзеге асырылады.

КУ-3А қопсытқышы сұйық минералды тыңайтқыштарды бір мезгілде енгізе отырып, топырақты қалдықсыз негізгі өңдеуге арналған (1.5-сурет) [56]. Сұйық тыңайтқыштарды жұмыс органдарына айдауды жүзеге асыратын сорғыны іске қосу үшін қопсытқышқа роликтер тіркелген. Осылайша, топырақ өңдеу қондырғысының қозғалыс жылдамдығына қарамастан материалды енгізудің тұрақты нормасы қамтамасыз етіледі. Сорғыдағы қысым 0,4–0,6 МПа құрайды, бұл беру түтіктерінің бітелуін болдырмайды. Бұрылу немесе қозғалу кезінде жүйедегі қысымның 0,05 МПа-дан төмен төмендеуі жұмыс сұйықтығының ағып кетуіне жол бермейді. Саптаманың шығатын тесіктерінде калибрленген тығырықтарды пайдалану сұйық тыңайтқыштарды енгізуді реттеуге мүмкіндік береді.

Дискілі жұмыс органдары орнатылған ПЖУ-5000-10, ПЖУ-3000-6 сияқты сұйық минералды тыңайтқыштарын топыраққа енгізуге арналған агрегаттар сериясы белгілі (1.6-сурет) [57]. Дискілердің артында пышақтар орналасқан, оларға материалды топыраққа беру үшін түтіктер бекітілген. Жұмыс органы тесіктерінің бітелуіне жол бермеу үшін қысым 0,4–0,6 МПа құрайды. Ол қопсытқыштар, сепкіштер, түрлі тырмалармен бірге жұмыс істей алады.



1.5-сурет. КУ-3А қопсытқышы



1.6-сурет. СМТ қолдануға арналған ПЖУ аппликаторы

АВА-8 аммиак суын қолдану қондырғысын (1.7-сурет) сұйық минералды немесе органикалық тыңайтқыштарды топыраққа бір уақытта енгізуге арналған.



1.7-сурет. АВА-8 аммиак суын енгізуге арналған агрегат [58]

Қопсытқыштағы жұмыс органдары ретінде жебе табандары қолданылады, олардың тіректерінің артында сұйық тыңайтқыштар беретін түтікшелер орналасқан. Бүріккіштердің саны топырақ өңдеу органдарының санымен бірдей.



1.8-сурет. Инжекторлық енгізу құрылғысы

Техникалық құралдарды талдау сұйық тыңайтқыштарды беруге арналған инъекциялық машиналардың (1.8-сурет) көптеген брендтері бар екенін көрсетті. Өкінішке орай, қазіргі кездегі мұндай машиналарда бірқатар кемшіліктер бар, олардың бірі – жеке компоненттердің тез тозуы. Мысалы, механикалық инъекциялық машиналардың инелері топырақпен тікелей байланыста болады, түтік саптамалар бітелуі немесе бөгде заттарға тірелгенде

сынуы мүмкін. Механикалық инелердің орнына жоғары қысымды ағынмен СМТ-ны енгізетін тәсілін [59] ұсынды. Нәтижелерді сандық бағалау топыраққа айдау тереңдігін ескере отырып жүргізілді. Топырақ түріне, топырақтың орташа ылғалдылығына, судың қысымы 40 МПа және жер үстіндегі саптаманың жылдамдығы 2 м/с болғанда инъекция тереңдігі 70–90 мм құрады. Топырақтың ылғалдылығы неғұрлым жоғары болса, айдау тереңдігі соғұрлым терең болады.

Қолданыстағы құралдары талдау барысында анықталған басты кемшіліктер:

- тек сұйық органикалық тыңайтқыштарға арналған;
- СМТ-ның жұмыс органы толық ені бойынша енгізілмеуі;
- саптама тесіктерінің бітелуі;
- топыраққа қоректік заттардың біркелкі таралмауы;
- беру тереңдігінің шектелуі;
- сызық түрінде бүрку.

Ізделінді жұмыс органы сұйық минерал тыңайтқыштарға арналған және бүріккішінде аталған кемшіліктер жойылады немесе төмендетіледі.

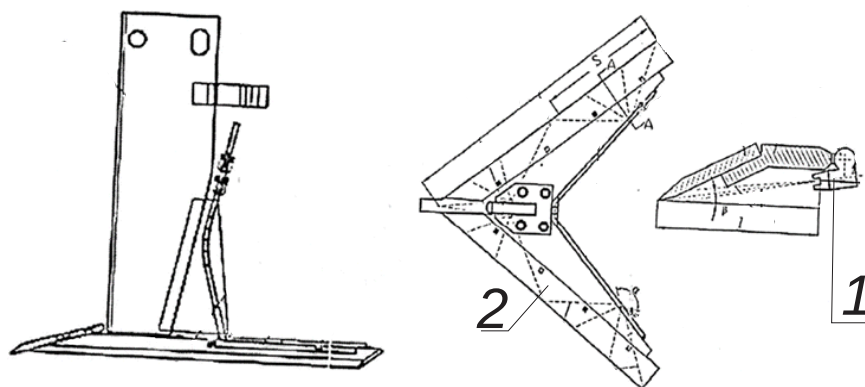
1.4.1 Патенттік іздеу. Топырақты өңдеу және СМТ-ны топырақ ішіне енгізуге арналған жұмыс органдары

Патенттік іздеу Қазақстанның патенттік деректер базасы, Еуразиялық патенттік-ақпараттық жүйе (ЕАРАТІС), Еуропалық патенттік ведомство (ЕРО), канадалық зияткерлік меншік ведомствосы, неміс патенттік және тауарлық белгілер ведомствосы (DPMA) және Patentscope сияқты барлық ашық онлайн-ресурстарда жүргізілді. Іздеу ретроспективасы 1960 жылдан 2022 жылға дейін, 62 жыл.

Патенттік іздеу келесі бағыттарда жүргізілді: бүріккіш саптамалары егжей-тегжейлі сипатталған СМТ енгізуге арналған топырақ өңдеу және тұқым себу

жабдықтары; бүріккіш саптамалары егжей-тегжейлі сипатталған СМТ енгізуге арналған жұмыс органы; СМТ енгізуге арналған жалпақ бүріккіш саптамалар. Іздеуден келесі санаттар алынып тасталды: жабдықтардың немесе жұмыс органдарының дисктік нұсқалары, инжектор түріндегі және бүріккіш элементі жоқ қарапайым түтікті СМТ енгізуге құралдары, органикалық тыңайтқыштарды (көң) енгізу құралдары. Зерттеу саласының бағытына сәйкес өте көптеген патенттер талданды және мұнда табанмен қолданылатын, қысыммен жұмыс істейтін бүріккіш элементі және негізінен сұйық минералды тыңайтқыштарға арналған тамаша бүріккіш дизайны бар құрылымдық жағынан қызықты өнертабыстар ғана ұсынылған.

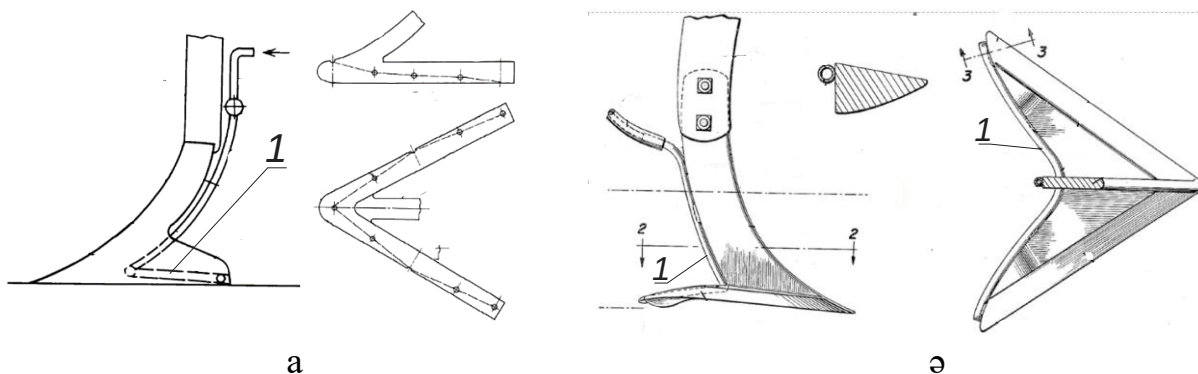
Қазақстанда осы ғылыми салада зерттеулердің болмауына байланысты еліміздің патенттік деректер базасында іздеу талаптарын қанағаттандыратын өнертабыс табылмады. Іздеу талабына аздап ауытқу жасағаннан кейін, құрылымдық тұрғыдан ұқсас өнертабыс табылды. KZ 29913A01B 17/00 патенті (2006.01), ол гербицидтер мен химиялық заттарды шашыратуға арналған (1.9-сурет). Бұл өнертабыста бүріккіштер (1) табан (2) жазықтығынан төмен орналасқан және ерітіндіні табан астындағы шектелген кеңістікке және атыз түбіне жеткізеді. Мұнда бүріккіштер жұмыс қозғалысына қарсы бағытталған.



1.9-сурет. KZ 29913A01B 17/00 патентінде ұсынылған жұмыс органының бейнелері [60].

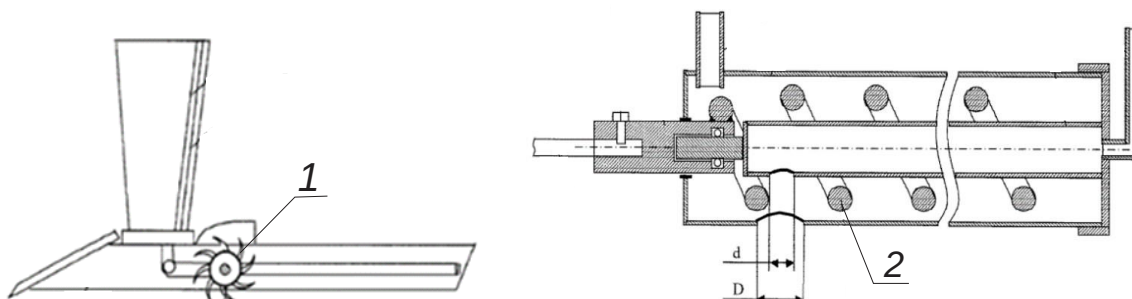
Ұқсас дизайн RU2112347C1 [61] және RU2581681C1 [62] патенттерінде де ұсынылған. RU2112347C1-де табанның артында ұзын қалқан орнатылған, оның астында түтіктердің шоғыры орналастырылған (US4445445A-патентіне [63] ұқсас). Негізгі кемшілігі – құрылымының күрделілігі. RU2581681C1-де кеңейткіштері және үшкір табаны бар лемехтың астына бүріккіштер орнатылған, олардың саны жұмыс органына және бүріккіштің еніне байланысты анықталады.

Патенттік іздеу көптеген өнертабыстарда топырақ өңдеу құрылғыларының табан қанаттары бойымен тыңайтқыш бүрку түтіктерімен жабдықталғанын көрсетті. Мысалы, SU1819513A1 1993 [64], SU1477289A1 1989 [65], RU2272393 C1 (2006) [66], US 3038424A [67] құрылымында екі-екіден түтікше (1) орнатылған (1.10-сурет), US4445445A және US20020125017A1 өнертабыстарында сұйық және газ тәрізді тыңайтқыштардың комбинациясын қолдану үшін бірнеше түтікше тартылған [68].



1.10-сурет. RU2272393 C1 (a) және US 3038424 (ә) патенттерінде ұсынылған табанның бейнелері

RU2428829 C1 [69] өнертабысында табан қанаттарының ортасында орналасқан жұлдызша (1) айналмалы қозғалысты құбыр ішінде орналасқан серіппеге (2) жібереді, ол арқылы сұйық орта ағып кетеді (1.11-сурет). Ол сұйықтың қозғалу жылдамдығы айналмалы спиральды серіппелер жаратқан қосымша қысымның әсеріне негізделетінін дәлелдеді, ал қосымша қысымды бұрамдар әртүрлі қадамдары немесе серіппенің бұрамдар саны арқылы өзгертуге болады. Бұл дизайнның кемшіліктері – өндірістің күрделілігі мен серіппелі механизмнің топырақ бөлшектерімен бітеліп қалу мүмкіндігі.

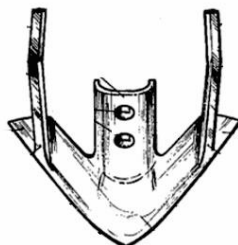
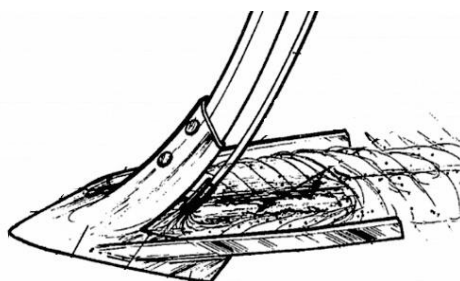


1.11-сурет. RU2428829C1 өнертабысында ұсынылған жұмыс органының бейнелері

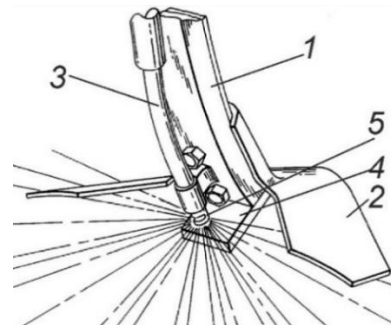
Белгілі US20020125017A1 патентінде баяндалған өнертабыс ауыл шаруашылығына тікелей арналмаған, бірақ дизайн қызықты, қысыммен жұмыс істейді. Өнертабыс инженерлік желілерді төсеу үшін қолданылатын типтегі соқалы пышақ түйініне, нақтырақ айтсақ, жерге электр желісі тартылған кезде электр желісін қорғау үшін оның бұрылу нүктесінің айналасына сұйық химиялық затты енгізуге арналған.

Келесі өнертабыс (US4079680) топыраққа тыңайтқыш енгізуге арналған жетілдірілген табанды ұсынған, оның қанаттарының артқа қарай созылған тетігі бар (1.12-сурет) [70]. Тыңайтқыш осы созылған тетіктер арасында пайда болған арнаға енгізіледі, ал қанаттарға ілінген топырақ оны жабу және тыңайтқыштың арнада сақталуын жақсарту үшін арнаға қарай итеріледі, топырақ пен сұйық тыңайтқыштың күшті араласуы жүреді. US 6029590A патентінде ұсынылған химиялық заттарды, тыңайтқыштарды, пестицидтерді және фумиганттарды

топыраққа астына енгізуге арналған жұмыс органы құрылымы бойынша қарапайым әрі біздің гипотеза ең жақын өнертабыс (1.13-сурет). Қалқан 4 бүріккіштерді 5 топырақ өңдеу кезінде кезігетін тас немесе басқа қоқыстар кесірінен зақымданудан қорғайды. Бұл ұсыныс тиімді, дегенмен бүріккіштің тиісті СМТ мөлшерін беру мүмкіндігі зерттелуі керек [71].



1.12-сурет. US4079680 патентінде ұсынылған табанның бейнелері



1. Түрен. 2. Табан. 3. Түтік. 4. Қалқан. 5. Бүріккіш

1.13-сурет. US 6029590A - да ұсынылған жұмыс органы

Қорыта айтқанда патенттік іздеу жұмысы біз ұсынған нұсқа және оның барлық сипаттамалары бойынша аса ұқсас құрылымдық шешімдер табылмағанын көрсетті. Барша патенттік шешімдер өндірісте қолданыс таппаған. Бұл олардың жетілдірілмеген тұстары бар екенін аңғартады. Қарастырылған өнертабыстар біздің зерттеуімізде ұсынылған гипотезаны қолдамайды. Ғылыми ізденіс кезінде шолу жұмысынан кейінге сатыларда туындаған ғылыми сұрақтар төңірегінде дәл сол сұрақ бойынша қосымша патенттік іздеу жұмыстары жүргізіліп отырды.

Ғылыми жұмыс шеңберінде іздестірілген жұмыс органы бойынша басты міндет – сұйық минерал тыңайтқыштарды топырақ астына енгізу, оның таралу сапасы мен бірқалыптылығын жақсарту, жұмыс органын пайдалану сенімділігін арттыру және құрылымды жеңілдету.

Ізденістен күтілетін техникалық нәтиже – тыңайтқыштардың топырақ астына қажетті жұмыс ені бойынша бірқалыпты таралуын қамтамасыз ететін жұмыс органы. Мұнда келесі критерийлер ұсталынады: *өнімділік, сенімділік, топырақты өңдейтін жұмыс органының бүкіл ені бойынша енгізу бірқалыптылығы, жұмыс органының кеңдігі, бүріккіш саңылауының бітелу қаупінің жоқтығы, инновациялық дизайн және құрылымының қарапайымдылығы, өңдеу тереңдігіне қарамастан берілген қажетті беру мөлшерін қамтамасыз етуі.*

Жұмыс органы жұмыс ені 5–8 м болатын терең қопсытқыш машинада 5–12 км/сағ жылдамдықпен қозғалғанда аталған талаптар мен критерийлерді қанағаттандыруы тиіс.

Жалпы бүріккіш элемент (БЭ) дәл егіншілік жүйесінде жұмыс атқаратын тереңқопсытқыш құрылғының гидромеханикалық жүйесінің басты атқарушы элементі (БАЭ) болып табылады. Бүріккіш элементтің жұмысын бағалау критерийлері бүрку көлемі (өлшемдері) және топырақтың ылғалдану дәрежесі (уақыт

бойынша) болады. Бүркудің сапасы мен пішіні жүйеде пайда болатын қысымға, бүріккіш элементтің геометриясына және тесіктердің пішініне, сондай-ақ өлшемдерге байланысты.

Бүріккіш элемент құрылымын екі нұсқада іздестіруге болады:

- бүріккіш элемент тікелей жұмыс органының топырақ өңдеуші элементінде (жалпақ кескіш пышақ немесе ұшты табан) модельденеді [72-74];

- бүріккіш элемент бөлек саптама түрінде модельденеді және жұмыс органының топырақ өңдеуші элементіне (жалпақ кескіш немесе ұшты табан) орнатылады.

Екі жағдайда да қосымша, нақтырақ патенттік іздеу және теориялық зерттеулер жүргізілді және сұйық өтетін тиімді бүрку қалыптастыратын геометриялық пішін іздестірілді. Бұл диссертациялық жұмыста екінші бағыт бойынша ізденістер, әдіснама және нәтижелер ұсынылды.

1.4.2 Топырақ өңдеу пышағы бар параплау типті соқалар

Ізделінді жұмыс органының сапасы мен өнімділігі оның СМТ-ны топыраққа астарлай енгізетін элементіне және жұмыс кезінде осы элементті қажетті тереңдікке енгізу және оның жұмысын қолдау әдісіне байланысты. Элементті тиісті тереңдікке енгізу үшін топырақ өңдеу тетігі – пышақ қолданылады, ал ол ізделінді жұмыс органының құрамдас бөлігі болады [75, 76].

Жалпы «параплау» типті және бүйірлік қанат тәрізді топырақ өңдеу пышағы бар жұмыс органдары туралы көптеген ғалымдар зерттеулер жасаған [77, 78]. Топырақты өңдеудің *ресурс үнемдейтін* бағыты үшін жаңа қанатты чизель соқасын әзірлеу және оның жарамдылығын бағалау бойынша ізденістерде өңдеу тереңдігінің, қанаттардың көлбеулік (жылдамдық осіне қатысты) және орнату бұрыштарының тарту және тік күштерге, топырақтың бұзылуы мен көтерілу ауданы және қопсу дәрежесіне әсері зерттелді. Қанатты тереңқопсытқыштың топырақты қопсыту дәрежесі мен топырақ қыртысын бұзу ауданы сияқты көрсеткіштері жоғары болатыны белгілі [79–81]. Тереңқопсытқыштың қанаттары топырақтың бұзылу ауданымен қатар, беттегі топырақтың фрагментациялану дәрежесіне оң әсер етеді [82]. Пышақты орнату биіктігінің төмендеуі топырақтың бұзылу ауданының ұлғаюына сонымен қатар орташа ылғалдылыққа [83], ал пышақтың орнату биіктігі мен қатар орнату бұрышы – қопсытылған топырақтың беткі жотасы мен еніне айтарлықтай әсер етеді [84].

Қанаттары жоқ, алға бағытталған қанаттары бар, артқа бағытталған қанаттары бар соқа мен параплауды қолдана отырып, 0–10; 0–20; 0–30 см үш жұмыс тереңдігінде және 2, 5 және 7 км/сағ үш жылдамдықта жүргізілген сынақ нәтижелері [85] жұмысында баяндалған. Нәтижеде қанатты параплау топырақты жақсы ұсақтап, қопсытылуын қамтамасыз ететіні және топырақ бетіндегі өсімдік қалдықтарының сақталу пайызы жоғары болатынын анықтады. Тереңдік (15, 20, 25 см), пышақтың орнату бұрышы (25°, 35°, 50°), жылдамдық (0,67 м/с, 0,98 м/с, 1,39 м/с) және пышақтың кесу жиегінің бұрышы (30°, 45° және 60°) сияқты төрт тәуелсіз айнымалының тарту күшіне әсері [86] жұмысында зерттелген. Байқалғандай кесу жиегінің бұрышы төмендесе, тарту кедергісін азайтуға оң әсері етеді.

Дегенмен кесу жиегі бұрышының әсері айтарлықтай жоғары емес. Қолданыстағы чизель соқалардың пышақтарының қалыңдығы 12–14 мм шамасында.

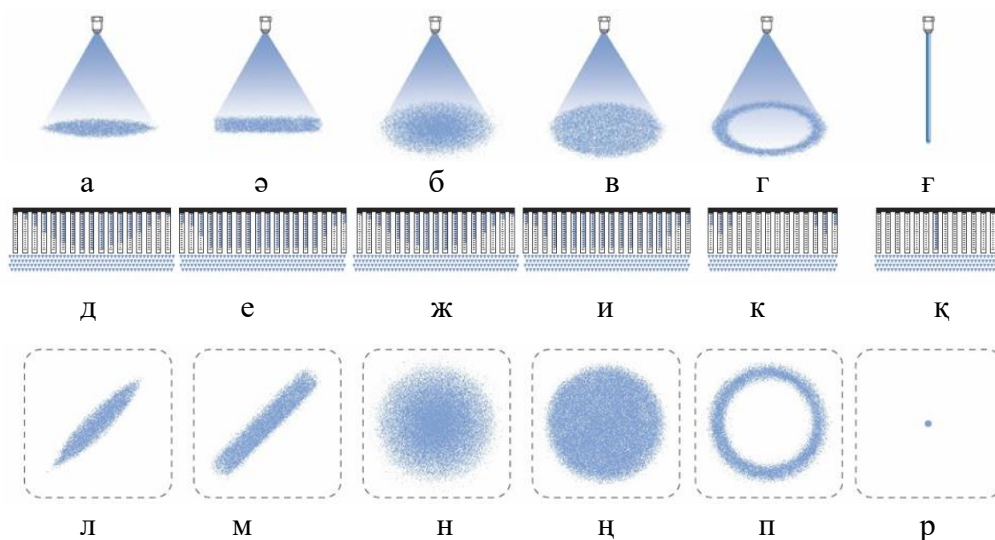
Жалпы, параплау типті соқалар терең өңдеу кезінде маңызды жұмыс органы болап саналады. Ұсынылған соқа және ондағы бүйірлік пышақтар СМТ-ны топырақ астына енгізу элементі болып, оның тарту кедергісі барынша төмен болуы көзделген.

1.5 Қолданыстағы бүріккіш саптамаларды талдау

Бүріккіш элемент (саптама) сұйықтықты қажетті қысыммен топырақ астына шашыратушы негізгі элемент болып табылады. Топырақ қабаты асты кеңістігінде бүркуді қалыптастыратын жоғары ағынды саптамаларды қолдану өңделген топырақ пен сұйық минерал тыңайтқыш арасында жоғары тиімді араласу үдерісін қамтамасыз етеді. Бүріккіш саптамалар бойынша да патенттік іздеу жүргізілді. Негізгі мақсат – қолданыстағы саптамалар арасынан біздің мақсатқа тиімді нұсқаны анықтау, олардың пішіндері мен дизайнын зерттеу, жұмысын талдау.

Шығу жылдамдығынан басқа, бүрку пішіні де саптаманың маңызды қасиетін құрайды. Ғылыми ізденіс мақсаты үшін жалпақ бүріккіш саптамалар қолайлы. Іздеулер көрсеткендей, қазірде бұл бағыттағы қазақстандық ғалымдардың зерттеулері және өндіріске енгізу бойынша деректер жоқ.

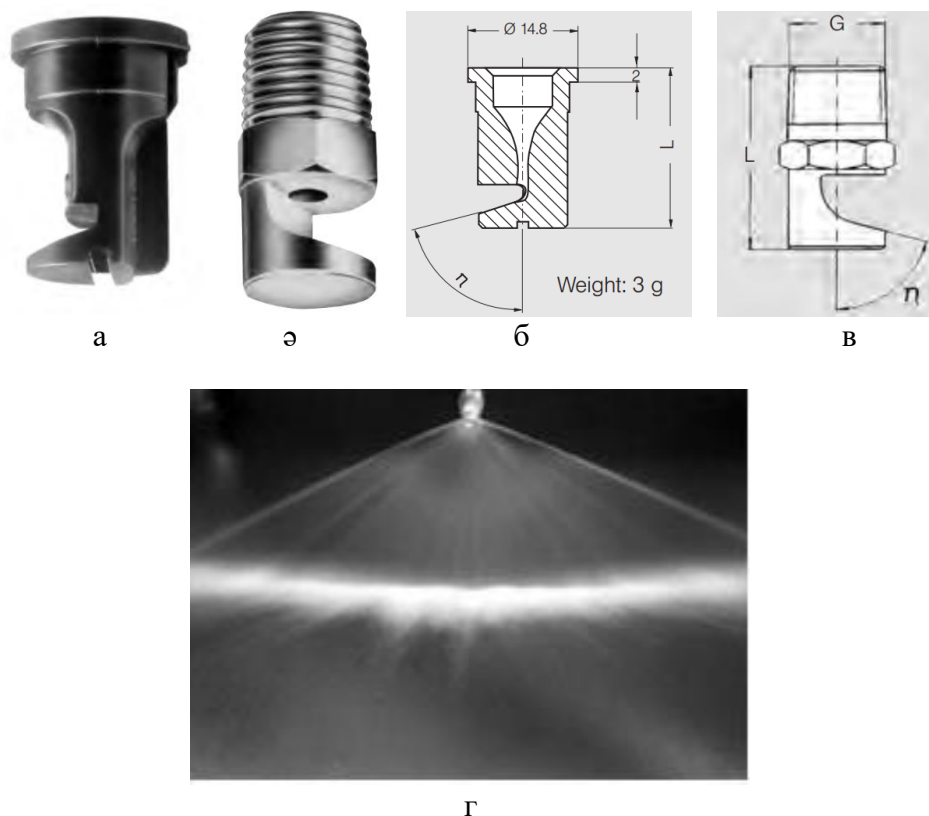
Бүріккіштер ауыл шаруашылығында, атап айтқанда өсімдіктерді қорғау үшін химиялық ерітінділерді және әртүрлі минералды тыңайтқыштарды бүрку үшін қолданылады. Зерттеу барысында Bete Fog Nozzle, Inc., PNR Italia Srl, Spraying Systems Co., Lechler GmbH сияқты танымал брендтердің бүріккіш саптамаларын қарастырдық және олардың ізденіс гипотезасына сәйкес қолдануға жарамдылығы Solidworks Flow Simulation® көмегімен визуал талдау арқылы бағаланды. Бүріккіш пішіні мен дизайны бойынша ерекшеленетін саптамалардың түрлері 1.14-суретте ұсынылған.



а – жалпақ доға; ә – жалпақ бірқалыпты; б – толық конус; в – толық конус; г – қуыс конус; ғ – сызық; д, е, ж, и, к, қ – межелік өлшеуі; л, м, н, ң, п, р – бүрку іздері

1.14-сурет. Бүріккіштердің жалпы түлері

Мұның ішінде біздің гипотезаға қолданымды түрлері – жалпақ бірқалыпты шашырататын бүріккіштер болып табылады. Аталған жалпақ бүріккіштердің көрінісі, сызбасы және бүрку пішіні 1.15-суретте берілген. Қолданыстағы жалпақ бүріккіштердің негізгі кемшілігі олардың ауқымдық (биіктік, ені, ұзындығы) өлшемдері үлкен және құрама элементтерден тұрады. Осы негізде биіктігі үлкен топырақ өңдеу пышағын талап етеді. Пышақтың биіктігінің артуы жұмыс органының тарту кедергісінің артуына себеп болады.



а, б – көрінісі; в, д – сызбасы; е – бүрку пішіні

1.15-сурет. Жалпақ бүріккіштер

1.2-кестеде түрлі өндірістік брендтер ұсынған қолданыстағы жалпақ бүріккіштер және олардың құрылымдық (біздің ізденіске маңызды) өлшемдері ұсынылған. Кестеден көрініп тұрғандай аталған бүріккіштердің ең жоғары бүрку бұрышы $140\text{--}150^\circ$ шамасында және бұл мән тек беру диаметрін арттырған жағдайда ғана алынған. Ең кіші биіктік 16 мм.

Соққы бетінің бұрышы 75° . Біздің есептеулер бойынша қолданылатын бүріккіштердің тиімді диаметрі 1–1,6 мм екенін ескерсек мысалы, Lechler компаниясының өнімі тек тесік 1,70 мм болғанда ғана 140° , ал Bete ұсынған бүріккіште тек тесік 1,65 мм болғанда ғана 145° бүрку бұрышын бере алады. Бұл бүріккіштер беткейлік бүркуге арналып, ауыл шаруашылығы, өрт сөндіру және басқа салаларда қолданылады.

Екі немесе одан көп компоненттен құралуы, бағасының қымбатығы қолданыстағы бүріккіштердің басты кемшілігі болап табылады. Зерттелген саптама-ларды қолданған кезде топырақ өңдейтін пышақтың соңында (ізінде) белгілі бір

қашықтықта (b) 30–50 мм қашықтықта талап етілетін бірқалыпты кең бүркуді алу мүмкін емес. Сондықтан біздің мақсатқа жету үшін дефлекторлық жалпақ бүріккіштерді пайдалану мүмкін.

1.2-кесте. Қолданыстағы жалпақ бүріккіштердің өлшемдері

Атауы	Параметрлердің диапазоны және максимал мәндері				Үлкен бүрку бұрышы	d шегінде жоғары бүрку бұрышы
	d , мм	η	L , мм	G , мм		
Wide flat fan Tongue-type nozzles. (Кең жалпақ саптамалар). Lechler.	0,7 – 5,6	75°	16-28	6–20	140°	$d = 1,70$ мм де ғана $\alpha = 140^\circ$
AFF flat fan fire protection nozzles. (AFF-типті жалпақ өртке қарсы саптамалар). Bete.	0,66, 0,44-19,1	75°	22 – 85,9	22– 50,8	145° 152°	$d = 1,65$ мм де ғана $\alpha = 145^\circ$
K large flat fan nozzle. (К-типті үлкен жалпақ саптама) PNR Italia Srl.	0,6-17,9	75° доға	24-92	12–46	148° 150°	$d = 1,6$ мм де ғана $\alpha = 130^\circ$
Deflector Flat Fan Spray Nozzles. (Дефлекторлы жалпақ бүріккіш саптамалар) MISTEC Spraying Technology Co., LTD.	0,41-4,6				145°	$d = 1,5$ мм де ғана $\alpha = 125^\circ$

Ескерту – Ғаламтор деректері негізінде құрастырылды [87-90]

Мұндай жалпақ саптамалардың дефлектор (соққы) бетінің бұрышы тік бұрышқа қатысты 40–75° құрайды. Ал саптаманың биіктігін азайту үшін бұл бұрыш 90-қа жақын немесе оған тең болуы керек, ал соққы беті мен беру жағы арасында пайда болған саңылаудың биіктігі минимумға дейін азайтылуы керек. Демек, сұйықтың соққылық әсер ету шарттары (үлдір қалыңдығы мен жылдамдығы) өзгереді және бұл теориялық зерттеулерді қажет етеді. Ұсынылатын бүріккіш жұмыс органы орнатылатын тереңқопсытқыш жабдықтың сұйық беру жүйесінің ең соңғы атқарушы элементі болғандықтан оның жұмыстық параметрлері саралап енгізу технологиясында қолдану үшін басқаруға жарамды болуы да көзделеді.

Бөлім бойынша қорытынды

Қазақстанда топырақтағы қарашірік мөлшері төмендеп қана қоймай, бұл үдеріс жыл сайын артып келеді. Сонымен қатар топырақ қабатының нығыздалу мәселесі де бар. Аталған мәселелерді шешу үшін топырақты өңдеу, егіс алқаптарының ылғалдылығын, минералды және қоректік заттарын сақтауға, өсімдіктердің тұрақты тамыр жүйесін дамытуға қолайлы жағдай жасауға бағытталған мелиоранттарды енгізу бойынша жүйелі іс-шараларды жүзеге асыру қажет. Бұл әрине сұйық минерал тыңайтқышты топырақ астына енгізуге және терең өңдеуге арналған техникалық жабдықтарды талап етеді. Аталған шара қазіргі климаттың

өзгеруіне байланысты ылғалдың төмендеуі мәселелерін саралап енгізу технологиясымен бірге шешеді.

Тамыр жүйесінің даму пішіні мен параметрлері, өңдеу әдісі және топырақтағы қоректік заттардың қозғалу үдерістерінің ерекшеліктері жұмыс органының анықтаушы және шектік параметрлерін, қопсытудың көлденең қимасын, сондай-ақ СМТ-ны орналастыру деңгейін анықтауға мүмкіндік береді.

Ізделінді жұмыс органы немесе оның бүріккіш элементі тығыздығы 998–1400 г/см³ аралығындағы сұйықтықтар үшін қолдануға жарамды болуы тиіс. Кездейсоқ түйіршіктердің максимум диаметрі 0,5 мм.

Басты зерттеулер сумен жүргізіледі. КАС-32 (тығыздығы 1280–1330 г/см³) зерттелетін құралдар мен бүріккіштің жұмысын тексеру қажетті сұйық орта ретінде таңдалды. Межелік енгізу мөлшерінің диапазоны 50–400 л/га.

Сұйық минерал тыңайтқышты топырақ астына енгізуге арналған жұмыс органы немесе оның қандай да бір тетігі әлі Қазақстанда толық зерттелмеген. Ізделінді жұмыс органының сапасы мен өнімділігі оның СМТ-ны топыраққа белгілі бір тереңдікке енгізетін компонентіне немесе элементіне және жұмыс кезінде осы элементті қажетті тереңдікке орнату әдісіне байланысты.

Минерал тыңайтқыштарды топыраққа астарлай беру негізгі терең өңдеуге қолданымды болуы үшін параплау типті соқа қолданылады. Сұйық минерал тыңайтқышты топырақ астына енгізуге арналған жұмыс органын жобалауда келесі критерийлер ұсталынады: жұмыс өнімділігі және сенімділік, жұмыс органының жұмыс кеңдігі, топырақты өңдейтін жұмыс органының бүкіл ені бойынша енгізу бірқалыптылығы, бүріккіш саңылауының бітелу қаупінің жоқтығы, инновациялық құрылым және оның қарапайымдылығы, өңдеу тереңдігіне қарамастан берілген қажетті беру мөлшерін қамтамасыз етуі, үлкен бүрку бұрышы, бүрку сапасы.

Жұмыс органы жұмыс ені 5–8 м болатын тереңқопсытқыш машинада 5–12 км/сағ жылдамдықпен қозғалғанда аталған талаптар мен критерийлерді және бекітілген енгізу мөлшерін қанағаттандыруы тиіс. Ізделінді жұмыс органы топырақ қабатына сұйық минерал тыңайтқыш бүрку бойынша 10–20 см жұмыс тереңдігін қамтамасыз етуі қажет. Ізделінді жұмыс органы бірінші кезекте топырақты негізгі тыңайтудың агротехнологиялық талаптарына сай етіп жобаланады. Дегенмен оның бүріккіші басқа да агротехнологиялық операциялар (егуден алдын немесе себумен бірге СМТ енгізу) үшін жарамды болу көзделеді.

Қазақстанда бүріккіш саптамаларды зерттеу және дамыту бойынша жұмыстар өте аз. Қолданыстағы саптамалар тікелей біз ұсынған болжамды топырақты терең өңдейтін және СМТ-ны топыраққа астарлай енгізетін жұмыс органына қолдануға жармайды. Бүріккіш элемент жұмыс органы жұмыс енін бірқалыпты қамтуы тиіс. Бүркудің сапасы мен пішіні жүйеде пайда болатын қысымға, бүріккіш элементтің геометриясына және тесігінің өлшемдеріне байланысты. Жаңа бүріккіштің сұйықтық шығыны беру жылдамдығын 2–3 бірлікке ауыстырғанда бүрку бұрышы күрт төмендемеуі тиіс.

Бүріккіш элемент бөлек саптама түрінде модельденеді және жұмыс органының топырақ өңдеуші элементіне (жалпақ кескіш) орнатылады. Топырақ өң-

деуші пышақ ізінде оның бүкіл ұзындығы бойлап қалыптасатын сұйық үлдір СМТ-ны беру бірқалыптылығының қамтамасыз етуі немесе СМТ-ны беру мөлшерін сақтауы, топыраққа енгізілген СМТ-ның шығыны басты критерий болады. Тарту кедергісі барынша төмен болуы көзделеді.

Сұйық ағыны мен бүркудің қалыптасуына қатысты үдерістерді модельдегенде Ansys Fluent® және Solidworks FlowSimulation® бағдарламалары қолдануға жарамды. Дегенмен екі бағдарламада да бүрку жағдайы тек таңдалған шығу жазықтығындағы жылдамдық, қысым сияқты параметрлерді алу арқылы талданады.

Аталғандар негізінде зерттеу мақсаты мен міндеттері нақтыланды.

Зерттеу мақсаты: Сұйық минерал тыңайтқыштарды топыраққа енгізуге арналған жұмыс органы және оның бүріккіш элементінің құрылымдық сұлбасы мен ұтымды параметрлерін негіздеу арқылы СМТ-ны топырақ ішіне енгізу бірқалыптылығын арттыру.

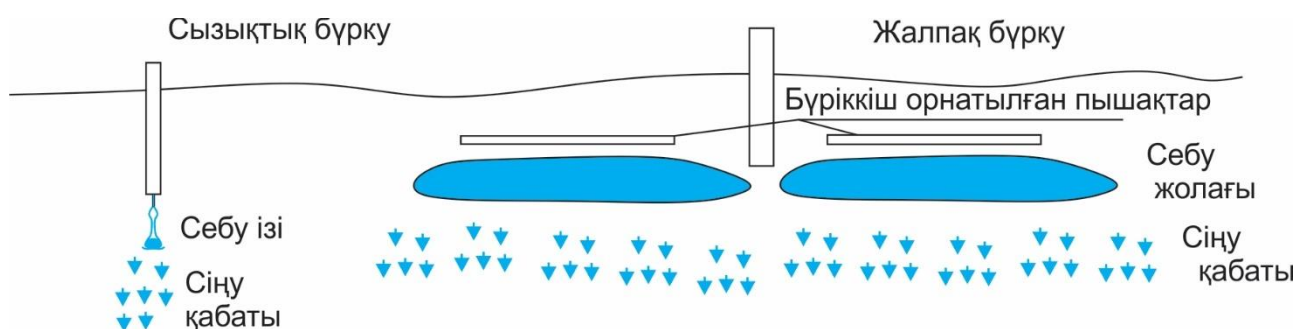
Мақсатқа жету үшін келесі *міндеттер* шешілді:

- технологиялық құралдар мен үдерісті зерттеу және топырақты өңдеу кезінде сұйық тыңайтқыштардың топырақ ішінде бірқалыпты бүркілуіне әсер ететін факторларды анықтау және жұмыс органы бүріккіштерінің құрылымдық-технологиялық сұлбасын негіздеу;
- жұмыс органы және оның бүріккіштерінің ұтымды құрылымдық және технологиялық параметрлерін теориялық және эксперименттік негіздеу.
- бүрку пішіні мен өлшемдерін, қажетті беру жылдамдығын анықтау және негіздеу;
- сұйық минералды тыңайтқыштарды топыраққа енгізуге арналған жұмыс органы мен бүріккіштерінің жұмысқа қабілеттілігін өндірістік жағдайда тексеру және оны қолдану тиімділігіне техникалық-экономикалық баға беру.

2 ЖҰМЫС ОРГАНЫ ЖӘНЕ ОНЫҢ ЭЛЕМЕНТТЕРІНІҢ ҚҰРЫЛЫМЫ БОЙЫНША ТЕОРИЯЛЫҚ АЛҒЫШАРТТАР

Сұйық минералды тыңайтқышты топыраққа астарлай енгізетін жұмыс органы сұйықтық бүріккіштен [91], осы бүріккіштің қажетті топырақ асты тереңдігінде жұмысын қолдайтын әрі топырақты терең өңдейтін негізгі элементтерден тұрады. Терең өңдеу, топырақтың нығыз қабатын бұзуда қолайлы болатындықтан жұмыс органының негізі ретінде топырақты терең өңдеуге арналған пароплау типті соқа ұсынылды [92] (Қосымша А). Сонымен қатар, ұсынылатын бүріккіш құрылымы басқа түрдегі соқалар үшін қолдануға жарамды болуы да қарастырылды.

Бұрку кең ауқымды әрі бірқалыпты болғаны тиімді. Өйткені сызықтық енгізу СМТ-ның топырақта төменге тез сіңіп кету, жайылып таралмау қасиетімен ерекшеленсе, жаңа бүріккіште СМТ-ны жалпақ жолақ түрінде беру қарастырылады және ол өңделген жолақты толық жабатындықтан сызықтық беруге қарағанда агротехнологиялық тиімді саналады (2.1-сурет). Сызықтық бұркуде айнала ортаға таралу үшін бір нүктеге СМТ-ның көп мөлшері түседі. Ал жалпақ бұркуде СМТ мүмкін болған жолаққа бірден жайылып, аз мөлшерлермен түседі. Жұмыс органына бір деңгейлік екі бүріккіш немесе бір-бірден үш деңгейде бүріккіш орнатылатындықтан СМТ-ның топыраққа таралу тиімділігі жоғары болады. Беру тереңдігі жұмыс органының топырақ өңдеуші құрылымына байланысты және бүріккіш тереңқопсытқышқа орнатылатындықтан өңдеу тереңдігі де жоғары болады. Бүріккіш жұмыс органы қозғалысы ізінде орнатылады және жұмыс органы қалыптастыратын топырақ асты кеңістігінде жұмыс істейтіндіктен тесігінің бітеліп қалу қаупі жоғалады.



2.1-сурет. Сызықтық және жалпақ бұрудің айырмашылығы

Осы негізде теориялық зерттеулер СМТ-ны топыраққа енгізуге арналған жұмыс органы сүйегінің тартуға кедергісі, бұрку элементін орнату тетігінің (пышақ) тарту кедергісіне әсері, бұрку немесе бұрку үдерісіндегі сұйықтық ағыны заңдылықтары, бұрку үдерісі орындалатын топырақ асты кеңістігінің қалыптасу заңдылықтарына бағытталады.

Аталғандар негізінде зерттеу әдіснамасы 3-бөлімде қарастырылады және онда тарту кедергісін лабораториялық және далалық зерттеу әдіснамасымен қатар, топырақ асты кеңістігін өлшеу, бұрку сапасын бақылау және бірқалыптылығын бағалау әдіснамалары ұсынылады.

2.1 СМТ-ны топыраққа енгізуге арналған жұмыс органының сұлбасы

Бүйірлік қанат тәрізді топырақ өңдеу пышағы бар жұмыс органдары топырақты терең, бетке аудармастан өңдеуде және арамшөптер мен өсімдіктердің ескі тамырларын жоюда маңызды. Топырақ өңдеу пышақтары сұйық минерал тыңайтқыштарды топыраққа астарлай беру үдерісінде чизель соқасымен бірге қолданылып, атқарушы бүріккіш элемент ретінде қарастырылуы мүмкін [93, 94].

Ұсынылған жұмыс органы негізгі өңдеу үшін күзде сүдігері жырту, көктемде егіс алдында топырақты терең өңдеу кезінде қолданылады. Осы негізде ол тек сұйық минерал тыңайтқыштарды (2.2а-сурет), немесе қатты әрі сұйық минерал тыңайтқыштарды енгізу (2.2ә-сурет) үшін жабдықталуы мүмкін. Жұмыс органы тік, көлбеу учаскелері бар тіреуден (1), қашаудан (6), қатты тыңайтқыштарды беруге арналған үш диффузор-арнасы бар алмалы-салмалы таратқыштан (5), сына тәрізді көлбеу пышақтан (7), тіректің (1) көлбеу бөлігіне бекітілетін бүйірлік көлденең пышақтардан (2–4) тұрады. Көлденең бүйірлік пышақтар (2–4), қалыңдығы 12–14 мм металл табақтан жасалуы мүмкін. Көлденең бүйірлік пышақтар бір (2.2а-сурет), екі, немесе үш деңгейлі (2.2ә-сурет) етіп орнатылуы мүмкін. Бұл жұмыста тек СМТ енгізуге арналған және пышақтары бір деңгейлі жұптап орнатылған нұсқаның құрылымдық сипаттамасы мен параметрлері қарастырылады.

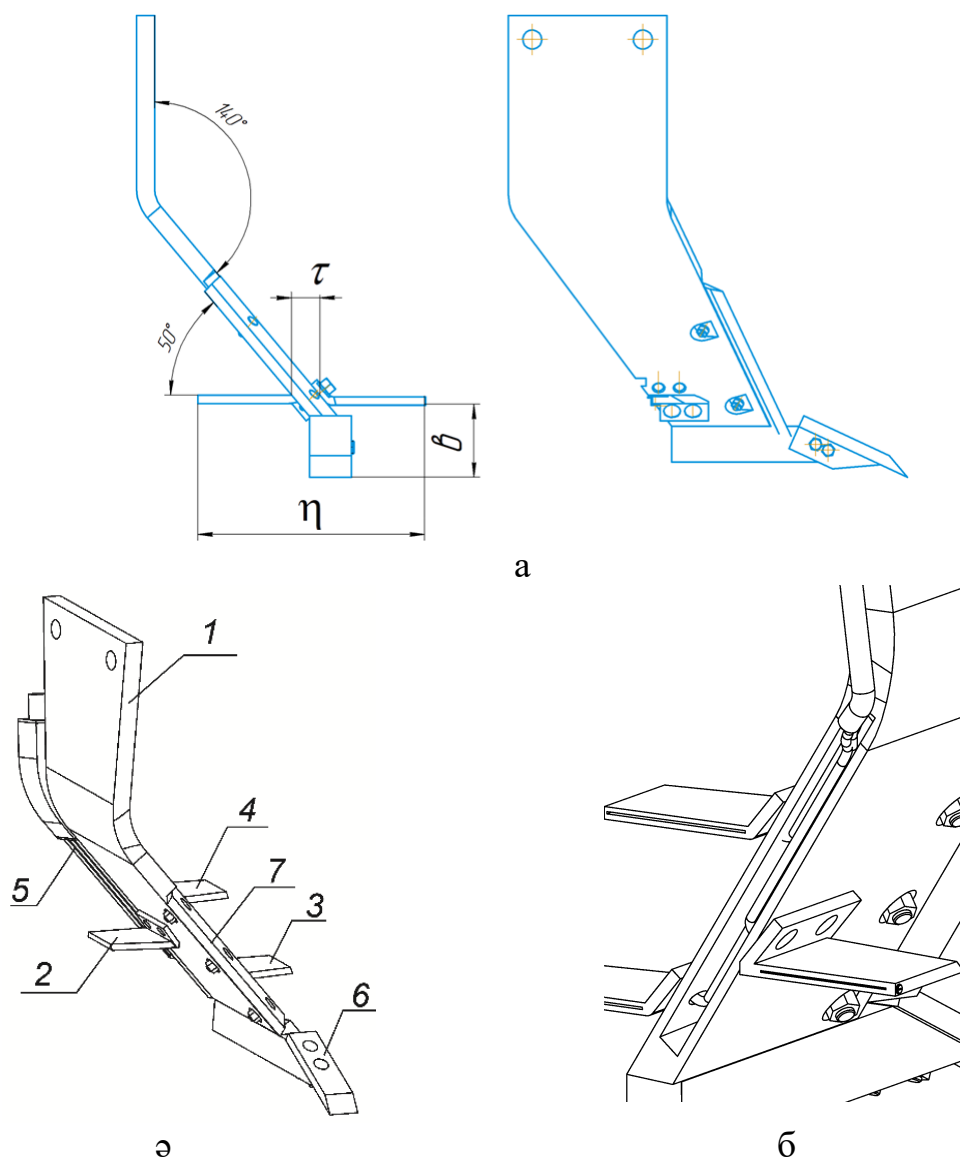
Пышақтарға СМТ-ны беру тірек артына ойылған технологиялық шұқыршалар немесе қимасы 10х10 мм болған шаршы қималы металл түтікшелер арқылы өтетін және бүріккіштерге нығыз жалғанатын түтіктердің көмегімен жүзеге асырылады. 2.2б-суретте тіректің артқы бөлігі, жобаланған технологиялық шұқырша көрсетілген. Технологиялық шұқырша қимасының өлшемдері жеткізу түтіктерінің диаметріне байланысты 7х18 мм шамасында болады.

Бір деңгейлі жұптап орнату кезінде бүйірлік көлденең пышақтармен есептегенде органның жұмыс ені (η) 300–380 мм болады. Тіректе қосымша орнату тесіктері жасалған, бұл пышақтарды ауыстырып орнатуға мүмкіндік береді (2.2а-сурет) және сәйкесінше жұмыс ені (η) мен орнату биіктігін (θ) өзгереді. Бір деңгейлі жұптап орнатылғанда жұмыс органының жұмыс ені (η) төмендегі формуламен анықталады.

$$\eta = 2w_k + \tau \quad (2.1)$$

мұнда, τ – соқаның көлбеу бөлігін көлденең тілгендегі тілік ені. W_k – пышақтың жұмыс ені. Әрине ол металл қалыңдығы мен тіректің көлбеулік бұрышына байланысты және екі пышақ арасындағы арақашықтықты береді. Бүйірлік пышақтарды орнату биіктігі (θ) егіс алқабында талап етілген СМТ-ны енгізу шарттарына сәйкес таңдалуы мүмкін. θ -ның ең төменгі орнату мәні 10–12 см. Біздің жағдайда металл қалыңдығы 30 мм, ал көлбеулік бұрышы 50° . $\tau \approx 47$ мм. Жұмыс органы қашауының (6) ені 40–50 мм болып, өңдеу кезінде топырақты аз кедергімен ашады және жұмыс органының көлбеу бөлігіне түсетін кедергіні әлсіретеді. Топырақты жақсы қопсыту мақсатында көлбеулік бұрышы 45° -тен төмен болма-

ғаны дұрыс. Мұнда алдыңғы жағында орналасқан сына тәрізді көлбеу пышақтың (7) да топырақты кесу және аудару үлесі жоғары.



2.2-сурет. Негізгі өңдеуге және сұйық минерал тыңайтқыштарды топыраққа енгізуге арналған параплау типті жұмыс органы

Бүйірлік пышақтар орнатылуына байланысты 100–200 мм тереңдікте кеседі және жылдамдық салдарынан ізінде топырақ асты қуыс кеңістігін қалыптастырады. Жұмыс үдерісінде бүріккіш элементтен осы жалпақ жолақты қуысқа СМТ-ның қажетті көлемі бүркіп үлгерілуі тиіс.

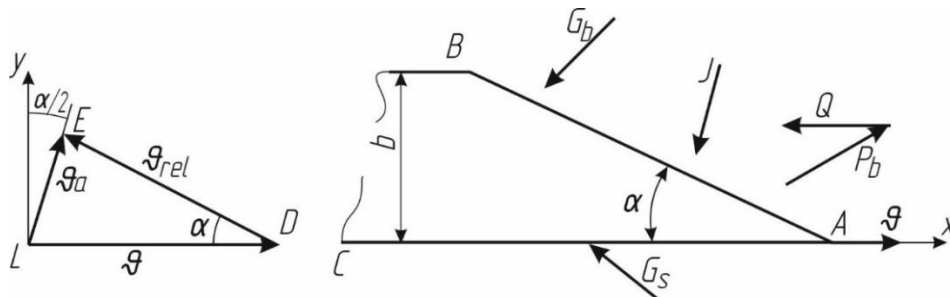
2.1.1 Жұмыс органының тарту кедергісінің теориялық негізі

Тереңқопсытқыш жұмыс органымен көлбеу чизельдеу мен тыңайтқыштардың негізгі мөлшерін деңгейлеп топыраққа терең енгізуді біріктіру топырақтың тығыздалуы мен құнарлығы мәселесін шешуге мүмкіндік береді.

Чизелдеу – топырақты аударусыз, терең өңдеудің бір түрі болып, жұмыс барысында топырақты сыдыру, тіректің төменгі жағында орналасқан қашаумен

жіңішке болып жүреді, тіректің бүйірлері мен алдыңғы жағында топырақ $\approx 45^\circ$ бұрышпен құлайды.

Теориялық талқылауда жұмыс органы мен топырақ арасындағы өзара әрекет зерттелді және оның тарту күші мен құрылымдық параметрлері арасындағы байланыс анықталды. Сұйық минерал тыңайтқыштарды енгізуге арналған жұмыс органы – көлденең қимасы қозғалыс бағытына қатысты кесу бұрышы α болған қос жақты сына (2.3-сурет). Жұмыс органы қашауы мен топырақтың өзара әрекеттесуі деп қос жақты сынаның топырақ ішінде белгілі бір жылдамдық және күшпен қозғалу кезіндегі топыраққа әсері түсініледі [95].



2.3-сурет. Чизель тереңқопсытқыш жұмыс органының топырақпен өзара әрекеттесуі

Жұмыс органы топырақта v (м/с) жылдамдықпен қозғалады және оған кескіш жүзі (қашау) бетіндегі тік қарсы және үйкеліс күштерінің қосындысы болатын P_b (Н) күшпен әсер етеді. Топырақ келесі күштердің әсерінен терең қопсытқыш қозғалысына кедергі күш көрсетеді:

Q – тереңқопсытқыш алдындағы топырақ қабатының кедергісі;

J – топырақтың жұмыс органына динамикалық әсері;

G_b – қашаудың алдыңғы бетінде топырақ қабатының кедергісі;

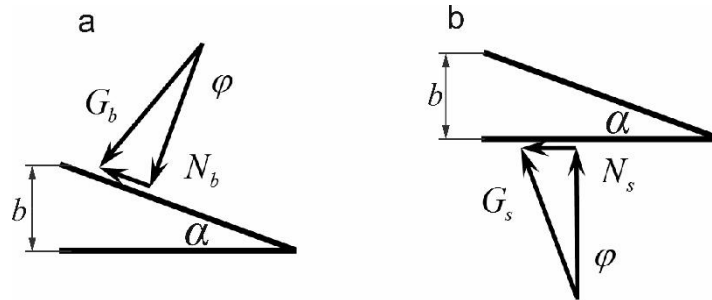
G_s – топырақ қабатының екінші жиекке бүйірлік әсері.

Бүйірлік соққы B нүктесінен кейінгі екінші жақта да болуы мүмкін. Бүйірлік күш басқалармен салыстырғанда әлдеқайда аз екені анық, сондықтан оны елемеуге болады.

P_b, G_b, G_s күштер үйкеліс бұрышымен қалыпты бетке бағытталған (2.4-сурет) және қопсытқыш құралдың әсерінен пайда болатын деформацияларға топырақтың кедергісін сипаттайды. Алдыңғы жағындағы топырақ қабатының кедергісі жұмыс органының қозғалысына қарсы бағытталған.

Деформацияланған топырақтың динамикалық бұзылуы J бұл топырақ бөлшектерінің тереңқопсытқыш жұмыс органына циклдік әсері және қашаудың басына бағытталған. Бұл топырақ бөлшектері қопсытқыштың бетіне соғылып, v_a (м/с) абсолютті жылдамдыққа жететіндіктен болады. Сондықтан, динамикалық бұзылу топырақ бөлшектерінің абсолютті жылдамдығына қарама-қарсы бағытта болуы және қашаудың ұшына әсер етуі керек. Тереңқопсытқыштың топырақта қозғалу жылдамдығы белгілі және артта қалған топырақтың жылдамдығына сәйкес келеді. Осы негізде топырақ бөлшектерінің сына бетіндегі қозғалу жыл-

дамдығы қопсытқыштың топырақтағы қозғалу жылдамдығына тең болуы керек: $v_{rel} = v$. Сондай-ақ, қолданылатын тыңайтқыш түрі жұмыс органының тарту көрсеткіштеріне әсер етпейтінін ескеру қажет.



2.4-сурет. Қашау жүзі (а) және бүйір беттегі (б) топырақтың деформацияға реакция бағытын анықтау

Құралдың топырақта қозғалу кезіндегі тарту күшін анықтау бойынша теориялық шешімдер келесідей болады. Жылдамдық үшбұрышын (ΔDLE) қарастырамыз (2.3-сурет). Осыған сүйене отырып, бізде:

$$\frac{v_a}{\sin \angle D} = \frac{v}{\sin \angle E}; \quad v_a = v \frac{\sin \angle D}{\sin \angle E} \quad (2.2)$$

мұнда, $\angle D = \angle \alpha; \quad \angle E = \angle L = \frac{\pi}{2} - \frac{\alpha}{2}$

Бұрыштардың мәндерін (2.2) орнына қоямыз:

$$v_a = v \sin \alpha \cdot \frac{1}{\sin(\frac{\pi}{2} - \frac{\alpha}{2})} \quad (2.3a)$$

$$v_a = 2 v \sin \frac{\alpha}{2} \quad (2.3b)$$

Соңғы өрнек пен 2.3-суреттен v_a бөлшектердің абсолютті жылдамдығы у осіне бағыттас $\frac{\alpha}{2}$ бұрышпен бағытталады. x, y осьтерінің бағыттарындағы әсер етуші күштердің тепе-теңдік теңдеулері келесідей:

$$\sum X = P_b \sin(\alpha + \phi) - G_s \sin \phi - G_b \sin(\alpha + \phi) - J \sin \frac{\alpha}{2} - Q = 0; \quad (2.4a)$$

$$\sum Y = P_b \cos(\alpha + \phi) - G_b \cos(\alpha + \phi) - J \cos \frac{\alpha}{2} + G_s \cos \phi = 0. \quad (2.4b)$$

Деформацияланған топырақ бөлшектерінің динамикалық бұзылуын Ньютон формуласымен көрсетуге болады:

$$J = \omega m \quad (2.5)$$

мұнда, ω – сына бетінің әсерінен ығысатын топырақ бөлшектерінің үдеуі, м/с²; m – топырақ қабатының массасы, кг.

Топырақ бөлшектерінің үдеуі төмендегі формула көмегімен анықталады:

$$\omega = \frac{v_\alpha - v_0}{t_2 - t_0} = \frac{\Delta v}{\Delta t}. \quad (2.6)$$

t_0 кезінде топырақ бөлшектерінің қозғалыс жылдамдығы нольге тең, демек $\Delta v = v_\alpha$. Топырақ бөлшектерінің сына бетінен өту уақытын да келесідей есептеуге болады,

$$\Delta t = l_l / v_{rel} = l_l / v, \quad (2.7)$$

мұнда l_l қашау жүзінің ұзындығы, m ; $v_{rel} = v$ – топырақ бөлшектерінің салыстырмалы жылдамдығы жұмыс органының үдемелі жылдамдығына тең, м/с.

Соңғы өрнекті ескере отырып, үдеу (2.6) $\omega = \frac{v_\alpha \cdot v}{l_l}$ -ге түрленеді. Оны (2.3) формулаға қою арқылы алынатыны:

$$\omega = v^2 \frac{2}{l_b} \sin \frac{\alpha}{2} \quad (2.8)$$

Динамикалық бұзылуды қабылдайтын топырақ ортасының массасы:

$$m = l \cdot h \cdot l_l \cdot \rho \cdot \cos \alpha \quad (2.9)$$

мұнда:

l – тереңқопсытқыш жұмыс органының ұзындығы, м;

h – өңдеу тереңдігі, м;

ρ – топырақтың тығыздығы, кг/м³.

(2.8) және (2.9)-ді (2.5) формулаға қою арқылы аламыз:

$$J = 2v^2 \cdot b \cdot h \cdot \rho \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \cos \alpha \quad (2.10)$$

Топырақ қабатының сынаның алдыңғы (жүзі) бетіне кедергісі әлі бұзылмаған топырақ қабатының көлденең қимасының ауданымен анықталады:

$$Q = b \cdot h \cdot \sigma_{comp} \quad (2.11)$$

мұнда, σ_{comp} топырақтың сығуға қаттылығы, кг/(мс²). 2.3-суреттен көрінгендей:

$$G_s = N_s / \cos \phi \quad (2.12)$$

Жүйенің екінші теңдеуінен (2.4), алатынымыз:

$$G_b \cos + P \cos(\alpha + \phi) = J \cos \frac{\alpha}{2} + G_b \cos(\alpha + \phi). \quad (2.13)$$

Берілген (2.12):

$$N_s + P_b \cdot \cos(\alpha + \varphi) = J \cdot \cos \frac{\alpha}{2} + G_b \cdot \cos(\alpha + \varphi) \quad (2.14)$$

Бүйірлік жиектегі қалыпты қысым келесі формула бойынша анықталады:

$$N_b = l_b \cdot h \cdot \sigma_{comp}, \quad (2.15)$$

мұнда, l_b бұл сынаның бүйір жиегінің ұзындығы, м.

(2.13) формуладан алатынымыз:

$$G_b = h \cdot \sigma_{comp} \cdot \frac{l_b}{\cos \phi}. \quad (2.16)$$

2.4-суреттен анықтайтынымыз:

$$\frac{F_{\lambda}}{G_{\lambda}} = \sin \phi \quad \Rightarrow \quad G_{\lambda} = \frac{f N_{\lambda}}{\sin \phi} = \frac{N_{\lambda}}{\cos \phi}. \quad (2.17)$$

Жұмыс органының жүзі алдыңғы жағындағы топырақ қабатына қалыпты қысым жасайды:

$$N_l = l_l \cdot h \cdot \sigma_{comp}. \quad (2.18)$$

Берілген соңғы формула (2.16) өрнектен алынады:

$$G_b = l_l \cdot h \cdot \frac{\sigma_{comp}}{\cos \phi}, \quad (2.19)$$

(2.13) өрнекке (2.14) және (2.17) өрнектерді қою арқылы төмендегілерді аламыз:

$$l_b \cdot h \cdot \sigma_{comp} + P_l \cos(\alpha + \phi) = J \cos \frac{\alpha}{2} + l_l \cdot h \cdot \sigma_{comp} \cdot \frac{\cos(\alpha + \phi)}{\cos \phi}; \quad (2.20a)$$

$$\sigma_{comp} \cdot h \left[l_b - l_l \frac{\cos(\alpha + \phi)}{\cos \phi} \right] + P_l \cos(\alpha + \phi) = J \cos \frac{\alpha}{2} \quad (2.20b)$$

$$\sigma_{comp} \cdot h \cdot \left[l_b - l_l \frac{\cos(\alpha + \phi)}{\cos \phi} \right] = \frac{v^2}{2} b h \rho \cdot \sin 2\alpha - P_l \cos(\alpha + \phi). \quad (2.20c)$$

(2.4) теңдеулер жүйесінен тереңқопсытқыштың тарту күшін анықтай аламыз:

$$P_l = \left[J \sin \frac{\alpha}{2} + G_b + G_s \sin \phi + Q \right] \cdot \frac{1}{\sin(\alpha + \phi)} \quad (2.21)$$

Оның компоненттері мәндерін (2.21) теңдеуге қою арқылы мынаны аламыз:

$$P_b \cdot \sin(\alpha + \varphi) = 2v^2 b \cdot h \cdot \rho \cdot \sin^2 \frac{\alpha}{2} \cdot \cos \alpha + \left[l_b \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\cos \varphi} + l_s \cdot \tan \varphi + b \right] h \cdot \sigma_{comp} \quad (2.22)$$

Алынған теңдеуді түрлендіріп:

$$\frac{P_b \cdot \sin(\alpha + \varphi)}{l_s - l_b \frac{\cos(\alpha + \varphi)}{\cos \varphi}} = \frac{2v^2 \cdot b \cdot h \cdot \rho \cdot \sin^2 \frac{\alpha}{2} \cdot \cos \alpha}{l_s - l_b \frac{\cos(\alpha + \varphi)}{\cos \varphi}} + \frac{v^2}{2} l_b \cdot b \cdot h^2 \cdot \rho \cdot \sin 2\alpha \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\cos \varphi} - \quad (2.23)$$

$$- l_b \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\cos \varphi} \cdot P_b \cos(\alpha + \varphi) + \frac{v^2}{2} l_s \cdot b \cdot h \cdot \rho \cdot \tan \varphi \cdot \sin 2\alpha - l_s \cdot \tan \varphi \cdot P_b \cdot \cos(\alpha + \varphi) + \\ + \frac{v^2}{2} b^2 \cdot h \cdot \rho \cdot \sin 2\alpha - b \cdot P_b \cdot \cos(\alpha + \varphi);$$

$$\frac{P_b \cdot \sin(\alpha + \varphi)}{l_s - l_b \frac{\cos(\alpha + \varphi)}{\cos \varphi}} - P_b \cos(\alpha + \varphi) \left(l_b \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\cos \varphi} + l_s \cdot \tan \varphi + b \right) = \quad (2.24)$$

$$= \frac{v^2}{2} b \cdot h \cdot \rho \left(\frac{4 \sin^2 \frac{\alpha}{2} \cdot \cos \alpha}{l_s - l_b \frac{\cos(\alpha + \varphi)}{\cos \varphi}} + l_b \cdot h \cdot \sin 2\alpha \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\cos \varphi} + l_s \cdot \tan \varphi \cdot \sin 2\alpha + b \cdot \sin 2\alpha \right);$$

$$P_b \left[\frac{\sin(\alpha + \varphi)}{l_s - l_b \frac{\cos(\alpha + \varphi)}{\cos \varphi}} - \cos(\alpha + \varphi) \left(l_b \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\cos \varphi} + l_s \cdot \tan \varphi + b \right) \right] = \quad (2.25)$$

$$= \frac{v^2}{2} b \cdot h \cdot \rho \cdot \sin 2\alpha \left(\frac{\tan \frac{\alpha}{2}}{l_s - l_b \frac{\cos(\alpha + \varphi)}{\cos \varphi}} + l_b \cdot h \cdot \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\cos \varphi} + l_s \cdot \tan \varphi + b \right).$$

Теориялық шешім мен есептеулерге сәйкес тарту күшінің теңдеуі келесідей:

$$P_b = \frac{v^2}{2} b \cdot h \cdot \rho \cdot \sin 2\alpha \frac{A}{B} \quad (2.26)$$

мұнда A және B :

$$A = \frac{\tan \frac{\alpha}{2}}{l_s - l_b \frac{\cos(\alpha + \varphi)}{\cos \varphi}} + l_b \cdot h \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\cos \varphi} + l_s \cdot \tan \varphi + b \quad (2.27)$$

$$B = \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{l_s - l_b \frac{\cos(\alpha + \varphi)}{\cos \varphi}} - \cos(\alpha + \varphi) \left(l_b \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\cos \varphi} + l_s \cdot \tan \varphi + b \right) \quad (2.28)$$

Алынған теңдеу (2.26) қопсытқыштың тарту кедергісі b – еніне, h – өңдеу тереңдігіне және жұмыс құралының α кесу бұрышына пропорционал және оның алға бағытталған жылдамдығына квадраттық тәуелділікке ие екенін көрсетеді.

х, у осьтерінің бағыттарында әрекет ететін күштердің тепе-теңдік теңдеулерін құрастыру және шешу негізінде тарту күшінің P_b келесі параметрлерге тәуелділігі алынды:

- жұмыс органының кесу бұрышы (α);
- үйкеліс бұрышы (φ);
- пышақтың ұзындығы және сынаның бүйір жиегі (l_l);
- жұмыс органының ені (b);
- өңдеу тереңдігі (h);
- жұмыс органының жылдамдығы (v);
- топырақтың тығыздығы (ρ).

Жұмыс тереңдігі $h = 0,3$ м және жұмыс ені $b = 0,45$ м болғанда тарту күші $P_b = 906,2\text{--}4038,5$ Н шегінде болады (2.1-кесте).

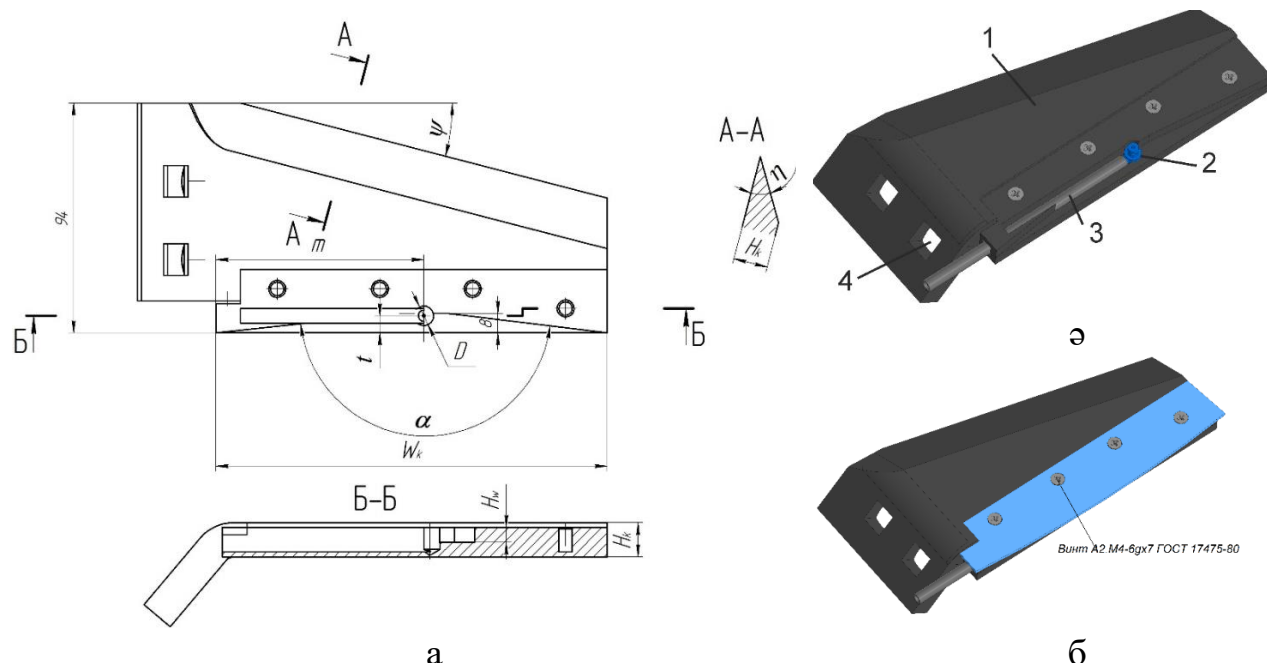
2.1-кесте. Агрегаттың жылдамдығына (м/с) және кесу бұрышына α байланысты тарту күштері (Н)

$v \setminus \alpha$	16°	18°	20°	22°	24°
1.4	906.15	1022.88	1139.9	1257.06	1374.2
1.6	1183.54	1136.00	1488.85	1641.87	1794.87
1.8	1497.91	1690.88	1884.32	2077.99	2271.63
2.0	1849.28	2087.51	2326.33	2565.42	2804.49
2.2	2237.62	2525.88	2814.85	3104.16	3393.43
2.4	2662.96	3006.01	3349.91	3694.21	4038.46

2.2 СМТ-ны топыраққа астарлай енгізуге арналған пышақ

Жалпақ бүріккіш орнатылатын топырақ өңдеуші элемент бүйірлік пышақ түрінде әзірленеді (2.5а-сурет). Пышақтың бүріккіш параметрлері мен бүрку бұрышына тәуелді параметрлері: пышақтың биіктігі (H_k), ұзындығы (W_k), сұйықтық ағынын немесе үлдірді бүркуге арналған терезе биіктігі (H_w) және n , m және t орнату өлшемдері. Пышақтар орнатылуына сәйкес екі нұсқада, оң және солақай етіп жасалады.

Пышақтың (1) артында бүріккіш (2) орнату үшін арнайы ойықшалар, қақпақты орнату үшін жолақ шұқырша мен бұранда ойықтары жасалған (2.5ә-сурет). Бүріккіш (2) түтікке (3) герметикалық жалғаннан кейін, олар ойықшаға орнатылады, үстіңгі жағы қақпақпен жабылады (2.5б-сурет). Шұқыршалар және қақпақ пышақ топырақ қабатының астында жұмыс істеген кезде бүріккіш пен түтіктің жұмыс қауіпсіздігі мен сенімділігін толық қамтамасыз етеді. Қақпақ стандарт бұрандалар көмегімен пышаққа қатырылады. Қақпақтар да пышақтардың орындалуына және орнатылуына сәйкес екі нұсқада, оң және солақай етіп жасалады. Қақпақтың артқы жағы төртбұрыш немесе доға тәрізді жасалып, бүрку орталығы маңында ол пышақтың артқы қырынан 5–7 мм шығып тұрады, бұл қозғалыс кезінде пайда болатын топырақ асты кеңістігін ұлғайтады.



2.5-сурет. Бүйірлік пышақ сызбасы (а), пышаққа бүріккіштің (ә) және қапқтың орнатылған күйі (б)

Пышақтың ұзындығын анықтау (2.45) формуламен анықталады және ол бұрку бұрышына байланысты ұзартылуы да мүмкін. Пышақтың биіктігі қолданыстағы пышақтардың биіктігіне сай 14 мм таңдалды. Бұл тарту кедергісінің төмен болуын қамтамасыз етеді. Пышақтың биіктігі өте жұқа болғандығы себеп бүріккіштің биіктігі өте кіші, бірақ кең бұрку қамтамасыз ететіндей етіп жасалған.

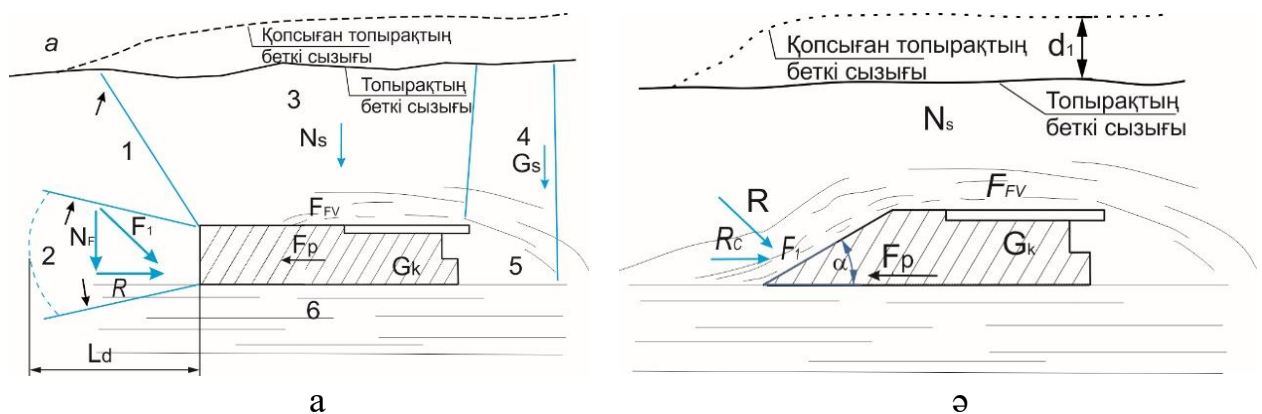
2.2.1 СМТ-ны топыраққа астарлай енгізуге арналған пышақтың тарту кедергісі

Пышақтың ұзындығы агрегатың жұмыс еніне байланысты анықталатыны бөлім басында айтылды. Пышақтың биіктігі мен алдындағы кескіш жүзінің бұрышы қаншалықты төмен болса, тарту кедергісі төмендейді. Бірақ пышақтың сенімділігі де төмендейді және пышақ ізінде қалыптасатын қуыс кеңістік биіктігі немесе көлемі кішірейе түседі [96]. Сондықтан тиімді параметрлерді анықтау маңызды.

Пышақ сұйық минерал тыңайтқышты топыраққа астарлай енгізуге арналған және ол өте жұқа (12–14 см), көлденең жағдайда орнатылды және қозғалады. Тарту кедергісін анықтау бойынша ғалымдар өз теорияларын ұсынған. Академик В.П. Горячкин [97] ұсынған және ASAE, D497.4 стандартында [98] ұсынылған формулалар [99, 100] жұмыстарда салыстырылған. Қай жағдайда да өңдеу тереңдігі, жұмыс ені және жұмыс органының массасы топырақтың күйін беретін деректер (тығыздығы, қаттылығы, ылғалдылығы т.б.) маңызды анықтауыштар болып табылады. Тарту күшін анықтау үшін В.П. Горячкин және Н.В. Щучкиннің формулалары қолданылатыны сөзсіз [101]. Бірақ біздің жағдайда, эксперимент кезінде кішкене арнадағы топырақ тығыздығы тез қопсып, төмендеп отырды, оны бастапқы жағдайға дейін дәл нығыздау мүмкіндігі жоқ. Сондықтан дина-

мометрдің көрсеткіші әр сүйреуде әртүрлі болады және k -коэффициентінің мәні де әртүрлі болады. Ал m' коэффициенті де k -ге байланысты [102].

Пышақтың қозғалысына әсер ететін кедергі күші күрделі. Жоңылған кескіш жиегі 25° – 60° шамасында болған пышақ пен кескіш жиегі жоңылмаған (90°) пышақ үшін оның қозғалысына кері әсер ететін кедергі күші әртүрлі өрнектелуі мүмкін. Кесу жиегі болмаған жағдайда кесу үдерісінде топырақты шарты түрде келесідей аймақтарға бөлуге болады. 1 – тұрақты аймақ, 2 – бастапқы кедергі аймағы, 3 – сырғу аймағы, 4 – еркін түсу аймағы, 5 – қуыс кеңістік, 6 – топырақ табаны (2.6а-сурет). 2-аймақта пышақ алғашқы кедергіге ұшырайды, ол топырақ қабатын сығып итеруі сосын кесуі қажет. Сүйір кесу жиегінің жоқтығынан топырақ бөлшектері алдымен алға, сосын жоғары, бүйір жақтарға және төменге қарай ығысады. Пышақ қозғалу үшін аталған жақтардан болатын кедергіні жеңетіндей күш болуы тиіс. Біздің жағдайда ығысу қысым аз жаққа, әрине жоғарыға көбірек жүреді, яғни қопсу жүріп, топырақ бастапқы биіктігінен көтеріледі. Сонда күштің біраз бөлігі тұрақты аймақтағы топырақ салмағына қарсы, оны көтеру үшін жұмсалады. 3-аймақта топырақтың салмағынан қалыптасатын нормал күш және пышақтың өз салмағы да кері әсер етеді. Біздің жағдайда деформация өте аз және үгітілу болмайды.



2.6-сурет. Пышақтың қозғалысына әсер ететін күштер

Пышақтар жұбының ауырлық күшін келесі формуламен өрнектеуге болады:

$$G_k = 2m_k g \quad (2.29)$$

m_k – бір пышақтың массасы, кг;

g – еркін түсу үдеуі, м/с².

Топырақтың пышақтың көлденең бетіне түсетін нормал күш төмендегідей анықталады:

$$N_s = 2S_{Tk} d \rho g \quad (2.30)$$

S_{Tk} – пышақтың көлденең бетінің ауданы, м²;

d – өңдеу тереңдігі, м;

ρ – топырақтың құлама тығыздығы, кг/м³.

Үйкеліс коэффициентін ескере отырып қозғалыс кезінде топырақтың пышақтың көлденең бетіне әсер ететін үйкеліс күші (H) келесі формула көмегімен анықталады:

$$F_{FV} = 2S_{Tk} d \rho g \mu \quad (2.31)$$

μ – металл мен топырақ арасындағы үйкеліс коэффициенті.

Пышақтың дәл алдында топырақтың жалпы салмағы (H) келесідей болады:

$$G_r = 2S_{Tk} L_d \rho g \quad (2.32)$$

мұнда, L_d – пышақ қозғалысынан сығылуға түсетін топырақ көлемінің тереңдігі, м. Бұл тереңдік пышақтың биіктігі мен топырақ қаттылығына қатысты анықталды:

$$L_d = C_s h \quad (2.33)$$

мұнда, h – пышақтың қалыңдығы, м; C_s – топырақтың өлшенді қаттылығы, кг/м².

Қаттылық көрсеткіші есебінен пышақ қозғалысына әсер ететін қарсы күш (реакция) келесідей анықталады (H):

$$R_C = C_s dhL \quad (2.34)$$

мұнда, L – пышақтар жұбының ұзындығы немесе жұмыс ені, м.

Осы негізде пышақтың дәл алдында (2-аймақта) қалыптасатын қарсы күш (H) келесі формула көмегімен анықталады:

$$R = \frac{fG_r \operatorname{tg} \varphi}{d + h} R_C \quad (2.35)$$

f – топырақтың ішкі домалау үйкеліс коэффициенті;

φ – топырақтың өлшенген құлау бұрышы.

Көпшілік ғалымдардың жұмыстарында f -дің мәні 0,16–0,47 дейін кездеседі [103-106]. Олар жүргізген жұмыстағы топырақ күйімен салыстыра келе және біздің жағдайда топырақ ылғалдылығының төмендігін ескеріп, $f = 0,3$ етіп таңдалды. Сонда 2-аймаққа жоғары топырақ қабатынан түсетін ауырлық күші (H) келесідей болады:

$$N_F = L_d L (d + h) \rho g f R_C \quad (2.36)$$

Жалпы F_1 кедергі күші (H) осы анықталған күштердің қосындысына тең:

$$F_1 = R + N_F \quad (2.37)$$

Ал жалпы тарту кедергісі (H) келесідей болады:

$$F_p = F_1 + G_k + F_{FV} \quad (2.38)$$

Кесу жиегі бұрышы сүйірленген сайын кедергі төмендейді. Дегенмен пышақ қалыңдығының төмендігіне байланысты төмендеу айтарлықтай жоғары болмайды. Кесу жиегі бетінде үйкелісу күші (металл мен топырақ) және топырақтың ішкі үйкелісуі нәтижесінде осы аймақтағы топырақта ығысып көтерілу үдерісі жүреді (2.6ә-сурет).

Кесу жиегінің бұрышы сүйір болған пышақ үшін де пышақтың салмағы және оған топырақ салмағының әсерінен туындайтын үйкеліс күші сәйкесінше (1) және (3) формулалармен анықталады.

Топырақтың ығысу аймағындағы жалпы топырақтың ауырлық күші (H) төмендегідей анықталады. Мұнда (2.31) формула түрленеді:

$$G_r = 2S_{Tk} (d + h) \rho g \quad (2.39)$$

Кесу жиегінің бұрышы пышақтардың салмағына, топырақпен жанасушы беттерінің ауданына әсерін тигізеді. Өз кезегінде бұл тарту кедергісіне де әсер етеді. Мұнда пышақтың салмағы мен бұрыш арасындағы қатынас келесідей беріледі:

$$\kappa = \frac{tg\alpha}{m_k} \quad (2.40)$$

Топырақ салмағына байланысты кесу жиегіне қарсы кедергі күші келесідей анықталады:

$$R = \frac{G_r \kappa \mu}{f} \quad (2.41)$$

Топырақ қаттылығы есебінен пышақ қозғалысына әсер ететін қарсы күш (реакция) келесідей анықталады, яғни (2.34) формула түрленеді:

$$R_C = C_s h L (d + h) \quad (2.42)$$

Жалпы F_1 кедергі күші осы анықталған күштердің көбейтіндісіне тең болады:

$$F_1 = R_C R \quad (2.43)$$

Ал тарту кедергісі анықталған күштердің жиыны болады:

$$F_p = G_k + F_{FV} + F_1 \quad (2.44)$$

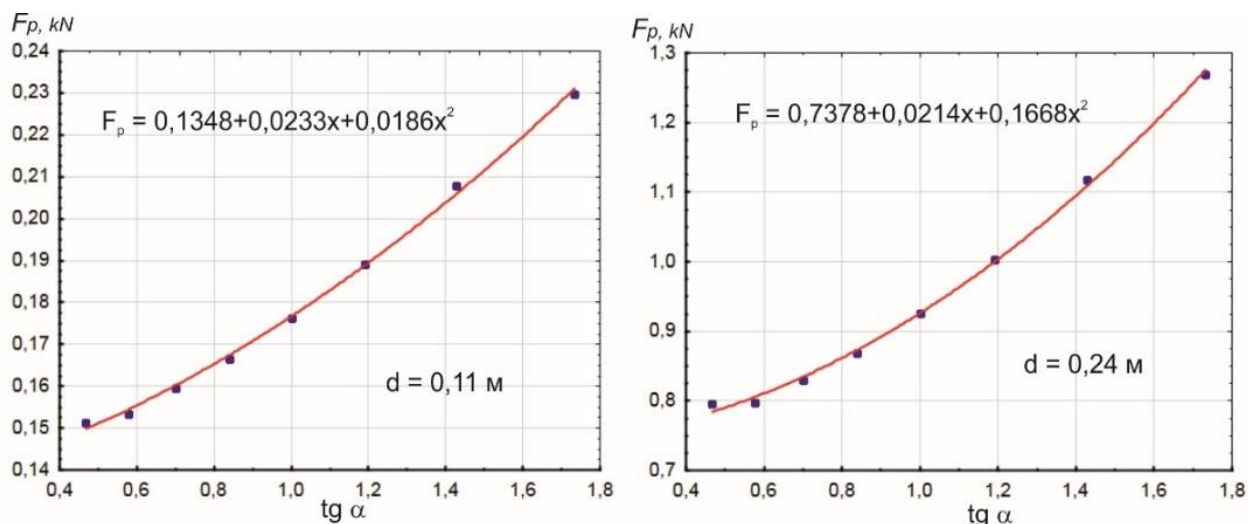
2.2-кестеде бастапқы деректерді қолдана отырып анықталған теориялық зерттеу нәтижелері ұсынылған.

Теориялық талдау үшін КОМПАС 3D бағдарламасының көмегімен кесу жиегінің бұрыштары $25^\circ, 27^\circ, 30^\circ, 35^\circ, 38^\circ, 40^\circ, 45^\circ, 50^\circ, 55^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ болатын пышақтар қатарының 3D модельдері жасалды, олардың өзара салмағының топырақпен жанасушы беттерінің мәндері анықталды.

2.2-кесте. Теориялық зерттеу нәтижелері

Көрсеткіштер	1-нұсқа	2-нұсқа	3-нұсқа	4-нұсқа	5-нұсқа	6-нұсқа	7-нұсқа	8-нұсқа	9-нұсқа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Жиек бұрышы, α	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	90°
$tg\alpha$	0,4663	0,5773	0,700	0,8390	1	1,19175	1,4281	1,732	-
1 дана пышақ салмағы, кг	1,22	1,28	1,33	1,36	1,39	1,41	1,43	1,45	1,54
k қатынас	0,381	0,450	0,528	0,617	0,720	0,843	0,996	1,192	
Пышақтың көлденең беті ауданы, m^2	0,0094	0,0105	0,011	0,0119	0,0124	0,01282	0,0131	0,013	0,015
Пышақ жиегінің ауданы, m^2	0,0064	0,0054	0,004	0,0043	0,0039	0,00366	0,0034	0,003	0,0028
Пышақтардың есептік кедергі күші, кН	0,11 м тереңдіктегі (қаттылығы 3 кг/см ²)								
	0,151	0,153	0,159	0,167	0,176	0,189	0,208	0,230	0,233
	0,24 м тереңдіктегі (қаттылығы 4,5 кг/см ²)								
	0,795	0,798	0,829	0,869	0,926	1,003	1,118	1,270	1,296

Тарту күшінің кесу жиегі бұрышына (25°–60° аралығында) байланысы (екі тереңдіктегі) 2.7-суретте көрсетілген. Бұл байланыстың графигі екінші дәрежелі полиномиаль сипатқа ие.



2.7-сурет. Тарту күшінің кесу жиегі бұрышына (25°–60° аралығында) байланысы

2.3 Сұйықтықтың ағыны мөлшері мен жылдамдығының агрегаттың жұмыс ені мен жылдамдығына байланысы

Бірінші бөлімде (25-бет) айтылғандай бүріккіш элементтің құрылымы екі нұсқада іздестіріледі. Гидравликалық тұрғыдан бірінші нұсқада жұқа микроарнадағы немесе екі параллель қабат арасындағы ағын заңдылықтарымен байланысты болса, екінші бағытта көлденең соққы бетіне соқтығысқан ағын (радиал ағын) заңдылықтарына сүйенеді. Бірақ технологиялық ерекшеліктері бойынша пышақтың тарту кедергісі, пышық ізінде қалатын топырақ асты қуыс кеңістіктің ерекшеліктері екі зерттеу бағытына да ортақ. Бұл жұмыста екінші бағыт бойынша теориялық ізденістер мен нәтижелер баяндалатын болады. Бірінші жағдайда жұмыс пышақтың еніне тікелей бағынысты болса, екінші жағдайда жұмыс ені бүрку бұрышына (α) тәуелді. Екі жағдайда да бүріккіштерден ағып шыққан сұйық жылдамдығы мен агрегаттың қозғалу жылдамдығы қажетті беру мөлшерін баптауға көмектесуі мүмкін. Жұмыс талабына сай ізделінді пышақ жұмыс ені 3–8 м болатын терең қопсытқыш машинада 5–12 км/сағ жылдамдықпен қозғалғанда 50–400 л/га аралығында енгізу мөлшерін қамтамасыз етуі керек.

Пышақтың (ұзындығы) ені (W_k) құрылымдық тұрғыдан агрегаттың жұмыс еніне байланысты жағдайда және сұйық ағыны ерекшеліктеріне қатысты өрнектеуге болады. Ол агрегаттың жұмыс еніне байланысты келесідей анықталады.

$$W_k \approx \frac{l}{n} - \frac{\chi + \tau}{2} \quad (2.45)$$

мұнда, χ – екі көрші чизель соқалар арасында орнатылған пышақтардың ара қашықтығы. Ол сұйықтың пышақ жолағынан тыс топыраққа сіңу қашықтығына негізделіп анықталады. Сіңу қашықтығы топырақтың күйіне және жұмыс тереңдігіне, сұйықтың бүрку күшіне байланысты шамамен 30–40 мм болуы мүмкін.

l – агрегаттың жұмыс ені. n – бір деңгейлі жұптап орнату қалпындағы бүріккіштер саны.

Сұйық минералды тыңайтқышты қажетті енгізу мөлшерін агрегат жылдамдығы мен сұйықты беру (inlet) жылдамдығына байланыстырамыз. Техникалық тұрғыдан енгізу мөлшерін реттеу мүмкіндігінің деңгейі 3–4 ғана болғанымен осы екі жылдамдық арасындағы байланысты түсіну маңызды. Бұл екі параметрге қатысты құрылымдық параметр ретінде пышақтың жұмыс ені (W_k) мен бүріккіштің беру тесігінің диаметрі (d) де маңызды роль атқарады.

Теориялық тұрғыдан, жұмыс үдерісінде бұрылыстарды ескермегенде агрегаттың жұмыс жылдамдығына V_a (км/сағ) және жұмыс еніне l (м) қатысты жұмыс өнімділігі M (гектар/сағат) келесідей анықталады:

$$M = \frac{lV_a}{10} \quad (2.46)$$

Бұрылыстар мен басқада коэффициенттер нақты егіс алқабының формасына қатысты ескерілуі мүмкін. Сұйық тыңайтқыштың енгізу мөлшеріне қатысты 1 сағаттағы көлемдік шығыны (литрмен) төмендегі теңдеумен анықталады:

$$Q_c = \frac{lV_a q}{10} \quad (2.47)$$

мұнда, q – қажетті енгізу мөлшері (л/га).

Агрегатта қолданылатын бүріккіштер санын ескере отырып секундтық мөлшерге ауыстырсақ, әр бүріккіштен шығатын сұйықтың секундтық шығын анықтайтын теңдеу келесідей:

$$Q_s = \frac{lV_a q}{36000n} \quad (2.48)$$

Қажетті көлемдік ағын мөлшерін қамтамасыз ететін беру жылдамдығы V_i келесі формуламен анықталады:

$$V_i = \frac{1000Q_s}{wh} \quad (2.49)$$

$$V_i = \frac{1000Q_s}{\pi R^2} \quad (2.50)$$

Мұнда (2.49) ұзын сызатты микроарнаға, ал (2.50) радиал бүріккішке тиесілі. Қажетті көлемдік ағын мөлшерін қамтамасыз ететін беру жылдамдығы толық бүркуді, яғни қажет бүрку жолағын (үлдірді) немесе бүрку бұрышын қамтамасыз ете алмауы мүмкін. Сондықтан толық бүркуді қамтамасыз ететін беру жылдамдығы эксперименттер негізінде анықталады. Сонда бұл жылдамдықтардың өзара сәйкестігі белгілі болады. Әрине сорғы қалыптастыратын қысымды осы беру жылдамдығы орнатылатындай етіп баптау қажет болады.

Бүріккіштің дизайнына қойылатын талаптар бойынша ол барынша жұқа аралыққа (12–14 мм) орнатуға жарамды болуы, топырақ асты кеңістігінде пышақ ізінде қалып отыратын қашықтығы 30–50 мм (b) және ені 140–160 мм жолақ қуыста сұйықтық бүркуді қамтуы тиіс. 50–400 л/га беру мөлшерін қамтамасыз ету үшін бүріккіштің шығу диаметрі 1–2 мм аралығында болатыны есептелді.

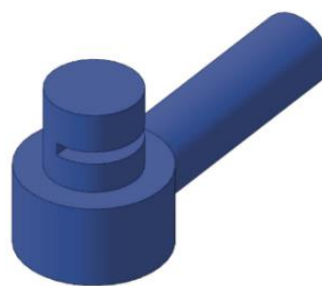
2.4 Бүріккіш элементтің құрылымы

Бүріккіштерде оң және солақай орындаумен, жалғану түрі іштей (2.8а-сурет) және сырттай (2.8ә-сурет) болуы мүмкін. Оның тік жасалған сұйық беру (цилиндр пішінді) арнасы және биіктігі 0,3–0,7 мм болатын көлденең бүрку саңылауы бар. Тік цилиндр арна мен бүрку жазықтығының (соққы беті) центрлері ортақ. Бүріккіштің саңылауынан сұйықтық қажетті бүрку бұрышымен (120° – 175°) қозғалыс бағытына қатысты артқа себіледі және топырақ асты қуысында топырақпен араласады. Соққы беті жазықтығы мен көлденең беру арнасы арасында турбулент ағынды басу үшін қажетті қашықтық (K) тік цилиндрлік арнаның биіктігімен шамалас болады.

Сұйықтықты жеткізу түтігінің ішкі диаметрі 4 мм, қабырға қалыңдығы 1 мм. Сондықтан сырттай және іштей жалғағыш бүріккіштердің жалғанатын бөлігі осы өлшемдерге негізделіп жасалады. Бүріккішті пышаққа отырғызу диаметрі 8–10 мм-ден артық емес. Жалпы биіктігі 10 мм. Саптаманың орнатуға қатысты құрылымдық параметрлері: орнату диаметрі (D), саптама биіктігі (H).



а



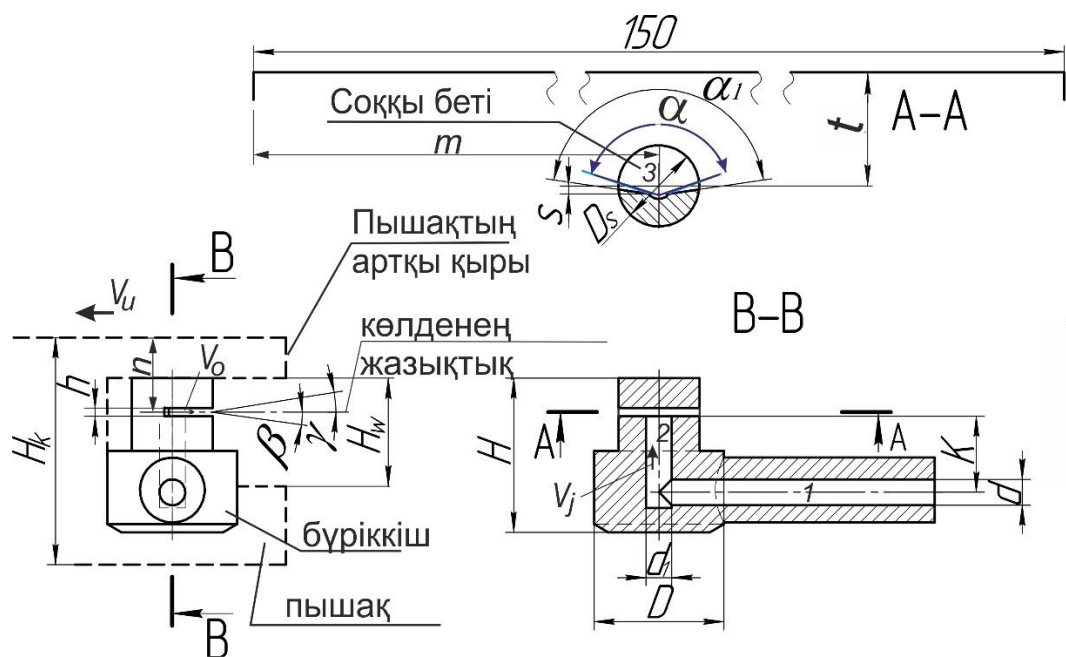
ә

2.8-сурет. Сырттай (а), іштей (ә) жалғанатын бүріккіштер

Аталған жарты шеңбер тәрізді соққы беті бар жалпақ бүріккіш бүрку бұрышы ең үлкен ауқымды (180° -дейін) қамтитыны сөзсіз. Дегенмен бүріккіш пышаққа орнатылатындықтан, ал СМТ агрессиялы орта болғандықтан сұйықтың металл бетіне соқтығысуын болдырмау үшін әрі бүрку сапасын қамту мақсатында тиімді бүрку бұрышын алу маңызды. Бүрку бұрышы осы бүркуді қалыптастыратын саңылаудың геометриясы мен өлшемдеріне, беру жылдамдығына тікелей байланысты. Бүріккіш және саңылау геометриясы ЕСД көмегімен анықталады, сосын эксперименттер негізінде тастықталады. Бүріккіш және саңылау геометриясы пышақтағы орнату ойықтары мен олардың өлшемдерін құрылымдық тұрғыдан анықтауға көмектеседі.

2.4.1 Жарты шеңбер пішінді соққы беті бар жалпақ бүріккіштің параметрлері, ағынның түрі және бүрку бұрышы

Ұсынылған бүріккіш саптаманың сұлбасы 2.9-суретте берілген. Бүріккіш саптамада көлденең және тік цилиндрлік беру арнасынан (сәйкесінше $d = d_1$) және тік беру арнасымен центрі ортақ диаметрі D_s соққы бетінен (дефлектор) тұрады. Оның басты бөлігін кең, жалпақ, доға тәрізді ағын алуға мүмкіндік беретін биіктігі (h) саңылау құрайды. α_1 – бағыттау бұрышы. K – көлденең беру арнасының осіне қатысты соққы бетінің орналасу қашықтығы, s – соққы бетінің ортасынан жартылай шеңбер (қабырға) хордасына дейінгі қашықтығы. Бүрку бұрышы (α) саптаманың жарамдылығын көрсететін маңызды нәтижелік параметрі болып табылады. Ол пышақ ізінде ені 150 мм сұйықтық жолағын қамтамасыз етеді. β және γ – көлденең жазықтыққа қатысты ағынның жоғары және төмен ауытқуын көрсететін бұрыштар. Сұйықтықты беру жылдамдығы – V_j , ал шығу жылдамдығы (жұқа ағын түрінде) – V_o . Саңылау биіктігі h , сұйықты беру диаметрі d_1 , қашықтық s және бағыттаушы бұрыш α_1 қажетті доғал бұрышты бірқалыпты бүркуді қамтамасыз етеді. Соққы беті мен беру арнасы арасындағы қабырға 160° – 170° немесе жазық бұрыш (180°) болуы мүмкін. Саптаманы пышаққа орнату күйі оның бүріккіш саңылауы беру арнасы осіне қатысты жоғары немесе төмен болуы мүмкін [91, 66 б.]. Құрылымдық талап бойынша қажетті бүріккіш биіктігі өте төмен, беру бағыты мен бүрку бағыты перпендикуляр етіп жасалады. Ол қажетті жұмыс енін радиал және жалпақ пішінді бүрку арқылы қалыптастырады.



2.9-сурет. Соққы беті жарты шеңбер пішінді жалпақ бүріккіштің сұлбасы

Демек оның бүріккіш сызаты жарты шеңбер пішінді болады. Көлденең беру арнасындағы (1) ағын ламинар болғанымен, ағынның перпендикуляр қиылысуы (2), сонымен қатар беру және шығу (3) бағыттарының екі деңгейлігі әрі өзара перпендикулярлығы турбулент ағын қалыптастырады. Турбуленттік ағынды бәсеңдетуде осы екі ағын бағыттары арасында қашықтық (K) маңызды. Бұл қашықтық беру және бүрку саңылауларын жалғайтын тік беру арнасын қамтамасыз етеді. Ол қанша ұзын болса сонша жақсы, бірақ пышақтың биіктігін ескерсек ол мүмкін емес. Бүріккіштен ағып шыққан сұйықтың шығыны шығу жылдамдығына V_{oavg} (м/с) байланысты. Беру жылдамдығы тұрақты болғандықтан массаның сақталу заңына сай $\rho V_i A_i = \rho V_o A_o$ теңдігі дұрыс және күтілетін шығу жылдамдығы төмендегі формуламен есептеледі:

$$V_{oavg} = V_i \frac{A_i}{A_o} \quad (2.51)$$

Аталған тік арна диаметрі соңғы беру диаметрі (d_1) болып, маңызды параметр саналады. Өйткені ол және радиал саңылау биіктігі (h) ағынның тік арнадан көлденең радиал ағын бетіне ауысу орнын, яғни маңызды шығу тесігі ауданын анықтап береді. Бұл тесікті ағынның *ауысу тесігі* деп атаймыз. Бүріккіш саңылауы жарты шеңбер пішінді болғандықтан ауысу тесігінің ерні де жарты шеңбер пішінді болады. Сонда бүріккіштен шығатын сұйықтық шығыны мен агрегаттың технологиялық параметрлері арасындағы байланыс келесі теңдікті қалыптастырады:

$$\frac{V_{tr} A_{tr}}{1000} = \frac{l V_a q}{36000n} \quad (2.52)$$

мұнда, V_{tr} – сұйықтықтың ауысу тесігіндегі жылдамдығы; A_{tr} – бүріккіштің ағын бағыты ауысу тесігінің ауданы. Жарты шеңбер жағдайында ол, $A_{tr} = h\pi R$. Сонда

бүріккіштің ағын ауысу тесігінен ағып шығатын сұйықтың жылдамдығы келесідей анықталады:

$$V_{tr} = \frac{qM}{3,6nA} \quad (2.53)$$

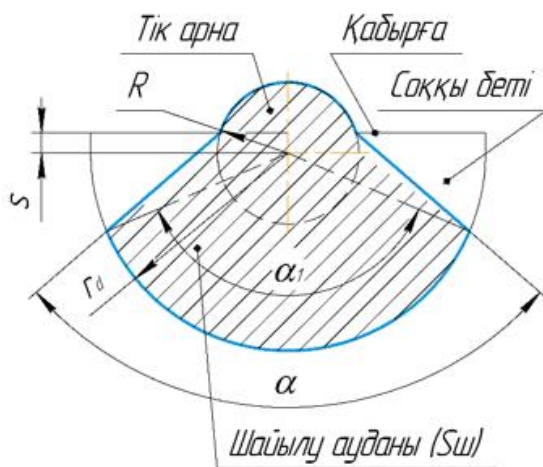
Теориялық тұрғыдан бүріккіштің шығу саңылауынан ағып шығатын сұйықтың жылдамдығы ($V_{ш}$) келесідей анықталады:

$$V_{ш} = \frac{qM}{3,6nA_{ш}} \quad (2.54)$$

мұнда, $A_{ш}$ бүріккіштің шығу саңылауының ауданы. Шынайы жағдайда бұл аудан сұйықтың сызатта қаншалықты толып ағуына және жоғары жылдамдықпен ағу үдерісіндегі *ағын қалыңдығына* байланысты. Сондықтан $A_{ш} = h_d \pi r_d$. Мұнда, r_d – соққы бетінің радиусы. h_d – соққы бетінде қалыптасатын ағынның орташа қалыңдығы. Белгілі уақыт аралығында ауысу тесігінен ағып шыққан сұйықтық көлемі келесі формуламен өрнектеледі:

$$Q_{tr} = V_{tr} A_{tr} \quad (2.55)$$

Бұл көлем белгілі уақыттан соң соққы бетінде тиісті шайылу ауданын жабады және сосын сыртқа ұмтылады. Сонда шайылу ауданы үстіндегі сұйықтық көлемі келесідей болады:



$$Q_{ш} = S_{ш} h_d \quad (2.56)$$

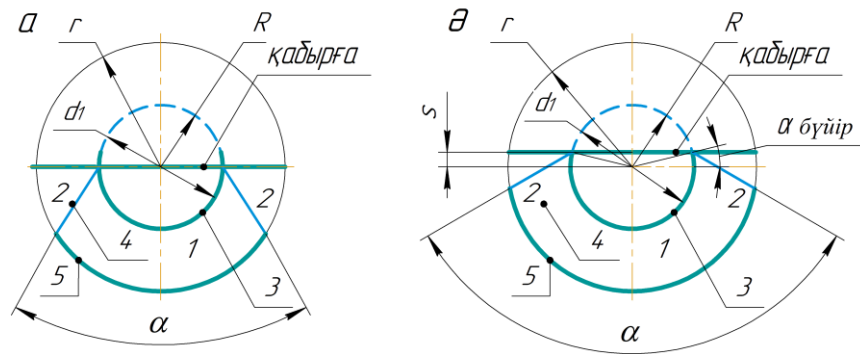
Демек бүрку кезінде қалыптасатын бүрку бұрышы осы h_d мен соққы беті үстіндегі сұйық ағыны жылдамдығына (U_1) байланысты болады. Әрине $V_{tr} > V_{ш}$. 2.10-суретте бүрку бұрышының қалыптасуы бейнеленген. Мұнда $S_{ш}$ ауданды анықтау үшін белгілі сектордың немесе сақинаның ауданын анықтау формулалары қолданылуы мүмкін. Сыртқы саңылау тесігінен ағып шыққан сұйықтық көлемі келесі формуламен өрнектеледі:

$$Q_{ш} = V_{ш} A_{ш} \quad (2.56)$$

$A_{ш} = h_d \pi r_d$ теңдіктегі πr_d нақты доға жиегін ($L_{ш}$) береді. Ал нақты $L_{ш}$ өз кезегінде сұйықтың соққы бетінде қаншалықты толып ағуына байланысты. Геометриялық тұрғыдан $L_{ш}$ нақты бүрку бұрышымен байланысты. Мұнда α_1 мен α – бүрку бұрышының шектері болуы мүмкін. Әрине ол беру жылдамдығы мен d_1 -ге де байланысты.

2.4.2 Бүрку бұрышын басқару параметрлері

A_{tr} ауданы саңылау биіктігі мен тік орналасқан тесіктің радиусына байланысты екені жоғарыда айтылды. Егер h_d көп жағдайда h -ге тәуелді болмаса және ол тұрақты болса, онда бұл ауданның шамасына әсер ететін тағы бір параметр болатыны шығады. 2.11-суреттен көрініп тұрғандай бұл ауданның мөлшерін өзгеруіне саңылаудың артқы қабырғасының орналасуын анықтап беретін s параметрі де әсер етеді. Осы негізде бүрку бұрышының қалыптасуына беру жылдамдығы мен қатар s параметрі де тікелей әсер етеді. Бұл соққы бетіндегі мықты қысымның қалыптасуына да ықпал етеді деген сөз. s параметрдің әсерін талдау үшін 2.11-суретті қарастырамыз. Мұнда, 1 – нақты қуатты сұйық ағыны болатын аймақ, 2 – еркін немесе турбулент сұйық ағыны қалыптасатын аймақ, кейде бос болуы мүмкін. Бұл аймақтан сұйық жылдамдық тиісті жағдайда болса, сұйық толып шығады бірақ беттік керілу салдарынан қайтадан үлдірге жабысады. Инерцияның әсерінен әрі тарап, ұсақ тамшылар түрінде шашырайды. 1 және 2 аймақтар арасындағы сызық 4 болашақ бүрку бұрышын қалыптастыру мүмкін. 3 сызық беру тесігінің жиегі, оның доға ұзындығы (L_{tr}) ағынның ауысу терезесі ауданын анықтауға себеп болады. 2.11-суретте сонымен қатар, $s = 0$ (а) және $s > 0$ (ә) жағдайдағы α бұрыштың қалыптасуы көрсетілген.



2.11-сурет. $s = 0$ (а) және $s > 0$ (ә) болғанда соққы бетіндегі шайылуы жиектерінің ықтимал бүрку бұрышы

Соққы бетіндегі қуатты шашырап шығу доғасы 5 (шайылу жиегі) бүрку бұрышын анықтауда көмектеседі. Жарты шеңбердің доғасының ұзындығын анықтау белгілі. Ал s параметрдің артуына байланысты қалыптасатын толық доға ұзындығы 180° -қа екі еселенген α бұрыштың қосындысына тең болады. Мұнда бұрыштың синусы $\sin \alpha$ Пифагор теоремасына сай келесідей болады:

$$\sin \alpha = \frac{s}{R} \quad (2.57)$$

Сектор доғасының 3 ұзындығы L келесі формула көмегімен анықталатыны белгілі.

$$L = \frac{\pi R \alpha}{180^\circ} \quad (2.58)$$

мұнда α нақты бұрыштық мәні.

s –тің R -ға қатынасы негізінде (2.62) Брадис кестесі көмегімен α мәні анықталады. Біздің жағдай үшін формула келесідей түрленеді:

$$L = \pi R \frac{180^\circ + 2\alpha}{180^\circ} \quad (2.59)$$

Есептеу жұмыстарына қолайлылық үшін бұрыштар қатынасын белгілеп аламыз.

$$\theta = \frac{180^\circ + 2\alpha}{180^\circ} \quad (2.60)$$

Осы негізде тік беру арнасынан көлденең саңылау бетке ауысу терезесінің ауданы төмендегі теңдікпен анықталады.

$$A_{tr} = hL_{tr} \quad (2.61)$$

Ол келесі түрге ауысады:

$$A_{tr} = h\pi R\theta \quad (2.62)$$

Енді *массаның сақталу* заңына сүйенсек беру арнасындағы және шығу саңылауындағы сұйықтың көлемдік ағын мөлшері тең болады. Сондықтан 3 және 5 доғаларды шайып өтетін сұйық көлемі тең және r мәні өте кіші болғандықтан жылдамдықтар да тең деп қарастырамыз ($A_{tr} = A_{uu}$). Сонда $A_{uu} = h_d L_{uu}$ болады, мұнда L_{uu} – қуатты шайылатын жиек доғасы 5 ұзындығы. Сонда ол қарапайым теңдікпен анықталады.

$$L_{uu} = \frac{h\pi R\theta}{h_d} \quad (2.63)$$

(2.63) формуладағы айта кететін кемшілігі онда бұрыш мәндері қатысатындықтан Ansys Fluent® бағдарламасында қолдану қиынға соғуы мүмкін. Мәндерді қадағалау және күтілетін бұрку бұрышын болжау үшін 2.3 және 2.4-кестелер ұсынылады. 2.3-кесте s параметрге қатысты доға ұзындығы, бұрышы және синустың мәндері берілген болып, ол $R = d_1/2 = 0,6$ мм шеңбер үшін құрастырылған.

2.3-кесте. s параметрге қатысты $R = 0,6$ мм жарты шеңбердің доға ұзындығы, бұрышы және синустың мәндері

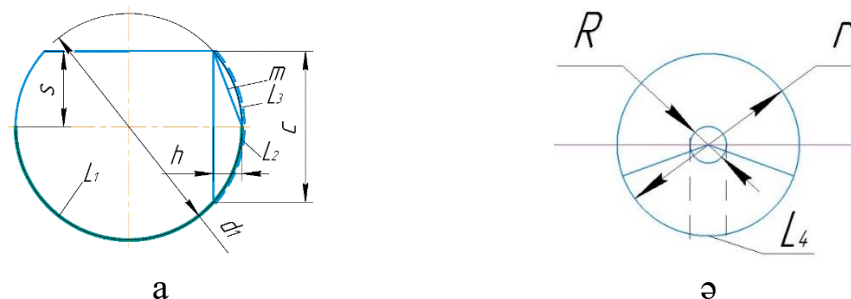
s	L_{tr}	$180^\circ + 2\alpha$	$\sin\alpha$
0	1,88	180°	0
0,1	2,09	$199,19^\circ$	0,166667
0,2	2,29	$218,94^\circ$	0,333333
0,3	2,51	240°	0,5
0,4	2,76	$263,62^\circ$	0,666667
0,5	3,07	$292,89^\circ$	0,833333
$s = R$	3,77	360°	1

2.4-кестеде $r = 2,5$ мм болғандағы анықталатын сектор доғасының ұзындықтарына сай сектор бұрыштары берілген. Бұл деректер s -тің тиімді мәнін немесе шектерін анықтап бере алады. Ауысу терезесінің ауданы $A_{tr} = h\pi R$, s параметрдің енуіне байланысты өзгереді.

2.4-кесте. $r = 2,5$ мм болғандағы сектор бұрышына сай сектор доғасының графикалық жолмен анықталған ұзындықтары

$L_{ш}$	α°	$L_{ш}$	α°	$L_{ш}$	α°	$L_{ш}$	α°	$L_{ш}$	α°
7,853982	180	7.417649	170	6.981317	160	6.544985	150	6.108652	140
7.766715	178	7.330383	168	6.894051	158	6.457718	148	6.021386	138
7.67944	176	7.243116	166	6.806784	156	6.37045	146	5.934119	136
7.592182	174	7.155850	164	6.719518	154	6.283185	144	5.846853	134
7.504916	172	7.068583	162	6.632251	152	6.195919	142	5.759587	132

Талдаулар көрсеткендей Ansys Fluent® бағдарламасымен жұмыс жасағанда бұрыштың нақты мәнін сандық мәнге ауыстыру қиын болады. Сондықтан аталған терезені анықтап беретін доға ұзындығын анықтаудың басқа жолы іздестірілді. Мұнда доға ұзындығы s параметрге қатысты қалыптасатын сегмент биіктігі (мұнда шартты түрде h -пен) арқылы анықтау қарастырылады (2.12а, ә-сурет). Ауысу терезесінің ауданы (2.67) формуламен анықталатыны белгілі. Ал мұнда $L_{tr} = L_1 + 2L_3$ және ол өз кезегінде $L_{tr} = \pi R + 2L_3$.



2.12-сурет. Доға ұзындығын сегмент биіктігімен анықтау сұлбасы (а), тесік диаметріне беттесетін доға ұзындығы (б)

Сұлбадан көрініп тұрғандай, s параметрді хорда деп қарасақ оның төбесінде анықталатын доға ұзындығы келесі формуламен анықталады:

$$L_2 = 2m + \frac{2m+c}{3} \quad (2.64)$$

Бұдан, $L_3 = L_2 / 2$ екені белгілі. $c = 2s$.

Осы негізде біздің жағдайға сай келетін хорда үстіндегі доға ұзындығын анықтау формуласы келесідей болады:

$$L_2 = \frac{2(4m+s)}{3} \quad (2.65)$$

немесе бұл:

$$2L_3 = \frac{2(4m+s)}{3} \quad (2.66)$$

Сонда жалпы доға ұзындығын анықтау формуласы келесідей анықталады:

$$L_{tr} = \frac{2(4m+s)}{3} + \pi R \quad (2.67)$$

Бұл жерде m параметрді Пифагор теоремасына сай анықталады.

$$m = \sqrt{s^2 + h^2} \quad (2.68)$$

мұнда, h сегменттің биіктігі. Оны анықтаудың формуласы белгілі:

$$h = R - \frac{1}{2}\sqrt{4R^2 - c^2} \quad (2.69)$$

$c = 2s$ екені ескеріліп бұл келесідей түрленеді:

$$h = R - \frac{1}{2}\sqrt{4R^2 - 4s^2} \quad (2.70)$$

Ол қысқарып:

$$h = R - \sqrt{R^2 - s^2} \quad (2.71)$$

$$m = \sqrt{s^2 + (R - \sqrt{R^2 - s^2})^2} \quad (2.72)$$

Көбейткіштерге жіктеу және қысқарту арқасында мәнді анықтау формуласы келесідей ұсынылады:

$$m = \sqrt{2R(R - \sqrt{R^2 - s^2})} \quad (2.73)$$

Анықталған 2.67 және 2.73 басты анықтаушы формулалар болып табылады және олар Ansys Fluent® бағдарламасында есептік нәтиже алу үшін қолдануға жарамды. Айтылғандарға сәйкес бүріккіштің шығу ерніндегі доға ұзындығын анықтау келесі формула ұсынылады.

$$L_{ш} = \frac{L_{tr} h_{dt}}{h_d} \quad (2.74)$$

мұнда h_{dt} – ауысу терезесіндегі ағынның қалыңдығы. Оның мәні тек ЕСД бағдарламалары көмегімен анықтай аламыз. Бұрыштың әсерінен бұл доға бөлегі қысқарады, мысалы 140° бұрышта ол $d_1=0.5$ мм үшін L_4 (2.12ә-сурет) мән 1,00679-ден 0,171144-дейін, ал $d_1=0.5$ мм үшін және бұрыш 140° болғанда 1,628647-ден 0,274165-дейін қысқарады. Осы негізде және сұйықтың ағынының қасиеттерін ескеріп осы ауытқуларды елеусіз қалдыруға болады.

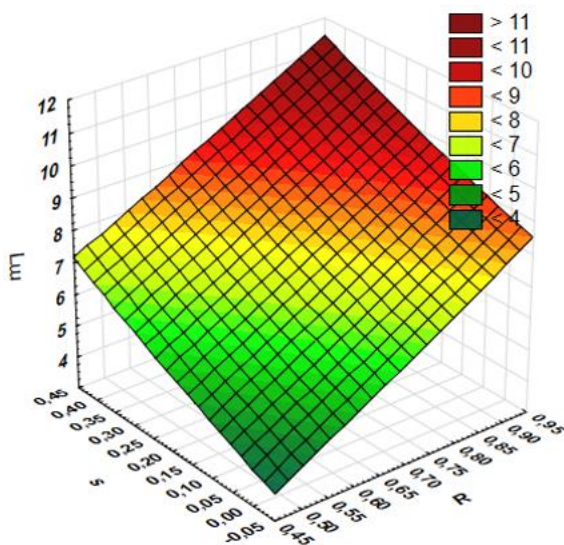
Анықталған $L_{ш}$ 2.4-кестедегі мәндермен сәйкестендіріледі. Ол үшін күтілетін бұрыш келесі формуламен анықталады:

$$\alpha = 360^\circ \frac{L_{ш}}{L} \quad (2.75)$$

Бірақ мұнда тесік диаметріне сай келетін доға ұзындығы оның ішінде жататынын ескеру қажет. Аталғандар бойынша анықталған деректер Γ қосымшасы, 1-кестеде ұсынылған. Көрініп тұрғандай бұрку бұрышы s , R параметрлерге және беру жылдамдығына бағынысты. Мұнда туынды параметрлер: h_d – соққы бетіндегі сұйықтық ағыны қалыңдығына және $L_{ш}$ – бұрку доғасы ұзындығы бұрку бұрышын сипаттауға көмектеседі. Осы негізде бұл параметрлер көп жағдайда h -ге тәуелді болмайды. Баяндалғандар негізінде r_d және h_d -нің шегін, V_{tr} және V_o мәндері мен олардың беру жылдамдығы мен айырмашылық көрсеткіштері гидродинамикалық тұрғыдан компьютерлік-есептік және эксперименттік әдістермен нақтыланады.

2.13-суретте $L_{ш}$ – бұрку доғасы ұзындығының s -ке (y) және R -ге (x) байланысы көрсетілген. Байланыс квадраттық қатынасқа ие:

$$L_{ш} = 0,174 + 8,5269x + 6,627y + 0,5419x^2 - 1,5855xy + 1,8947y^2.$$



2.13-сурет. $L_{ш}$ –бұрку доғасы ұзындығының s -ке және R -ге байланысы

2.5-кестеде тесік диаметрі және s параметр негізінде беру тесігі ауданы мен ауысу терезесі ауданы арасындағы қатынас көрсетілген. Кестедегі арақатынастар беру жылдамдығына қатысты теориялық тұрғыдан соңғы тесікте шығу жылдамдығының қанша есе артатынын баяндай алады. Мұнда, A_d – тік беру арнасының ауданы. Бірақ жоғарыда аталғандай егер сұйық толып ақпаса онда A_{tr} толмауы мүмкін. Онда бізде A_{trh} – ағынның нақты ауданы шамасы қолданысқа енеді. Ол өз кезегінде $A_{trh} = h_{dt}L_{tr}$ болады.

Ағын қалыңдығы мәндеріне байланысты беру жылдамдығының ағын соңында қанша есе артатынын келесі формуламен анықтауға болады:

$$V_{tr} = 2,8571 \frac{V_i}{d_1} \quad (2.76)$$

бұл $s = 0$ болған жағдайда, егер $s = 0,1$ мм болса:

$$V_{tr} = \frac{2,8571 L_{tr0} V_i}{d_1 L_{tr0.1}} \quad (2.77)$$

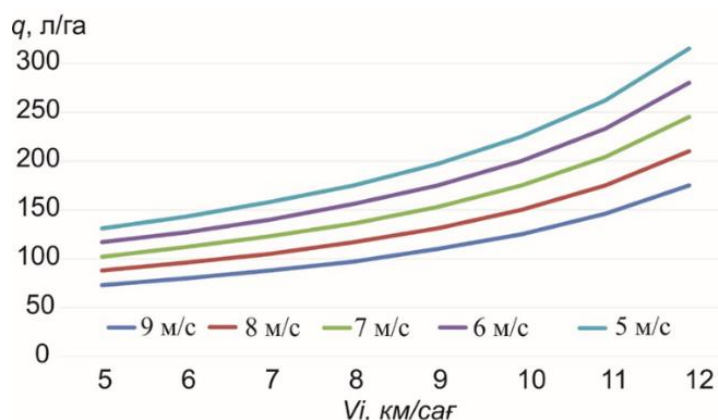
мұнда 2,8571 саны h_{dt} және h_d мәндерінің комбинациясына байланысты. $h_{dt} = 0,35$ мм болғанда ол осы мәнге тең. $s = 0,2$ мм үшін оған қатысты $L_{tr0.1}$ мәнді

кою қажет. h_{dt} беру жылдамдығы немесе қысымның артуымен өзгеруі мүмкін. Дегенмен $h = 0.5$ мм бүріккіш үшін ол $h_{dt} = 0,35–0,5$ мм шамасында қала береді. L_{tr0} және $L_{tr0.1}$ сәйкесінші $s = 0$ және $s = 0,1$ мм болған жағдайдағы доға ұзындығы.

2.5-кесте. Тесік диаметрі және s параметр негізінде беру тесігі ауданы мен ауысу терезесі ауданы арасындағы қатынас.

d	A_i	d_1	A_d	$h = 0,5$ $s = 0$ болғанда A_{tr}	A_i / A_{tr} қатынас	$h = 0,5$ $s = 0,1$ болғанда A_{tr}	A_i / A_{tr} қатынас	$h = 0,5$ $s = 0,2$ болғанда A_{tr}	A_i / A_{tr} қатынас
2	3,142	0,5	0,785	0,785	4,00	0,886	3,55	0,991	3,17
		0,6	1,131	0,942	3,33	1,043	3,01	1,146	2,74
		0,7	1,539	1,100	2,86	1,200	2,62	1,302	2,41
		0,8	2,011	1,257	2,50	1,357	2,32	1,459	2,15
		0,9	2,545	1,414	2,22	1,514	2,08	1,615	1,94

Аталғандарға байланысты және 2.46–2.50 формулалар және осы бөлімде ұсынылған теңдіктер негізінде беру жылдамдығы, s параметр, сонымен қатар агрегаттың жылдамдығына байланысты қол жеткізілетін СМТ-ны енгізу мөлшерінің (q) диапазонын анықтап алуға болады. 2.14-суретте $d_1 = 1,2$ мм және $s = 0$ болғандағы енгізу мөлшерінің агрегаттың және сұйықтықты беру жылдамдығына байланысы көрсетілген. Агрегаттың жылдамдығы 8 км/сағ, ал беру жылдамдығы 5 м/с болғанда 170–175 л/га беру бөлшері қамтамасыз етілетінін көруге болады. Әрине беру жылдамдығының артуымен СМТ енгізу мөлшері артады. Оны арттыру үшін агрегаттың жылдамдығын төмендету қажет. Бірақ s мәннің артуымен де беру мөлшері артады.



2.14-сурет. $d_1 = 1,2$ мм және $s = 0$ болғандағы енгізу мөлшерінің агрегаттың және сұйықтықты беру жылдамдығына байланысы

2.6-кестеде $d_1 = 1,2$ мм болғандағы, ал 2.7-кестеде $d_1 = 1,4$ мм болғанда агрегаттың және сұйықтықты беру жылдамдығына, сонымен қатар s мәнге қатысты енгізу мөлшерінің диапазоны ұсынылған. Кестелерде сәйкес бүрку бұрышы да көрсетілген.

2.6-кесте. $d_1 = 1,2$ мм болғандағы негізгі параметрлерге қатысты енгізу мөлшерінің диапазоны

s	мм	0					0,1					0,2				
V_i	м/с	5	6	7	8	9	5	6	7	8	9	5	6	7	8	9
V_a , км/сағ	12	73	88	102	117	131	81	97	113	129	145	89	107	124	142	160
	11	80	96	112	127	143	88	106	123	141	158	97	116	136	155	174
	10	88	105	123	140	158	97	116	137	155	174	107	128	149	170	192
	9	97	117	136	156	175	108	129	151	172	194	118	142	166	189	213
	8	110	131	153	175	197	121	145	169	194	218	133	160	186	213	239
	7	125	150	175	200	225	138	166	194	221	249	152	182	213	243	273
	6	146	175	204	233	262	161	194	226	258	290	177	213	248	283	319
	5	175	210	245	280	315	194	232	271	309	348	213	255	298	340	383
α°		110°-120°	120°-145°		144-164°		110°-130°	130°-150°		150°-180°		110°-130°	130°-165°		164°-180°	
h_d					0,14	0,16				0,14	0,16				0,14	0,16
$L_{ш}$					6,732	5,89				7,449	6,518				8,188	7,164

Мұнда қызылмен берілгендер тек бүрку бұрышы төмен болғандықтан ғана қолдануға ұсынылмайды.

2.7-кесте. $d_1 = 1,4$ мм болғандағы негізгі параметрлерге қатысты енгізу мөлшерінің диапазоны

s	мм	0					0,1					0,2				
V_i	м/с	5	6	7	8	9	5	6	7	8	9	5	6	7	8	9
V_a , км/сағ	12	85	102	119	136	153	93	112	130	149	167	101	121	141	161	181
	11	93	112	130	149	167	101	122	142	162	182	110	132	154	176	198
	10	102	123	143	163	184	112	134	156	178	200	121	145	169	193	218
	9	114	136	159	181	204	124	149	173	198	223	134	161	188	215	242
	8	128	153	179	204	230	139	167	195	223	250	151	181	211	242	272
	7	146	175	204	233	262	159	191	223	254	286	173	207	242	276	311
	6	170	204	238	272	306	186	223	260	297	334	201	242	282	322	362
	5	204	245	286	326	367	223	267	312	356	400	242	290	338	386	435
α°		110°-130°	130°-150°		168°-180°		110°-130°	140°-172°		171°-180°		110°-130°	145°-180°		180°-ге жақын	
h_d					0,14	0,16				0,14	0,16				0,14	0,16
$L_{ш}$					7,853	6,872				8,570	7,499				9,302	8,139

Бұрыштық деректер дәл өлшейтін аспаптарсыз, эксперимент көмегімен, біраз ауытқумен тексерілуі мүмкін. h_d – соққы бетіндегі сұйықтық ағыны қалыңдығы тек ЕСД құралдары көмегімен зерттеледі.

2.5 Бүріккіштің соққы беті радиусы мен осы беттегі сұйықтық ағыны қалыңдығының теориялық негізі

Пішіні және өлшемдері әртүрлі бүріккіш саптамалар тамшыларға ыдырайтын үздіксіз ағын немесе сұйықтық үлдірін қалыптастырады [107-109]. Мұнда бүрку бұрышы сұйықтықты бүрку үдерісінде маңызды параметр болып табылады. Бұл саптаманың шығуындағы ағын өрісіне, осылайша одан әрі тамшылардың мөлшері мен жылдамдығына, кейін тамшылардың қажетті нысанаға жету мүм-

кіндігіне әсер етеді [110]. Өз кезегінде бүрку бұрышы соққы бетіндегі сұйықтық ағаны қалыңдығына байланысты.

Шолулар көрсеткендей жарты шеңбер пішінді соққы беті бар жалпақ бүріккіштерде соққы беті радиусы мен сұйықтық ағыны қалыңдығын анықтау және талдау бойынша зерттеулер жеткіліксіз. Сондықтан бұл мәселеге кірісу үшін радиал (толық шеңберлі) беттерге қатысты теориялар зерттелді. Бұл бірінші кезекте біздің зерттеуге қажетті формулаларды Ansys Fluent®-пен үйлесімділігін тексеріп алу қажет.

Көлденең орналасқан дөңгелек пішінде тақтаға соғылған су ағынын [111] *шектесу қабаты* теориясын қолдана отырып зерттеді. Оның зерттеулерінде сұйықтың жұқа ағынының қозғалысы мен сұйық үлдірдің пайда болу үдерісі динамикасын қарастыру арқылы аналитикалық түрде төрт аймаққа бөліп қарастырылды. Сұйықтық үлдірінің қалыңдығын және дефлектордың шетіндегі жылдамдықты анықтау үшін *еркін беттік ағын* теориясын қолдану [112] жұмысында баяндалған. Дегенмен, олар ұсынған модельдеу тәсілі біздің жағдайымызға барынша жақын. Бірақ олардың зерттеулерінде саптама мен пластина арасындағы алшақтықтың H мөлшері ескерілмеген.

Соққы бетіндегі сұйықтық ағыны қалыңдығы мен жылдамдығы мұндай бүрку үдерістерінің анықтаушы параметрлері болып табылады. Осы негізде көлденең пластинаға соғылған сұйықтықтың радиал және осимметриялық ағыны келесі теңдеулермен сипатталады:

$$\frac{\partial(ru)}{\partial r} + \frac{\partial(r\omega)}{\partial z} = 0 \quad (2.78)$$

$$u\left(\frac{\partial u}{\partial r}\right) + \omega\left(\frac{\partial u}{\partial z}\right) = v\left(\frac{\partial^2 u}{\partial z^2}\right) \quad (2.79)$$

мұндағы r – ағынның центрінен радиалды қашықтық, z – соққылық бет диаметрі, u және w – жылдамдықтың сәйкес компоненттері, v – кинематикалық тұтқырлық. Зерттелетін жағдайға қатысты шарттар келесідей: соққы беті тұрақты (2.81), бос беттегі ығысуға кернеуі елеусіз аз (2.82) және радиалды ось бойындағы ағын жылдамдығы тұрақты (2.83).

$$z = 0 \text{ болғанда, } u = w = 0 \quad (2.80)$$

$$z = h(r) \text{ кезде, } \frac{\partial u}{\partial z} = 0 \quad (2.81)$$

$$Q = 2\pi r \int_0^{h(r)} u \, dz \quad (2.82)$$

u осьтік бағыттағы жылдамдық профилін бос беттегі $U(r)$ жылдамдық функциясы және $f(\eta)$ ұқсастық шешімі ретінде қайта жазуға болады:

$$u = U(r) f(\eta) \quad (2.83)$$

$$\eta = \frac{z}{h(r)} \quad (2.84)$$

Содан кейін берілген радиалды бағыт бойынша ағынды (2.83) теңдеуді қайта жазуға болады:

$$Q = 2\pi r U h \int_0^1 f(\eta) d\eta \quad (2.85)$$

Сұйықтық қабатының қалыңдығы бойынша жылдамдық профилінен интеграл алу үшін интегралдау [110, 484 б.] әдісін қолданды:

$$\int_0^1 f(\eta) d\eta = \frac{2\pi}{3\sqrt{3}c^2} \quad (2.86)$$

мұндағы $c = 1,402$ -ге тең интегралдық тұрақты шама. Соңында, тұрақты ағын теңдеуі (2.86) келесідей қайта жазылуы мүмкін:

$$r U h = \frac{3\sqrt{3}c^2 Q}{4\pi^2} \quad (2.87)$$

Осылар негізде радиал кеңейетін сұйық ағынының (үлдірінің) теориялық зерттеулерде алғашқы шектесу қабаты биіктігі және ағын қалыңдығын анықтау бойынша бірнеше ғалымдар [113, 114] зерттеп, тәуелділіктерді ұсынған.

Өз кезегінде r – радиал ағынның тік ағын осінен алшақтау радиусы мәні туралы да сұрақ туындауы сөзсіз. Пажи мен Галустов [115] ұсынған теңдеу бойынша қалыпты биіктікте таралу радиусын анықтауға болады:

$$R_{rc} = \left(\frac{9}{16\pi^2 k} \right)^{1/3} \left(\frac{Q^2 \rho}{\mu U_0} \right)^{1/3} \quad (2.88)$$

Бұл таралу радиусы біздің жағдайдағы соққы беті радиусын шамалауға мүмкіндік береді. Есеп шешімдері бойынша $k = 1$ болғанда есептелген $R_{rc} = 11,13075651$ мм, ал $k = 4$ [116] болғанда $R_{rc} = 7,011937216$ мм. Сонымен қатар олардың пікірінше жұқа ағын қабатының қалыңдығы (δ_f) төмендейді және белгілі бір R_{rc} қашықтықта ол шекара қабатының қалыңдығына (δ_b) айналады. R_{rc} – тұйықталу радиусы (*closure radius*) деп атады. Ал [117] жұмыста ұсынғаны бойынша бұл радиус:

$$r_o = 0.3155^3 \sqrt{\frac{\alpha Q R^2}{\nu}} \quad (2.89)$$

Есептеулерге сәйкес, $h = 0,7$ мм кезінде $r_o = 5,75105982$ мм және $h = 0,3$ мм кезінде $r_o = 4,792174405$ мм. Жалпы (2.88) және (2.89) теңдеулер біздің зерттеуіміз үшін соққы бетінің радиусының шамалық шегін анықтайды және ол $r < r_o$ болады. Осы шектерді ескере отырып біздің зерттеуіміз үшін соққы бетінің радиусы 2,5–4 мм диапазонында таңдалуы мүмкін. Ал эксперименттік тексеру шегін 6 мм дейін алуға болады.

Соққы бетіне ағынның тура түсуі (әсер ету) нәтижесінде пайда болатын радиалды кеңейетін сұйықтық (үлдірдің) қабатының h_d қалыңдығы *масса мен импульстің сақталу заңына* байланысты радиалды r қашықтығының жоғарылауымен азаяды [118]. Калантари и Тропея [119] зерттеуіне сәйкес, жұқа ағынның орташа қалыңдығы $10 < W_{enb} < 160$ Вебер саны диапазонында $8 \text{ мкм} < h < 107 \text{ мкм}$ аралығында өзгереді. II ағын аймағында (яғни соққы бетінде) үлдірдің қалыңдығын (h_d) анықтау үшін [112, 286 б.] келесі теңдеуді ұсынды:

$$h_d = \frac{r_0}{2r_d} + C_1 \cdot \left(\frac{7v_l}{V_j} \right)^{1/5} \cdot r_d^{4/5} \quad (2.90)$$

мұнда r_0 – ағынның гидравликалық радиус ($r_0 = d/2$); v_l – сұйықтықтың кинематикалық тұтқырлығы; r_d – соққы бетінің радиусы ($r_d = D_s/2$); V_j – ағын жылдамдығы; және $C_1 = 0,01659$. Есептелген h_d , $r_d = 2,5 \text{ мм}$ ($D_s = 5 \text{ мм}$) болғанда $0,1\text{--}0,2 \text{ мм}$ болды, ал $r_d = 4 \text{ мм}$ ($D_s = 8 \text{ мм}$) болғанда ол $0,06\text{--}0,12 \text{ мм}$. Радиал соққы бетіндегі сұйық ағыны қалыңдығы анықтау бойынша [117, 6 б.] зерттеулерінде $h(r)$ өрнегін екі әсердің: радиалды ағынның дисперсиясы және шекаралық қабаттың ығысу қалыңдығының қосындысы ретінде ұсынды. Бұл өрнек бүкіл ағын шекаралық қабаттың ішінде, яғни $r \leq r_0$ болғанда жарамды.

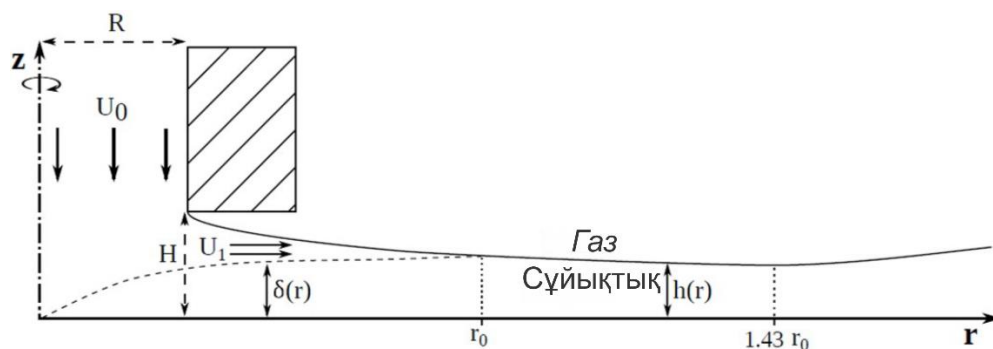
$$h(r) = \frac{R^2}{2r} + \left(1 - \frac{2\pi}{3\sqrt{3}c^2} \right) \delta \quad (2.91)$$

Сонда шекаралық қабат:

$$\delta = \sqrt{\frac{\sqrt{3}c^3vr}{(\pi - c\sqrt{3})U_o}} \quad (2.92)$$

Де Коктың [117, 8 б.] зерттеуі саптама мен соққы беті арасындағы H саңылауын есепке алады және бұл біздің зерттеулерімізде қарастырылатын саңылау биіктігіне сай келеді (2.15-сурет). H саңылауы азайған кезде, сұйықтың шығу ауданы кіру ауданынан аз болуы мүмкін, бұл жұқа цилиндрлік тесіктен кейін таралатын негізгі ағын жылдамдығының жоғарылауына әкеледі. Сонымен қатар минимал h , h_d биіктен артық болғаны дұрыс. Ал максимал h $H/R = 0,875$ қатынастан аспайтындай етіп таңдалғаны жөн.

2.15-суретте тік ағынның жұқа көлденең бетке соғу нәтижесінде пайда болатын радиалды ағынның жарты қимасы берілген. Онда, r – радиалды қашықтық, R – реактивті радиус, H – саптама мен соққы беті арасындағы қашықтық, U_0 – тік ағынның орташа жылдамдығы, U_1 – негізгі радиал ағынның жылдамдығы, $h(r)$ – сұйықтық үлдірдің қалыңдығы және $\delta(r)$ – шекаралық қабаттың қалыңдығы. Ағынның бөлінуі саптаманың ішкі бұрышында жүреді, бұл ағынның тарылуына әкеледі, сондықтан нақты шығу ауданы кішірейеді. Ағынның негізгі жылдамдығы ағынның әсер ету аймағынан кейін кіру ауданындағы U_0 -дан U_1 -ге дейін өзгереді.



2.15-сурет. Тік ағынның жұқа көлденең бетке соғу нәтижесінде пайда болатын радиалды ағынның жарты қимасы [117]

Бұл жылдамдықтың жоғарылауы мұнда $1/\alpha$ тең және α төмендегі теңдеуімен анықталады:

$$\alpha = \frac{U_0}{U_1} = \frac{2HC_c}{R} \quad (2.93)$$

Де Коктың тұжырымы бойынша сұйықтық қабатының биіктігі мен беткі жылдамдығын α айнымалысын қосу арқылы теңдеулерді қайта жазуға болады. $r \leq r_0$ болғанда, 2.90 және 2.91 теңдеулер келесідей өзгереді:

$$h_d = \frac{\alpha R^2}{2r} + \left(1 - \frac{2\pi}{3\sqrt{3}c^2}\right) \delta \quad (2.94)$$

(2.93) формуланы (2.94) қою және Ansys Fluent® бағдарламасында қолдану үшін ықшамдалып нәтижесінде (2.94) формула келесі түрге енеді:

$$h_d = \frac{U_0 R^2}{U_1 2r} \quad (2.95)$$

Талдаулар Ansys Fluent® нәтижелерін бағалайтын теңдеулерде Q (ағынның көлемдік жылдамдығы) немесе U_1 (шығу жылдамдығы) сияқты шығыс параметрлері болуы керек екенін көрсетеді. Үлдір дефлекторлық пластинадан шыққан кездегі орташа жылдамдығын массаның сақталу заңын ескере отырып есептеуге болады және оның теңдеуін [112, 286 б.] ұсынған болатын. Ол формуланы кері түрлендіру арқылы h_d -нің Q және U_1 сияқты параметрлер толығымен сипатталған формуласы шығады:

$$h_d = \frac{Q}{2\pi r_d U_1} \quad (2.96)$$

Теориялық зерттеулер негізінде радиал бүріккіш үшін анықталған, соққы бетіндегі ағын биіктігін табу формулаларының есептік сұйық динамикасы бағдарламасымен сәйкестігі және оның жарты шеңбер тәрізді саңылаулы бүріккіш үшін қолдануға жарамдылығын тексеру, қажетті түзетулер енгізу жүргізіледі.

Біздің модельдегі саңылаудың пішіні жартылай шеңбер болғандықтан, (2.95) және (2.96) теңдеулердің бөлгішіндегі 2-ні қысқарту орынды. Сонда:

$$h_d = \frac{U_0 R^2}{U_1 r} \quad (2.97)$$

$$h_d = \frac{Q}{\pi r_d U_1} \quad (2.98)$$

Теңдеулер келесі теңдік арқылы бақылануы мүмкін:

$$h_d = \frac{Q}{l U_1} \quad (2.99)$$

мұнда l – жарты шеңберлі соққы беті бар бүріккіштің шығу аймағындағы доға ұзындығы. Алайда, мұнда жылдамдық профилі әр түрлі болатындығын ескеру қажет. Егер максималды мән қабылданса, онда ағынның қалыңдығы төмен болады, мысалы максимал жылдамдық 13,174 м/с болғанада, ол 0,113 мм. Бөру жылдамдығы төмендеген сайын ағын қалыңдығы артады, тіпті саңылау төбесіне жабысады, яғни бетке керілу әсері жүреді. Ал ағын қалыңдығы кіші болған сайын бүрку жылдамдығы да жоғары болады және ұсақ тамшылар пайда болады.

(2.97) теңдікті (2.98) формуламен барынша теңестіру үшін j – жұмыстық радиустарға байланысты толық шеңберлі және жарты шеңберлі соққы беттері (impact surface) арасындағы қатынас қажет болады. Сонда (2.97) формула келесідей өзгереді:

$$h_d = j \frac{U_0 R^2}{U_1 r} \quad (2.100)$$

Ал j қатынас келесідей анықталады:

$$j = \frac{2r^2}{(R^2 + r^2)} \quad (2.101)$$

Сонымен жартылай шеңбер пішінді ағынның қалыңдығын болжауға арналған екінші теңдеу:

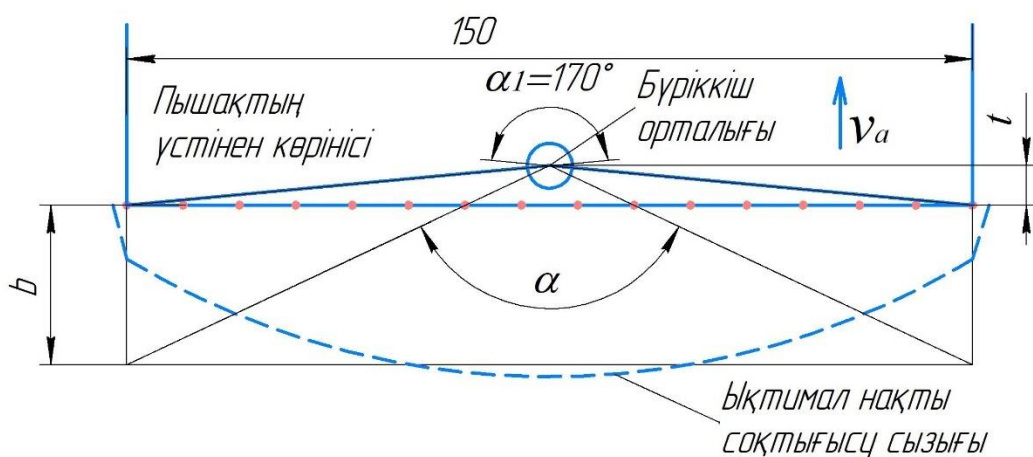
$$h_d = \frac{2r U_0 R^2}{(R^2 + r^2) U_1} \quad (2.102)$$

Теориялық есептеулер кезінде анықталған сенімді h_d мәндері өз кезегінде h -тің мәніне тәуелді емес және ол h -тің ең минимал мәнін анықтауға көмектеседі. Ал бұл параметрдің үлкен мәні ($h = 0,7$ мм) бүріккіштің құрылымдық биіктігіне, өз кезегінде пышақтың қалыңдығына байланысты, сонымен қатар ауысу тесігінің қажетті ауданын реттеуге көмектеседі. Толық радиал бүрку бойынша тиісті формулалардың Ansys Fluent® бағдарламасымен сәйкестігін тексеру бойынша нәтижелер Г қосымшасындағы 2-кестеде ұсынылған.

(саңылау төмен, саңылау жоғары) да байланысты. Тиімді орнату қалпы мен тиімді n/Nk қатынасы эксперименттер нәтижесінде анықталады.

Бүрку жазықтығы мен топырақ ағыны сызығының қиылысуы сұйық пен топырақ бөлшектерінің теориялық қақтығысу сызығы тереңдігін – b -ны анықтап береді. Мұнда b , топырақ ағыны сызығына, ал ол өз кезегінде пышақтың қозғалу жылдамдығы мен бүрку жылдамдығына және n тереңдікке байланысты. b мен v_a агрегат жылдамдығы арасындағы қатынасты бекіту теориялық тұрғыда мүмкін, дегенмен топырақ ағыны сызығы әрдайым дәл бірқалыпты бола бермейді.

2.17-суретте t қашықтық және b мәндерге байланысты қажетті бүрку бұрышын анықтау көрсетілген. Нәтиже Ansys Fluent® бағдарламасы көмегімен оңтайландырылған бүріккіштен модельдеу жолымен алынған бүрку бұрышымен салыстырылады. Қақпақтың беті қырының қисықтылығына байланысты нақты жағдайда бүрудің топырақ ағынымен соқтығысу сызығы доға түрінде де болуы мүмкін. Ықтимал нақты соқтығысу сызығы да 2.17-суретте көрсетілген. Жұмыс нәтижелері бүріккіштің параметрлері негізінде келесі параметрлерді нақтылауға мүмкіндік береді: n – бүріккіш сызатының пышақтың үстіңгі бетіне қатысты орналасу тереңдігі; b – сұйықтық пен топырақ бөлшектерінің қақтығысу сызығы тереңдігі; t – бүріккіштің пышақтың артқы жиегіне қатысты орналасу қашықтығы; α_1 – пышақтың бүркілген сұйықтық ағыны өтетін қуысының ашықтық бұрышы; α – бүркілген сұйықтықтың қақтығысу сызығын қамтамасыз ететін күтілетін бүрку бұрышы.



2.17-сурет. Қажетті бүрку бұрышын анықтау

t қашықтық үлкен болса бүрку бұрышының шегі қысқарады ал кіші болса, бүріккішті орнату сенімділігі төмендейді. Сондықтан ол өндірістік тұрғыдан минимал етіп таңдалады және ол 2.17-суреттегі график пен алынған бүрку бұрышы арқылы қадағаланады. Жалпы алғанда t қашықтықтың мәні келесі формуламен болжанады:

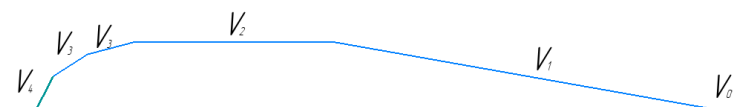
$$t = \sqrt{\left(\frac{0,5w}{\sin \frac{\alpha}{2}}\right)^2 - (0,5W_k)^2} \quad (2.106)$$

мұнда, W_k - пышақ ұзындығы, α – ықтимал бүрку бұрышы. Әрине мұнда α – максималға жақын мәндер болғаны дұрыс, 165° – 174° . Анықталған $t = 8$ мм.

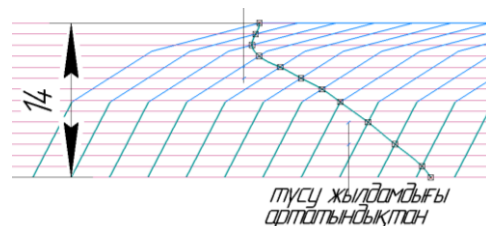
Ықтимал соқтығысу сызығы топырақтың құрылымына байланысты ауыспалы болады. (2.105) формула пышақтың артқы жиегінде таңдалған бөлшек қозғалысына ғана тиісті. Топырақ бөлшектері пышақ қозғалысы негізінде пышақтың алдына соқтығысып, біраз көтерілу және ілгерлемелі қозғалыстарды өткізеді. Бұл бөлшекке әсер ететін күштерді әрине пышақтың жылдамдығына, өңдеу тереңдігіне, топырақтың қаттылығына және ылғалдылығына байланысты. Сонымен қатар пышақтың биіктігі мен кесу жиегінің бұрышы да маңызға ие.

Пышақтың алдында кездескен топырақ бөлшегінің болжамды қозғалыс сызығы мен жылдамдықтары 2.18-суретте көрсетілген. Мұнда әр аймақтағы жылдамдықтар (V_0, V_1, V_2, V_3, V_4) бірінші пышақтың геометриясына сосын жалпы ықтимал шарттарға: топырақтың ылғалдылығы, қаттылығы, топырақ қабатының массасы, жырту тереңдігі, бөлшектер мен бөлшектердің және бөлшектер мен металлдың үйкеліс күші, бөлшектік массасына, пышақтың жылдамдығы мен кесу жиегінің бұрышына байланысты.

Пышақ қозғалысы кезінде осындай қозғалыстар жиынтығы пышақ ізінде анықталатын қуыс пішінінің қалыптасуына себеп болады (2.19-сурет). Бұл әрине ұсақ түйіршікті топырақтар үшін ғана жарамды. Ал егіс алқаптарында құрылымы сапалы топырақта бұл жағдай түйіршіктердің өлшеміне де байланысты болады. Түйіршіктер пышақ биіктігіне тең немесе үлкен де болуы мүмкін.



2.18-сурет. Топырақ бөлшегінің болжамды қозғалыс сызығы



2.19-сурет. Пышақ қозғалысы ізінде анықталатын қуыс пішінінің қалыптасуы

Анықталғандар негізінде пышақтың ізінде қалыптасатын қуыс кеңістіктің өлшемдері эксперимент негізінде тексеріледі және ол 2.5, 2.6, 2.7-кестелердегі бүрку бұрышы және есептік гидродинамика құралдары көмегімен анықталған мәндермен салыстырылып, осы негізде бүріккіштің жарамдылығына баға беріледі.

Бөлім бойынша қорытынды

Бұл бөлімде СМТ-ны топыраққа енгізуге арналған жұмыс органы, оның бүріккішінің сұлбасы қарастырылды және олардың жұмысына қатысты теориялық негіздеулер жасалды. Бүріккіш элемент бөлек саптама түрінде модельденіп, жұмыс органының топырақ өңдеуші элементіне (пышақ) орнатылады. Гидравликалық тұрғыдан бүріккіштегі сұйықтық ағыны көлденең соққы бетіне соқтығысқан ағын (радиал) заңдылықтарына сүйенеді. Теориялық ізденісте келесілер зерттелді:

1. Теориялық тұрғыдан агрегаттың жұмыс жылдамдығы мен бүрку жылдамдығы арасындағы жалпы байланыс анықталды. Байланыс бүрікіштің тиісті бүрку мөлшерін қаншалықты қанағаттандыратынын бағалауға мүмкіндік береді. 50–400 л/га беру мөлшерін қамтамасыз ету үшін бүрікіштің шығу диаметрі 1–2 мм аралығында болатыны есептелді.

2. Жұмыс органының жұмыс тереңдігі $h = 0,3$ м және қашауының жұмыс ені $b = 0,45$ м болғанда тарту күшінің шегі анықталды және ол 906,2–4038,5 Н шегінде болады.

3. Пышақтың тарту кедергісінің шегі есептелді және пышақтың төмен тарту кедергісін қамтамасыз ететін өлшемдері (қалыңдығы мен кесу жүзінің бұрышы) таңдалды. Пышақтың ұзындығы агрегаттың жұмыс еніне байланысты анықталады (150 мм), пышақтың кесу жиегінің бұрышы бойынша есептеулер $\alpha = 25^\circ\text{--}45^\circ$ аралығында тиімді болатынын көрсетті. Бұл аралықта тарту кедергісі 24 см тереңдікте 0,9 кН, ал 14 см тереңдікте 0,17 кН шамасында болды. Қарастырылған теориялық нәтижелер лабораториялық және далалық эксперименттерде қайта нақтылануы тиіс.

4. Жарты шеңбер пішінді соққы беті бар жалпақ бүрікіште сапалы бүркудің сипаттары анықталды, олар: бүркудің толықтығы және симметриялығы, беру бағытына перпендикулярлығы, бірқалыптылығы, бүрку және құлау бұрышы, бүркудің айқастығы, шығу жылдамдығының көрсеткіштері. Бүркудің перпендикулярлығы немесе симметриялығына әсер ететін геометриялық толықтырулар және оның параметрлері ЕСД бағдарламасы көмегімен ізделінеді. Бүрку бұрышы $130^\circ\text{--}164^\circ$ болғанда бүрку тиімді болатыны анықталды. Сапалы бүрку қалыптастыратын беру жылдамдығы экспериментпен анықталады.

5. Жарты шеңбер пішінді соққы беті бар жалпақ бүрікіште K параметр турбуленттікті бәсеңдетуге тікелей ықпал етеді. Бірақ құрылымдық тұрғыдан бүрікіштің биіктігі 8–9 мм шамасында болғандықтан, K – арттыру мүмкіндігі жоқ. Сондықтан турбуленттікті төмендетуге ықпал ететін басқа параметрлер мен геометриялық толықтырулар есептік сұйық динамикасы бағдарламасы көмегімен орындалады.

6. Пышақтың n , m , t , α_1 – сияқты бүрікішті орнату өлшемдері бүрікіштің бүрку қасиетіне, сонымен бірге бүрку бұрышына және құлау бұрышына байланысты құрылымдық жобалау арқылы анықталады. Бүрікіштің бүрку жазықтығына қатысты орнату күйі және α_1 – бүркүді бағыттау бұрышының бүрікіштің бүрку қасиетіне әсері эксперимент негізінде анықталады.

7. $140^\circ\text{--}180^\circ$ бүрку бұрышын қалыптастыруда s параметрдің 0–0,4 мм дейінгі мәндері қолдануға жарамды болатыны анықталды. Теориялық жолмен енгізу мөлшерінің агрегаттың және сұйықты беру жылдамдығына байланысы және онда s параметрдің ықпалы анықталды. Тиімді $s = 0\text{--}0,2$ мм. Аталған параметрдің бүрку бұрышына әсері ЕСД бағдарламасы көмегімен және экспериментпен нақтыланады.

8. d / d_1 қатынастың турбуленттікті бәсеңдетуге, бүрку бұрышына әсері есептік гидродинамика бағдарламасы көмегімен тексеріледі.

9. Теориялық зерттеулер соққы бетінде қалыптасатын ағынның орташа қалыңдығы (h_d) маңызды туынды параметр екенін көрсетті. Ол бүрку бұрышын анықтауға, бүріккіштің шығу ернінде шайылу ауданын табуға қажет. Бүрку бұрышы s , R параметрлерге және беру жылдамдығына бағынысты. Мұнда h_d – соққы бетіндегі сұйықтық ағыны қалыңдығы және L_{uu} – бүрку доғасы ұзындығы бүрку бұрышын сипаттауға көмектеседі. Осы негізде бұл параметрлер көп жағдайда h -ге тәуелді болмайды. Орташа h_d , 0,11–0,14 мм. Соққы беті жарты шеңбер жағдайы үшін аталған қалыңдықты, бүрку бұрышын және оны анықтаушы факторлардың бірі болатын шайылу жиегі доғасының ұзындығын (L_{tr} L_{uu}) анықтаушы формулалар ұсынылды. Деректер ЕСД бағдарламасымен нақтыланды.

10. Есептік сұйық динамикасы бағдарламасы кіру және шығу параметрлері бойынша тиісті есептеулер жүргізе алады. Бірақ ол толық бүрку қалыптастыратын минимал беру жылдамдығын анықтауды орындай алмайды. Сондықтан сапалы бүркуді (үлдір) қалыптастыратын бастапқы беру (шығу) жылдамдығы эксперименттер көмегімен визуал бақылау арқылы анықталады және есептік мәндермен салыстырылады. Аталған жылдамдық қажетті енгізу мөлшерін қамтамасыз етуі тиіс.

11. Агрегат жылдамдығы мен бүрку бұрышы арасындағы байланыс есептік графикалық жолмен анықталды. Пышақ ізінде қалыптасатын қуыстың пішіні мен параметрлері экспериментпен анықталады. Эксперимент көмегімен топырақтың күйі мен агрегат жылдамдығына қатысты b – сұйықтық ағыны мен топырақ ағынының соқтығысу тереңдігі анықталады. Пышақтың жылдамдығы 0,28 м/с, 0,42 м/с, 0,67 м/с, 1,94 м/с болғанда топырақтың құлау нүктесінен бастап есептік жүріп өткен жолы сәйкесінше 14,85 мм, 22,27 мм, 35,63 мм, 103,93 мм болды. Бүріккіштен шығатын бүрку бұрышы пышақ ізінде қалыптасатын бүрку жазықтығы мен топырақ ағыны сызығының қиылысуы, сұйықтық пен топырақ бөлшектерінің қақтығысу сызығы тереңдігінде (b) агрегат жылдамдығына қатысты шекті бұрышпен үйлесімді болуы қажет. b – мән негізінде болжанған бүрку бұрышы бойынша пышақтың ұзындығын да анықтауға мүмкіндік туады.

12. Қуыс ені арттыру мақсатында және бүркудің шеңбер пішінді екенін ескеріп, пышаққа қақпақ орнату ұсынылды. Қақпақ бүріккішті әрі соққыдан қорғайды.

3 ЕСЕПТІК СҰЙЫҚ ДИНАМИКАСЫ ҚҰРАЛДАРЫМЕН ТАЛДАУ ЖӘНЕ ЭКСПЕРИМЕНТТІК ЗЕРТТЕУЛЕРДІҢ ӘДІСНАМАСЫ

3.1 Зерттеулердің міндеттері мен бағдарламасы

Есептік сұйық динамикасы құралдарымен талдау, оңтайландыру және эксперименттік зерттеулердің басты мақсаты – СМТ-ны топырақ астына енгізуге арналған жұмыс органы мен бүріккішінің тиімді геометриялық пішінін іздеу, құрылымдық және технологиялық жарамдылығын тексеру және маңызды параметрлерді негіздеу. Бүркуші элементтің кейбір параметрлері микроөлшемдерге ие болғандықтан, жұмыстың басым бөлігі есептік сұйық динамикасы құралдарын қолдану арқылы жүргізіледі және лабораториялық, далалық эксперименттер көмегімен тексеріледі, түзетіледі. Эксперименттік зерттеулердің басты бағдарламасы келесідей:

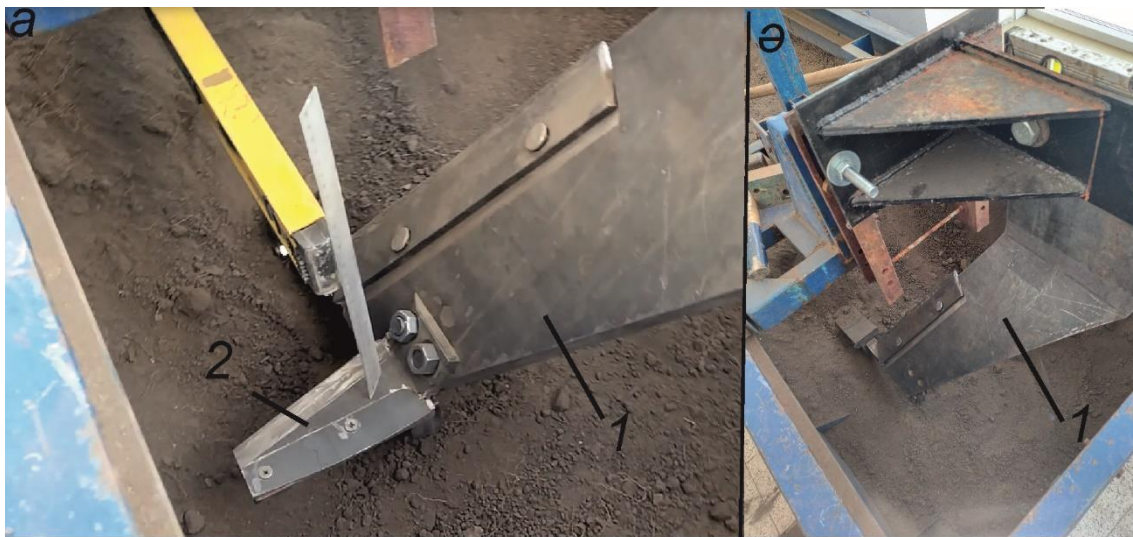
- қолданыстағы бүріккіштерді есептік сұйық динамикасы құралдарын қолданып талдау;
- қолданыстағы бүріккіштерді эксперименттер жүргізу арқылы талдау, тиімді бүрку бұрышы бар нұсқаны іздеу;
- есептік сұйық динамикасы құралдарын қолданып бөлек саптама түрінде жасалған бүріккіш элементтің тиімді геометриялық құрылымын іздеу, талдау;
- бөлек саптама түрінде жасалған бүріккіш элементтің макетін жасау және эксперименттер жүргізу;
- таңдалған бүріккіш негізінде топырақ өңдеуші элементті (пышақты) жасау және бүрку үдерісіне қатысты лабораториялық эксперименттер жүргізу;
- топырақ өңдеуші элементтің (пышақтың) тарту кедергісін анықтау бойынша лабораториялық эксперименттер жүргізу;
- жұмыс органын құрастыру және лабораториялық эксперименттер жүргізу;
- жұмыс органымен немесе жұмыс органы орнатылған агрегатпен бүрку сапасын бағалау мақсатында далалық эксперименттер жүргізу;
- жұмыс органымен немесе жұмыс органы орнатылған агрегатпен тарту кедергісін анықтау мақсатында далалық эксперименттер жүргізу.

Тығыздығы әртүрлі СМТ түрлерін қолдану тереңқопсытқыштың гидравликалық жүйесінде әр түрлі қысымды талап етуі мүмкін. Егер қажетті реттеу диапазоны және бүріккіштің басқа сипаттамалары сәйкес келмесе, бүрку жеткіліксіз немесе керісінше жойқын болуы мүмкін.

Машина жасауда сұйықтықпен жұмыс істейтін ұсынылған жабдықты жобалау, сынау және бастапқы бағалау үшін алдымен суды пайдаланып тестілеу, үдерістерді сандық модельдеу жүргізілетіні белгілі, содан кейін оның өнімділігі тығыздықпен немесе тұтқырлықпен сипатталатын қажетті сұйықтық түрімен тексеріледі. Сумен жасалған эксперименттер бойынша анықталған деректерді бірнеше белгілі өлшемсіз параметрлерді (Рейнольдс саны, Вебер саны т.б.) қолдана отырып, құрылғының өзге сұйықтықпен қолданысқа жарамдылығын теориялық қадағалауға болады.

3.2 Жұмыс органының тарту кедергісін эксперименттік жолмен бағалау әдіснамасы

Жұмыс органының (1) тарту кедергісін бағалау топырақ арнасында пышақпен (2) және пышақсыз жағдайда жүргізілді (3.1-сурет). Онда деректерді дербес компьютерге жазу мүмкіндігі бар ДЭПЗ-1Д-10р-2 электронды динамометрі қолданылды. ГОСТ Р 8.663-2009 бойынша динамометрдің салыстырмалы қателік шегі $\pm 0.45\%$.



а – пышақпен; ә – пышақсыз

3.1-сурет. Топырақ арнасына орнатылған жұмыс органы

Соқа қашауы ұшының тереңдігі 0,26 м, пышақтың орнату тереңдігі 0,14 м. Жұмыс ені пышақтармен есептегенде 0,35 м. Эксперимент пышақсыз және пышақ орнатылған жағдайда жүргізілді. Топырақтың жалпы құлама тығыздығы өлшемі 10х10х10 см қорапша дайындап, оған топырақты салып, өлшеу әдісімен анықталды (3.2а және ә-сурет). Топырақтың құлама бұрышы түсірілген фотоны (3.2б-сурет) КОМПАС-3D бағдарламасына көшіру және өлшем қою арқылы анықталды.



а



ә



б

3.2-сурет. Топырақтың құлама тығыздығы мен (а, ә) бұрышын өлшеу (б)

Топырақтың ылғалдылығы Aquaterr T-350 температура және ылғал өлшегішпен, ал қаттылығы Wile Soil тығыздық өлшегішімен тексерілді. Бірінші арнадағы топырақтың ылғалдылығы жоқ (0,1%), қопсытуға дейінгі тығыздығы 1370–1420 кг/м³, қаттылығы – 3–4 кг/см², табиғи құлау бұрышы 35°. Екінші арнадағы топырақ ылғалдылығы 0,7–1,1%, қопсытуға дейінгі тығыздығы 1,450–1,530 кг/м³, қаттылығы 7–14 кг/см², ал табиғи құлау бұрышы 37°.

3.3 Пышақтың тарту кедергісін эксперименттік жолмен бағалау әдіснамасы

Ұсынылған пышақтың тарту кедергісін анықтау мақсатында кескіш жиегінің бұрыштары әр түрлі (27°, 30°, 38°, 40°, 45°), сонымен қатар жүзі жонылмаған (тарту бағытына қатысты 90°) болған пышақтар (қанаттар) жұбы жасалды. Әдетте ұқсас топырақ өңдеуші пышақтардың биіктігі өңдеу жүктемесіне қатысты 10–14 мм болады. Біздің жағдайда пышақ үшін қолданылатын бүріккіш ұштықтың максимал биіктігі 8–9 мм және ол пышақтағы арнайы қуысқа орнатылады. Топырақтан түсетін жүктемеден қорғану мақсатында бүріккіштің асты және үстінен кем дегенде 2 мм металл қабаты болған жөн. Осы негізде сыналған пышақтардың биіктігі мен ұзындықтары сәйкесінше 14 мм және 150 мм.

Тәжірибе алдында пышақтардың салмағы сондай-ақ, әр пышақтың топырақпен жанасатын беттерінің ауданы анықталды. Эксперименттер топырағының қаттылығы әртүрлі екі арнада жүргізілді. Пышақтар жұбы диаметрі 40 мм болатын сапқа бекітілді (3.3-сурет). Өз кезегінде сап арнадағы жылжымалы арбаға орнатылды. Арба электрқозғалтқыш көмегімен сүйретілді. Сүйреу екі тереңдікте жүргізілді: 0,09–0,12 м және 0,23–0,25 м. Бірінші арнадағы арбаның жылдамдығы 0,066 м/с. Ал екінші арнадағы арбаның жылдамдық алу мүмкіндігі: 0,28 м/с, 0,42 м/с, 0,67 м/с, 1,94 м/с. Бірінші арнадағы сынақтар екі биіктікте де екі жағдайда жүргізілді: бірінші жағдайда тек бекіткіштер мен саптың өзі сүйрелсе, екінші жағдайда сапқа пышақтар жұбы орнатылып толық жиын түрінде сүйрелді. Пышақтар жұбының таза жүктемесін (тарту кедергісін) анықтау үшін жиын түрінде сүйрелгендегі орташа жүктеме ($F_{СП}$) мен тек саптың орташа жүктемесінің (F_C) айырмасы анықталды ($F_P = F_{СП} - F_C$). Әрбір сүйреуден кейін қопсытылған топырақ мұқият нығыздалды. Мұнда бастысы бастапқы жағдайдағы топырақ қаттылығына жету үшін нығыздау амалының ұзақтығын, деңгейін белгілеп алған дұрыс. Нығыздау салмағы 15–20 кг болатын тоқпақ көмегімен 8–10 мин аралығында жүргізілді. Тартуға кедергі бірінші арнада ДЭПЗ-1Д-10Р-2, ал екінші арнада ДЭПЗ-1Д-50Р-2 динамометрімен анықталды.

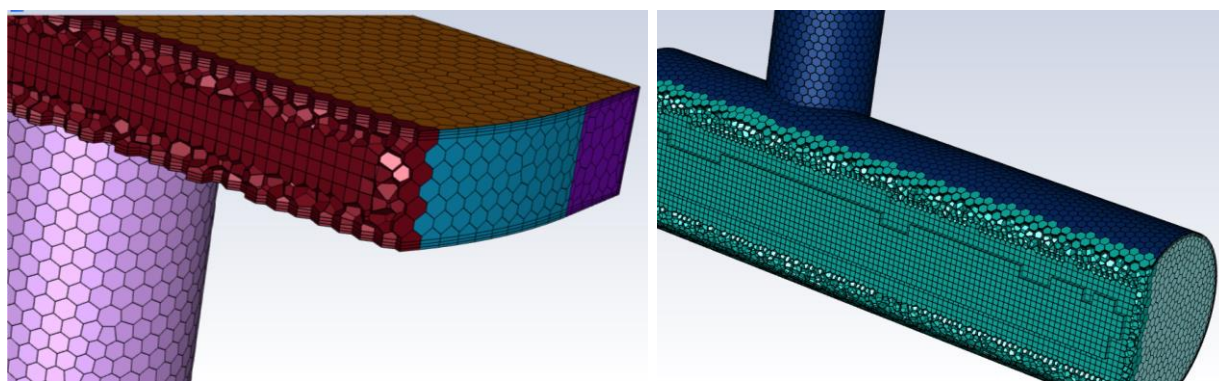


3.3-сурет. Кесу жиегінің бұрышы 27° пышақтар жинақталған арба (а), кескіш жиек жасалмаған пышақ (ә)

3.4 Жарты шеңбер пішінді соққы беті бар жалпақ бүріккішті Ansys Fluent бағдарламасында зерттеу

Талдаулар Ansys Fluent® бағдарламасында [120-122] жүргізілетін болғандықтан бүріккіштің пішінін анықтау олардың ағын облысының үш өлшемді моделін жасау арқылы жүргізіледі.

Берілген шекаралық шарттар келесідей: кіру және шығу беттері, тұрақты әрі жабысқақ емес сипаттағы соққы беті мен қабырға (яғни қалған барлық беттері). Кіруде тұрақты параметр болып, сұйықтың кіру жылдамдығы 6 м/с. Негізгі шығу параметрлері – қысым, шығу жылдамдығы (м/с). Есептеулерде қысым-жылдамдық жұптастыру (*pressure-velocity coupling*) әдісі, ал дәлдікті қамтамасыз ету үшін екінші ретті қарсы жел (*second-order upwind*) сұлбасы қолданылды. Бұл шарттар барша зерттелген нұсқаларға тиісті. Көп қырлы (*polyhedral* немесе *polyhexcore*) торлау (*meshing*) әдісі қолданылды. Тордың орташа ортогональ сапасы 0,24–0,38 шамасында болды. Денелердің өзара байланысы үшін тегіс ауысу (*smooth-transition*) әдісі қолданылды. 3.4-суретте ағын облысының тор құрылымы көрсетілген. Есептеулер үшін осы оңтайландыру есебінде тұтқырлықты ескеру үшін стандартты *k-omega* моделі таңдалды [123, 124]. Су ағын ортасы ретінде пайдаланылды, тығыздығы 998,2 кг/м³, ал тұтқырлығы 0,001003 кг/м·с.

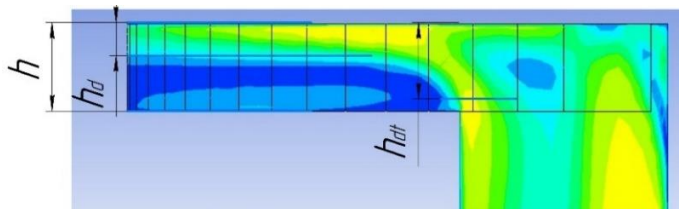


3.4-сурет. Ағын облысының тор құрылымы

Соққы бетіндегі сұйық ағыны қалыңдығын талдау бойынша келесі параметрлерді қолдана отырып теңдеулердің мәндері алдын ала анықталды, сосын бағдарламамен сәйкестілігіне есептеулер жүргізілді: $r_j = d/2 = 0.8$ мм; $V_j = 6$ м/с; $Q = 0,00001206372$ м³/с. $Re = 9576$ (Қосымша Г, 2-кесте). Есептік жағдайда анықталған нәтижелер сосын визуал алынған нәтижелермен салыстырылды және h_d мәнін анықтау бойынша формулалардың қаншалықты сәйкестілігі анықталады.

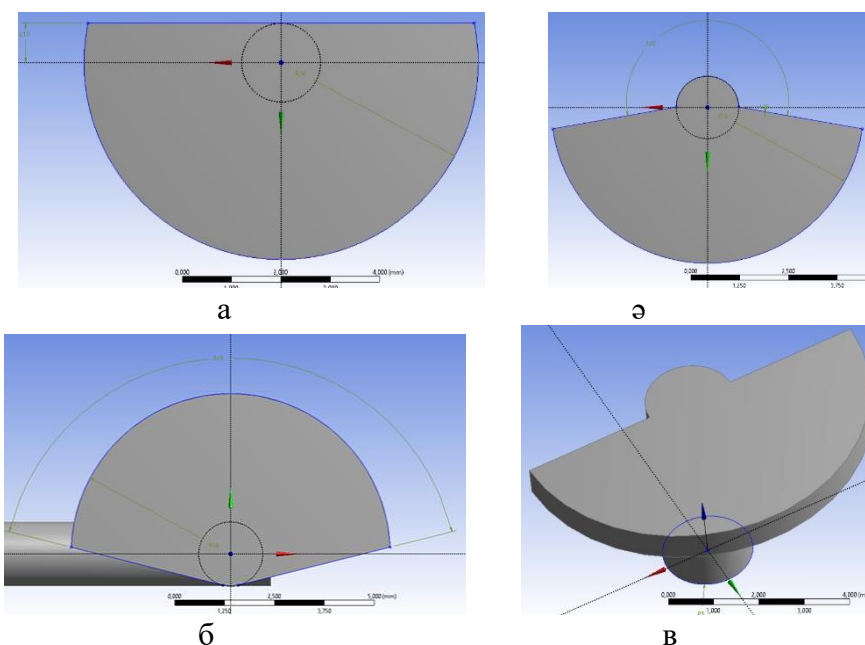
3.5-суретте модельденген сұйықтық ағыны бойынша h_d мәнін визуал өлшеу көрсетілген, $h_d = 0,164$ мм. Соққы беті жартылай шеңбер тәрізді болғанда ағын әдеттегі радиал шашырайтын ағынға ұқсамайды, өйткені бір жағы жабылып, ал ағын келесі ашық жаққа бағытталады. Бұл жағдайдан бірқалыпты шығу ағынын алу үшін саңылау және тік тесікке қатысты дұрыс геометрияны іздеу қажет. Бірқалыптылық ойықтың геометриясына және өлшемдеріне байланысты. Сондықтан зерттеу үшін жартылай шеңберлі бүрку үшін алдымен соққы беті мен

саңылаудің пішініне іздеу жүргізілді. Мұнда қарастырылатын геометрия және оның параметрлері Ansys Fluent® бағдарламасында, атап айтқанда модельдеу, торлау қосымшаларында және есептеулер кезінде дұрыс оқылуы шарт. Сонымен қатар, геометрия рұқсат етілген ауытқулар шегінде бүркудің бірқалыптылығын қамтамасыз етуі және өндіру үдерісіне оңай болуы тиіс.



3.5-сурет. ЕСД есептеулермен алынған сұйық ағыны қалыңдығын (h_d) графикалық тәсілмен анықтау

Геометриялық іздеу жүргізілген саңылаулардың пішіндері мен түсіндірмелері 3.6-суретте көрсетілген. 3.6а-суретте жазық бұрышты нұсқа берілген және онда $s = r$, ал 3.6в-суретте $s = 0$, дегенмен, d мәні ұсынылғаннан сәл артық. Бұл A_{tr} мәнінің жоғарылауына әкеледі. Бұл нұсқаны жасау да оңай және біркелкі бүрку алуға болады.

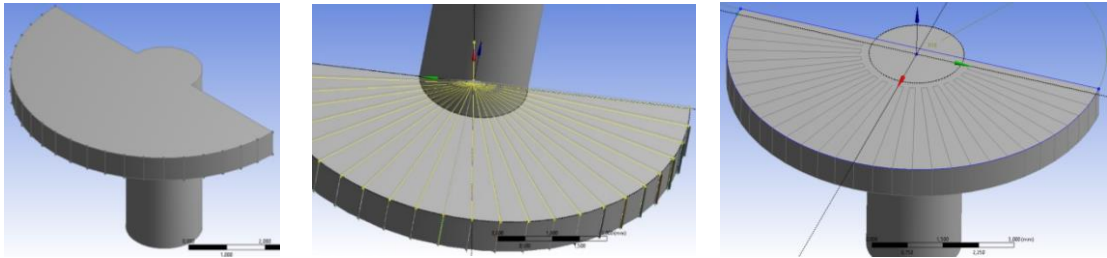


а – жазық бұрышты нұсқа, $s = r$; ә – доғал бұрышты нұсқа, $s = 0$, $\alpha=150^\circ$;
б – жанамалық нұсқа, $\alpha=152^\circ$; в – жазық бұрышты нұсқа, $s = 0$.

3.6-сурет. Жартылай шеңбер пішінді бүріккіш үшін саңылау пішінін іздеу

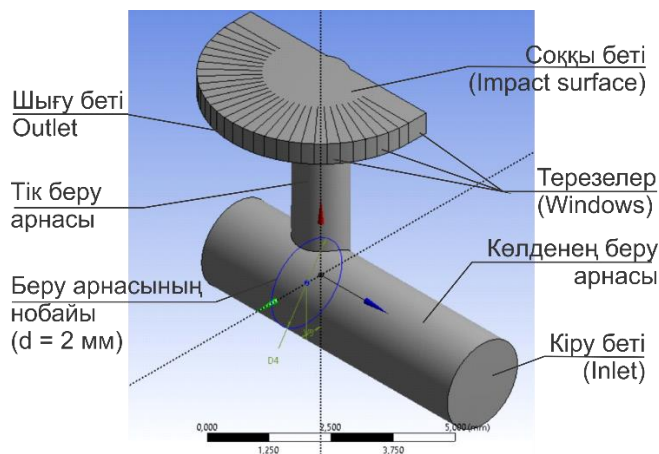
Ұсынылған геометрияда шығу беті тұтас ұзын әрі цилиндр болғандықтан онда ағып шыққан сұйық массасының немесе көлемінің бірқалыптылығы бойынша оңтайландыру зерттеулерін жүргізу және бүрку бұрышын бақылау мүмкін емес. Өйткені тұтас жолақ бетте қажетті орынға параметрді төмендету немесе арттыру туралы есептік шарт қоя алмаймыз. Сондықтан ізденіс бағытына

тағы да толықтырулар енгізуге тура келді. Сонымен қатар радиал бүріккіштің ерешелігі СМТ-ны енгізу кезінде қажетті жолақ алынған бүрку бұрышы негізінде басқарылады. Ағын облысы моделіндегі шығу беті толық жарты цилиндр болғандықтан (180°), қажетті кішірек (мысалы, 170°) бүрку бұрышын алу үшін оңтайландыру шарттары тұтас шығу бетіне қойылмайды. Осыларды ескеріп шығу бетін бірнеше тең бөліктерге – терезелерге (w) бөлу қарастырылды. Ағын облысын бөліктерге бөлу бойынша бірнеше тәсіл қолданылуы мүмкін, дегенмен оның барлығында торлау мен жалпы есептеу үдерісі жүре бермейді. 3.7-суретте шығу бетін бірнеше тең бөліктерге (30) бөлу амалдары көрсетілген.



3.7-сурет. Шығу бетін бірнеше тең бөліктерге бөлу амалдары

Бірнеше әдісті зерттей келе Boolean пәрменімен *сызықтық өсіру* арқылы қиюшы жазықтықты облысқа сіңдіру тәсілі қолданылды (3.8-сурет).



3.8-сурет. Шығу беті тең бөліктерге бөлінген ағын облысының моделі

Өсіру биіктігі минимал r_0 өз ішіне алуы тиіс әрі радиалды орналасқан болуы тиіс. Анықталған терезелер саны (w) 30, ал s параметрді ескерсек – 32 дана. Бұл есептеу кезінде сұйықпен қамтылу қажет терезелер санын таңдауға мүмкіндік береді. Мысалы егер оңтайландыру кезінде 28 терезе үшін параметрлер таңдалса, бұл бүрку бұрышын 160° – 170° -қа дейін қысқарту ықтималы бар.

3.5 Жалпақ бүріккіштің параметрлерін оңтайландыру әдіснамасы

Ағын қалыңдығын қадағалау шарттары нақтыланған соң жартылай шеңбер пішінді саңылаулы бүріккіштің параметрлерін оңтайландыруды жүргізуге болады. Мұнда маңызды жағдай беру арнасының бағыты мен бүрку бағыты өзара перпендикуляр болғандықтан оңтайландырумен қатар тік арнада қалыптасатын

турбуленттік ағынның шығу ағынының бірқалыптылығына әсері ескеріліп орындалады. 3.1-кестеде Ansys Fluent® бағдарламасының геометрия қосымшасы үшін, тор жасау және ағын есептерін шешу бойынша кіріспе нұсқаның (*reference option*) параметрлері мен алғашқы алынған нәтижелік немесе оңтайландыруға қызмет ететін параметрлер мен қатынастар көрсетілген [91, 67 б.]. Оңтайландыру жұмысы нәтижеге байланысты бірнеше басқыштарда орындалуы мүмкін және келесі басқыштарда параметрлер қайта бапталуы мүмкін.

3.1-кесте. Бүріккіштің кіру (енгізу) параметрлері мен шығудағы (нәтиже) параметрлік қатынастары

Ansys Fluent®-тегі:		Белгісі	Мәні	Өлшем бірліктері
параметрлер коды	параметрлер атауы			
Геометрия (A1) үшін енгізу параметрлері				
P1	Extrude2.FD1	K	5	мм
P2	Extrude4.FD1	h	0,7	мм
P3	ZXPlane.R5	d_v	1	мм
P74	Plane4.R16	D_s	4	мм
P148	XYPlane.R2	d_h	1	мм
Fluent (with Fluent Meshing) (B1)				
P154	Жылдамдық	V_i	6000	мм/с
Оңтайландыру шектеулері				
Fluent (with Fluent Meshing) (B1)				
P230	inl-vfr-op	Q_i	18771,563	мм ³ /с
P231	inl-vfr-/28-constant-op	Q_{wcons}	670,41299	мм ³ /с
P232	sum-28-vfr-op		-17064,72	мм ³ /с
	$\sum Q_w = (Q_2 + Q_3 + \dots Q_{29}). \quad w = 28$			
P233	inl-/28-ratio-vfr-op	$\frac{Q_i}{\sum Q_w}$	-1,100021	
P262	out-full-veloc-ave-op	V_{oavg}	3935,0078	мм/с
P263	out-vfr-full-op	Q_o	-18873,88	мм ³ /с
P264	area-wei-ave-veloc-out-op	V_{AwaV}	3667,1295	мм/с
P265	sd-sum-28-op	$\frac{\sum Q_w}{28} = Q_{28avg}$	-609,4543	мм ³ /с
P267	max-velo-out-op	V_{omax}	10559,475	мм/с
P268	cons-ratio-op	$\frac{Q_{28avg}}{Q_{wcons}}$	-0,909073	
P269	cret-1-op (S_{28})	$\frac{Q_i}{\sum Q_w} / \frac{Q_{28avg}}{Q_{wcons}}$	1,2100474	

Ескерту – кестенің толық нұсқасы Қосымша Г, 3-кестеде ұсынылған.

Мұнда:

P156–P187 – әрбір терезеден шыққан көлемдік ағын мөлшері (шығыны).

P230 – кірген сұйықтың көлемдік ағын мөлшері (шығыны).

P231 – кірген сұйықтың көлемдік ағын мөлшері (шығыны) 28 шығу терезесі үшін тұрақты шама (кіру жылдамдығына байланысты).

P232 – қажетті 28 шығу терезесінен шыққан көлемдік ағын мөлшерінің жиыны.

P233 – P230 бен P232-нің қатынасы, яғни кірген сұйықтың көлемдік ағын мөлшері (шығыны) мен 28 шығу терезесінен шыққан көлемдік ағын мөлшерінің қатынасы. Ол, -1 шамасында болуы тиіс.

P265 – 28 шығу терезесінен шыққан көлемдік ағын мөлшерінің орташа мәні.

P268 – P231 мен P265 тің өзара қатынасы, Ол, -1 шамасында болуы тиіс.

P269 – 28 терезелік шығу мәндері үшін критикалық қатынас, яғни P268, P233 арасындағы қатынас (S_{28}). Ол, 1 шамасында болуы тиіс.

Ratio1-ден Ratio30-ға дейін – әрбір терезеден шыққан көлемдік ағын мөлшері (шығыны) мен P231 арасындағы қатынастар.

3.2-кестеде бүріккіштің тиімді құрылымдық анықтау мақсатында жүргізілетін оңтайландыру есептері үшін тиімді параметрлердің шектері ұсынылған. Шектер өндірістік мүмкіндіктерді ескеріп енгізілді.

3.2-кесте. Бүріккіштің құрылымдық параметрлерінің шектері

Параметрлер атауы		Extrude4.FD1, мм	ZXPlane.R5, мм	Plane4.R16, мм	Жылдамдық, V_i , мм/с
Параметрлер коды		P2	P3	P74	P154
Өндірістік параметрлер нұсқалары	1-нұсқа	0,3	0,5	2,5	5000
	2-нұсқа	0,4	0,6	3	6000
	3-нұсқа	0,5	0,7	3,5	7000
	4-нұсқа	0,6	0,8	4	8000
	5-нұсқа	0,7	0,9	4,5	
	6-нұсқа	0,8	1		

Есептеулерді орындау барысында кейбір параметрлер үдерістен шығарылуы немесе енгізілуі немесе олардың шегі және шектік мәні өзгертілуі мүмкін. Бағдарлама таңдалған режиміне байланысты кең ауқымда (0–1000) нұсқаны ұсынуы және барша параметрлерін есептеп беру мүмкін. Геометриялық немесе параметрлік өзгеріс енгізілгенде Ansys Fluent®-тегі параметр коды өзгеруі мүмкін. Жоғарыда айтылғандай терезелер санын тандап, оңтайландыру арқылы қажет бүрку бұрышына қол жеткізуге болады. Мұнда бастысы оларға талаптар мен шектеулерді дұрыс қою қажет. Бұл жұмыста терезе санын 28 етіп таңдалды.

3.3-кестеде оңтайландыруға қойылған мақсатты шарттар көрсетілген. Оңтайландыру үдерісінде кіру тесігінің ауданы және кіру жылдамдығына байланысты ағып кіретін сұйықтың көлемдік мөлшері 28-ге бөлініп осы параметрлер үшін тұрақты мән ретінде қабылданады. Сонымен қатар есептеу негізінде 28 терезеден ағып шыққан сұйықтың көлемдік мөлшері және оның 28 терезе үшін

орташа мәні анықталады. Оңтайландыру кезінде осы екі мәннің қатынасы анықталады және барынша төмендету шарты мен ол -1-ге теңесуі тиіс. Сонымен қатар ағып кіретін сұйықтың көлемдік мөлшері мен 28 терезеден ағып шыққан сұйықтың көлемдік мөлшері арасындағы қатынас та анықталады (-1). Критерийлік қатынас ретінде осы екі қатынастың мәні анықталады, ол 1. Оңтайландыру кезінде бұл мән 1-ге дейін теңестірілуі тиіс. Ауытқу көрсеткіштері белгіленбеді.

3.3-кесте. Оңтайландыруға қойылған шарттар

Параметрлер	Көзделінген нәтиже	
P233 - inl-/-28-ratio-vfr-op	Minimize	-1
P268 - cons-ratio-op	Minimize	-1
P269 - cret-1-op	Minimize	1
P199 - Ratio 2	Minimize	-1
P226 - Ratio 29	Minimize	-1
P198 - Ratio1	Minimize	-1
P227 - Ratio 30	Minimize	-1
P169 - out-vfr-1-op	Minimize	-1
P166 - out-vfr-30-op	Minimize	-1

Ескерту – 3.1-кестемен бірге қарау қажет.

Оңтайландыру үдерісі тура оңтайландыру (*direct optimization*) тәсілімен жүргізіледі. Бағдарлама алдын жобалық нұсқаларды (*Raw Optimization Data*), сосын осы нүктелер арасынан немесе қосымша оңтайландыру нүктелері арасынан тиімді нұсқаларды (*Candidate Points*) – тиімді бүріккіштің құрылымдық параметрлерін ұсынады. Анықталған барша параметрлер мен есептеу нәтижелерінің мәндері Excel сынды бағдарламалар көмегімен график түрінде да бағалануы мүмкін. Бұл егер бағдарлама тиімді нұсқа ұсына алмаған жағдайда, тиімді нұсқаны жобалық нұсқалар арасынан қолдан іздеу мүмкіндігін береді. Табылған нұсқа бойынша қайта есептеу жүргізіліп, ондағы ағын облысы моделін жасап, визуал және сандық түрде бағалауға және кіріспе нұсқамен салыстыруға болады.

Есептеу кезінде барлық кіріспе параметрлер немесе бірнешеуі таңдалуы мүмкін. Тиімділігі нақты анықталған параметрлер тұрақты етіп таңдалады, яғни есептеу кезінде шектер берілмейді. Бұл оңтайландыру жұмысын жалғастыруға, шарттарын өзгертуге, кей жағдайда геометрияны өзгертуге алып келеді. Ansys Fluent® бағдарламасында жұмыс істеу барысында қолданылған жұмыстық қосымшалардың интерфейстері Г қосымшасында (1-8-суреттер) ұсынылған.

3.6 Бүрку бірқалыптылығын алуға бағытталған оңтайландыру

Бірқалыптылық – сұйықтың бүркілген тиісті пішінінде (өлшемінде) немесе жолағында (бұрыш аймағында) пішіні, ағын қалыңдығы, симметриялығы, таралу жазықтығы, шығыны, жылдамдығы бойынша біркелкі таралуы. Бірқалыптылыққа жетісу үшін келесі есептеу басқыштарына s , x_1 , z_1 параметрлері енгізілді. Алдыңғы бөлімде айтылғандай s параметр тік арна мен саңылау арасындағы ауысу тесігі ауданына әсер етіп, бүрку бұрышына ықпал етуі мүмкін. x_1 параметр көлденең және тік беру арналары қиылысынан қалыптасатын турбуленттікті

бәсеңдету үшін жасалған. 3.4-кестеде аталған параметрлер енгізілген екінші оңтайландыру үдерісі үшін кіру параметрлері ұсынылған.

3.4-кесте. Екінші оңтайландыру үдерісі үшін кіру параметрлері

Параметрлердің коды	Параметрлерді атауы	Белгісі	Мәні	Өлш.бірл.
P1	Extrude2.FD1	K	5	мм
P2	Extrude4.FD1	h	0,5	мм
P3	ZXPlane.R5	$R (d_1)$	0,6	мм
P4	Plane4.R16	r_d	2,5	мм
P5	YZPlane.D4	d	2	мм
P6	YZPlane.V5	z_1	0,4	мм
P7	Plane4.L18	s	0,5	мм
P8	Extrude12.FD4	x_1	2	мм
P9	velocity	Vi	6000	мм/с

x_1 көлденең беру арнасының қиылысудан кейінгі біраз жалғастырылған тереңдігін сипаттаса, z_1 параметр көлденең беру арнасы осінің тік беру арнасы осіне қатысты ығысуын көрсетеді. Ол оңтайландырылған бүркудің симметриялылығына әсер етеді деп болжануда. Аталған параметрлер бағдарламада бөлек-бөлек тексерілуі мүмкін. 3.5-кестеде екінші оңтайландыру үдерісі үшін кіру параметрлерінің шектері ұсынылған. Мәндер алдыңғы оңтайландыру жұмыстарында зерттеліп, тиімді мән ретінде қабылданған болса, олар тұрақты мән ретінде қатысады. Мысалы, мұнда K , d_1 , r параметрлері тұрақты мәндер. Ал 3.6-кестеде анықталған тиімді параметрлер бойынша шығу ағынының (бүркудің) бірқалыптылығына қол жеткізу үшін жүргізілетін оңтайландыру есебінің шарттары көрсетілген.

3.5-кесте. Екінші оңтайландыру үдерісі үшін кіру параметрлерінің шектері

P1 - Extrude 2.FD1	P2 - Extrude 4.FD1	P3 - ZXPlane.R5	P4 - Plane 4.R16	P5 - YZPlane.D4	P6 - YZPlane.V5	P7 - Plane 4.L18	P8 - Extrude12.FD4	P9 - velocity
K , мм	h , мм	R , мм	r , мм	d , мм	z_1 , мм	s , мм	x_1 , мм	Vi , мм/с
5			2,5	2				3000
	0,4	0,5			0,1	0	1	4000
	0,5	0,6			0,2	0,1	1,2	5000
		0,7			0,3	0,2	1,4	6000
		0,8			0,4	0,3	1,6	7000
					0,5	0,4	1,8	8000
						0,5	2	9000

Ескерту – 3.3-кестемен бірге қарау қажет.

3.6-кесте. Бүркудің бірқалыптылығына қол жеткізу үшін жүргізілетін оңтайландыру шарттары

Атауы	Мақсат параметрі	Мақсат	Type
Minimize P97	P97 - Ratio const	Minimize	-1
Minimize P94	P94 - Ratio out inlet	Minimize	-1
Minimize P17	P17 - vfr-00-op	Minimize	0
Minimize P18	P18 - vfr-01-op	Minimize	0
Minimize P48	P48 - vfr-31-op	Minimize	0
Minimize P47	P47 - vfr-30-op	Minimize	0
Minimize P51	P51 - max-vel-00-op	Minimize	0
Minimize P52	P52 - max-vel-01-op	Minimize	0
Minimize P81	P81 - max-vel-30-op	Minimize	0
Minimize P82	P82 - max-vel-31-op	Minimize	0
Seek P110 = 1	P110 - eq2-op	Seek Target	1
Seek P111 = 1	P111 - eq1-op	Seek Target	1
Seek P112 = 1	P112 - End ratio	Seek Target	1

Ескерту – 3.3-кестемен бірге қарау қажет.

Есептік сұйық динамикасы бағдарламалары көмегімен анықталған параметрлер негізінде бүріккіштер 3D принтер көмегімен басып шығарылады және эксперимент арқылы тексеріледі. Оңтайландыру параметрлері мен шарттарына түзетулер енгізіліп қайта тексеріледі. Жұмыс барысында өз кезегінде қолданылған оңтайландыру шарттарының тиімділігі де бағаланады.

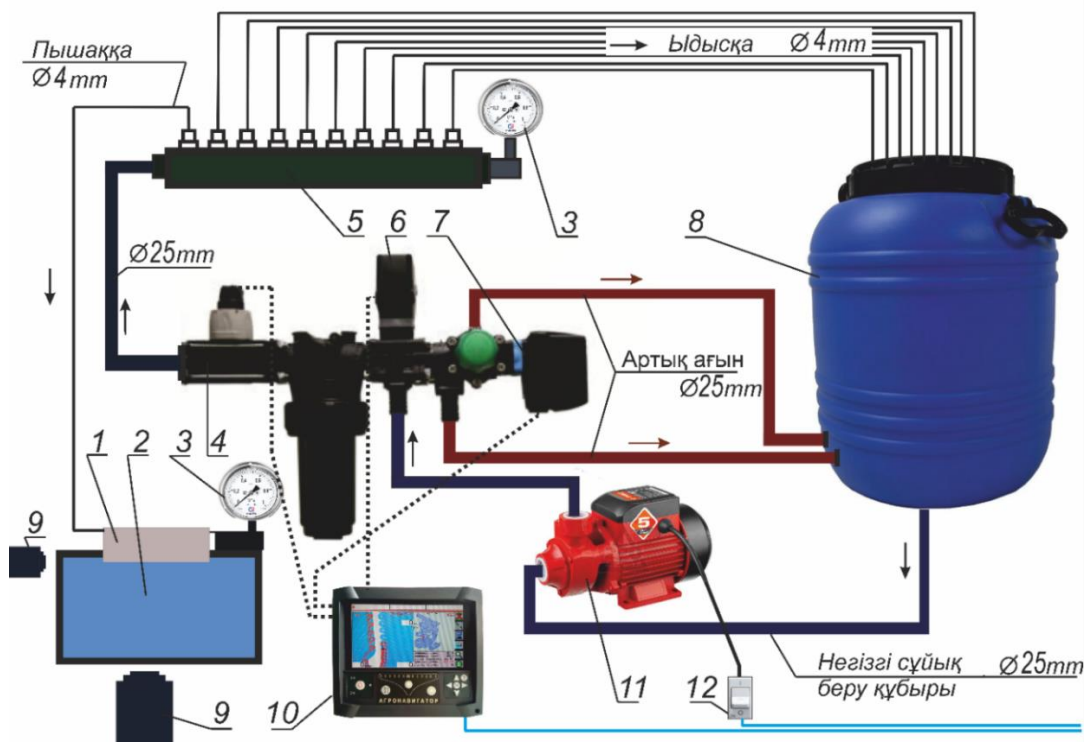
Бірқалыптылықты бақылау үшін (3.1) [89, 127 б.] теңдеу өңделіп қолданылды (P110, P111, P112) және есептеу кезінде қолданылатын параметрлер жиынтығы мен параметрлік қатынастар осы формула негізінде құрастырылды.

$$U = \left(0.5 \left(\frac{V_{min1}}{V_{max3}} + \frac{V_{min3}}{V_{max1}} \right) \cdot \frac{V_{min2}}{V_{max2}} \right) \cdot \frac{V_{m1}V_{m3}}{V_{m2}V_o} \quad (3.1)$$

3.7 Лабораториялық эксперименттік құрылғы

Эксперименттік қондырғы тыңайтқышты саралап енгізу технологиясына арналған электрондық құрылғыларды пайдаланып жасалды. 3.9-суретте 10 шығу түтікшелері бар эксперименттік қондырғының сұлбасы көрсетілген. Бір түтікше пышаққа орнатылған бүріккішке сұйық беру үшін таңдалған (1), ал қалған түтікшелерден сұйықтық ыдысына кедергісіз қайта түседі. Сорғы (12) қалыптастыратын қысым тұрақты. Диаметрі 4 мм шығу түтікшесінен өлшенген қысым 0,042–0,045 МПа құрады. Жалпы жүйедегі қысым 0,3 МПа дейін көтерілуі мүмкін. Пропорционалды (6) және негізгі (7) клапандар борттық компьютермен басқарылды (11) және пропорционалды (6) клапан көмегімен сұйықтықты беру

жылдамдығы (1–4 м/с) реттелді. Жарты шеңберлі соққы беті бар жалпақ бүріккішті зерттегенде бүрку бұрышы, пішіні, құлау бұрышы визуал бағаланды. Бүріккіштердің диаметріне қатысты сұйықтың ағып шығу шығыны тексерілді.



1. Бүріккіш орнатылатын пышақ. 2. Ағынды су ыдысы (30 литр). 3. Манометр (0,6 МПа).
4. Ағын өлшегіш. 5. Таратқыш. 6. Пропорционалдық басқару клапаны. 7. Негізгі басқару клапаны. 8. Ыдыс (50 литр). 9. Бейнекамералар. 10. Борттық компьютер.
11. Сорғы (400 кВт, 35 л/мин). 12. Қосқыш

3.9-сурет. Эксперименттік қондырғының сұлбасы

Шығу түтіктерін бір-бірден бұғаттау арқылы беру жылдамдығы 8–9 м/с дейін арттырылды, яғни 9 беру режимі тандалды. 0-режимде барлық түтіктер ашық. Сонымен қатар қолданыстағыдан бөлек, бүріккіштер сұйықтық ыдысына қайта түскен түтікшелерге де оңай орнатылады. Бұл бір мезетте 10 бүріккіштің жұмысы кезінде, тексерілетін бүріккіштің сапасын, жүйедегі қысымды, бүріккіштен ағып шыққан сұйықтық мөлшерін (шығыны) анықтауға мүмкіндік береді.

Негізгі эксперименттерде су сұйық орта ретінде пайдаланылды. Алайда, сұйықтықтың тығыздығы мен тұтқырлығының саптаманың тесігінен ағуына және бүріккіш формасына әсерін зерттеу үшін тығыздығы жоғары КАС-32 тыңайтқышымен бірнеше эксперименттер жүргізілді. Зертханадағы температура 20–28°C аралығында болды. КАС-32-нің тығыздығы DMA 4500M тығыздық өлшеу электрон құрылғысымен өлшенді және 19,92°C температура кезінде 1312 кг/м³ көрсетті.

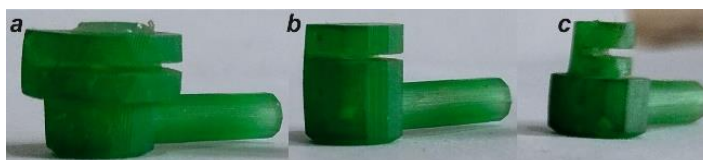
3.8 Жарты шеңбер пішінді соққы беті бар жалпак бүріккіштің пішінін іздеу

Бүріккіштің алғашқы тиімді геометриялық пішінін анықтау үшін қолданыстағы әртүрлі саптамалардың (мысалы, дәнекерлеу жанарғысының саптамалары) бүрку сапасын тексеру, осындай саптамаларға кішкене бүріккіш сызат жасау арқылы бірнеше эксперименттік үлгілер (шамамен 20 нұсқа) дайындалып, лабораториялық зерттеулер жүргізілді (3.10-сурет).



3.10-сурет. Техникада қолданыстағы саптамалардан өңделіп жасалған алғашқы саптамалар (а) көлденең сызатты модель (ә)

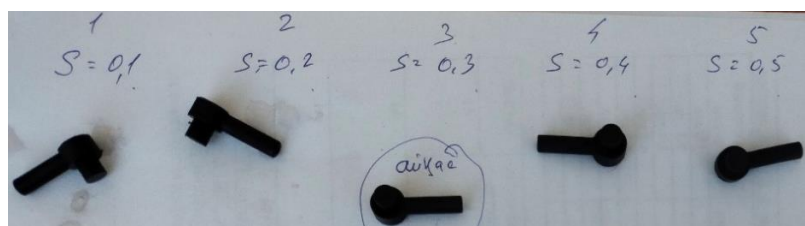
Осы зерттеулер және белгілі брендтердің саптамаларын Solidworks® бағдарламасында тексеру және жаңғырту нәтижелері негізінде жаңа бүріккіштің пішіні жасалды және одан әрі оңтайландыру жұмыстары жүргізілді. Неғұрлым қолайлы пішінді анықтағаннан кейін SolidWorks® көмегімен саптамалар эксперимент талабына сай әртүрлі параметрлермен 3D үлгілері жасалды, сосын эксперименттік зерттеу үшін 3D принтермен басып шығарылды. Мысалы, 3.11-суретте іштей жалғанатын және соққы беті диаметрі (D_s) әр түрлі эксперименттік саптамалар көрсетілген (сәйкесінше $D_s = 12$ мм, $D_s = 8$ мм, $D_s = 5$ мм). Басу кезінде фотополимерлік пластмасса қолданылды. Ішкі тесіктер үшін құйманың шөгу дәрежесі 0,1 мм-ден артық емес.



a – $D_s = 12$ мм, b – $D_s = 8$ мм, c – $D_s = 5$ мм

3.11-сурет. $d = 1,6$ мм, $h = 0,7$ мм болған бүріккіштер

3.12-суретте s параметрі әртүрлі болған бүріккіштер көрсетілген. Мұнда бүріккіштердің басты өлшемдері келесідей: $d = 2$ мм, $d_1 = 1,2$ мм, $h = 0,4–0,5$ мм, $D_s = 5$ мм. Айта кету керек мұндай бүріккіштер бүркудің симметриялығын бақылау мақсатында $z_1 = 0$ және $z_1 = 0.4$ мм болған нұсқалар да жасалды.



3.12-сурет. s параметрі әртүрлі болған бүріккіштер

3.9 Сұйықтық ағынының бірқалыптылығын бақылау және бүрку бұрышын анықтау

Сұйық минерал тыңайтқышты топырақ астына енгізуге арналған бүріккіштен ағып шыққан сұйықтықтың бірқалыптылығын анықтау бойынша стандарт немесе әдіснамалық ұсыныстар әзірге жоқ. Сондықтан пышақтан ағып шыққан сұйық массасының сызат саңылау бойындағы бірқалыптылығы визуал бағаланды және бұл мақсатта шыны түтікшелерден жасалған көпұяшықты өлшеуіш ыдыс қолданылды.

Өлшеуіш ыдыстағы бір ұяшықтың ені пышақ еніне қатысты таңдалады, 15 мм, ал сыйымдылығы 10–15 мл (3.13-сурет). Сұйықтықты алу үшін өлшеуіш ыдысты 30-50 мм (b) шамасында ұстау қажет. Бүріккіштен сұйықтық тұрақты ағып, сұйық үлдір қалыптастырған кезде ғана алынуы тиіс. Сынама сұйықтық алу уақыты 5–30 секунд. Үрдіс аяқталғаннан кейін өлшеуіш ұяшықтарындағы сұйық мөлшері бойынша орташа, максимал және минимал мәндер анықталып, (3.2) формула көмегімен бірқалыптылық есептеледі және компьютерлік модельдеу нәтижелері бойынша анықталған бірқалыптылық (U) көрсеткішімен салыстырылады. Ыдыста алынған сұйықтық мөлшері бойынша орташа бірқалыптылық келесідей анықталады:

$$U = \frac{\left(\frac{Q_o + Q_{min} + Q_y}{Q_y} + \frac{Q_y}{Q_{max}}\right)}{3} \quad (3.2)$$

мұнда Q_o – ыдыстағы ұяшықтарда алынған орташа сұйықтық мөлшері, мл;

Q_{min} және Q_{max} – ұяшықтарда алынған максимал және минимал сұйықтық мөлшері.

Q_y – қажетті секунд аралығында әр ұяшықта толуы шарт миллилитр есебімен алынған сұйықтық мөлшері және ол келесі формуламен анықталады:

$$Q_y = t Q_c 100 \quad (3.3)$$

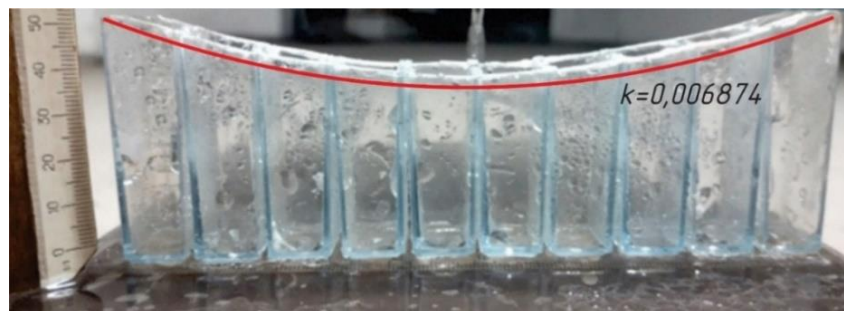
мұнда, t – сұйықтық мөлшерін алуға ажыратылған уақыт мөлшері, біздің жағдайда ол 5 секунд. Q_c – 1 секундта алынатын сұйықтық мөлшері, л/сек. Соңғы бірқалыптылық көрсеткіші анықталған мәнді түзету коэффициентіне бөлу арқылы анықталады.

$$U_c = \frac{U}{k} \quad (3.4)$$

Бүрку түрі жартылай радиал болғандықтан барынша дұрыс көрсеткіш алу үшін ыдыстың жалпы ауыз қисығы шеңбер болғаны дұрыс. Дегенмен топырақ асты кеңістігінде дәл жарты шеңбер қалыптаспайтыны белгілі. Мұны эксперименттер кезінде қадағалауға болады. Сондықтан сызықтың қисықтылық шамасын 2.17-сурет басшылыққа ала отырып шығарылды. Сонда, k – бірқалыптылықты түзету еселігі саналады. 3.13-суретте өлшегіш ыдыспен оның аузы қисығының қисықтылық көрсеткіші көрсетілген.

$$k = 1 + \sqrt{k_{ж} - k_{д}} \quad (3.5)$$

мұнда, $k_{ж}$ – шарты шеңбердің қисықтық көрсеткіші. Жарты шеңбер радиусы әрі-не пышақ ұзындығының жартысына тең болады. k_d – ықтимал бүрку доғасының қисықтық көрсеткіші.



3.13-сурет. Сұйықтық ағыны бірқалыптылығын өлшеуге арналған ыдыс

Жарты шеңбер пішінді соққы беті бар жалпақ бүріккіштің жарамдылығын лабораториялық тексеру келесі міндеттерді өз ішіне алады:

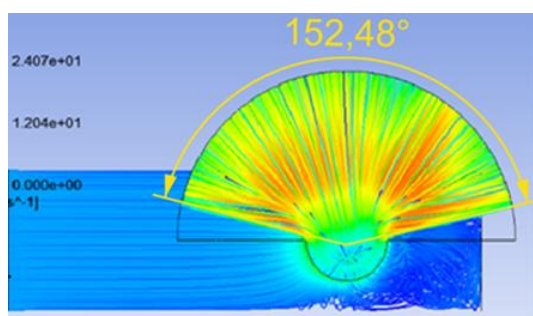
-бүрку бұрышын, бүркілген сұйықтың құлау бұрышын тұрақты жағдайда анықтау;

-бүркілген сұйық шығынын әртүрлі беру жылдамдығымен анықтау;

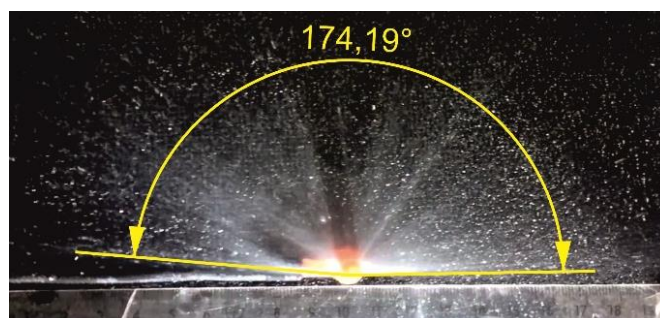
-толық бүрку қалыптасатын бастапқы беру жылдамдығын анықтау;

-бүріккіштің тұтқырлығы жоғары сұйықтықпен жұмыс істеуін тексеру.

Жалпы жарты шеңбер пішінді соққы беті бар жалпақ бүріккіштен ағып шыққан сұйықтың бүрку бұрышы, құлау бұрышы және құрылымдық қателік негізінде қалыптасатын айқас бүрку шамасы визуал бағаланды. Ол бейне және фото жазбалар жасалып, сосын оның КОМПАС 3D®, CorelDRAW® сияқты бағдарламаларының бірінде жоғары дәлдікпен өңделіп, бұрыштық өлшем қою арқылы анықталды. Есептік гидродинамика бағдарламасы көмегімен модельденген сұйықтық ағынының бүрку бұрыштары анықталып (3.14а-сурет), олар эксперимент (3.14ә-сурет) нәтижесімен салыстырылды.



а



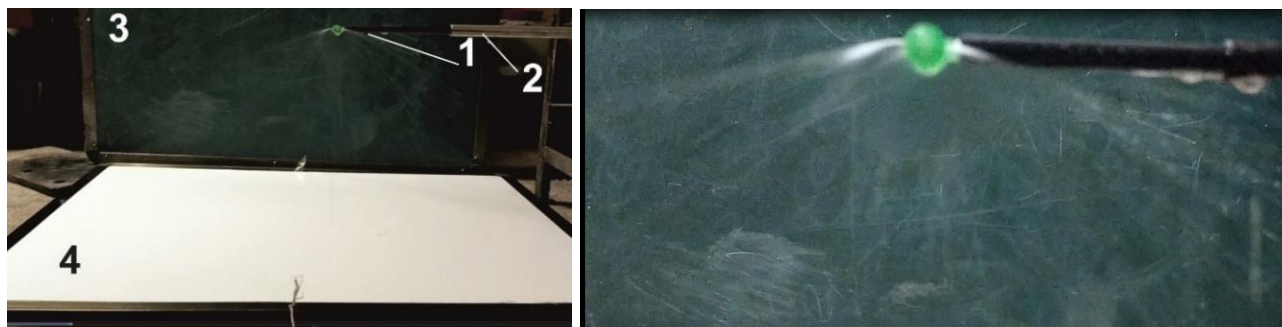
ә

3.14-сурет. Бүрку бұрышын анықтау және салыстыру

3.10 Тамшыларды өлшеу құрылғысы

Бүрку үдерісін, қалыптасқан сұйық үлдірді және тамшылардың өлшемдерін зерттеу үшін қара фон және аздап жарық бағытталған қолдан жасалған камера қолданылды. Тамшыларды визуалды талдау үшін 1м×1м ақ гидрофобты

бет пайдаланылды. Гидрофобты бет 100 мм және 400 мм биіктікте орнатылған бүріккіш саптаманың астында 0,20–0,25 м/с жылдамдықпен қозғалды (3.15-сурет).

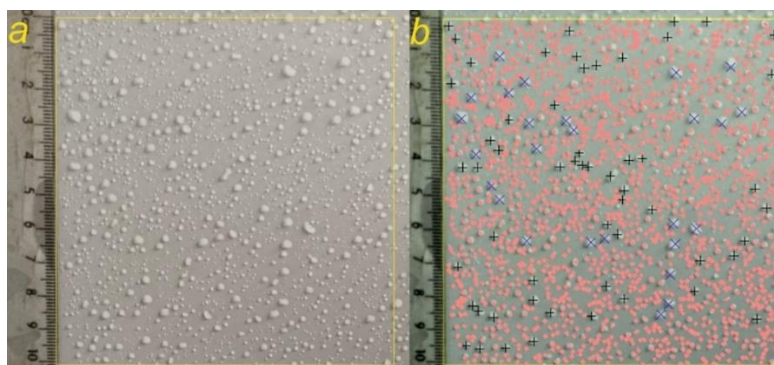


1. Бүріккіш. 2. Тұтқа. 3. Фон. 4. Гидрофобты бет

3.15-сурет. Тамшыларды өлшеу құрылғысы:

Содан кейін тамшылардың таралуы төмен, орташа және жоғары болған үш түрлі орын 100×100 мм өлшемді шаршы пішінде таңдалды. Олардың ішіндегі тамшылар көлемдеріне байланысты саналып, салыстырылды (3.16-сурет).

KOMPAS 3D® бағдарламалық жасақтамасы тамшыларды мөлшеріне қарай белгілеу және тамшылардың санын мөлшеріне қарай іріктеп, санау үшін қолданылды.



3.16-сурет. $d_1 = 1,6$ мм, $h = 0,7$ мм болған бүріккіштен 400 мм биіктіктен себелегенде алынған тамшылар (a) және оларды KOMPAS 3D® бағдарламасында іріктеу (b)

3.11 Терең өңдеу және СМТ-ны топыраққа енгізуге арналған пышақ ізінде қалыптасатын топырақ асты қуысын бағалау әдіснамасы

Табиғи жағдайда топырақ қатты, жұмсақ, ылғалды немесе пластикалық күйде болу мүмкін. Эксперимент үшін құрғақ және қопсытылған топырақ әдейі таңдалды. Өйткені топырақ түйіршіктері бос (жабысқақ емес) болғандықтан түйіршіктердің құлау сызығын айқын көруге болады. Шандануды басу үшін топырақ біраз ылғалдандырылды. Егер топырақ ылғалдылығы орташа немесе пластикалық жағдайда болса, ол пышақ ізінде қалғанда, бостыққа өткенде құлап үлгермейді немесе жабысады, яғни қуыс кеңістік үлкен болып қала береді. Егер

топырақ қатқалақ болса, пышақ оны кесіп өткенімен ол өзінің тұрған қалпын немесе құрылымын сақтап (түйіршіктер үлкен болады), қуыс кеңістік тағы да үлкен болуы мүмкін. Сондықтан құрғақ әрі түйіршікті топырақ бұл зерттеу үшін қолайлы болып табылады. Ал қуыс кеңістіктің үлкен болуы сұйық минерал тыңайтқышты пышақ ізінде бүркуге оңтайлы жағдай туғызады. 3.17-суретте экспериментке арналған қондырғылар көрсетілген. Эксперимент органикалық шыныдан жасалған мөлдір экран (2) орнатылған топырақ арнасында (1) жүргізілді. Экранның төменгі бөлігінде пышақ сырғып қозғала алатын биіктігі 15–16 мм арнайы көлденең сызат бар. Арнадағы жылжымалы арбаға арнайы сап арқылы пышақтар жұбы (3) орнатылған. 3.17-суретте көрініп тұрғандай бір пышақ экран сызатында (4) еш кедергісіз қозғалады. Экранның бір жағы топырақпен толтырылады және аздап нығыздалады, ал екінші, арна қабырғасына жақын жағы бос болып, онда бейнежазба құралы еркін қозғалуы тиіс. Бейнежазба құралы пышаққа бекітілген арнайы кронштейнге (6) орнатылады. Кронштейн бейнежазба үдерісін шаңнан және құмнан қорғау үшін алюминийден жасалған қорғағыш экранмен жабдықталған. Толтырылған топырақтың биіктігі бойынша пышақтың қозғалу тереңдігі 14–20 см (5). Мөлдір экранды орнату кезінде сызаттың көлденеңдігі пышақ қозғалысына сай дұрыс анықталуы тиіс. Сонымен қатар, 3.17-суретте топырақтың құрылымын да визуал байқауға болады.

Топырақтың жағдайы. Арнадағы топырақ ылғалдылығы 0,7–1,1%, орташа тығыздығы 1300–1500 кг/м³, қаттылығы 7–14 кг/см², ал табиғи құлау бұрышы 37°. Топырақтың ылғалдылығы Aquaterr T-350 температура мен ылғал өлшегішпен, ал қаттылығы Wile Soil тығыздық өлшегішімен тексерілді. Топырақтың жалпы құлама тығыздығы өлшемі 10x10x10 см қорапша дайындап, оған топырақты салып, өлшеу әдісімен анықталды. Көрсеткіштер 1380–1530 г/см³ аралығында болды.



1. Топырақ арнасы. 2. Мөлдір экран. 3. Сапқа бекітілген пышақтар жұбы. 4. Пышақ.
5. Тереңдік өлшеу (сызғыш). 6. Кронштейн

3.17-сурет. Экспериментке арналған қондырғылар

3.12 Бүріккіштің ылғалдандыру дәрежесін тексеру әдіснамасы

Зерттеу барысында ұсынылған бүріккіштердің топырақты ылғалдау дәрежесі лабораториялық тұрғыдан тексерілді. Ол үшін топырақ арнасы және пышақ және бүріккіштермен жабдықталған арба қолданылды (3.18а-сурет). Пышақтардың тереңдігі 6 және 9 см.

Топырақтың күйі және топырақ арнасындағы арбалардың қозғалу жылдамдығы жоғарыда баяндалды. Бүріккіш орнатылған пышақ жүріп өткеннен кейін ылғалданған жолақ қабат аршып, тексерілді. Биіктігі, ені өлшенді, бірқалыптылығы визуал бағаланды. Ылғалданған массаның ылғалдылығы (3.18ә-сурет) классикалық жолмен өлшенді [125].



а



ә

3.18-сурет. Пышақ және бүріккіштермен жабдықталған арба (а), ылғалданған массаның салмағын өлшеу

3.13 Далалық эксперименттерді жүргізу бағдарламасы

Алынған теориялық есептеулерді тексеру және жұмыс органының тарту кедергісін анықтау үшін ГОСТ Р 52777-2007 сәйкес ауыл шаруашылығы техникасын энергетикалық бағалау әдістемесі бойынша жүргізілді.

Далалық эксперименттер көмегімен ізделінді жұмыс органының қолдануға жарамдылығы келесі негізгі екі бағыт бойынша тексеріледі:

1. Жұмыс органының тарту кедергісінің максимал мәндерін анықтау.
2. Жұмыс органы бүріккішінің жұмыс қабілетін далалық жағдайда

тексеру.

Жалпы өңдеу тереңдігі 25–30 см және қозғалыс жылдамдығы 0,87-ден 3,1 м/с-қа дейін болды.

Жұмысқа қойылатын алғы талаптар: жұмыс құрғақ ауа райы кезінде жүргізілгені дұрыс. Топырақтың ылғалдылығы барынша төмен, ал топырақ қаттылығы барынша жоғары болғаны маңызды. Таңдалған алаңдардағы топырақ қаттылығы мен ылғалдылығы арасындағы ауытқу барынша төмен болуы шарт.

Келесідей алдын ала дайындық жұмыстары жүргізіледі:

1. Жұмыс алдында ауа температурасын, ылғалдылығын өлшеу.
2. Топырақ қыртысын 30 см дейін қазып, түрін, сипатын, жағдайын (тамырлардың шоғырлануы) зерттеу.

3. Топырақтың ылғалдылығын анықтау.

4. Топырақтың қаттылығын, көлемдік салмағын анықтау.

Жұмыс орнын дайындау:

1. Тарту кедергісін анықтау экспериментіне арналған 20х54 м алаңды (немесе 560 метрлік бір жолақ) таңдау және (таяқшалармен) белгілеу. Алаңдардың ені бір трактор жолағы, ал ұзындығы 20 м (трактор талап етілген жылдамдыққа жете алуы тиіс).

2. Жұмыс органы бүріккішінің жұмыс қабілетін далалық жағдайда тексеруге арналған алаңды 20х18 м алаңды (немесе 120 метрлік бір жолақ) таңдау, алаңды (шөбін жұлуды) және құрал жарақтарды дайындау.

Топырақ қыртысын зерттеу және сынамаларды алу кезінде «ГОСТ 17.4.3.01-2017 стандарты қағидалары ескеріледі. Эксперименттік зерттеулер жүргізу ГОСТ 20915-2011, ГОСТ 23730-88, ГОСТ 33736-2016 стандарттарына сай, сондай-ақ бірқатар жеке әдістер мен әзірлемелерге негізделген. Қажетті құрал-жабдықтар 3.7-кестеде берілген.

3.7-кесте. Қажетті өлшеу құрал-жабдықтар

Анықталатын сипаттаманың атауы	Құрал-жабдықтар
Жұмыс жылдамдығы	Трактордың жеке құрылғысы (спидометр, тахометр). Секундо-мер СОСпр-26-2 3893 ГОСТ 5072-79, рулетка РД-20 (5 метрлік)
Топырақтың ылғалдылығы, температурасы	Aquaterr T-350 температура және ылғалдылық өлшегіші
Ауа температурасы / ылғалдылығы	Термометр, Aquaterr T-350
Топырақтың қаттылығы	Wile Soil тығыздық өлшегіші
Топырақтың құлыма тығыздығы	Цилиндр-ұңғылағыш НМ-27 (цилиндрлердің биіктігі 100, 200 мм), ВЛКТ-500г-М ГОСТ 19419-74 № 131 таразысы. Арнайы ыдыстар (10 см ³)
Топырақтың фрикцион құрамы.	Электрондық таразы Polaris PKS 0323DL, Елек Ø3, 10, 25, 50 мм. Күрек.
Егіс алаңының жоталығы	Металл сызғыш б/н, ГОСТ 427-75
Өңдеу тереңдігі	Металл сызғыш б/н, ГОСТ 427-75
Тарту кедергісі	ДЭПЗ-1Д-50Р-2 динамометрі. ГОСТ Р 8.663-2009 бойынша салыстырмалы қателік шегі ±0.45 %. Динамометр және басқа да электронды құрылғыларды орналас- тыруға арналған металл қорап.
Трактор және терең-қопсытқыштың салмағын өлшеу	Автокөлік таразысы, ГОСТ 33242 – 2015

Тереңқопсытқыштың техникалық жағдайы:

- Тереңқопсытқыштың техникалық жағдайы толық (пісірілген жіктер және т.б) тексеріледі.

- Тереңқопсытқышқа сұйықтық ыдысы, сорғы және сұйық тарату қондырғысы орнатылады.
- Динамометрден бейнежазба алу үшін бейне камера орны жасалады және орнатылады.
- Динамометр және оның дерекжазғышы трактор аккумуляторы арқылы іске қосылады және олар сенімді орнатылады.
- Тереңқопсытқыштың толық салмағы өлшенеді.
- Тереңқопсытқыш асылған трактордың салмағы өлшенеді.

3.13.1 Жұмыс органының тарту кедергісін анықтау әдіснамасы

Топырақ өңдеу машиналарының тарту кедергісі мыналарды қамтиды: техниканың салмағы, доңғалақтың домалау кедергісі; топырақтың чизель тірегі, қашауы және пышақ бетіндегі үйкеліс кедергісі, аймақтың көлденең қимасының ауданына пропорционалды топырақ деформациясының кедергісі.

Бұл жұмыс бұрыннан белгілі, екі тракторды тіркеу әдісімен орындалады. Яғни жұмыс органымен жабдықталған тереңқопсытқыш құрал асылған тракторды келесі тракторға тіркеп сүйреу негізінде атқарылады. Мұнда екі трактор күш өлшегіш құрылғы (5–50 кН-дық динамометр) арқылы тіркеледі (Қосымша F, 5, 6-суреттер).

Жұмыс реті:

1-эксперимент. Тереңқопсытқыш құрал асылған тракторды динамометр арқылы екінші тракторға тіркеу. Бос жүрісте (топырақты жыртпастан), 3 рет 20 м шамасында, 5 және 8 км/сағ жылдамдықпен қозғалып, бірінші тракторды сүйрегінде түсетін күшті компьютерлік дерекжазғышқа жазу және бейнежазба алу арқылы анықтау. Мәліметтерді кестеге енгізу.

2-эксперимент. Тереңқопсытқыш (пышақсыз) құрал орнатылған бірінші тракторды динамометр арқылы екінші тракторға тіркеу. Алдын ала белгіленген алаңдарда 3 рет 20 м шамасында, 5 және 8 км/сағ жылдамдықпен қозғалып, бірінші тракторды сүйрегінде түсетін күшті компьютерлік дерекжазғышқа жазу және бейнежазба алу арқылы анықтау. Мәліметтерді кестеге енгізу. Тереңқопсытқыш қашауының жұмыс тереңдігі 25 см.

3-эксперимент. Тереңқопсытқыш (пышақтармен) құрал орнатылған бірінші тракторды динамометр арқылы екінші тракторға тіркеу, 2-эксперименттегі жұмыстарды қайта орындау. Топырақтың бұзылу/қопсу дәрежесін, қимасын анықтау. Мәліметтерді кестеге енгізу. Тереңқопсытқыш қашауының жұмыс тереңдігі 25 см.

Осы негізде жұмыс органының жеке тарту күші аспалы агрегаттың трактормен қоса алғандағы жұмыс кезіндегі тарту кедергісінен аспалы агрегаттың трактормен қоса алғандағы бос жүрістегі тарту кедергісінің айырмасына тең болады. Осы сияқты пышақтың да болжамды тарту кедергісі анықталады.

3.13.2 Жұмыс органы бүріккішінің жұмыс қабілетін далалық жағдайда тексеру

Бұл жұмыс тереңқопсытқыш құралды тракторға тіркеу арқылы атқарылады және ГОСТ 33686-2015 стандарт талаптары ескерілді. Жұмыс реті:

- Бүріккіш жүйе толық іске қосылған тереңқопсытқышпен 15-25 см тереңдікте, 2,5 км/сағ, 5 км/сағ және 8 км/сағ жылдамдықпен 20 м қашықтыққа 3 рет жүріп өту. Эксперимент топырақтың ылғалдылығы барынша төмен қабатында жүргізілгені жөн.

- Бүріккіштің жұмыстан кейінгі жағдайын тексеру (бітеліп қалу, бүріккіштің орнынан ауытқу және т.б.).

- Сұйық бүркілген жолақты қазып көру (беткейлеп қазу, тік тіліктеп қазу) жолымен бүрку сапасын, бірқалыптылығын тексеру.

3.19-суретте эксперименталдық тереңқопсытқыш-бүріккіш көрсетілген. Ол жұмыс органы (3) және сорғылы-сұйық тарату қондырғысы орнатылған тереңқопсытқыш рамасынан (2) тұрады. Сорғылы-сұйық тарату қондырғысы сорғыдан (5), сұйықтық таратқыш жиынтығынан (4), борттық компьютерден, су ыдыснан тұрады. Далалық жағдайда борттық компьютер мен сорғы генератор (6) көмегімен жұмыс істейді. Сұйықтық таратқыш жиынтық өз кезегінде манометр (0,6 МПа), ағын өлшегіш, 10 тесікті таратқыш, пропорционалдық басқару клапаны, негізгі басқару клапаны және сүзгіден тұрады. Аталған элементтер бір-бірімен диаметрі 25 мм құбырлармен жалғанған. Бүріккішке соңғы беру түтікшесінің диаметрі 4 мм. Сорғы 400 кВт қуатқа және 35 л/мин жұмыстық ағын мөлшеріне ие.

Негізгі ізденістер экспериментке арналған сұйық орта ретінде су қолданылуы мүмкін. Бүріккіштің тұтқырлығы жоғары сұйықтықпен жұмыс істеуін тексеру үшін КАС-32 тыңайтқышы қолданылады.



1. Борттық компьютер. 2. Тереңқопсытқыш рамасы. 3. Жұмыс органы. 4. Сұйықтық таратқыш жиынтық. 5. Сорғы. 6. Генератор.

3.19-сурет. Эксперименталдық тереңқопсытқыш-бүріккіш.

3.20-суретте жұмыс органының топырақ өңдеу пышағы (а) және бүріккішінің орнатуы мен жалғануы (ә) көрсетілген. Қолданылатын бүріккіштің сұйық-

тықпен бүйірлік бүрку соққысы топырақ ішінде 30–50 мм қашықтықты ылғалдауы мүмкін. Бұл ылғалдану жолағын қосымша тағы 60–100 мм арттырады деген сөз. Мұны экспериментпен тексеру үшін жұмыс органдыры екі пышақ арасында 200 мм аралық қалатындай етіп орнатылды (3.20б-сурет). Сонда арада ылғалданбай қалған арақашықтық байқалады.



а



ə



б

3.20-сурет. Топырақ өңдеу пышағы (а) және бүріккіштің орнатуы мен жалғануы (ə), пышақтардың орнатылу арақшықтығы (б)

4 ҚҰРЫЛЫМДЫҚ ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРДІҢ ЖҰМЫС ОРГАНЫНЫҢ САПАЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІНЕ ӘСЕРІ

4.1 Пышақтың тарту кедергісін анықтау бойынша эксперимент нәтижелері

Қопсытудан кейінгі топырақ тығыздығы 1330–1347 кг/м³ болғанда, пышақтар жұбы жиынтығының 0,24 м тереңдіктегі ең жоғары таза жүктемесі 1,546 кН, ал 0,11 м тереңдікте 0,294 кН болды. Жалпы нәтиже көрсеткіштері ретінде орташа нақтыланған көрсеткіштер алынды. Тек саптың 0,24 м тереңдіктегі орташа тартуға кедергісі 1,046 кН, ал 0,11 м тереңдікте орташа 0,126 кН болды. Бұл өңдеу тереңдігі артқанда (дерлік 150 мм-ге) саптың кедергісі шамамен 7–8 есе артатынын көрсетті. 4.1-кестеде пышақтардың салмағы, 0,11 және 0,24 м тереңдіктегі кедергі күші және мәндердің өзара қатынасы берілген. Мұнда мәндер сапты пышақпен және пышақсыз сүйреу кезінде анықталған тарту күші мәндерінің айырмасын табу арқылы алынды.

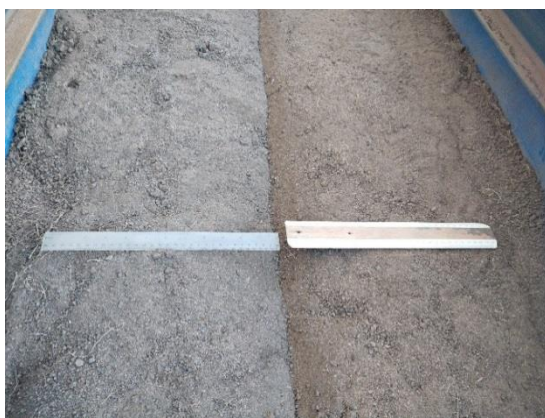
4.1-кесте. Пышақтардың 0,11 және 0,24 м тереңдіктегі өлшенген кедергі күші

Көрсеткіштер	Пышақтар жұбы						1 және 5 пышақ мәндерінің өзара қатынасы	1 және 6 пышақ мәндерінің өзара қатынасы
	1	2	3	4	5	6		
Кесу жиегінің бұрышы	27°	30°	38°	40°	45°	Жиек жонылмаған (90°)		
Пышақтардың өлшенген салмағы, кг	1,23	1,25	1,31	1,33	1,35	1,55	1,10	1,22
Пышақтардың өлшенді кедергі күші, кН:	0,11 м тереңдікте							
	0,156	0,162	0,168	0,175	0,188	0,224	1,21	1,44
	0,24 м тереңдікте							
	0,894	0,902	0,915	1,055	1,1	1,238	1,25	1,38

1 және 6-пышақтар үшін 0,11 м тереңдіктегі тарту жүктемесінің арақатынасы 1,44 болса, 0,24 м биіктікте 1,38 болды, ал 1 және 4-пышақтар үшін бұл көрсеткіштер сәйкесінше 1,21 және 1,25 болды. Бұл пышақ жүзі бұрышының әсерін көрсетеді. Тарту кедергісінің артуына өңдеу тереңдігінің артуы айтарлықтай жоғары әсер етіп тұр. 0,11 м және 0,24 м тереңдіктегі мәндердің өзара орташа қатынасы 5,7. 4.1-кестеден көрініп тұрғандай кесу жиегінің бұрышы өз кезегінде пышақ массасына, топырақпен жанасу аудандарына әсер етеді. Теориялық деректерде екі тереңдік көрсеткіштері арасындағы орташа қатынас 5,319 (18,8%) болды. Эксперименттер нәтижесінде анықталған қатынаспен (2.2-кесте) шамалас.

Пышақтың тарту кедергісі жұмыс органымен де бірге тексерілді. Жұмыс органы қопсытылып кейін нығыздалған топырақта және соқа қашауы ұшының тереңдігі 0,26 м болғанда тарту кедергісі 2,3 кН, ал пышақ орнатылғанда (орнату тереңдігі 0,14 м) – 2,42 кН болды. Сонда пышақтың минимал таза кедергісі 0,12 кН. Жұмыс ені пышақтармен есептегенде 0,35 м. Бұл жұмыс органының

топырақпен жанасушы беттерінің жалпы ауданы артқан сайын пышақтың кедергісі елеусіз болатынын көрсетеді. 4.1-суретте пышақпен 0,23–0,25 м тереңдікте жүріп өткеннен кейінгі топырақтың қопсып көтерілу ені (а) мен жота биіктігі (ә) көрсетілген.



а



ә

4.1-сурет. Пышақтар жұбымен 0,23–0,25 м тереңдікте жыртып өткенде топырақтың қопсып көтерілу дәрежесі

Екінші арнада толық жиын түрінде 0,67 м/с жылдамдықпен қозғалғанда пышақтар жұбының тартуға кедергісі 0,1–0,13 м тереңдікте 1,68 кН, ал 0,22–0,24 м тереңдікте 2,44 кН болды (ара қатынас 1,45). Сонда пышақтың таза тарту кедергісінің орташа мәні сәйкесінше 0,22 және 0,47 кН. Бұл топырақтың қаттылығына байланысты көрсеткіштің артқанын білдіреді. Қалыпты қозғалыс күйінде жылдамдықтың тартуға кедергі көрсеткішіне әсер жоғары болмады.

Эксперимент және теориялық жолмен анықталған тарту кедергілері арасындағы орташа ауытқу 0,11 м тереңдікте 3%, 0,24 м тереңдікте 10% құрады. Мысалы, кесу жиегі 30° болған пышақтар бойынша салыстырар болсақ, 0,11 м тереңдіктегі мәндер бойынша ауытқу 5,5 пайыз, ал 0,24 м тереңдіктегі мәндер 11,5% болды. Эксперименттік мәндер жоғары болып тұр.

Ұқсас ғылыми жұмыстармен салыстырар болсақ [126] жұмысында кесу жиегінің бұрышы 30°, орнату бұрышы (rake angle) 25° және өңдеу тереңдігі 0,25 м болғанда қалыңдығы 10 см, ені 10 см пышақпен орташа тарту күші 0,339 кН-ды құрады. Ал тереңдік 0,15 м болғанда бұл көрсеткіш 0,102 кН құрады. Жұмыс қорытындысына сай кедергінің 65 пайызы өңдеу тереңдігіне, ал 60 пайызы дерлік орнату бұрышына тиісті екенін көрсеткен. Бұл біздің жағдайда да байқалды. Біздің жағдайда орнату бұрышы 0°, дегенмен өңдеу тереңдігі аса жоғары әсерге ие болып тұр. Ал жылдамдықтың әсері тартушы күш белгілі бір дәрежеде үдеу алғанша білінеді. Топырақ арнасының қысқалығы жылдамдық әсерін толық зерттеуге мүмкіндік бермеді.

Орнату бұрышы 0° болғанымен топырақтың қопсып көтерілу (upheaving) шамасы 4–6 см құрады. Бұл көрсеткіш [127] жұмысында 5,52 см болды. Топырақтың бұзылу ауданы (disturbance area) [76, 21 б.] жұмысында 1220,9 см², [74, 7847 б.] жұмысында 1533 см² құрады. Біздің жағдайда 1400 см². Ал [73, 636., 128]

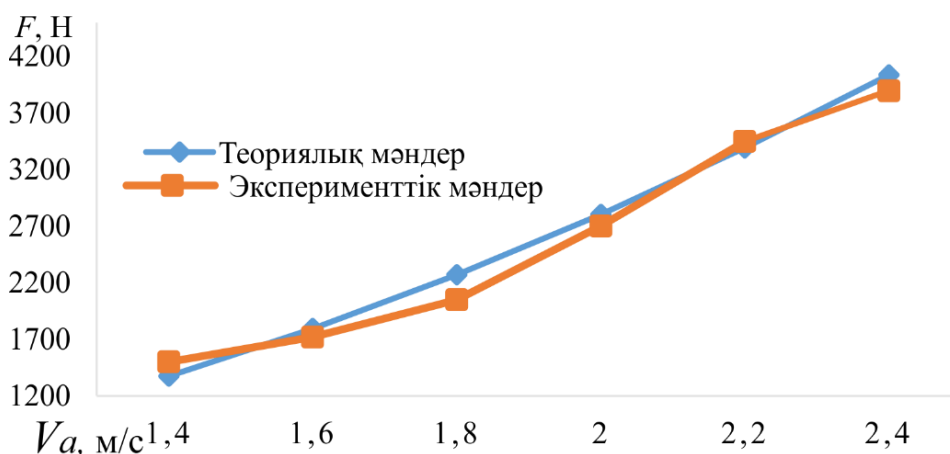
жұмыстарында өңдеу тереңдігі 0,25 м болғанда өлшенген тарту кедергісі 1,9 кН құрады. Ал өңдеу тереңдігі 0,15 м болғанда бұл көрсеткіш 1,01 кН болды.

Пышақтың таза кедергісінің әсері өңдеу тереңдігіне, топырақтың қаттылығына байланысты, дегенмен топыраққа жанасушы беттердің артуына байланысты ол аз сезіледі. Тереңдеген сайын кесу жиегінің бұрышының әсері төмендей береді. Пышақтың кесуші жиегі бұрышының төмендету үшін ол жонылады және бұл оның салмағының төмендеуіне алып келеді, бұл пышақтың топырақты кесу дәрежесін арттырады, топырақпен жанасу ауданын азайтады, нәтижесінде тарту кедергісі төмендейді. Геометриялық талдаулар кесу жиегінің бұрышы 27° болғанда пышақтың, әсіресе үш жағында оның беткі бөлігі дерлік жартысына дейін механикалық өңдеуге түсетінін көрсетті. Кесу жиегінің бұрышы 27° -тан төмендесе, пышақтың майысуға төзімділігі де төмендейді.

Жалпы эксперимент нәтижелері және теориялық талдаулар негізінде тиімді кесу жиегінің бұрышы 27° – 35° ұсынылады және пышақтың орташа тартуға кедергі 0,22–0,47 кН аралығында болады.

4.2 Жұмыс органының тарту күшін бағалау бойынша эксперимент нәтижелері

Жұмыс органының топырақ арнасындағы зертханалық зерттеуде 0,20–0,30 м тереңдікте бір құралдың күші орташа 1870 Н болатындығын көрсетті. Тарту кедергісін теориялық мәндер мен эксперимент нәтижелерін салыстыру 4.2-суретте көрсетілген. Мәндер арасындағы орташа ауытқу 9,75%.



4.2-сурет. Жұмыс органы тарту кедергісінің теориялық және эксперименттік мәндерді салыстыру

Далалық эксперименттер А. И. Бараев атындағы астық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығының егіс даласында жүргізілді. Эксперименттік тереңқопсытқыштың салмағы 300 кг, ал тереңқопсытқыш ілдірілген трактордың салмағы 4000 кг болды. Трактор мен тереңқопсытқыш ілдірілген тракторды сүйреу кезіндегі тарту кедергісі 4,3–4,72 кН болды. Бұл мән жұмыс органының тарту кедергісін анықтау кезінде шегерілді.

Егіс даласының жалпы топырағы ауыр құмбалшықты механикалық құрамды оңтүстік карбонатты қара топырақ. Құрамындағы қарашірік мөлшері – 3,2%,

жалпы азот – 0,2%; фосфор – 0,1%. Топырақтағы жылжымалы құрамның ішінде калий басым, оның құрамы 100 г топыраққа 86-дан 116 мг-ға дейін. Топырақ ерітіндісінің реакциясы төмен сілтілі, рН – 7,3. Топырақтың ылғалдылығы және қаттылығы бойынша тексерулер тың жерлерде де, алдын өңделген қолданыстағы алқаптарда да жүргізілді. 4.2-кестеде алдын өңделген алқаптағы топырақтың ылғалдылығы ұсынылған. Тың жерлердегі ылғалдылық өңделген алқаптағыдан төменірек (Қосымша F, 7-9-суреттер).

4.2-кесте. Топырақтың ылғалдылығы, %

Тереңдігі, см	Таңдалған нүктелердегі топырақ ылғалдылығы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10-25	60	63	61	67	64	71	60	72	66	66
0-10	40	50	44	45	50	51	48	48	47	43

Өңделген жерлерде 10–15 см тереңдіктен соң нығыздалған қабат байқалды. 4.3-кестеде топырақтың өлшенген қаттылығы ұсынылған. Тың жерлерде де және өңделген жерлерде де топырақтың орташа қаттылығы 8–14 кг/см² шамасында болды.

4.3-кесте. Топырақтың қаттылығы, кг/см²

Таңдалған нүктелер	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Қаттылық көрсеткіші	12	14	8	8	9	14	15	12	13	14

Жұмыс органының тарту кедергісін анықтау мақсатында өңдеу тереңдігі барынша жоғары таңдалды (қашау ұшы тереңдігі 25 см). Бұл бағыттағы эксперименттер де әртүрлі алқапта (тың және өңделген) жүргізілді. 4.3-суретте жыртылғанға дейінгі (а) және кейінгі (ә) жолақ көрсетілген.



а



ә

4.3-сурет. Эксперимент жүргізілген алаң

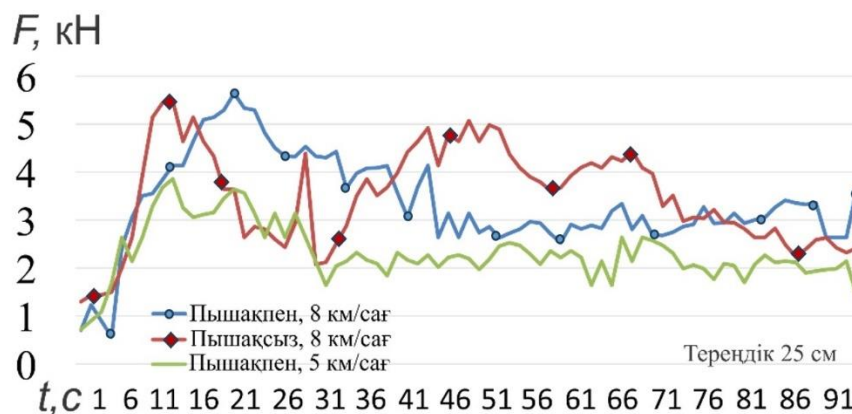
Тың жер, үстіміздегі жыл өңделген және өткен жыл өңделген топырақты жыртылғаннан кейінгі көрініс 4.4-суретте ұсынылған.



а – тың жер; ә – үстіміздегі жыл өңделген; б – өткен жыл өңделген

4.4-сурет. Жұмыс органымен жыртып өткеннен кейінгі көрініс

4.5-суретте өңделген бірақ қолданылмаған топырақта 25 см тереңдікте пышақтармен 5 км/сағ, 8 км/сағ жылдамдықпен және пышақсыз 8 км/сағ жылдамдықпен қозғалып, жыртып өткенде анықталған тарту кедергісінің динамикасы көрсетілген. Жұмыс органының саны – 2, пышақтар саны – 4. Қозғалу арақашықтығы 30 м. 8 км/сағ жылдамдықпен қозғалған пышақты нұсқада бір жұмыс органы бойынша орташа тарту кедергісі – 3,471 кН, ал пышақсыз нұсқада – 3,437 кН болды. 5 км/сағ жылдамдықпен қозғалған пышақты нұсқада бір жұмыс органы бойынша орташа тарту кедергісі – 2,020 кН болды.



4.5-сурет. Тарту кедергісінің динамикасы (үзінді, 1,5 мин)

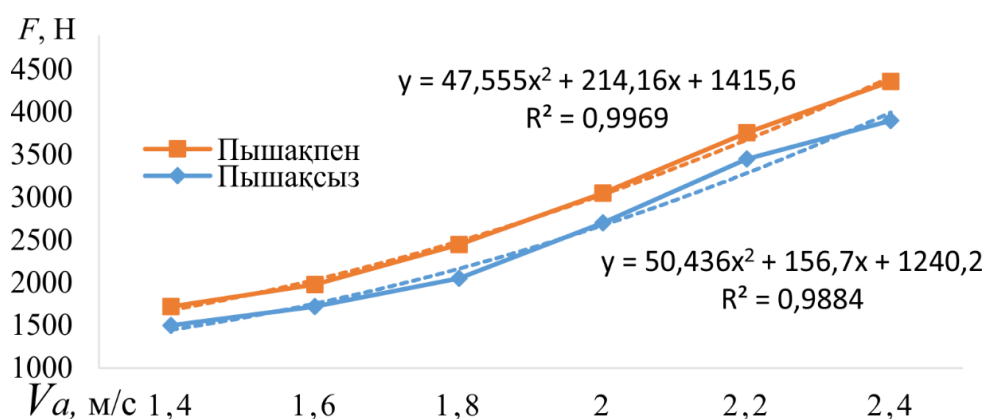
Пышақпен жүргізілген эксперименттер бойынша, 8 км/сағ және кесу жүзі 22° болғандағы теориялық мәнді сәйкес мәнмен салыстырғанда орташа ауытқу 10,58% болды.

Жұмыс органының тарту кедергісін анықтау бойынша далалық эксперименттер де пышақпен және пышақсыз жүргізілді. Эксперимент нәтижелері Excel кестесіне енгізіліп орташа мән анықталды. 4.4-кестеде далалық және лабораториялық эксперименттер нәтижелері және олардың теориялықпен салыстыруы көрсетілген. Деректерді 2.1-кестедегі деректерімен салыстырғанда жоғары ауытқу болған жоқ. Жылдамдықтарға сай қарастыратын болсақ (5 км/сағ, 8 км/сағ) теориялық деректер мен эксперименттік деректер арасындағы ауытқу сәйкесінше 8,6% және 1,73% болды. Әрине тың жердегі тарту кедергісі жоғары болды (4,73кН).

4.4-кесте. Жұмыс органы тарту кедергісінің салыстырмалы нәтижелері, кН

Чизель соқасының тартуға кедергісі,		Алдын өңделген жер	Тың жер	Топырақ арнасы	2.1-кесте, кесу бұрышы 24°–25° болғанда°
Пышақпен жыртқанда жылдамдық, км/сағ	5	2,39	4,73		
	8	4,36			
	0,24			2,42	
Пышақсыз жыртқанда жылдамдық, км/сағ	5	1,50	4,41		1,37
	8	3,45			3,39
	0,24			2,30	

Пышақпен және пышақсыз жырту кезіндегі тарту кедергілері арасындағы өзара қатынасы 1,2 құрайды. 4.6-суретте далалық жағдайда жұмыс органының пышақпен және пышақсыз жағдайдағы тарту кедергісінің айырмашылығы көрсетілген.



4.6-сурет. Жұмыс органының далалық жағдайда пышақпен және пышақсыз жағдайдағы тарту кедергісі

Анықталған деректер бойынша топырақтың қаттылығына және өңдеу тереңдігіне (25см) байланысты пышақтар жұбының таза тартуға кедергісі 0,11–0,43 кН аралығында болды. Мұнда лабораториялық деректерден ауытқу жоғары емес. Жұмыс органына байланысты тарту күшін азайту үшін келесілер ұсынылады:

- кесу бұрышы $\alpha = 16 - 20^\circ$.
- құралдың жұмыс ені $b = 0.40 - 0.45$ м, жұмыс тереңдігі $h = 0.22 - 0.35$ мм кезінде жұмыс құралының қозғалу жылдамдығы $v = 1,8 - 2,0$ м/с.

Топырақтың қопсу дәрежесіне келер болсақ, тың жерде топырақ қабатындағы шөп және тамыр жүйесінің есебінен топырақ өзінің құрылымын сақтап қалуға тырысады. Ұсақталу өте төмен. Ал өңделген жерлерді топырақтың ұсақталуы және қопсуы жоғары болды. 15–20 см тереңдікпен соқа қозғалысы кезінде топырақтың жалпы көтерілуі 6–10 см дейін жетті (4.7а-сурет). Қопсу ені бүкіл жұмыс органы жұмыс енін қамтыды (600–700 мм) (4.7ә-сурет).



а



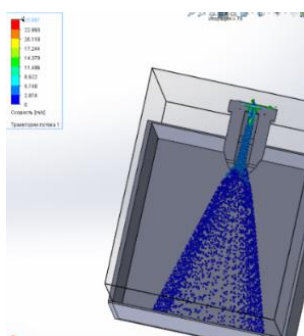
б

4.7-сурет. 15-20 см тереңдікте жартқанда топырақтың қопсып көтерілуі

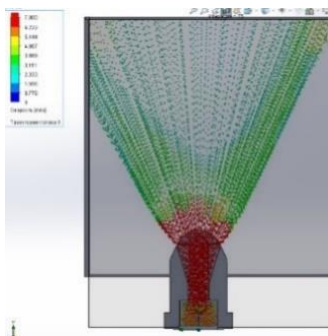
Пышақ орнатылғанда тереңқопсытқыштың ұзындығына байланысты тарту кедергісі (5–6 кН) артуы мүмкін және бұл жанармай шығынына әсер етеді. Дегенмен бұл әсер астық өнімділігіне келетін пайдалы әсермен толықтай жабылады. Жұмыс органы орнатылған тереңқопсытқыштың топырақты терең және аудармастан өңдеу өнімділікке оң әсер ететінін, топырақтың жағдайын байланысты өнімділік 2–3% артатыны белгілі болды. Жұмыс органы орнатылған тереңқопсытқышпен 2020-2021 жылдары Қарабалық АШТС-да жүргізілген зерттеулер аталған тереңқопсытқышды қолданудан соң өнімділік 2,7 пайызға артқанын көрсетті.

4.3 Қолданыстағы бүріккіштерді Solidworks Flow Simulation® бағдарламасында модельдеп тексеру нәтижелері

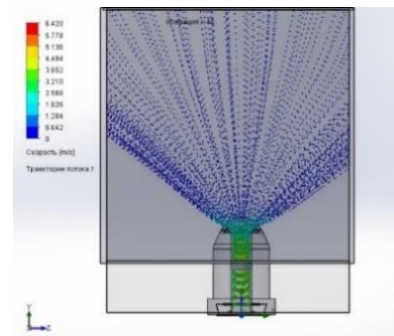
Қолданыстағы бүріккіштерді Solidworks Flow Simulation® бағдарламасында модельдеп, арнайы камераға орнату арқылы тексеру дұрыс нәтиже бермеді. Сондықтан бүрку бұрышын арттыру мақсатында кейбір жалпақ бүріккіштердің моделі жетілдіріліп те тексерілді. 4.8-суретте сфералық басы және ұзын сызат ойығы бар саптаманы модельдеу арқылы визуал тексеру көрсетілген. Бастапқы бүрку бұрышы 45°.



а



б



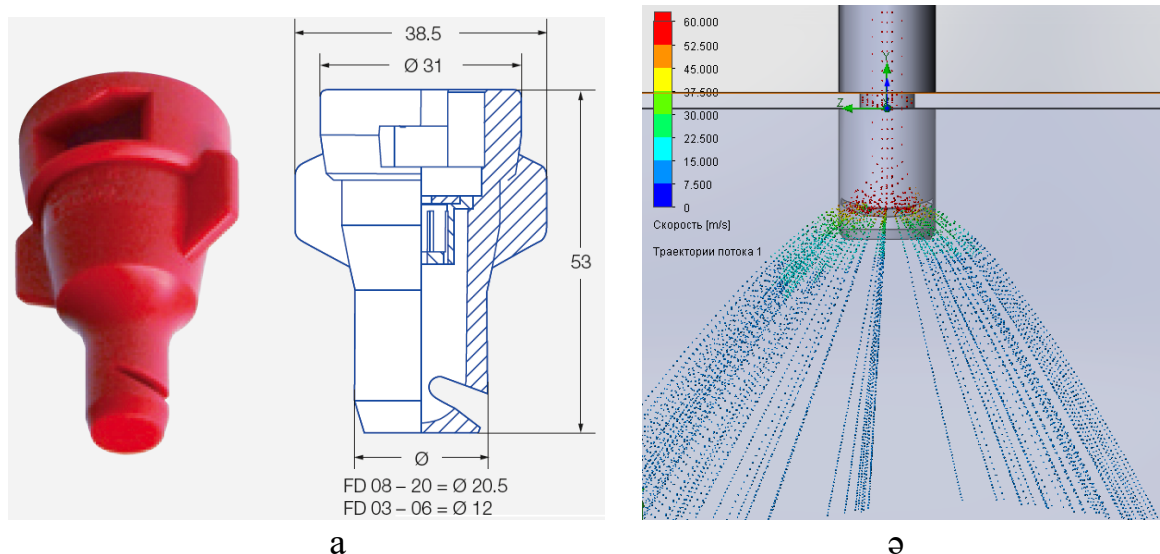
б

а – бастапқы нұсқа, бүрку бұрышы 45°; б – 1- жетілдірілген нұсқа: орталық бұрыштан және ойыққа параллель ішкі жұқа призмалық трапеция қуысы қосылды, бүрку бұрышы 60°; б – 2- жетілдірілген нұсқа: бүрікіш басындағы сфералық қуыс үлкейтілген, бүрку бұрышы 100°

4.8-сурет. Бүрку бұрышын арттыру мақсатында қайта модельдеу нәтижелері

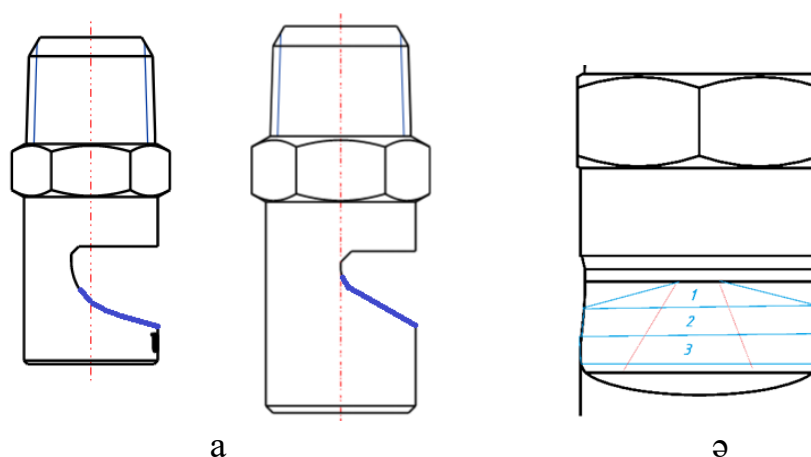
Көрініп тұрғандай жетілдірілулер тиімді әсер беріп отыр, бірақ өте төмен және өндіру үдерісіне де кері әсер етуі мүмкін.

4.9а-суретте Lechler компаниясының жалпақ бүріккіш саптамасы, сондай-ақ саптаманың осы түрімен сұйықтың бүркудің Solidworks Flow Simulation® бағдарламасы көмегімен жасалған симуляциясы (4.9ә-сурет) көрсетілген. Техникалық сипаттамаға сәйкес оның бүрку бұрышы 130° құрайды.



4.9-сурет. Lechler компаниясының жалпақ бүріккіш саптамасы

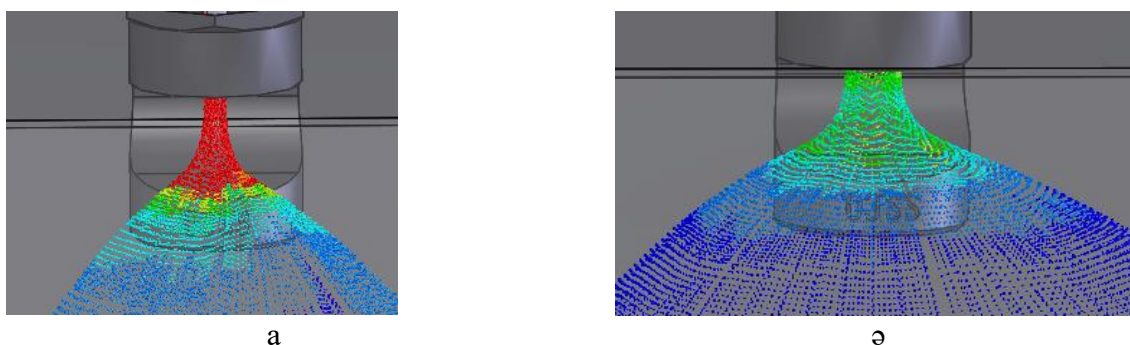
4.10а-суретте дефлекторлы жалпақ бүріккіш саптамалар көрсетілген. Бұл саптамада соққы (дефлектор) бетінің пішіні мен бұрышы маңызды, өйткені ол бүрку бұрышына және құлау бұрышына әсер етеді. Зерттелген нұсқаларда ол 75° -қа тең. Осы саптамалардағы бүрку үдерісін модельдеу арқылы келесі қорытынды алынды: жылпақ бүрку алу үшін шығу саңылауынан шығатын сұйықтың көлемі белгілі бір жұмыс нүктелеріндегі дефлектор бетінің ауданын толық жабуы керек (4.10ә-сурет). Ол үшін соққы бетінің көлденеңге қатысты бұрышын 90° дейін арттырылуы тиіс.



4.10-сурет. Дефлекторлы жалпақ бүріккіштің солжағынан көрінісі (а) және беткейі (ә)

Егер тесіктің диаметрі кіші немесе судың көлемі сәйкесінше аз болса, бүрку бұрышы тиімсіз болады (4.11а-сурет). Ал шығу тесігі жартылай шеңбер

тәрізді болған кезде бүрку тиімді болады. Алайда, бұл өз кезегінде өндіріс үдерісін қиындатады, яғни қарапайым бұрғылау операциясы сәйкес келмейді. Дефлектор беті толық жабылу (4.11а-сурет) үшін беру жылдамдығын арттыру немесе беру тесігін үлкейту қажет. Бұл өз кезегінде СМТ шығынын арттырады.

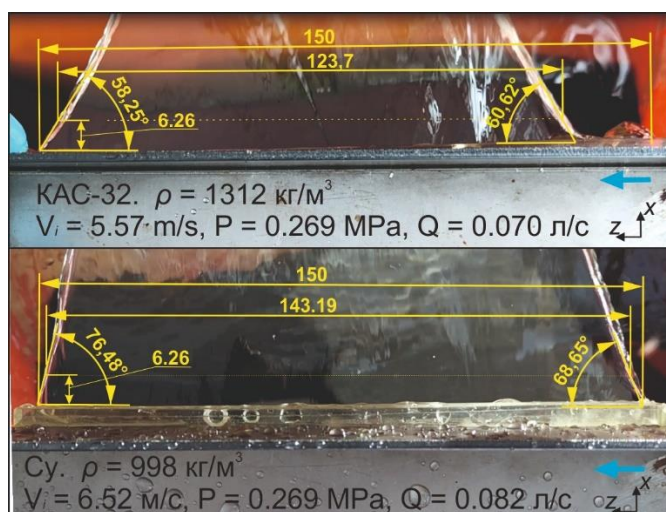


а – дефлектор беті толық жабылмаған; б – дефлектор беті толық жабылған

4.11-сурет. Дефлекторлы жалпақ бүріккішті модельдеп тексеру

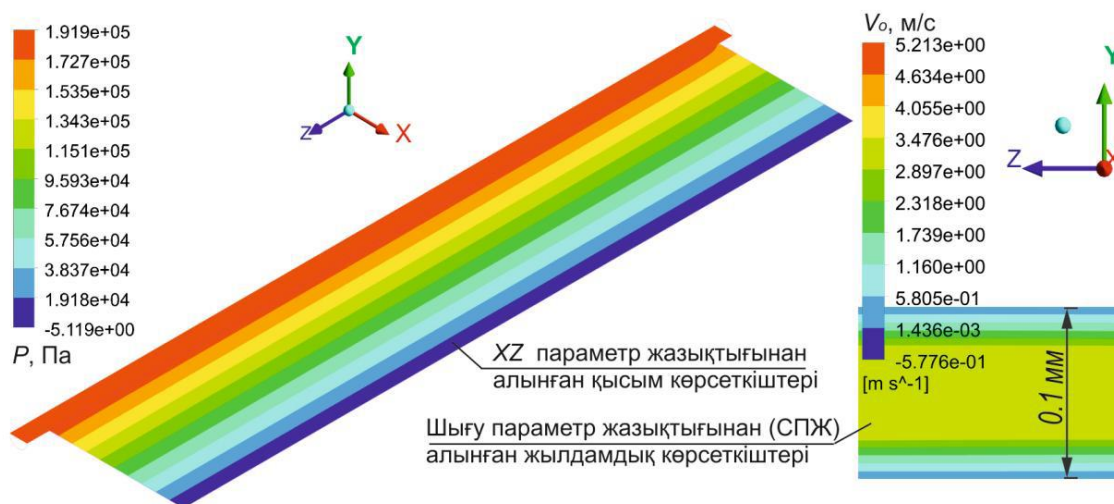
Қорыта айтқан да қолданыста бар болған саптамалар тікелей біз ұсынған топырақты терең өңдейтін және СМТ-ны топыраққа астарлай енгізетін жұмыс органына қолдануға жарамайды. Жаңа бүріккіштің бүрку бұрышы барынша жоғары, құлау бұрышы барынша төмен және сұйық шығыны бүрку мен құлау бұрышына байланысы төмендетілген жағдайда басқарылатын болуы үшін дефлектор (соққы) бетінің пішіні кішірейтілген, бұрышы 90° , ал аралық саңылау биіктігі барынша төмендетілген болуы тиіс.

Айта кету керек бүріккіш қуысы пышақтың өзінде модельденген, яғни ұзын микроарналы нұсқалар да зерттелді (4.12-сурет). Су және КАС-32 сұйықтығы мен жүргізілген эксперименттер және ЕСД көмегімен анықталған (4.13-сурет) тиімді жұмыс ені $W_k = 150$ мм болған пышақ үшін оңтайлы өлшемдер: $d = 4$ мм, $L = 20$ мм, $h = 0,1$ мм болды.



4.12-сурет. Эксперимент нәтижесінде алынған сұйық үлдірлер

Жұмыс нәтижесі бойынша бірқалыптылыққа ($U = 86\%$) қол жеткізілгенімен тәжірибе кезінде осы құрылымдық параметрлер негізінде жасалған пышақтан беру жылдамдығы 5–7 м/с болғанда ғана сұйық үлдір қалыптасты. Бұл жағдайда СМТ шығыны өте жоғары болады. Осы негізде бұл нұсқа әрі зерттеуге қабылданбады. Зерттеу барысында микроарнасы көп арналы болған нұсқалар да тексерілді.

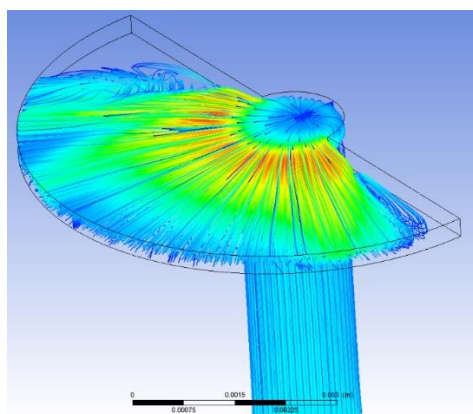


4.13-сурет. Ansys Fluent® бағдарламасы көмегімен анықталған қысым және шығу жылдамдығы көрсеткіштері [73, 128 б.]

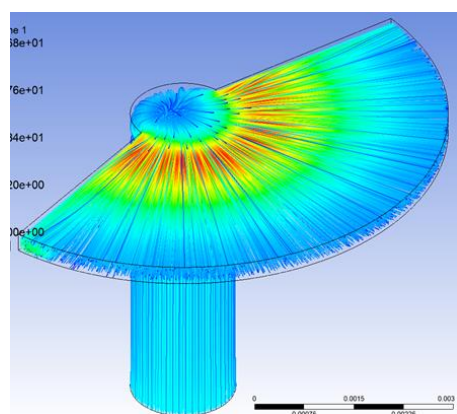
4.4 Жарты шеңбер пішінді соққы беті бар жалпақ бүріккіштің саңылауының пішіні

Ұсынылатын жарты шеңбер пішінді соққы беті бар жалпақ бүріккіш саңылауының пішіні оңтайлы ағын обласын және талап етілген бұрку бұрышын қалыптастыруы тиіс. Осы негізде жарты пішінде ағын облысының жазық бұрышты, доғал бұрышты және жанамалық түрлері Ansys Fluent® бағдарламасында модельденіп, ағын облысының пішіні тексерілді.

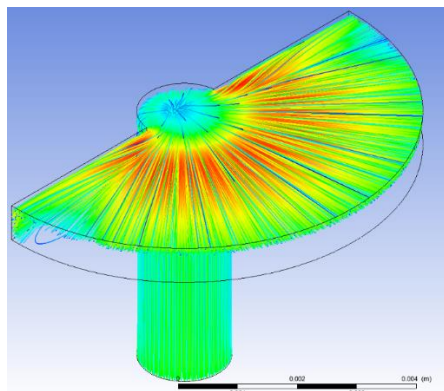
4.14-суретте зерттелген ағын облыстарының жылдамдық профилімен берілген модельдері ұсынылған. Параметрлері $s = 0$, $h = 3$ мм болған үлгіде саңылау аймағында A_{tr} төмен болғандықтан сұйықтық көлемінің жетіспеушілігі байқалады және сәйкесінше сұйықтық ағыны айтарлықтай төмендейді. A_i/A_{tr} қатынасы $h = 0,3$ мм кезінде 2,666 және $h = 0,7$ мм кезінде 1,14 құрады (4.14а-сурет). Параметрлері $s = 0$, $h = 3$ мм, $\alpha = 150^\circ$ болған үлгіде ағынның көп бөлігі екі артқы қабырғаны жағалай екі шеттен жоғары жылдамдықпен ағып жатқанын көруге болады (4.14ә-сурет). Өндіріс үдерісі өте күрделі. Ал $s = 0$, $h = 7$ мм және $s = 0$, $h = 7$ мм, $\alpha = 150^\circ$ (4.14б, в-суреттер) болған үлгілерде екі жағдайда да ағынның негізгі бөлігі артқы қабырға бойымен ағып, ағынның көп бөлігі саңылаудың екі шетінен жоғары жылдамдықпен ағып кетеді. $h = 7$ мм, $\alpha = 152^\circ$ және $h = 3$ мм, $\alpha = 152^\circ$ (4.14д, ж-суреттер) болған жанамалық нұсқаларда ағын бірқалыпты болады, алайда ағынның көп бөлігі екі шетінен жоғары жылдамдықпен ағып кетеді.



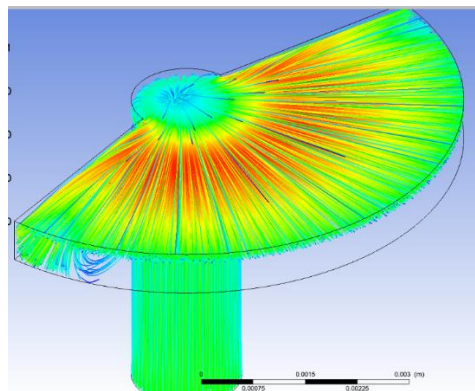
а



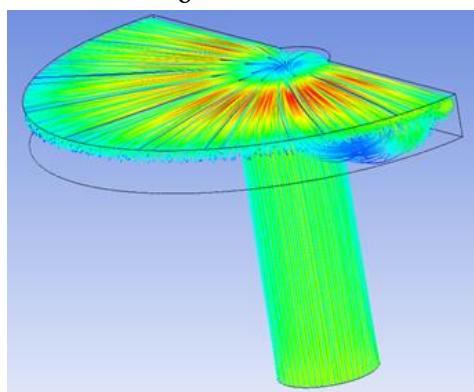
ә



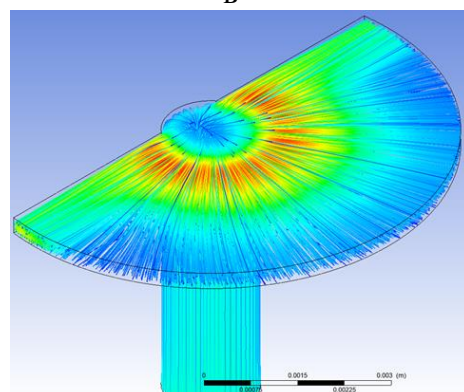
б



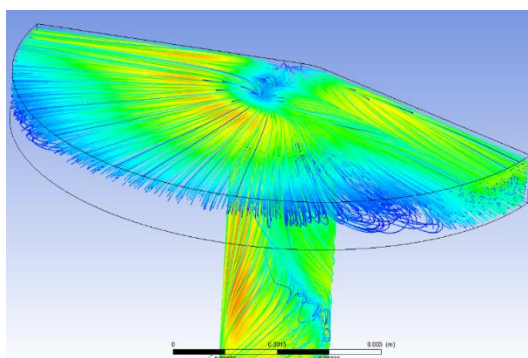
в



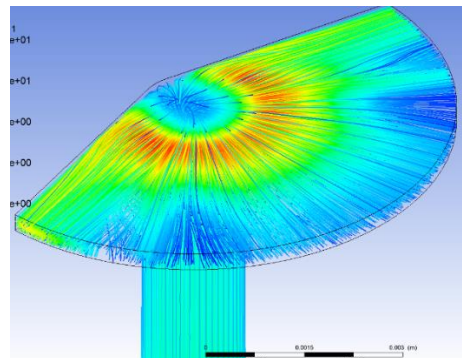
г



ғ



д



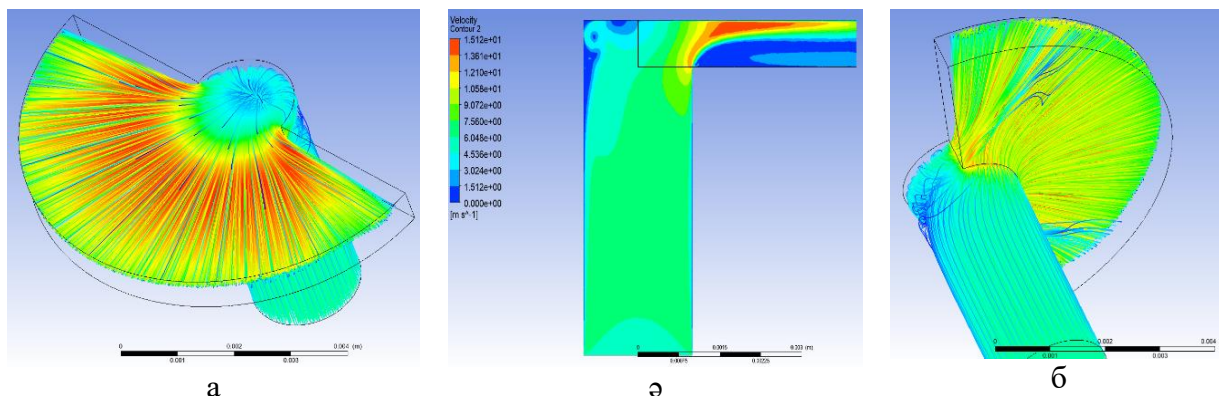
е

а – $s = 0$, $h = 3$ мм; ә – $s = 0$, $h = 3$ мм, $\alpha = 150^\circ$; б – $s = 0$, $h = 7$ мм; в – $s = 0$, $h = 7$ мм, $\alpha = 150^\circ$;
г – $d = 1,6$ мм, $h = 7$ мм, $s = 0,5$ мм; ғ – $d = 1,6$ мм, $h = 3$ мм, $s = 0,5$ мм; д – жанамалық нұсқа,
 $h = 7$ мм, $\alpha = 152^\circ$; е – жанамалық нұсқа, $h = 3$ мм, $\alpha = 152^\circ$

4.14-сурет. Зерттелген және жылдамдық профилімен берілген жарты пішінді ағын облысының үлгілері

Соңғы екі жағдайда толық бірқалыптылық қамтамасыз етілмеді. Өндіріс үдерісі қиынға соғады. Құю әдісімен жасалуы мүмкін, бірақ ыстық температурада пішінді жоғалту мәселесі туындайды.

Зерттеулер нәтижесі *жазық бұрышты* нұсқаның тиімді екенін көрсетті. Бұл нұсқада жоғарыда байқалған, ағынның екі шетке жинақталу мәселесі жойылады (4.15-сурет). Сонымен қатар бұл нұсқада бірқалыптылық жоғарылап, тесіктердің бітелу қаупі төмендейді. Өндіріс үдерісі қарапайым. Мұнда беру диаметрі бойынша $d > d_1$ шарты орындалуы тиіс. Мысалы 1,6 мм беру диаметрі үшін жарты шеңберлік нұсқада беру диаметрі 2 мм болғаны дұрыс. Дәлірек айтқанда d_1 диаметр A_{tr} – ге қатысты түрде таңдалады.



а – жылдамдық профілімен берілген сұйық ағыны; ә – ZY жазықтығындағы жылдамдық профілі; б – астынан көрінісі

4.15-сурет. Параметрлері $s = 0$, $h = 7$ мм, $d = 2$ мм болған жазық бұрышты нұсқа

Негізінде бүріккіш саптаманың беру арнасы екі бөліктен тұрады: көлденең және тік бөліктер. Сонда беру бағыты мен сұйықтың шығу бағыты бір-біріне перпендикуляр. Бұл турбуленттілікті қалыптастыруы және сұйық ағынының бірқалыптылығы, перпендикулярлығы, бұрку бағыты ауытқуы мүмкін. Бұл жағдайда да беру диаметрлері бойынша $d > d_1$ шарты орындалуы тиіс және $d = 2$ мм тұрақты қалдырылады.

Ағын облысын 3D үлгіде модельдеп тексеру негізінде α_1 – бұркуді бағыттаушы бұрыш немесе одан қалыптасатын қабырға бұркудің бірқалыптылығына оңды әсер бермейтіні анықталды.

4.5 Соққы бетіндегі ағын қалыңдығын зерттеу нәтижелері

Ағын қалыңдығын зерттеу пішіні толық дөңгелек болған және жарты шеңбер болған модельдерді салыстыру жолымен жүргізілді. Зерттелген бүріккіштердің параметрлері: 1) $D_s = 8$ мм, $h = 0.7$ мм; 2) $D_s = 5$ мм, $h = 0.7$ мм; 3) $D_s = 8$ мм, $h = 0.3$ мм; 4) $D_s = 5$ мм, $h = 0.3$ мм болған дөңгелек пішінді ағын облыстары кіру жылдамдықтары $U_o = 6$ м/с және $U_o = 1$ м/с (радиал нұсқа) екі жағдайда зерттелді. Олардың жылдамдық профілін беретін қимасы жасалып, h_d қалыңдықтың визуал мәні анықталды.

$D_s = 8$ мм және $D_s = 5$ мм болған жағдайларды салыстыру екі жағдайда да радиалды қашықтық бар екенін көрсетеді, онда үлдір жылдамдығы максимумға

жетеді, содан кейін $U = U_0$ дейін төмендейді. Радиалды қашықтық біздің қолданбалы зерттеуіміз үшін маңызды, өйткені ол соққы бетінің радиусын және бүрку жылдамдығы мен бүрышын анықтауды қамтамасыз етеді. $D_s < 5$ жағдайында максималды жылдамдық қамтамасыз етіледі, бірақ ол қажетті бүрку бүрышын қамтамасыз етпейді. D_s , h және беру жылдамдығы (V_i) сияқты параметрлердің шекті мәндері қолданылған бұл талдаудан олардың маңызды әсерін байқауға болады. Кіру жылдамдығы бүріккішке қатты әсер ететіні анық. Мұны $U_0 = 1$ м/с болған жағдайлардан көруге болады, мұнда ағын диск шеңберіне жақын аймақта төмен құлайды.

(2.91) формула көмегімен бағдарламада есептелгенде h_d қалыңдықтың орташа мәні 0,1546, ал (2.94) формуламен есептелгенде 0,1549 болды. Визуал және есептік анықталған мәндер арасындағы ауытқу 5,5% құрады.

Келесі басқышта осы жағдайлар жартылай шеңбер пішінді ағын облысында бақыланады. Таңдалған ағын облысы геометриясын есептеу бойынша параметрлік мәндер анықталды (2.95) және (2.96) теңдеулердің қолдануға жарамдылығы тексерілді. Теориялық шолуда қарастырылған, белгілі теңдеулерді жарты шеңберлік пішінді есептеу кезінде қолдану нәтижелері 4.5-кестеде ұсынылған.

4.5-кесте. Есептеу нәтижелері

Шығу параметрлері			
Параметрлердің коды	Параметрлердің атауы	Мәндері	Өлшем бірлігі
P33	im-surf-area-op	26,706291	мм ²
P34	vol-fl-rate-uot-op	-18824,241	мм ³ /с
P35	out-surf-area-op	8,7976559	мм ²
P36	mass-flow-rat-out-op	-0,018790359	кг/с
P43	max-out-veloc-op	13174,082	мм/с
P54	Eq. 15 h(r)	0,056853505	мм
P57	Eq. 31 h(r)	0,056929963	мм

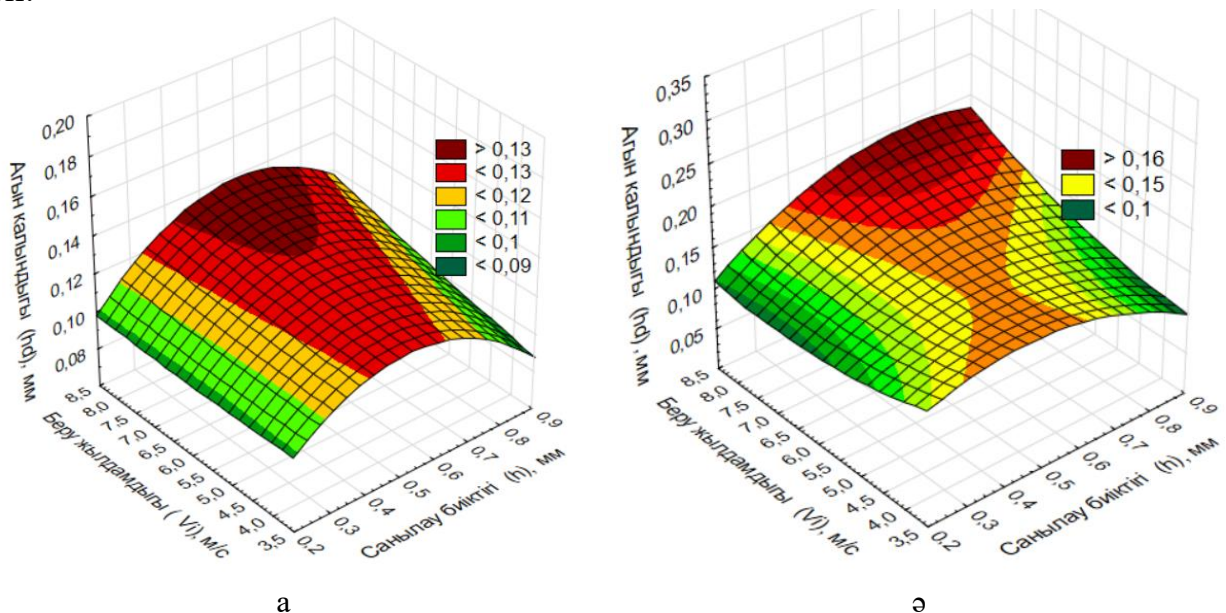
4.5-кестеден көріп тұрғандай, таңдалған теңдеулерді (2.95) және (2.96) қолдана отырып жарты шеңберлі нұсқалар бойынша Ansys Fluent-те есептелген h_d мәндері, дөңгелек пішінді жағдайға қарағанда дерлік 2–3 есе төмен болды (P54 және P57 мәндер). Бұл теңдеулер h_d мәнін болжай алмағанын білдіреді.

4.16-суретте ұсынылған теңдеулерді қолданып жүргізілген есептеулер бойынша анықталған орташа мәндері мен мәндердің стардарт ауытқу көрсеткіштері бағандық графикпен салыстырылған. А1 баған – (2.98) формула, А2 баған – (2.97) формула, А3 баған (2.99) формула және А4 баған – (2.102) формула. Мұнда ағын қалыңдықтары Ansys Fluent-те есептелген 124 жобалау нүктелері (құрылымдық нұсқалар) деректері бойынша анықталды. Беру жылдамдығы 5–8 м/с аралығында таңдалды. Байқалғандай (2.98) және (2.102) формула қолдануға жарамды. Дегенмен бұл формуланың тиімділігі турбулент ағынның бәсеңдеу дәрежесіне және беру жылдамдығына байланысты.



4.16-сурет. Ағын қалыңдығының орташа мәндері

4.17-суретте (2.98) (а) және (2.102) (ә) формуламен анықталған ағын қалыңдығының (h_d) беру жылдамдығы мен саңылау биіктігіне тәуелділігі көрсетілген.



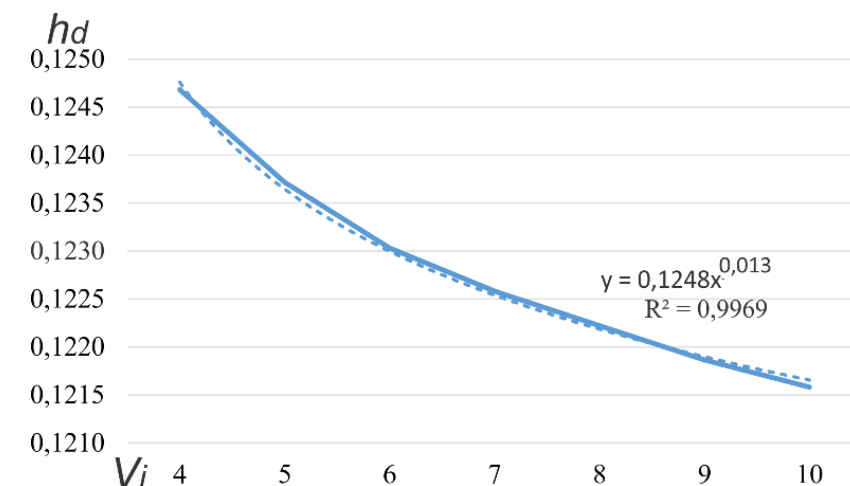
а – (2.98) формула: $h_d = 0,0696 + 0,2205x - 0,0039y - 0,2413x^2 + 0,0085xy + 0,0002y^2$;

ә – (2.102) формула: $h(r) = 0,2151 + 0,1681x - 0,0438y - 0,3121x^2 + 0,0334xy + 0,0026y^2$

4.17-сурет. (2.98) және (2.102) формуламен анықталған ағын қалыңдығының (h_d) беру жылдамдығы мен саңылау биіктігіне (h) тәуелділігі

Осы жерден тиімді саңылау биіктігі 0,4–0,6 мм шамасында болатынын көруге болады. Бірақ саңылау биіктігі бұдан артқан сайын қалыңдық жақсарады деп айтуға келмейді. Графиктерден көрініп тұрғандай ағын қалыңдығының саңылау биіктігіне тәуелділігі өте төмен.

4.18-суретте беру жылдамдығының ағын қалыңдығына әсері берілген. Деректер (2.102) көмегімен $r = 2,5$ мм және $R = 0,8$ мм, $U_1 = 18,77$ м/с болған кезде алынды. Жылдамдықтың артуымен қалыңдық төмендейді, бірақ тиімді диаметр және s параметрдің есебінен ол айтарлықтай жоғары емес.



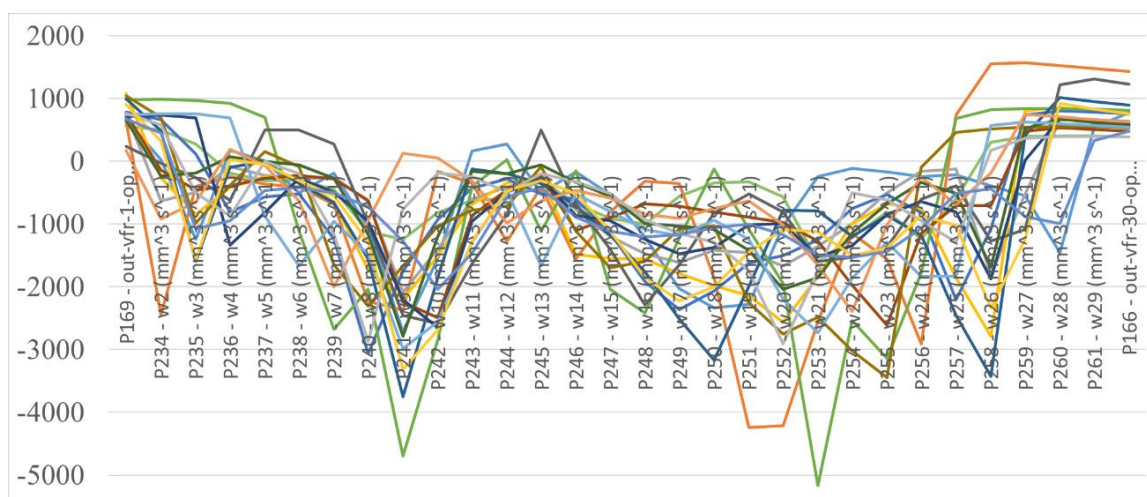
4.18-сурет. Беру жылдамдығының ағын қалыңдығына әсері

Қорытындылай келе (2.98) формуланың басқа формулаларға қарағанда тиімділігі анықталды. Саңылау биіктігінің ағын қалыңдығына әсері төмен және ағын қалыңдығының мәні ең кіші h мәнін анықтап бере алады. Теориялық тұрғыдан беру жылдамдығы артқанда ағын қалыңдығы төмендейді және ол тиімді мәнге дейін ғана. Бұл жағдай (2.102) формуламен анықталған ағын қалыңдығы графигінде байқалған. Жалпы ЕСД мен анықталған ағын қалыңдығы 0,11–0,14 мм және деректерді салыстыру кезіндегі есептеулерде қолданылуы мүмкін. Оңтайландырылған нұсқаларды қолданып анықталған h_d мәндері Γ қосымшасы, 4-кестеде берілген.

4.6 Бүріккіш параметрлерін оңтайландыру нәтижелері, бүрку перпендикулярлығының ауытқу мәселесінің шешімі

Тура оңтайландыру әдісі қолданылған және орташа режим таңдалған есептеуде бағдарлама ұсынған құрылымдық нұсқалар саны 247 болды. Олардың 3 үміткер нұсқа ұсынылды. Дегенмен үміткер нұсқалар қажетті көріністі бере алмады. Сондықтан барлық құрылымдық нұсқалар бойынша есептелген деректер Excel бағдарламасына көшіріліп сол жерде талданды. Онда шығу бетіндегі 30 терезеден шыққан сұйық ағынының көлемдік мөлшері көрсеткіштері бойынша графиктері жасалып, олардан жарамсыз нұсқаларын (іріктеу) алып тастау әдісі қолданылды (4.19-сурет). Бұл өз кезегінде шығу деректері (шығу жылдамдығы, көлемдік шығын мөлшері) бірқалыпты нұсқаны іздеуге көмектесті. 4.19-суреттен бүркілген сұйықтықтың бірқалыптылығының төмендігін көруге болады. Бұл өз кезегінде шығу деректері (шығу жылдамдығы, көлемдік шығын мөлшері) бірқалыпты нұсқаны іздеуге көмектесті. 4.19-суреттен бүркілген сұйықтықтың бірқалыптылығының төмендігін көруге болады.

4.6-кестеде 114-ші, тиімді құрылымдық нұсқаның параметрлері ұсынылған. Осы негізде саңылау биіктігінің тиімді мәні $h = 0,5$ мм тік беру арнасы диаметрінің $d_1 = 1,2$ мм және көлденең беру арнасы диаметрінің мәні $d = 2$ мм болатыны анықталды. Мұнда d және d_1 диаметрлердің орташа қатынасы 1,6-ға тең болып тұр. Сонымен қатар $d > d_1$ болғанда және тиісті қатынас сақталғанда турбуленттікті төмендетуге көмектесетіні анықталды.



4.19-сурет. Бүріккіштердің шығу бетіндегі жылдамдығының Excel бағдарламасында жасалған графиктері

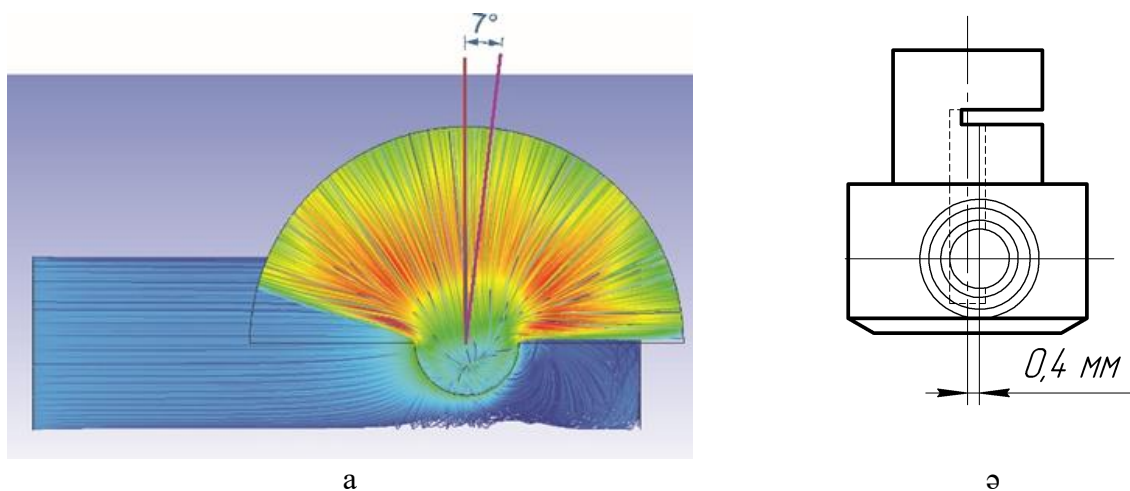
4.6-кесте. Тиімді құрылымдық нұсқаның (114-ші) параметрлері мен мәндері

Берілген мәндер							
Нұсқа 114	P2 - Extrude4.F D1 (мм)	P3 - ZXPlane.R 5 (мм)	P74 - Plane4.R1 6 (мм)	P154 - velocity (мм/с)	P270 - YZPlane. D1 (мм)	P150 - Output Area (мм ²)	P151 - trans Area (мм ²)
Белгісі	K	R	D_s	V_i	x_1	A_{uu}	A_{tr}
Мәні	0,5	0,6	2,5	7000	2,089934	3,9269	0,9424
Анықталған мәндер							
Нұсқа 114	P262 - out-full-veloc-ave-op (мм/с)	P263 - out-vfr-full-op (мм ³ /с)	P264 - area-wei-ave-veloc-out-op (мм/с)	P265 - sd-sum-28-op (мм ³ /с)	P267 - max-velo-out-op (мм/с)	P268 - cons-ratio-op	P269 - cret-1-op
Белгісі	V_o	Q_o	V_{avg}	Q_{28avg}	V_{omax}	қатынас	қатынас
Мәні	11131,43	-24086,9	10103,91	-901,555	39629,29	-1,0522	0,903178

Осы негізде келесі зерттеулерді $h = 0,5$ мм, $d = 2$ мм параметрлер тұрақты етіп қалдырылады. d_1 параметрдің тиімді – яғни қажетті беру мөлшерін қамтамасыз ететін мәндері 1–1,6 мм аралығында болды. Яғни d_1 1,6 мм-ден кіші болған сайын турбуленттіліктің керек әсері басылады және бүркудің симметриялығы қалыпты болады. Оңтайландыруда жылдамдықтар 4–9 м/с аралығында таңдалды. Нәтижеде 160° – 150° бүрку бұрышы алынды.

4.20а-суреттен көрінгендей кейбір жағдайларды бүрку бағытының беру бағытына перпендикулярлығы (симметриялығы) бұзылған. Бұл мәселенің алғашқы шешімі ретінде перпендикулярлықтан ауытқу бұрышын анықтау және саңылауды дәл сонша бұрышпен бұрып модельдеу еді. Бұл бағыттағы жасалған эксперименттер саңылаудың бұру оңды әсер бермейтінін көрсетті.

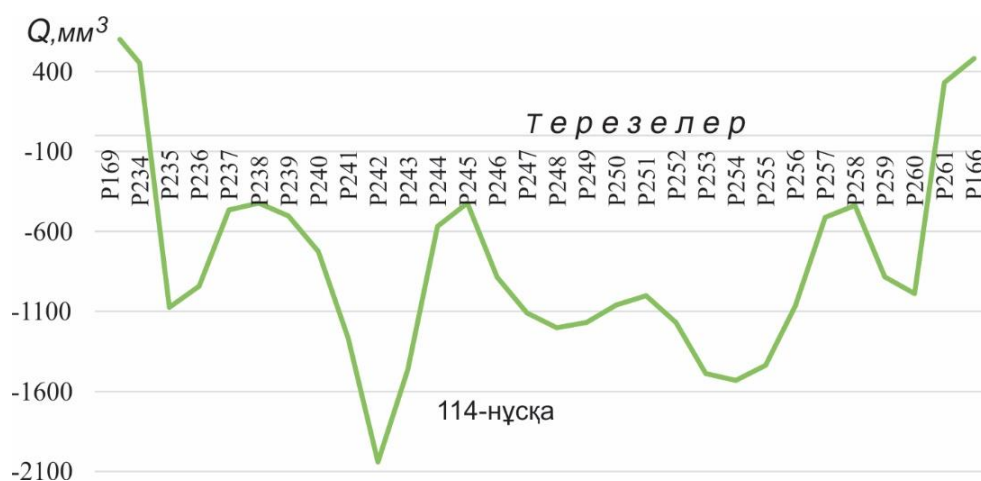
4.20ә-суретте $z_1 = -0,4$ мм болған бүріккіш көрсетілген.



4.20-сурет. Бұрку бағытының беру бағытына перпендикулярлығы ауытқыған үлгі (а) және $z_1 = 0,4$ мм болған бүріккіш (б)

Бұл мәселеге шешім ретінде беру арнасы осін тік арна осіне қатысты ығыстыру (z_1) тәсілі қолданылды. Мұнда да d/d_1 қатынас сақталуы шарт. Ығыстыру екі бағытта болуы мүмкін. Ығыстырудың үлкен мәні 0,4 және -0,4. Жасалған есептеулер -0,4 ығысу мөлшері тиімді болатынын көрсетті.

4.21-суретте анықталған тиімді құрылымдық нұсқада ($h = 0,5$ мм, $d_1 = 1,2$ мм) қалыптасқан ағын облысының шығу бетінде әрбір терезеден ағып шыққан сұйықтықтың көлемдік мөлшерлерінің графигі ұсынылған.



4.21-сурет. Бүріккіштен ағып шыққан сұйықтықтың көлемдік мөлшерінің графигі

Графиктен көрініп тұрғандай мұндағы бірқалыптылық өте төмен. Бірқалыптылықты көтеру мақсатында оңтайландыру шарттары жасалды және бүріккіштің шығу бетінде шығу жылдамдығы және шығын мөлшері бойынша бірқалыптылыққа жетісу үшін оңтайландыру есебі жүргізілді.

4.7 Тиімді бүріккіштің параметрлерін тексеруге арналған лабораториялық эксперимент нәтижелері

4.7.1 $d = d_1$ типті бүріккіштің параметрлерін тексеру бойынша эксперимент нәтижелері

Жарты шеңберлі соққы беті бар бүріккіш модельдерінің сұйықтық беру арнасының диаметрлері (d және d_1) бүріккіштің және толық ауылшаруашылық техникасының бүрку шығынын болжау үшін маңызды. Айта кету керек бұл жағдай бастапқы нұсқада $d = d_1$. Диаметрі 1–2 мм модельдер өте ұтымды нәтижелер көрсетті. 4.7-кестеде беру арналарының диаметрі 1 мм, 1,4 мм, 1,6 мм, 2 мм және әртүрлі h болатын модельдер үшін алынған нәтижелер салыстырылады. Кестеде бір саптамадан өлшенген ағын жылдамдығы және 36 саптамадан жылдамдығы (тыңайтқыш үшін қопсытқышқа орнатылған саптамалар саны) есептелген ағын келтірілген. Сонымен қатар, ауыл шаруашылығы агрегаттарының әртүрлі жылдамдықтарында (5 км/сағ, 8 км/сағ және 12 км/сағ) күтілетін бүрку жылдамдығы ұсынылған. Эксперименттік талдау беру арнасының диаметрі 1–1,6 мм болғанда төмен мөлшерлі СМТ енгізу (50–400 л/сағ) мөлшерін қамтамасыз ететін көрсетті. $d = 2$ мм саптама үшін қажетті бүрку мөлшері тек 10–12 км/сағ бірлік жылдамдықта ғана қол жеткізіледі.

4.7-кесте. Әр түрлі беру диаметрі және тереңқопсытқыштың әр түрлі жылдамдығында енгізу мөлшерінің көрсеткіштері [91, 68 б.]

Бүріккіштер	Беру арнасының диаметрі, мм	Саңылау биіктігі, мм	Сұйықтықтың өлшенген шығыны, л/с		36 саптаманың сағаттық шығыны, л/сағ		Тереңқопсытқыштың әр түрлі жылдамдығында енгізу мөлшерінің көрсеткіштері, л/га						Ағынның шамамен есептік жылдамдығы, м/с	
							0.045 MPa			0.12 MPa				
			0.045 MPa	0.12 MPa	0.045 MPa	0.12 MPa	5 км/сағ	8 км/сағ	12 км/сағ	5 км/сағ	8 км/сағ	12 км/сағ	0.045 MPa	0.12 MPa
			қысымда:				жылдамдықта:						қысымда:	
1	1	0.65	0.007		907.2		252	168	108				8-9	11.45
2	1	0.35	0.006	0.009	777.6	1166.4	216	144	92.5	324	216	138.8		
3	1.4	0.5	0.01	0.012	1296		360	240	154.28	432	288	185.14	6-7	7.79
4	1.6	0.35	0.012	0.0145	1555.2	1879.2	432	288	185.14	522	348	223.71	6	7.2
5	2	0.65	0.0165	0.02	2138.4	2592	594	396	254.5	720	480	308.5	5	6.4

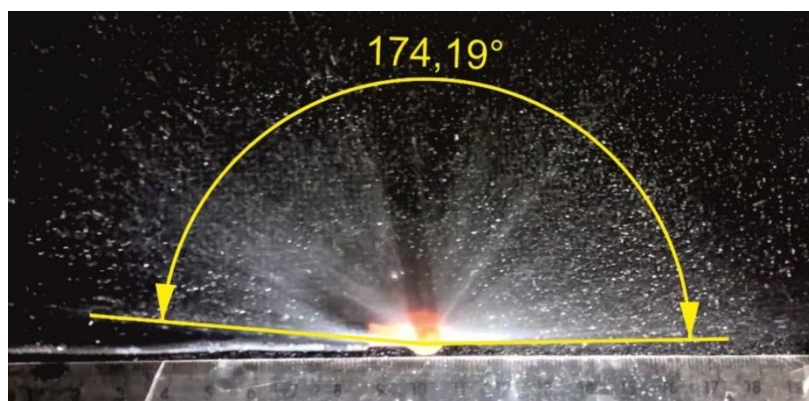
Егер беру арнасының диаметрі аз болса (егер $d < 1$ мм болса), онда енгізу мөлшері аз болады; дегенмен, кіші диаметр машинаның гидравликалық жүйесіне үлкен қысым жасайды, арнаның тез бітелуіне әкеледі, сонымен қатар қажетті жылдамдықты қамтамасыз етпейді.

Тәжірибелер жартылай дөңгелек пішін соққы бетіндегі үлдірдің қалыңдығына әсер етпейтінін көрсетті. Біздің жағдайда соққы бетінің ауданы мен жиегінің ұзындығы екі есе азаяды, сонда беттік керілудің әсері де азаяды, сондықтан бұл жылдамдық профилінің шамалы өсуіне әкелуі мүмкін. 4.22-суретте пара-

метрлері $h = 7$ мм, $D_s = 5$ мм, $d = 1,6$ мм ($d = d_1$) болған бүріккішті тексергенде анықталған бүрку бұрышы көрсетілген. Эксперимент кезінде дәл осындай 10 бүріккіш қолданылды. Жүйедегі қысым 1,6 МПа құрады.

h бүрку бұрышына, бүркудің құлау бұрыштарына және жалпы бүрку сапасына әсер ететіні анықталды және бұл әсері оның мәні h_d мәнге жақындаған сайын жоғары болады. Нәтижесінде саңылаулардың 0,35–0,7 мм биіктік диапазонында және беру арнасының диаметр 1–2 мм аралығында қолданымды 170° – 175° бүрку бұрышы алынды. Сонымен қатар, радиусы кіші сұйық үлдір пайда болып, өндіріс сапасына талаптар жоғарылайды.

Тәжірибелер барысында ағынның (бүркудің) 0,5–0,7 мм саңылау биіктігінде және ағынның төмен жылдамдығында құлау бұрышы 25° -қа дейін аздап өсетіні байқалды. Құлау бұрышы әрқашан соққы беті жаққа бағытталған (яғни $\gamma > \beta$). Түсу бұрышын азайту үшін ағын жылдамдықты арттыру қажет; дегенмен, бұл жоғары шығынға әкеледі. Барынша көлденең үлдір (ағын) алу үшін (құлау бұрышы 5° -тан аспайтын), соққы беті көлденең болуы керек және соққы бетке қарай ауытқуға рұқсат етіледі ($\gamma = 0,5^\circ$ – 1°). Ал егер $\beta = 0,5^\circ$ – 1° болса, сұйықтық үлдірі жай екі бөлікке бөлінеді.



4.22-сурет. Параметрлері $h = 7$ мм, $D_s = 5$ мм, $d = 1,6$ мм ($d = d_1$) болған бүріккіштің бүрку бұрышы

Егер γ үлкен болса, n мәнін арттыру керек немесе саптамаларды жұмыс үдерістерінде саңылауын жоғары қаратып орналастыру керек.

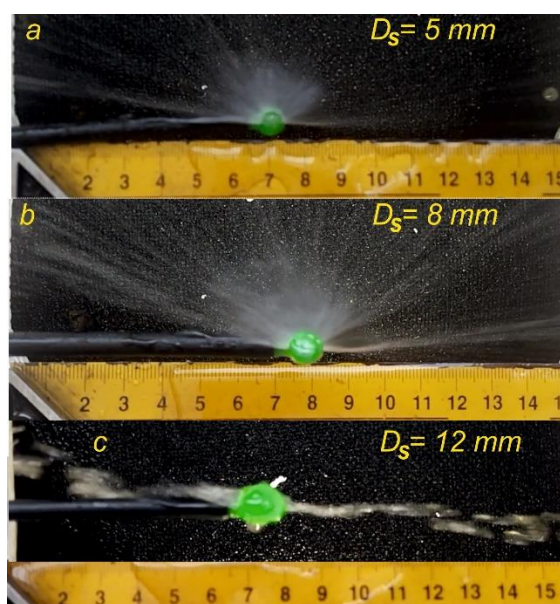
Эксперименттер кезінде әрбір диаметр үшін сапалы бүркуді қалыптастыратын ағынның бастапқы беру жылдамдығы мен Вебер саны анықталды. $d = 1,6$ мм саптама үшін үлдір қалыптастыратын ағынның бастапқы жылдамдығы 3–4 м/с және $We = 351$ болды. $d = 1$ мм болғанда Вебер санының диапазоны 880–1800, $d = 2$ мм-де ол 680–1120 болды, бұл V_j және d бүрку сапасына әсерін көрсетеді. d -ның мәні жоғары кезінде V_j төмендейді және бұл бүркудің әлсіреуіне әкеледі немесе үлдір немесе тамшылар пайда болмайды.

Қажетті α алу үшін $V_j = 8$ – 9 м/с немесе одан көп болғанда α_1 (150° – 175°) ұстап тұру керек, өйткені жоғары жылдамдықта беттік керілудің әсері азаяды. Керісінше, төмен беру жылдамдығында 4–6 м/с жазық бұрыш ($\alpha_1 = 180^\circ$) қолайлы, өйткені беттік керілудің әсерінен бүрку бұрышы қажетті мәнге дейін азаяды.

Соққы бетінің диаметрі (D_s) немесе ауданы сұйықтық үлдірінің пайда болуына және бүрку сапасына айтарлықтай әсер етеді. Зерттеу барысында диаметрі 3–12 мм модельдер зерттелді және диаметрі 5–8 мм модельдер тиімді нәтиже көрсетті. Мұндағы тиімділік тегіс үлдірдің (жарты шеңбер) пайда болуы және тамшылардың бірқалыпты қалыптасуы.

4.23-суретте D_s 5 мм, 8 мм және 12 мм саптама модельдерінде алынған үлдірлі бүрку визуал салыстырылған. Барлығында $d = 1,6$ мм және $h = 0,7$ мм. Эксперименттердің бұл бөлігінде КАС-32 қолданылды. Сапалы бүрку $D_s = 5$ мм және $D_s = 8$ мм кезінде болатыны 4.23-суреттен көрініп тұр. $D_s = 8$ мм-де сұйықтық үлдірі мен тамшылар $D_s = 5$ мм-ге қарағанда сәл үлкенірек болады.

$D_s = 12$ мм-де сұйықтық үлдір мен тамшылардың пайда болмауының себебі соққы бетіндегі жылдамдықтар ($V_j > V_o$) арасындағы үлкен айырмашылық болуы мүмкін. Егер V_o төмен болса, беттік керілудің әсері сақталады. Сұйықтық ағынының соққы бетіне әсер ету күші (P) де маңызды және оны $P = F/A$ формуласы арқылы анықтауға болады, мұндағы A – қатты бетке әсер ететін су ағынының жалпы жанасу аймағы. A мәні D_s төмендеген сайын азаяды, сондықтан P үлкен болады және бұл жоғары радиалды ағын жылдамдығын тудырады, өз кезегінде жоғары сапалы бүрку пайда болады. Екінші жағынан, D_s азаюы ағынның түсу бұрышын азайтады. Сондықтан құрылымдық жобалау кезінде оңтайлы диаметрді ескеру қажет. Тұтқырлықтың бүрку бұрышына әсері саптаманың жұмыс өлшеміне немесе геометриясына да байланысты.



4.23-сурет. D_s 5 мм, 8 мм және 12 мм бүріккіштердің бүрку сапасын визуал салыстыру

Тәжірибелер көрсеткендей, тіпті минималды өлшемдерге ие саптама моделі ($d = 1$ мм, $h = 0,35$ мм) тұтқырлығы жоғары КАС-32 тыңайтқышын қолдануға жарамды болды. Құлау бұрышының мәндері мен саңылаудың жоғар және төмен орнату жағдайларын тексеру саптаманы саңылауын жоғары етіп орнату тиімдірек екенін көрсетті.

Жалпы, саптаманың дизайны СМТ-ны терең өңдеу пышақтарымен топыраққа енгізу үшін жарамды. Беру арнасының тиімді диаметрі 1–1,6 мм құрайды, бұл СМТ-ның қажетті енгізу мөлшерін (50–400 л/га) қамтамасыз етеді, жоғары беру жылдамдығына ие және осылайша бүрку сапасына ықпал етеді. Саңылаудың тиімді биіктігі 0,35–0,7 мм, бұл технологиялық және кең бүріккіш бұрышы мен үлкен тамшылары

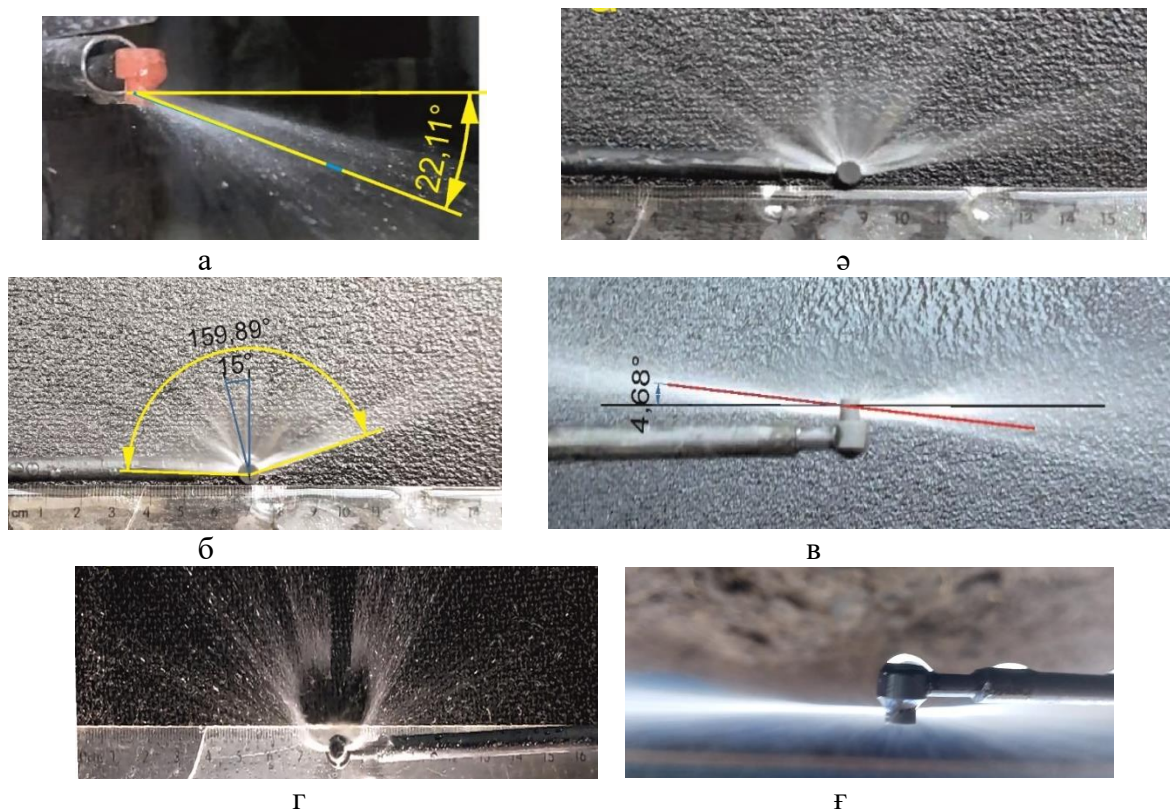
бар сапалы бүркуді қамтамасыз етеді. Саңылау биіктігінің төмендеуі жақсы бүркуге әкеледі; дегенмен, бұл беру арнасының бітелуіне әкелуі мүмкін. Саңылау биіктігінің тамаша өнімділігі ағынның жылдамдығына байланысты. Соққы бетінің тиімді диаметрі 5–8 мм және бұл бүрку сапасына (құлау бұрышы,

бұрку бұрышы) және тамшының мөлшері мен жылдамдығына әсер етеді. Соққы бетінің диаметрі 5 мм болғанда γ құлау бұрышын 5° -тан артпайды. s және α параметрлері саңылаудың биіктігіне байланысты бұрку бұрышы мен ағын жылдамдығына әсер етеді.

Саптама 1,3–4 м/с жылдамдықпен және қажетті бұрку қалыңдығымен (тамшы ағындары) пышақ ізі бойымен қажетті ені (140–160 мм) сұйықтық жолағын қамтамасыз етеді. Тәжірибелер көрсеткендей, саптамалар тұтқырлығы жоғары тыңайтқышты қолдануға жарамды. Дегенмен, $d = d_1$ типті бүріккіштің басты кемшілігі турбуленттіліктің кері әсерінің сақталуында. Эксперименттер 12–14 мм биіктіктегі пышақ үшін бүріккішті пышаққа саңылаулы бөлігін жоғары етіп орнату тиімдірек екенін көрсетті. КАС-32 тыңайтқышы үшін саңылаудың тиімді биіктігі 0,5 мм жоғары болғаны дұрыс.

4.7.2 $d > d_1$ типті бүріккіштің параметрлерін тексеру бойынша эксперимент нәтижелері

Лабораториялық эксперименттер нәтижесінде бірінші кезекте бұркудің қасиеттері және осы негізде бұрку кезінде кездесетін кемшіліктер зерттелді. Сондай-ақ ЕСД бағдарламасы көмегімен анықталған тиімді параметрлі бүріккіштер іс жүзінде тексерілді. 4.24-суретте бұрку кезінде болуы мүмкін кемшіліктер мен дұрыс бұркулер көрсетілген.

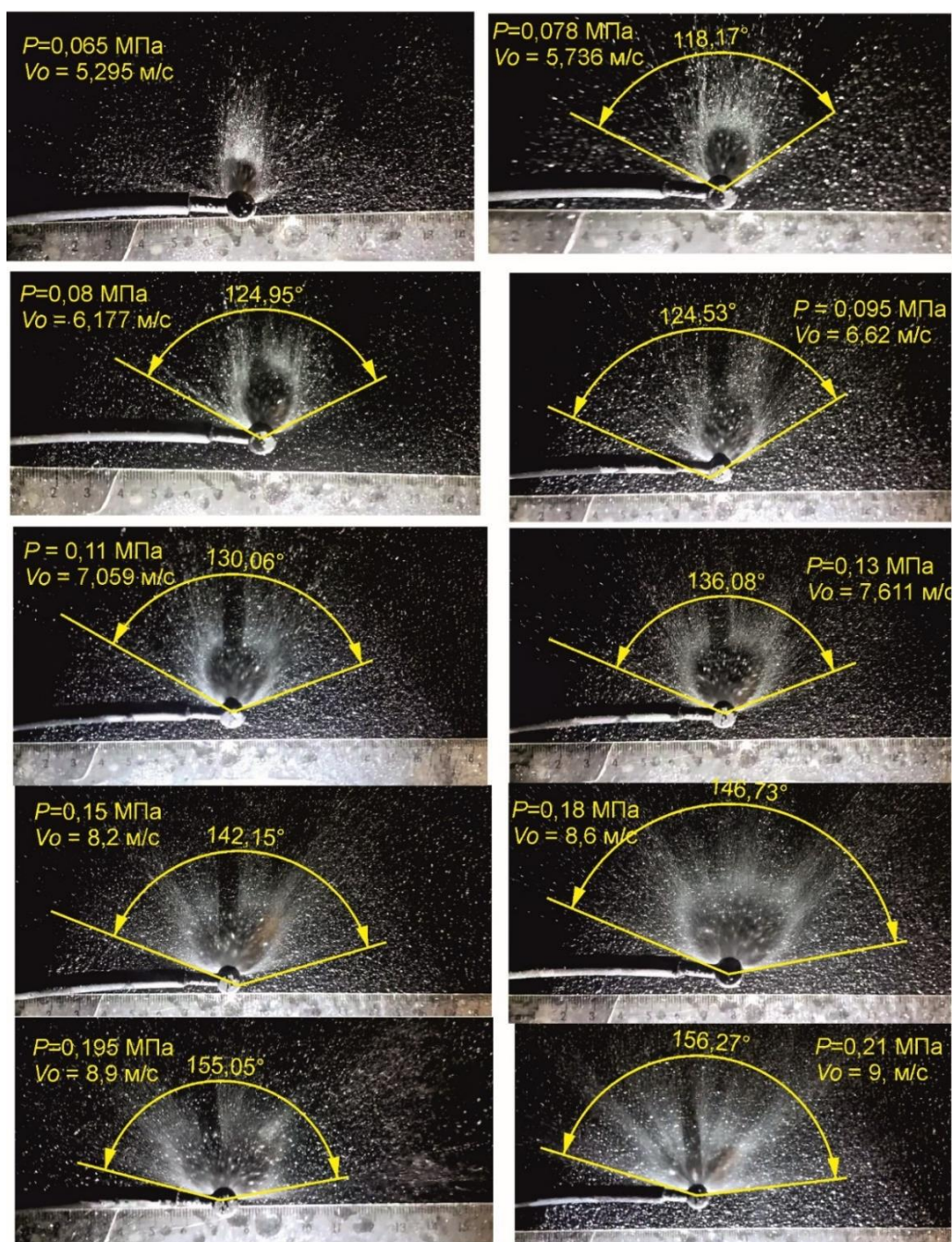


а – құлау бұрышы (γ) шамадан тыс жоғары; ә – бұркудің бірқалыптылығы төмен;
б – бұркудің симметриялығы (перпендикулярлығы) бұзылған; в – бұрку жазықтығы көлденеңнен ауытқыған; г – сұйық үлдір қалыптасқан дұрыс бұрку; ғ – бұрку жазықтығы және құлау бұрышы қалыпты дұрыс бұрку (артынан көрініс)

4.24-сурет. Бұрку кемшіліктері мен дұрыс бұркулер

Аталған кемшіліктердің туындауына, яғни бүрку сапасына бүріккіш ішіндегі ағынның турбуленттілік күйі әсер етеді. Турбуленттілікке беру жылдамдығы, ағын облысының пішіні мен кейбір параметрлер әсер етеді. Осы негізде бүрку сапасына беру жылдамдығының, ауысу ауданын реттейтін s және z_1 параметрлердің, саңылау биіктігінің (h) әсері өздігінше тексерілді және теориялық және аналитикалық нәтижелермен салыстырылды.

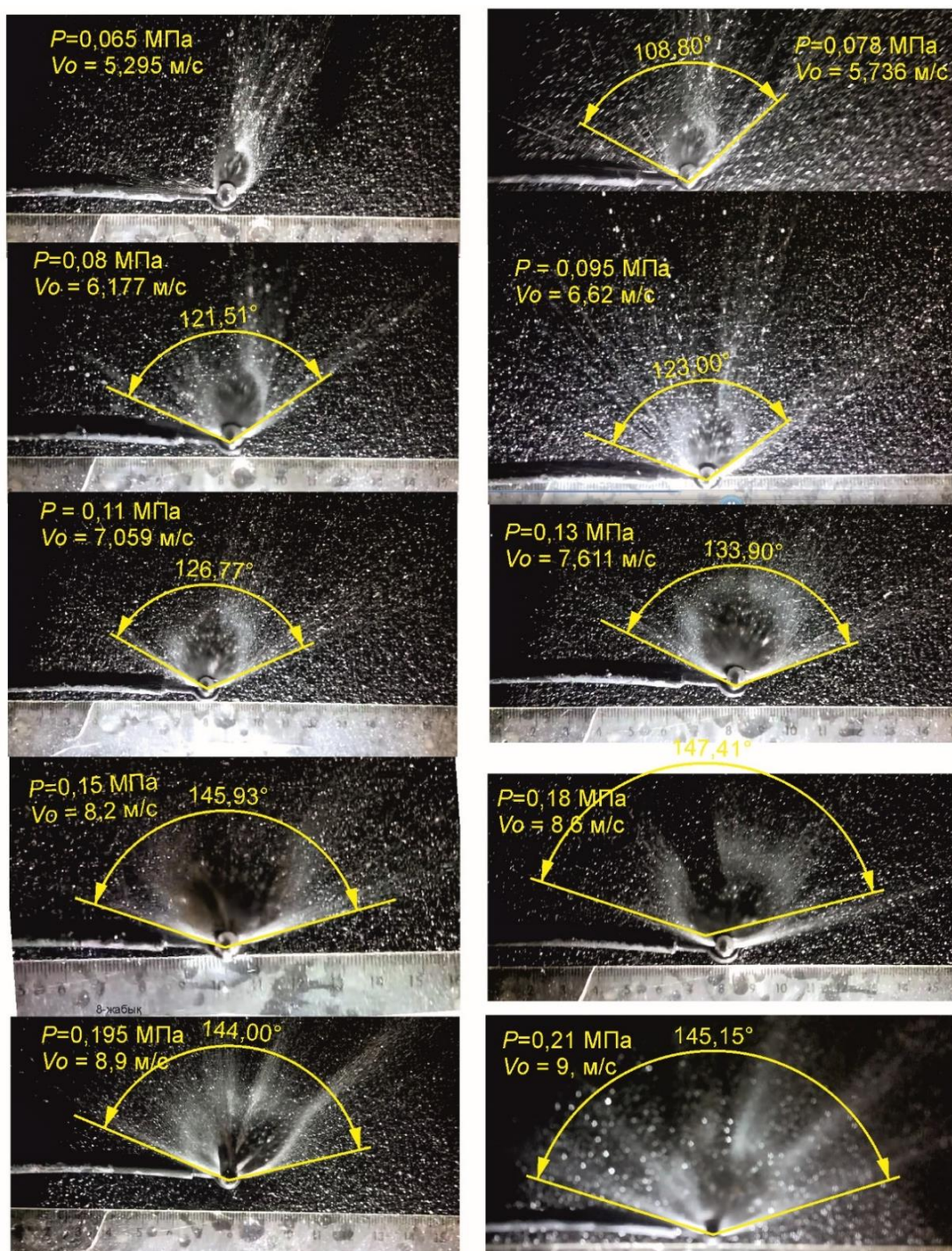
Оңтайландырылған параметрлі бүріккіштердің жұмысқа жарамдылығы эксперимент негізінде тексерілді және бүрку бұрышының мәні графикалық жолмен анықталды. 4.25-суретте параметрлері $h = 5$ мм, $D_s = 5$ мм, $d_1 = 1,2$ мм, $d = 2$ мм болған бүріккіштерді тексеру кезінде түрлі беру жылдамдығына қатысты қалыптасқан бүрку бұрыштары көрсетілген.



4.25-сурет. Бүрку бұрышының беру жылдамдығына (қысымға) тәуелділігі

Экспериметтер негізінде жарамды бүрку бұрышын қалыптастыратын қысым мен сәйкесінше шығу жылдамдығы анықталды. Аталған бүріккіш үшін олардың 10 данасын қолданғанда жарамды бүрку бұрышын қалыптастыратын қысым 0,11 МПа (және одан жоғары) құрады.

4.26-суретте z_1 параметрдің бүрку симметриялығына, сонымен қатар $z_1 = 0,4$ мм (ығысқан) жағдайдағы бүрку бұрышының беру жылдамдығына (қысымға) тәуелділігі көрсетілген. Бұл жағдайда да жарамды бүрку бұрышын қалыптастыратын қысым 0,11 МПа (және одан жоғары) болатыны анықталды.



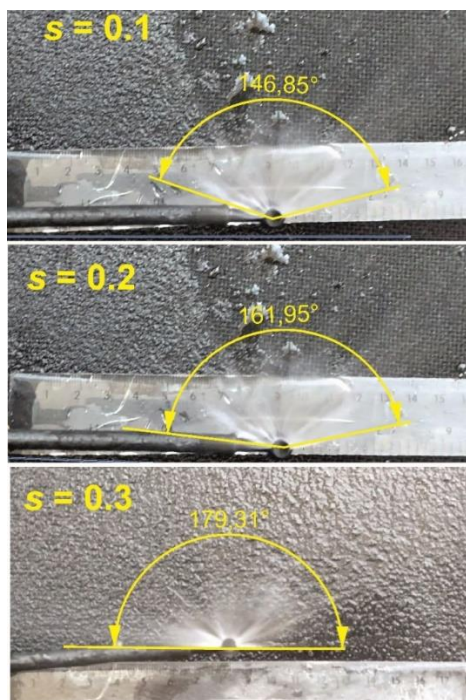
4.26-сурет. $z_1 = 0,4$ мм (ығысқан) жағдайдағы бүрку бұрышының беру жылдамдығына (қысымға) тәуелділігі

Екі жағдайда да тиімді бүрку бұрышы қысым 0,15 МПа (және одан жоғары) болғанда қалыптасты. Жалпы эксперимент нәтижелерін талдау кезінде $z_1 = 0,4$ мм (ығысқан) болған бүріккіштерде қысым 0,11 МПа артқанда бүрку симметриялығы $z_1 = 0$ (4.26-сурет) болған бүріккіштермен салыстырғанда тиімді болатыны байқалды. Бұл ЕСД бағдарламасына нәтижелерінде тастықталған еді. Зерттелгендер негізінде түрлі беру режиміне сай $z_1 = 0,4$ мм және $z_1 = 0$ болған бүріккіштер бойынша анықталған бүрку бұрыштары мен сәйкес есептік ағын қалыңдығы 4.8-кестеде ұсынылған.

4.8-кесте. Түрлі беру режиміне сай анықталған бүрку бұрыштары

Режим	Қысым, МПа	Шығын, л/сек	Бүрку бұрышы		h_d
			$z_1=0,4$	$z_1 = 0$	
0			145	155	
1	0,18	0,010125	147,0	146,0	
2	0,15	0,00975	145,0	142,0	0,144289
3	0,13	0,008625	133,9	136,0	0,144289
4	0,11	0,008	126,8	130,0	0,144289
5	0,095	0,0075	123,0	125,0	
6	0,08	0,007	121,5	124,0	
7	0,078	0,0065	108,8	118,0	
8	0,065	0,006			

Теориялық тұрғыдан s параметрі бүрку сапасына әсер етеді, өйткені ол арнасының шығу тесігін қысқартады және осылайша $s < r$ болса, бүрку бұрышына әсер етеді. $s = r$ және $h \geq r/2$ кезінде саңылау биіктігі ағынның жылдамдығына теріс әсер етпейді, өйткені саңылаудың ауданы беру арнасының ауданына тең немесе одан үлкен. 4.27-суретте s параметрдің бүрку сапасына әсерін зерттеу бойынша эксперимент нәтижелері көрсетілген. $s = r$ болғанда ауысу ауданы барынша жоғары және бүрку 180° қа жақын болады. $s = 0$ және h өте төмен болғанда ауысу ауданы тарылады және бүрку бұрышы төмендеп кетуі мүмкін.



4.27-сурет. s параметрдің бүрку сапасына әсері

Эксперименттер негізінде $h = 0,5$ мм болғанда $s = 0$, $s = 0,1$, $s = 0,2$ мм кезінде тиімді бүрку бұрыштарын алуға болатыны анықталды. $s = 0,3$ мм және одан жоғары болғанда бүрку бұрышы артып кетеді немесе бүрку жазықтығы айқас түрге енеді.

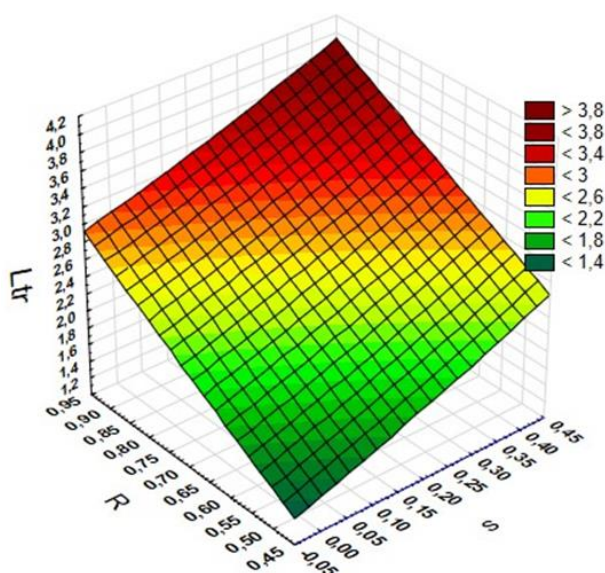
Эксперименттер, деректерді Statistica бағдарламасында өңдеу және графикалық жолмен сәйкестендіру (КОМПАС-3D) негізінде s параметрмен қатар ауысу терезесінің ауданын анықтауда қажет болатын доға ұзын-

дығын анықтау формуласындағы (2.67) дұрыс көбейткіш коэффициент анықталды және формула ол келесідей түзетілді:

$$L_{tr} = \frac{1,2(4m+s)}{3} + \pi R \quad (4.1)$$

Деректердің салыстырылуы Қосымша Г, 1-кестеде ұсынылған.

Statistica бағдарламасында өңдеу арқылы анықталған L_{tr} доғаның s және R



4.28-сурет. L_{tr} доғаның s және R параметрлерге байланысының графигі

параметрлерге байланысының графигі 4.28-суретте берілген. (4.1) формуламен анықталған мәндер графикалық жолмен (КОМПАС-3D) сәйкестендіру әдісінде анықталған мәндер арасындағы ауытқу 0–2%, ал (4.1) формуламен анықталған мәндер Statistica бағдарламасында модельденген теңдеу бойынша анықталған мәндер арасындағы ауытқу 0–3% құрады.

Statistica бағдарламасында модельденген теңдеу келесідей:

$$L_{tr} = 0,0597 + 2,2721x + 2,9235y + 0,6496x^2 - 0,5436xy + 0,1858y^2.$$

Мұнда x – s , ал y – R мәндерді береді.

4.8 Бүрку бірқалыптылығын алуға бағытталған оңтайландыру нәтижелері

Жоғарыда айтылғандай бұл басқышта s , x_1 , z_1 параметрлері енгізілді, шектері: $z_1 = 0–0,4$ мм, $s = 0–0,2$ мм, $x_1 = 1–2$ мм. 4.9-кестеде бағдарлама ұсынған тиімді нұсқалар көрсетілген. Тиісті параметрлер тиімді деп танылған параметрлердің шегінде қалып отыр. Шындығында x_1 , z_1 параметрлері турбуленттікті төмендетуге әсері болды.

4.9-кесте. Бағдарлама ұсынған тиімді нұсқалар (Ansys Fluent®-тен үзінді)

Name	P2 - Extrude4. FD1 (mm)	P3 - ZXPlane.R 5 (mm)	P6 - YZPlane.V 5 (mm)	P7 - Plane4.L1 8 (mm)	P8 - Extrude1 2.FD4 (mm)	P9 - velocity (mm s ⁻¹)	P110 - eq2-op
Candidate Point 1	0,5	0,8	0,1	0,1	1	3000	1,104333
Candidate Point 2	0,5	0,8	0,1	0,1	1,4	4000	1,13807
Candidate Point 3	0,5	0,8	0,1	0,1	1,6	3000	1,032587

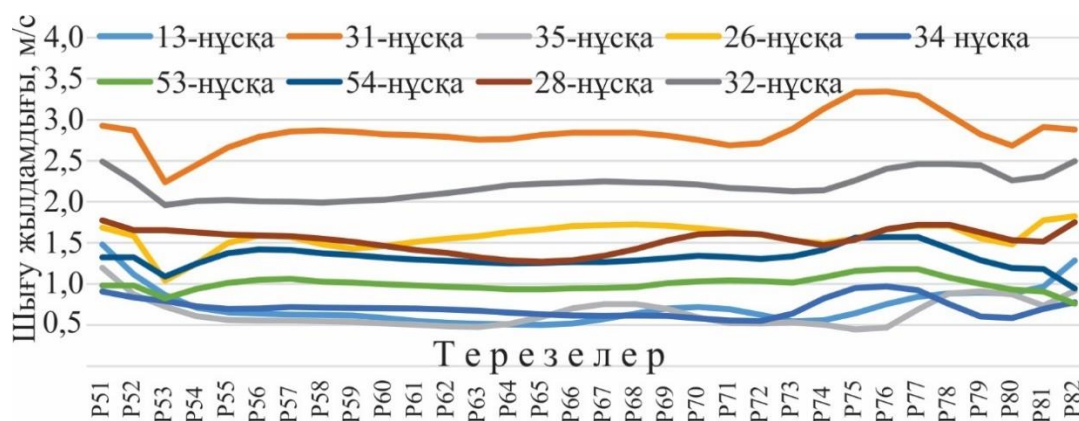
Кестеден көрініп тұрғандай соңғы басқышта бағдарлама барынша жоғары бірқалыптылыққа беру жылдамдығын төмендету арқылы орындағысы келетіні

байқалды. Бұл біздің шартты қанағаттандырмайды. Екінші іріктеуде 31 және 28-нұсқалар тандап алынды (4.10-кесте). Мұнда беру жылдамдығы жоғары. Параметрлер тиімді параметрлер шегінде. Шындығында деректер бойынша 31-ші нұсқа P112 параметр, яғни бүрку бірқалыптылығы (U) бойынша ең жоғары көрсеткішке ие нұсқа болды. 28-ші нұсқада s параметрдің мәні жоғары, салдарынан бірқалыптылық төмен.

4.10-кесте. Бірқалыптылыққа оңтайландыру бойынша іріктелген нұсқалардың параметрлері мен мәндері

Нұсқалар	P2 - Extrude 4.FD1 (мм)	P3 - ZXPlane.R5 (мм)	P6 - YZPlane.V5 (мм)	P7 - Plane 4.L18 (мм)	P8 - Extrude 12.FD4 (мм)	P9 - velocity (мм/с)	P110 - eq2-op	P111 - eq1-op	P112 - End ratio
	K	R	z_1	s	x_1	V_i			U
31	0,5	0,6	0,1	0,1	1,4	8000	1,023674	0,758	0,74113
28	0,5	0,8	0,1	0,3	2	6000	1,153323	0,683	0,59225

Көрініп тұрғандай бүркудің жалпы бірқалыптылығы 31 нұсқа үшін 74%, ал 28 нұсқа үшін 59%. Осы негізде эксперимент нәтижелері бойынша бірқалыптылық 60% жоғары болса, бүріккіш тиімді деп қабылдаймыз. Мұны далалық эксперименттерден байқалғандай, пышақ үстінен ағып түскен топырақ ағынындағы топырақтың кесекті және кесек фракцияларының әртүрлі (14 мм-ден кіші де үлкен де) болатындығымен түсіндіруге болады. Түрлі фракциялы кесектер пышақ ұзындығы бойлап артына (ізіне) кездейсоқ түсіп отырады. Бұл бүріккіштен шыққан бірқалыптылық жоғары болғанның өзінде көрсеткішті төмендетіп жіберуі әбден мүмкін. 4.29-суретте 56 нұсқадан іріктелген нұсқалардың шығу жылдамдығының графиктері берілген. Суреттегі графикті 4.19 және 4.21-суреттермен салыстыратын болсақ бірқалыптылықтың біраз артқаны көруге болады.

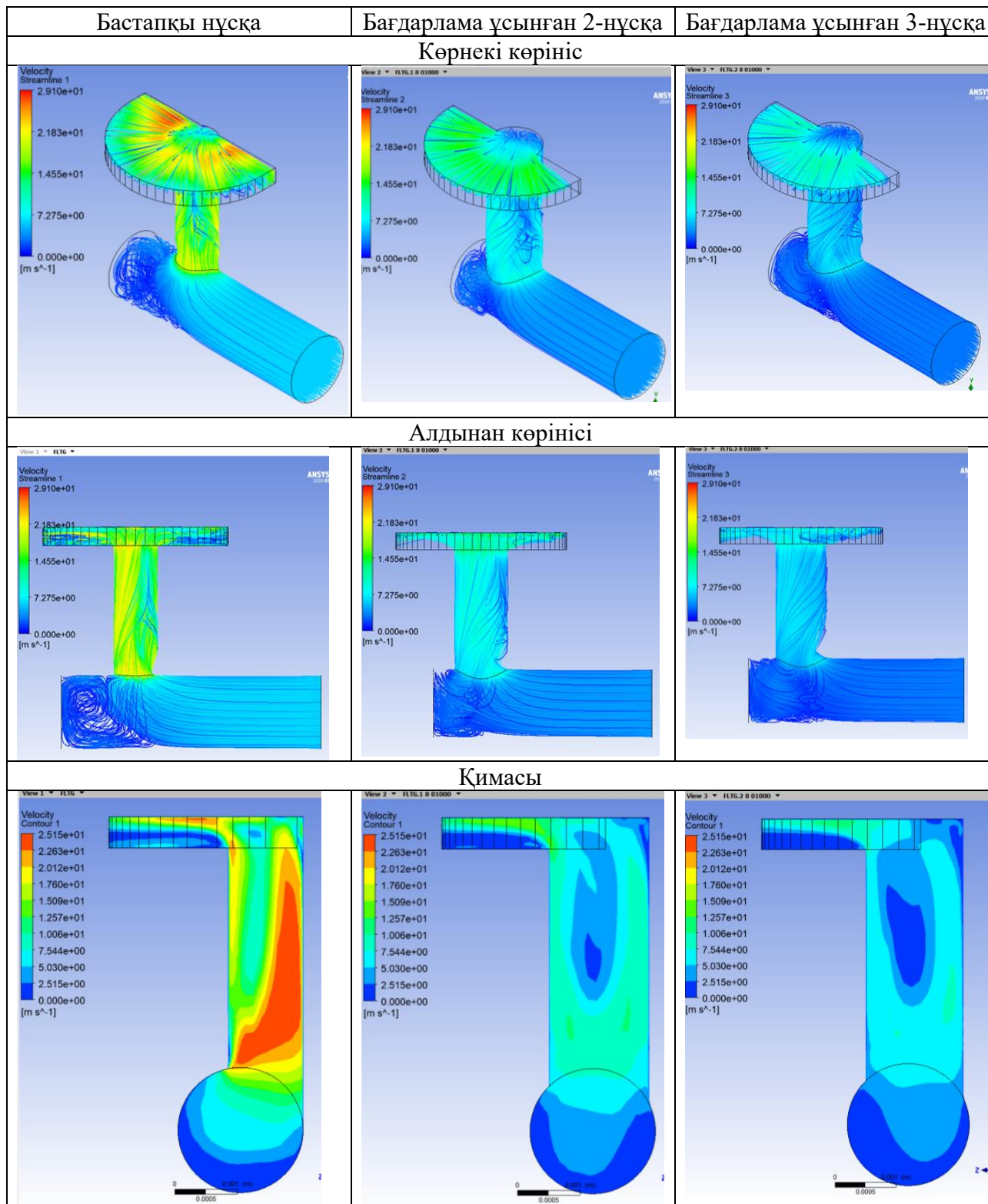


4.29-сурет. Бүріккіштен ағып шыққан сұйықтықтың шығу жылдамдығының графигі (іріктелген)

Мұнда (3.1) формула жеңілдетіліп, ЕСД бағдарламасында беру жылдамдығы мен 28 терезеден шыққын ағын жылдамдығының орташа мәні қолданылды және екі бөлімнің бөліндісі анықталды. Нәтижелер бойынша жоғары көрсеткіш-

ке нұсқалар іріктелді. Бүріккіштерден ағып шыққан сұйықтың көлемдік мөлшерінің графигі бойынша 1-ші және 2-іріктеу жүргізілді.

4.30-суретте тиімді және бастапқы нұсқалар Ansys Fluent® бағдарлама-сында алынған нәтижелер бойынша жылдамдық профилі бойынша визуал салыс-тырылған. Онда көрнекі көрініс, алдынан көрінісі және шығу бағытына бағыттас қимасы көрсетілген. Көк түстен қызылға қарай жылдамдық артады.



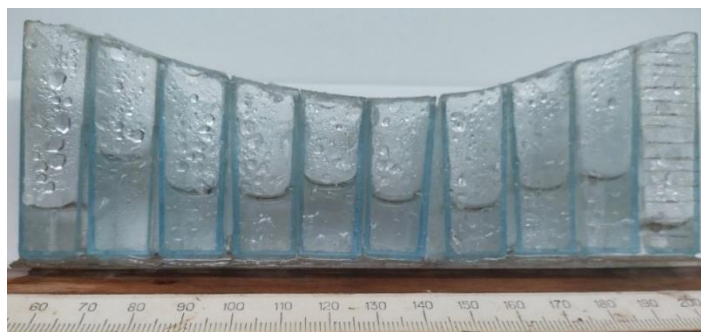
4.30-сурет. Тиімді нұсқалар мен бастапқы нұсқаны визуал салыстыру

Ұсынылған параметрге ие бүріккіш 3D принтер көмегімен жасалып эксперимент арқылы бүркудің бірқалыптылығы анықталды. Эксперимент кезінде 10 рет өлшеу алынды. Өлшеу лездігі 4–5 секунд. 4.11-кестеде бүрку бірқалыптылығын анықтау бойынша эксперимент нәтижелері көрсетілген.

4.11-кесте. Өлшенген бүрку бірқалыптылығы мәндері

Эксперименттер реті	Ұяшықтардағы (солдан оңға қарай) сұйықтық мөлшері, мл										Орташа мәні (Q_0), мл	Вариация коэффициенті, V_σ	Бірқалыптылық (түзетілген мән), U_c
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	3	4	4	4	4,5	4	4	3,5	4	2	3,7	10,11%	0,77
2	3	4	4	3	4	3	3	4	4	3,5	3,55	14,01%	0,79
3	3	5	4	4	4	4,5	3	3,5	4	5	4	17,68%	0,75
4	3	5	4	4	5	4,5	2	4,5	4	3	3,9	24,77%	0,68
5	3	5	4	4	4,5	4	4	3,5	4	2	3,8	21,67%	0,67
6	2,2	2,2	6	5	4	4	4	5	4	4	4,04	29,13%	0,65
7	3	4	4	5	4	4	4	5	5	4	4,2	15,06%	0,76
8	2,2	2,2	4	5	4	4	4	5	4	4	3,84	24,89%	0,68
9	4	3	4	4	6	6	5	4	4	4	4,4	21,96%	0,72
10	4	4	4	4	5	5	5	4	4	3	4,2	15,06%	0,76
Орташа													0,72

Онда жүргізілген эксперименттер кезінде, әрбір ұяшықта өлшенген сұйықтық мәні, олардың орташа мәні, вариация коэффициенті және бірқалыптылықтың өлшегіш ыдыс ауз сызығының қисықтылық көрсеткішіне сай түзетілген мәндері ұсынылған. Вариация коэффициенті және (3.2) тендеу негізінде анықталған бірқалыптылық мәндері көрсеткіштері дерлік сай келеді. Мұнда, U_c (3.4) формула негізінде түзетілген мәндер. 4.31-суретте эксперименттердің бірінде алынған сұйықтық мөлшері көрсетілген.



4.31-сурет. Алынған сұйықтық мөлшері

Анықталған жарты шеңбердің қисықтық көрсеткіші – 0,013321, ал өлшегіш ыдыс доғасы – 0,006874. Сонда түзету коэффициенті 1,08.

Бүріккіштің ұсынылған тиімді параметрлері: $h = 0,5$ мм, $d = 2$ мм, $D_s = 5$ мм болып, олар бірқалыптылығы бойынша жарамды және тік беру диаметрі $d_1 = 1–1,6$ мм (беру мөлшерін реттеу үшін), s параметр 0–0,2 мм (бүрку бұрышын

өзгерту үшін) диапазондағы нұсқалармен қолданылуы мүмкін. Маңыздысы, ЕСД талдаулар және эксперименттер көрсеткендей бүріккіштің тиімді құрылымдық параметрлері орнатылғанда беру жылдамдығы бүрку бірқалыптылығына кері әсер етпейтіні байқалды (Қосымша Г, 4-кесте). Сонымен, бүріккіш үшін анықталған тиімді параметрлер 4.12-кестеде ұсынылған.

4.12-кесте. Бүрку сапасына ықпал ететін параметрлер мен олардың тиімді шекті мәндері

№	Параметрлер	Мәндер шегі	Ықпалы
1	d	2 мм	$d > d_1$ болып қосымша қысым қалыптастырады. Турбуленттілікті төмендетеді.
2	d_1	1,2–1,6 мм	50–400 л/га беру мөлшерін қатмасыз етеді.
3	s	0–0,2 мм	140°–175° бүрку бұрышын қалыптастырады. Беру мөлшеріне де ықпал етеді.
4	h	0,4–0,5 мм	Сұйық үлдір қалыптастырады және тамшыларға ыдырау, тіпті аэрозоль қалыптастыруға ықпалы зор. Құлау бұрышына әсер етеді. Түпкі анықтаушысы r_d .
5	D_s	5–8 мм	Турбуленттілікті төмендетеді.
6	x_1	2 мм	Бүрку симметриялығын (перпендикулярлығын) сақтауға ықпалы бар.
7	z_1	0–0,4 мм	Пышақ биіктігіне тәуелді параметр. K артқан сайын турбуленттілік төмендейді.
8	K	5 мм	50–400 л/га беру мөлшерін қатмасыз етеді. Сұйық үлдір қалыптастырады және тамшыларға ыдырау, аэрозоль қалыптастыруға ықпалы бар.
9	V_i (беру жылдамдығы)	6–9 м/с	h параметрдің минимал шегін анықтап береді. Шығу жылдамдығы және шығын көлемін анықтауда маңызды. Сұйықтық тұтқырлығына бағынышты. h_d -ның бірқалыптылығы қатмасыз етілмегенде бүрку бірқалыптылығы да қатмасыз етілмейді.
10	h_d (соққы бетіндегі ағын қалыңдығы)	0,11–0,16 мм	

Негізгі шығу диаметрлері бойынша 10 бүріккішті қолданғанда жүйеде қалыптасатын қысым 4.13-кестеде көрсетілген.

4.13-кесте. Шығу диаметрі бойынша 10 бүріккішті қолданғанда жүйеде қалыптасатын қысым көрсеткіштері

Негізгі шығу диаметрі, мм	Жүйедегі қысым, МПа
1	0,23–0,27
1,2	0,18–0,195
1,6	0,14–0,16

4.9 Бүріккіштен алынған тамшылардың өлшемдері

4.14-кестеде өлшемдері әртүрлі саптама модельдерінен алынған тамшылардың орташа өлшемдері және олардың таралу саны салыстырылады. Басым көпшілігі 500–1000 мкм тамшылардан тұрады. Тамшы мөлшерінің жіктелуіне

сәйкес [129] алынған бүрку сапасы сұйық тыңайтқыштар үшін қолайлы өте үлкен және ультра ұсақ түйіршікті тамшыларға сәйкес келеді. Тамшылардың максималды мөлшері 5 мм, ал 3–5 мм тамшылардың үлесі 4–10%-дан аспады. Тамшылардың 0,25 м/с жылдамдықта орташа есеппен 10 см²-та таралуы 900–1900 дана аралығында және бұл $\alpha_1 = 180^\circ$ кезінде жеткілікті. Алайда, жылдамдықтың жоғарылауымен жиілік жоғарылауы мүмкін. Біздің жағдайда $b = 10\text{--}30$ мм қашықтығы күтілетін сұйықтық жолағын құрайтын және ауылшаруашылық қондырғысының жылдамдығы артқан кезде азайтылуы мүмкін ірі тамшы ағынының пайда болу ықтималдығы жоғары.

4.14-кесте. 100×100 мм бақылау аймағында тамшылардың таралуы

Үлгі	Саптамаларды орнату биіктігі (мм)	100×100 мм бақылау аймағындағы тамшылардың мөлшері мен пайызы				Таңдалған аймақтағы тамшылардың таралу сапасы
		100–900 мкм	1000–2000 мкм	2100–5000 мкм	Барлығы	
$d = 1,6; h = 0,5;$ $D_s = 5 \text{ мм}; \alpha_1 = 170^\circ$	400	884; 72%	267	62; 5,11%	1213	ораташа
$d = 1,6; h = 0,7;$ $D_s = 5 \text{ мм}; \alpha_1 = 170^\circ$	400	614; 74%	210	-	824	төмен
$d = 1,6; h = 0,7;$ $D_s = 8 \text{ мм}; \alpha_1 = 180^\circ$	400	1399; 73%	369	135; 7,09%	1903	жоғары
$d = 2; h = 0,7;$ $D_s = 8 \text{ мм}; \alpha_1 = 180^\circ$	100	900; 67%	331	124; 9,29%	1335	ораташа

Бүріккішті 60 см биіктікте орнатылғандағы тамшылардың нақты қамтуы ені 1850–2500 мм болды. Сондай-ақ, 0,5–0,7 мм саңылау биіктігі тиімдірек болатыны байқалды. Әрине, h төмен, ал V_j жоғары болғанда кіші өлшемді тамшылар пайда болады және бүрку бұрышы да үлкенірек болады. Алайда, егер саңылаудың биіктігі аз болса, ағынды арналардың бітелу және әлсіз бүрку үдерісі жүреді.

Қысымның жоғарылауымен тамшылардың жылдамдығы да артады; дегенмен, [130] атап өткендей, тамшылардың мөлшері кішірейеді және бұл жағдай беттік керілуге де байланысты. Біздің жағдайда эксперименттер аз қысыммен жүргізілді, сәйкесінше тамшылардың мөлшері әр түрлі және үлкен болды. Тамшылардың орташа мөлшері [131] жұмысында 3–5 бар қысымда 40–510 мкм, [132] жұмысында оның 2,25–4,5 бар қысымда 20–900 мкм болғанын, ал [133] жұмысында, бұл 10 мкм-ден 2000 мкм-ге дейін болатынын мәлімдеген. Жалпақ бүріккіш саптамалары үшін тамшылардың мөлшері 0,1–2,2 мкм құрайды.

Тамшыларды өлшеу бойынша екінші эксперимент бойынша саптамалардың орнату биіктігі 100 мм және 400 мм, саптаманың жылдамдығы 0,25 м/с болғанда тамшылардың 10 см²-ге ауданда таралу саны (таңдалған аймаққа байланысты) 600–1900 дана болды. Бүркуде 0,1–5 мм диаметрлі тамшылар пайда болды, ал 3–5 мм тамшылардың үлесі 5–10%-дан аспады.

4.10 Топырақтың ылғалдану дәрежесі

Топырақ арнасында ұсынылған бүріккіштерді қолдану арқылы топырақтың ылғалдану дәрежесі тексерілді. Бүріккішті пышақ орнатылған арбаның жылдамдамдығы өте баяу, 0,066 м/с. Беру диаметрі $d_1 = 1,2$ және $d_1 = 1,6$ мм екі түрлі бүріккіш зерттелді. Пышақтың жұмыс ені 150 мм. Топырақтың бастапқы ылғалдылығы өте төмен. 4.32-суретте төмен жылдамдықпен қозғалған параметрлері $h = 7$ мм, $D_s = 5$ мм, $d = 1,6$ мм ($d = d_1$), $s = r$ болған бүріккіштің топырақты ылғалдау шамалары көрсетілген. Ылғалданған жолақтың биіктігі 8–10 мм (4.32а-сурет). Ылғалданған жолақтың ені 13–14 см (4.32ә-сурет). Ал, $h = 5$ мм, $D_s = 5$ мм, $d = 1,2$, $s = 0,1$ мм болған бүріккіште көрсеткіштер біраз төмен болды. Ылғалданған жолақтың биіктігі 8–10 мм. Ылғалданған жолақтың ені 7–9 см. Мұндағы әсер еткен жағдай бүрку бұрышының төмендігі, ал бүрку бұрышы $d = 1,2$, $s = 0,1$ мм жағдайда біраз кішірейеді.



4.32-сурет. Төмен жылдамдықпен қозғалған, параметрлері $h = 7$ мм, $D_s = 5$ мм, $d = 1,6$ мм ($d = d_l$) болған бүріккіштің топырақты ылғалдау дәрсезесі

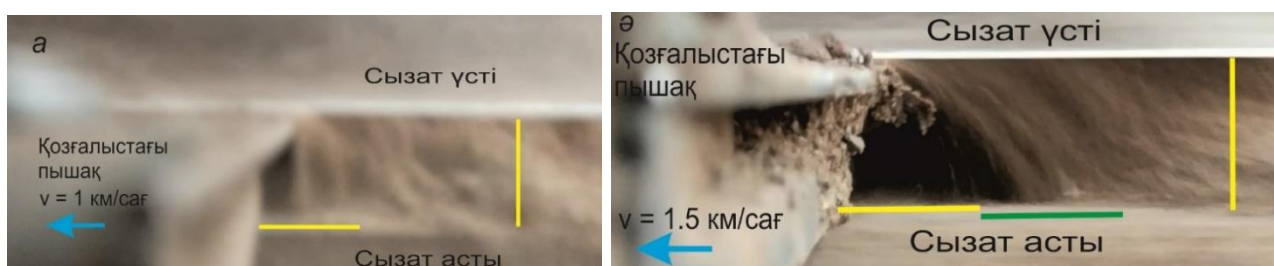
Ылғалданған топырақ ылғалдылығы классикалық тәсілмен өлшенді. Анықталған ылғалдылық 9–10%. Ылғал қабаттың пішінінен бүркудің бірқалыптылығын да көруге болады. Агрегат жылдамдығы артқан сайын жолақ биіктігі жұқарады, орталардың (сұйықтық және топырақ) араласуы аэрозоль күйге өте бастайды.

4.11 **Пышақтың ізінде қалыптасатын топырақ асты қуысының пішіні мен өлшемдері**

4.33а-суретте көрініп тұрғандай сары тік сызық сызаттың биіктігі, 16 мм, демек 1 км/сағ жылдамдықпен қозғалғанда, пышақ артында құлаған топырақ сызығы негізінде пышақ пен топырақ жерге түскен жерге дейінгі қашықтық (табаны) 8–15 мм шамасында болып тұр. Қуыс кеңістік өте кішкене. 33ә-суретте көрініп тұрғандай, пышақ 1,5 км/сағ жылдамдықпен қозғалғанда аталған қашықтық 20–22 мм шамасында. Қуыс кеңістік біріншімен салыстырғанда үлкен, сұйық ағынына немесе сол ағынмен соқтығысуға жеткілікті деуге болады. Екі суретте де пышақтың ізінде топырақтың еркін жинала бастағаны білініп тұр.

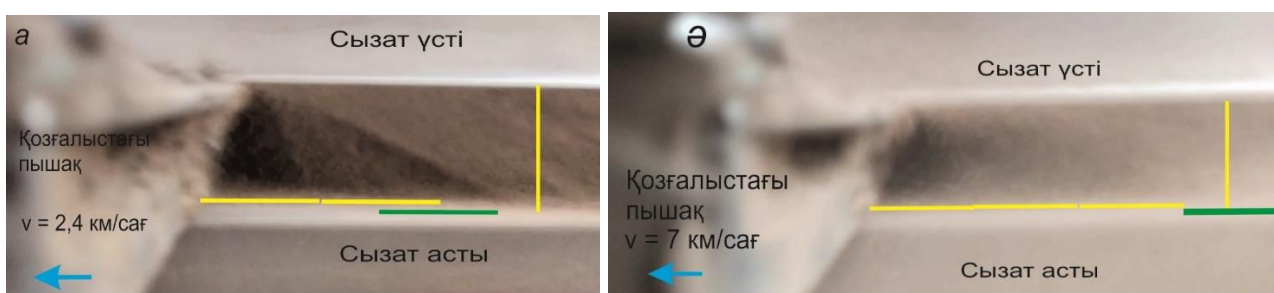
4.34а-суретте көрініп тұрғандай пышақ 2,4 км/сағ жылдамдықпен қозғалғанда пышақ пен топырақ жерге түскен жерге дейінгі қашықтық 30–40 мм (негізгі құлау сызығы бойынша) шамасында болып тұр. Мұнда топырақтың жиналу үдерісі алыста жүреді. Қуыс кеңістік кей жағдайда шаңды ортаға айналады. 4.34ә-суреттен пышақ 7 км/сағ жылдамдықпен қозғалғанда аталған қашықтық

40–56 мм (негізгі құлау сызығы бойынша) шамасында болатыны көрініп тұр. Әрине жылдамдық артқан сайын бейнежазбаға алу қиындайды.



4.33-сурет. Пышақтың жылдамдығы 1 км/сағ (а) және 1,5 км/сағ (ә) болғандағы топырақтың құлау сызығы

Сонымен қатар топырақтың құлау жылдамдығы қозғалыстың әр сәтінде жоғарыда ағып (құлап) келіп жатқан топырақтың күйіне де байланысты. Ағып өтіп жатқан топырақ ағынының формасы түйіршіктердің өлшемі, салмағы немесе түйіршіктер ортасына байланысты. Ағын шаңды ортадан немесе ағынды ортадан тұруы мүмкін. Егер ұсақ және салмағы жеңіл түйіршіктер массасы көп болса онда шаңды орта қалыптасуы мүмкін. Шаңды орта әсіресе жылдамдық артқан сайын көбірек білінеді (4.34ә-сурет). Екі жағдайда да сұйық минерал тыңайтқыш бөлшектерінің топырақ бөлшектерімен таза араласу ықтималы жоғары болады.



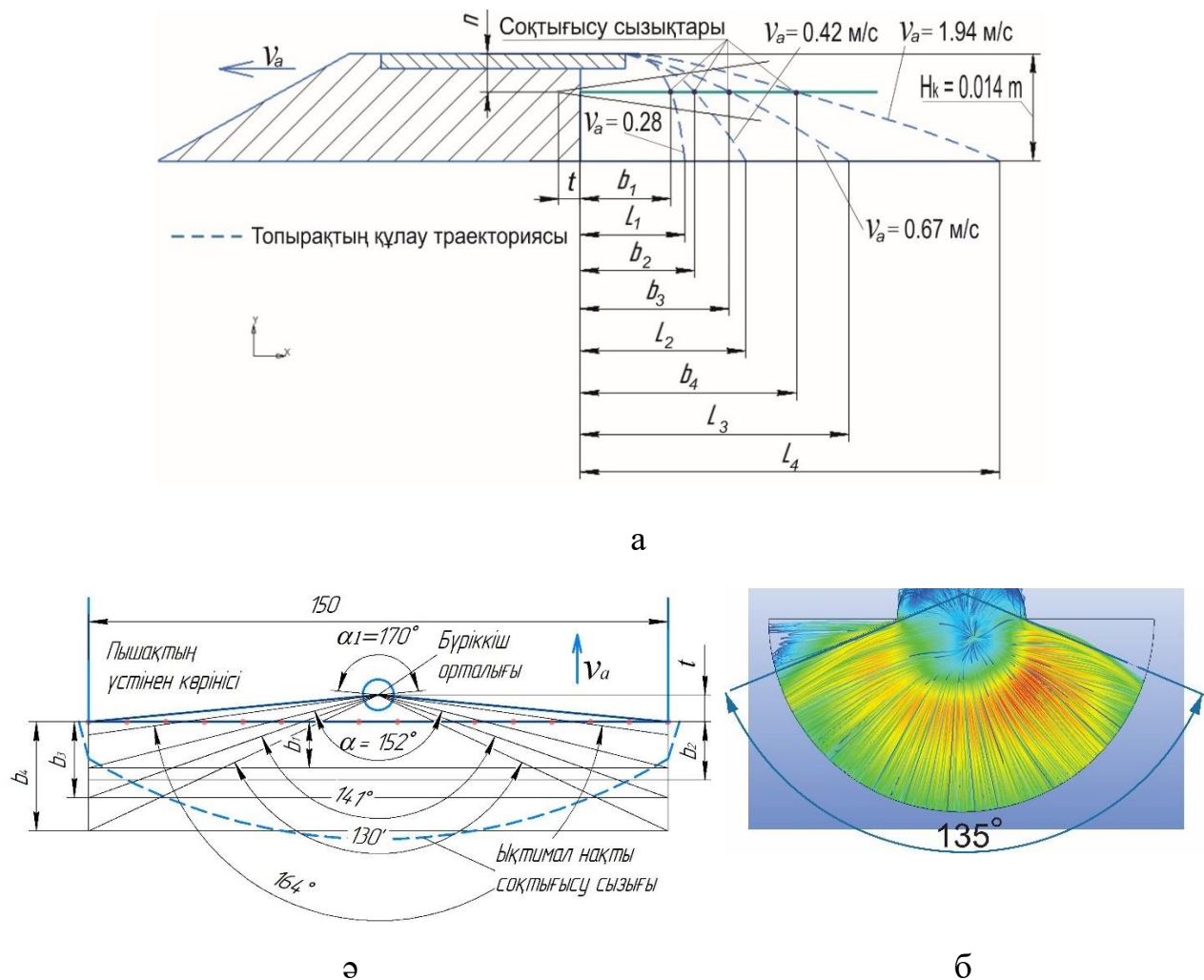
4.34-сурет. Пышақтың жылдамдығы 2,4 км/сағ (а) және 7 км/сағ (ә) болғандағы топырақтың құлау траекториясы

Жылдамдық артқан сайын топырақ түйіршіктері траекториясы парабола сызық түрінен тік сызық түріне ауыса бастайды. Алынған нәтижелер бойынша түрлі жылдамдықпен қозғалған пышақ ізіндегі қалыптасқан қуыс кеңістік табанының ені 4.15-кестеде берілген. Кестеден көрініп тұрғандай алғашқы үш жылдамдықта визуал өлшенген жүріп өткен жол мәні мен есептік мән дерлік сәйкес келеді. Жылдамдық артқан жағдайда бұл сәйкестік бұзылады.

4.15-кесте. Түрлі жылдамдықпен қозғалған пышақ ізінде қалыптасатын қуыс кеңістік өлшемдері

Параметрлер	Мәндері			
Пышақтың жылдамдығы, м/с	0,28	0,42	0,67	1,94
Пышақтың есептік жүріп өткен жолы, мм	14,85	22,27	35,63	103,93
Пышақтың визуал өлшенген жүріп өткен жол мәні, мм	8–15	18–22	30–40	45–56
<i>b</i> -ның орташа мәні, мм	12	15	20	28

Жұмыс нәтижесі бойынша 4.35а және ә-суреттегідей сызба жасалып, ол оңтайландыру (4.35б-сурет) нәтижелерімен салыстырылады және бүріккіштің жарамдылығы бағаланды.



4.35-сурет. Қажетті бүрку бұрышын анықтау (а) және оңтайландырылған бүріккіштен алынған бүрку бұрышы (ә)

Сызба бүрку бұрышы мен агрегаттың жылдамдығы арасындағы байланысты нақтылайды. Көрініп тұрғандай, мысалы b_2 және L_2 өлшемдерге қатысты 2,4–3 км/сағ жылдамдық тиімді минимал жылдамдық саналады. Бұл кезде бүрку бұрышы $140\text{--}152^\circ$ болған бүріккіш параметрлері немесе осы бұрышты қамтамасыз ететін беру жылдамдығы таңдалады. Жылдамдық бұдан артқан сайын сұйықтық бөлшектерімен топырақ бөлшектерінің өзара араласу күйі жақсара түседі. Жылдамдық 4–3 км/сағ-тан артқан кезде $130^\circ\text{--}140^\circ$ бүрку бұрышы да жеткілікті болады және осы бұрышты қалыптастыратын параметрлер ұсынылады.

(2.103) формуламен есептейтін болсақ топырақ бөлшектерінің 14 мм биіктіктен жерге түсу жылдамдығы 0,5238 м/с, агрегаттың максимал қозғалыс жылдамдығы 3–4 м/с, ал диаметрі 1,6 мм болған бүріккіштен шығатын сұйықтың (су) жылдамдығы төмен 0.045 МПа қысымда 6 м/с құрайды. Бұл диаметрде шамамен 4 м/с жылдамдықпен шыққанның өзінде бүрку үлдір тәрізді шашырап шығады. Пышақ қозғалысы мен сұйықтықтың бүрку жылдамдығының айырмасы кем

дегенде 2 м/с-ті құрайды. Бұл топырақтың түсу жылдамдығынан 3–4 есе жоғары. Демек ұсынылған бүрку диаметрі мен жылдамдығы, пышақтың құрылымдық өлшемдері, бүрку бұрышы зерттелген пышақты қолдана отырып қажетті ылғалданған жолақты алуға мүмкіндік береді деген сөз. Беру жылдамдығы жоғары болса, тіптен тиімді. Эксперименттер көрсеткендей бүркуде шығу жылдамдығы d_1 және s параметрлерге қатысты 30 м/с-тен де артуы мүмкін.

Қорыта айтқанда эксперимент нәтижесі бойынша ылғалдылығы 0,7–1,1%, орташа тығыздығы 1300–1400 кг/м³, орташа қаттылығы 7–14 кг/см² болған топырақта эксперименттік пышақтың 1,0 км/сағ, 1,5 км/сағ, 2,4 км/сағ жылдамдықпен қозғалысы кезінде пышақ артына құлаған топырақ траекториясы табанының орташа мөндері сәйкесінше 8–15 мм, 18–22 мм, 30–40 мм болды және теориялық мәнмен ауытқу төмен (5–6%) дәрежеде болды. 7 км/сағ жылдамдықпен қозғалу кезінде есептік мән 103,93 мм, ал өлшемді мән 45–56 мм құрады. Проекциялау және сәйкестендіру жолымен анықталған сұйықтық пен топырақ бөлшектерінің қақтығысу сызығы тереңдігі (b) жылдамдыққа қатысты сәйкесінше ≈ 12 мм, ≈ 15 мм, ≈ 20 мм, ≈ 28 мм болды. Бұл өз кезегінде қажетті ылғалданған жолақ енін алу үшін жеткілікті болатын бүрку бұрышының (130°–164°) және пышақ ұзындығының максимал шегін анықтауға мүмкіндік берді.

4.12 Бүрку сапасы бойынша далалық эксперименттер нәтижелері

Эксперимент кезінде $h = 0,4$ мм, $d_1 = 1$ мм, $s = 0,2$ мм; $h = 0,5$ мм, $d_1 = 1,2$ мм, $s = 0,2$ мм; $h = 0,7$ мм, $d_1 = 1,6$ мм, $s = r$ үлгілер бойынша бүріккіштер (әр үлгіде 10 бүріккіштен) қолданылды. Эксперимент нәтижесі бойынша бүріккіштердің қолдануға жарамдылығы анықталды. Ол үшін бүріккіш орнатылған жұмыс органымен жүріп өткен соң агрегатты тоқтатып, топырақтың құрылымы, пышақтың бүрку сапасы, сол деңгейдегі топырақтың түсі қайта тексерілді. Жүйедегі қысым 2,6–2,8 МПа.

4.36-суретте өңделгеннен кейінгі топырақ құрылымы көрсетілген. Онда кесекті және ірі түйіршікті топырақ басым, түйіршіктер фракциялары да әртүрлі. Сондықтан және агрегат жылдамдығы жоғары болғандықтан мұнда лабораториялық эксперименттегі сияқты (құрылымсыз топырақ) қалың ылғалданған жолақ пайда болмайды.



4.36-сурет. Өңделгеннен кейінгі топырақ құрылымы

Құрылымсыз топырақта ылғалданған (сұйық сіңірген) жолақтың қалыңдығы агрегат жылдамдығы артқан сайын жұқаратыны сөзсіз. Далалық эксперименттерде жырту кезінде пайда болатын кесектердің орташа өлшемі 2–20 мм. Бұл өз кезегінде топырақтың қуыстығының артуына алып келеді. Бұл бүріккіштен шашыраған сұйықтықтың пышақ үстінен ағып түскен кесектер арасын-

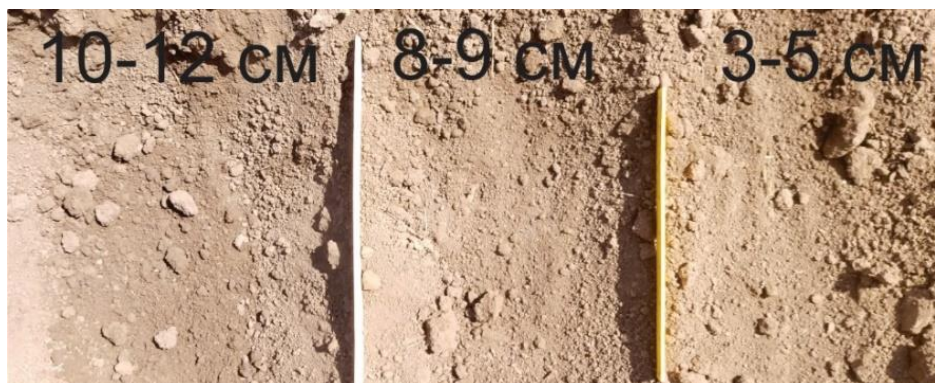
дағы қуыстармен таралуына және топырақ астында қалуына себеп болады. Пышақ үстінен ағып түсетін кесектердің өлшемі, пішіні, жылдамдығы, құрылымы әртүрлі болғандықтан қалыптасатын қуыстардың өлшемдері циклі әртүрлі болады. Әрине сұйықтықтың біраз бөлігі қуысқа емес, кесектердің өзіне де соқтығысу сөзсіз. Бұл жағдайда тікелей кесекке сіңу үдерісі жүреді, дегенмен ол кесектің құрылымы мен қаттылығына байланысты баяу жүруі мүмкін. Көп жағдайда сұйықтықтың кесек бетіне жағылуы жүреді. Бұл жағдай СМТ үшін қолайлы.

Жүріп келіп тоқтағаннан соң пышақтың ізін аршып сұйықтың ағуын, тесіктің тығылып қалу қаупінің бар-жоқтығы тексерілді (Қосымша F, 10-сурет). 4.37a-суретте ағын тоқтап тұрған жағдайы, ал 4.37ә-суретте аршыған соң ағынды қайта қосқанда сұйықтың қалыпты бүркіп тұрғаны көрсетілген. 4.37ә-суреттен ағын өте жұқа үлдір түрінде күшті ағынмен шашырап жатыр. Жүйедегі қысым 0,28 МПа. Бұл жағдайда агрегат тіпті 2 км/сағ жылдамдықпен қозғалғанда да бүрку ылғал жолақ қалдырмайды, яғни минерал тыңайтқыш өте ұсақ қалыңдықты үлдір немесе тамшылармен құрылымды топырақ қуыстарына жайғасады.



4.37-сурет. Агрегатты тоқтатып пышақтың артын аршып сұйықтың ағуын тексеру ($d_1 = 1$ мм)

Жұмыстың сапасы сонымен қатар агрегат жүріп өткен соң сұйықтық бүркілген дейгейді қазып көру және топырақ түсінің өзгерісін жоғары деңгейлермен салыстыру арқылы жүргізілді. 4.38-суретте пышақ 10–12 см тереңдікте қозғалып, бүркіп өткен топырақтың түс өзгерісі көрсетілген.



4.38-сурет. Бүркілген деңгейдегі топырақ түсінің өзгерісін жоғары деңгейдегі топырақ түсімен салыстыру

4.38-суреттен көрініп тұрғандай 10–12 см, яғни бүріккіш пышақ жүріп өткен деңгейде ылғал басым екендігі топырақ түсінен білініп тұр. $h = 0,4$ мм, $d_1 = 1$ мм, $s = 0,2$ мм үлгіде бүрку тамшылардың аса ұсақ болатыны анықталды. Реңктік салыстыру жүргізілгенде 3–5 см тереңдікте RGB көрсеткіштері 232-201-174 болса, 10–12 см тереңдікте 141-109-94 болды.

Құрылымды топырақтар үшін өңделмеген жолақты болдырмау үшін екі бүйірлес пышақ арасындағы қашықтық 20–35 мм таңдау ұсынылады.

Бөлім бойынша қорытынды

Жалпы эксперимент нәтижелері және теориялық талдаулар негізінде топырақ өңдеуші пышақтың тиімді ұзындығы 150 мм, биіктігі 14 мм және тиімді кесу жиегінің бұрышы 27° – 35° ұсынылады және осы параметрлермен орташа тарту кедергісі 0,22–0,47 кН аралығында болды. Пышақпен бірге алғанда жұмыс органының 5 км/сағ жылдамдық кезіндегі және 25 см тереңдіктегі тарту кедергісі 2,39 кН, ал 8 км/сағ жылдамдық кезіндегі тарту кедергісі 4,36 кН шамасында болды. Тың жердегі тарту күші біраз жоғары, 4,73 кН.

Тарту күшін азайту үшін келесілер ұсынылады: кесу бұрышы $\alpha = 16^\circ$ – 20° , құралдың жұмыс ені $b = 0,40$ – $0,45$, мен жұмыс тереңдігі $h = 0,25$ – $0,35$ мм кезінде жұмыс құралының қозғалу жылдамдығы $v = 1,8$ – $2,0$ м/с.

СМТ-ны топырақ астына бүрку амалын орындауға арналған жалпақ бүріккіш саптаманың технологиялық сұлбасы, 3D моделі жасалды және лабораториялық, далалық эксперименттер кезінде қолдануға жарамдылығы дәлелденді. s параметрдің көмегімен бүрку жылдамдығын және бүрку бұрышын реттеуге болатыны анықталды және $s = 0$ – $0,2$ мм аралығында бүрку бұрышы 140° – 175° аралығында қалыптасатыны белгілі болды. h параметрдің бүрку сапасына салыстырмалы түрде әсері болмайтыны және бірінші кезекте h_d туынды шаманың әсері жоғары болатыны, әрі бұл шама h параметрдің шегін анықтап беретіні дәлелденді. ЕСД талдау және эксперименттер кезінде $h_d = 0,11$ – $0,14$ мм, ал тиімді $h = 0,4$ – $0,5$ мм аралығында тиімді болатыны анықталды. α_1 – бағыттаушы қабырға бұрышы бірқалыптылыққа оңды әсер бермейтіні белгілі болды. Ауысу терезесіндегі доға ұзындығын есептеуге ұсынылған формуламен есептелген доға ұзындықтары мен графикалық жолмен сәйкестендіру (КОМПАС-3D) әдісінде анықталған мәндер арасындағы ауытқу 0–2%, ал Statistica бағдарламасы көмегімен табылған теңдеу бойынша анықталған мәндер арасындағы ауытқу 0–3% құрады. Эксперимент нәтижесі бойынша құрылымсыз топырақта пышақтың 1,0 км/сағ, 1,5 км/сағ, 2,4 км/сағ жылдамдықпен қозғалысы кезінде пышақ артына құлаған топырақ сызығының табанының орташа мәндері сәйкесінше 8–15 мм, 18–22 мм, 30–40 мм болды және теориялық мәнмен ауытқу төмен (5–6%) дәрежеде болды. Ал 7 км/сағ жылдамдықпен қозғалу кезінде есептік мән 103,93 мм болғанымен, ал өлшенді мән шамамен 45–56 мм болды. Осы деректер негізінде шектік бүрку бұрыштары анықталады. Бұл мәндер, бүріккішті ЕСД көмегімен модельдеу және оңтайландырудан, сонымен қатар бүріккіштерді эксперименттік (4.18, 4.19-суреттер) тексеруден алынған бұрыш мәндері 2.5, 2.6, 2.7-кестедегі бұрыштық мәндермен сәйкестендірілді және ұсынылған бүріккіш параметрлерінің жарам-

дылығы нақтыланды. 2.6, және 2.7-кестедегі бұрыштық мәндер $\pm 10^\circ$ ауытқумен агрегаттың қажетті жылдамдығы, қажетті беру мөлшеріне сай бүріккіш диаметрі, қажет s -тің мәні мен беру жылдамдығын (қысымды) таңдауға қолданылуы мүмкін. Бүрку бұрышы және b параметр пышақ ұзындығының максимал шегін болжауға мүмкіндік береді. Аталғандар тереңқопсытқышты өндіріс үдерісінде және СМТ беру кезінде қажетті бүріктісті таңдау кезінде қажет болуы мүмкін.

5 ЖҰМЫС ОРГАНЫН ҚОЛДАНУДЫҢ ЭКОНОМИКАЛЫҚ ТИІМДІЛІГІ

5.1 СМТ-ны топырақ астына енгізуге арналған жұмыс органы орнатылған тереңқопсытқышты өндіру шығындарын анықтау

Ұсынылған жұмыс органының экономикалық тиімділігін бағалау мақсатында жұмыс ені 7,6 мм болатын РУЧ-7,6 тереңқопсытқышы және оның СМТ-ны топыраққа астарлай енгізуге жаңғыртылған нұсқасы қолданылды. Чизельді параплау типті соқалар саны 18 дана. Орнатылған бүріккіш элементтер саны 36 дана.

Тереңқопсытқыштың дайындау және құрастыру шығыны (III) келесі негізгі шығындар жиынынан тұрады:

- III_{κ} – негізгі қаңқалық тетіктер мен қаңқаны дайындау шығындары, тенге.
- $III_{\kappa\theta}$ – жұмыс органы элементтерін және жұмыс органын дайындау шығыны, тенге.
- III_c – сұйықтықпен қамту жүйесін құрастыру шығыны, тенге.
- III_m – жалпы құрастыру-монтаждау шығындары, тенге.

$$III = III_{\kappa} + III_{\kappa\theta} + III_c + III_m \quad (5.1)$$

Негізгі қаңқалық тетіктер мен қаңқаны дайындау шығындары келесі формуламен анықталады:

$$III_{\kappa} = III_{\kappa m} + III_{\kappa\theta} + III_{\kappa\theta\kappa} \quad (5.2)$$

мұнда, $III_{\kappa m}$ – негізгі құрылымның материалдар құны (5.1-кесте), тенге;

$III_{\kappa\theta}$ – негізгі қаңқалық тетіктер мен қаңқаны дайындау немесе өндірістік шығындар, тенге;

$III_{\kappa\theta\kappa}$ – өндіріске қатысушы жұмысшылардың жалақысы, тенге.

5.1-кесте. Базалық, қаңқалық құрылымның материалдық шығыны, тенге

Атауы	Жалпы материал шығыны, тонна	Материалдар бағасы, тенге
Қаңқасы	0,883	408259,9
Алдыңғы тартқыш құрылғысы	0,25	110433,22
Артқы доңғалақ жиынтығы	0,17	63165,60
Алдыңғы доңғалақ жиынтығы	0,15	60670,16
Барлығы	1,4533	642528,9

Өз кезегінде жұмысшылардың жалақысы келесі формуламен анықталады:

$$III_{\kappa\theta\kappa} = t_{\partial aii} \cdot C_{ca\theta} \cdot K_{\kappa\theta\kappa} \cdot Q_{mat} \quad (5.3)$$

мұнда, $t_{\partial aii}$ бұйымдарды дайындау және құрастыру бойынша жұмыссыздылығы, $t_{\partial aii} = 2$ адам.сағ/кг. Жұмыс сыйымдылығын 1 кг өңделген бұйым есебінен ірілендірілген нормативтер бойынша аламыз. $C_{ca\theta}$ – жұмысшы жалақысының та-

рифтік ставкасы, $C_{сағ} = 400$ тенге/адам.сағат. $K_{қос} = 1,4$ – жалақыға қосымшалар мен үстемелер, $Q_{мат}$ – өндіріс үдерісінде өңделген материалдар, кг.
Сонда, $Ш_{қжс} = 2 \cdot 400 \cdot 1,4 \cdot 1453,3 = 1627750,1$ тенге.

Жалпы өндірістік шығындар келесі формуламен есептелінді:

$$Ш_{қө} = Q_{мат} \cdot K_{өм} \quad (5.4)$$

мұнда, $K_{өм}$ – өңделген 1 кг бұйымдар құны, 220 тенге.

$$Ш_{қө} = 1453,3 \cdot 220 = 319\,736,6 \text{ тенге}$$

Сонда, $Ш_{қ} = 642528,9 + 259\,0015,7 + 319\,736,6 = 2590015,7$ тенге.

Осы негізде жұмыс органы элементтерін және жұмыс органы дайындау шығыны, $Ш_{жс}$ есептелді. Мұнда $t_{дай} = 3,5$ адам.сағ/кг, ал, $C_{сағ} = 550$ тенге/адам.сағ. $K_{өм}$ – өңделген 1 кг бұйымдар құны, 350 тенге болды.

Материалдар құны – 898811,7 тенге.

Сонда жұмысшылар жалақысы келесідей анықталады:

$$Ш_{жжс} = t_{дай} \cdot C_{сағ} \cdot K_{қос} \cdot Q_{мат} \quad (5.5)$$

Ал, жұмыс органы элементтерін және жұмыс органын дайындау шығыны:

$$Ш_{жс} = Ш_{жсм} + Ш_{жсө} + Ш_{жжс} \quad (5.6)$$

Жұмысшылар жалақысы:

$$Ш_{жжс} = 3,5 \cdot 550 \cdot 1,4 \cdot 1273,9 = 3433200,76 \text{ тенге.}$$

Ал, өндірістік шығындар,

$$Ш_{жсө} = 1273,92 \cdot 350 = 445\,870,2 \text{ тенге.}$$

$$Ш_{ж} = 898811,7 + 445\,870,2 + 3433200,76 = 4\,777\,882,7 \text{ тенге.}$$

Жалпы тереңқопсытқышта құрастыру-монтаждау құны келесі формуламен анықталады:

$$Ш_{мм} = t_{дай} \cdot C_{сағ} \cdot K_{қос} \cdot Q_{мат} \quad (5.7)$$

Мұнда, $t_{дай} = 2$ адам.сағ/кг, ал, $C_{сағ} = 120$ тенге/адам.сағ. $Q_{мат}$ жалпы материалдар шығынының қосындасы болып табылады, 2727,26 кг.

$$Ш_{м} = 2 \cdot 120 \cdot 1,4 \cdot 2727,26 = 916\,360,4 \text{ тенге.}$$

Сұйықтықпен қамту және тарату жүйесі дерлік сатып алынатын бұйымдардан тұратынды және оны құрастыру шығыны келесі формуламен анықталады:

$$Ш_{с} = Ш_{см} + (0,2 \cdot Ш_{см}) \quad (5.8)$$

мұнда, $Ш_{см}$ – сұйықтықпен қамту және тарату жүйесі қажетті құрылғылар мен материалдардың құны. Оны құрастыру құны материалдар құнының 20% на тең. $Ш_{см} = 1\,454\,948,29$ тенге. Сонда анықталған $Ш_{с} = 1\,745\,937,9$ тенге.

Сонымен тереңқопсытқыштың дайындау және құрастыру шығыны келесідей болады:

$$Ш = 2590015,7 + 4777882,7 + 916360,4 + 1745937,9 = 10030196,7 \text{ теңге.}$$

Модельденген сұйықтық бүріккіштер пластмассада жасалынады және ол жергілікті өндіруге қолайлы. Өндіру бағасы орташа 1500–2000 тг (2023 жыл) шамасында болып шет елдік нұсқалардан арзын. Шет елде өндірілетін бүріккіштер құрылымдық тұрғыдан бірнеше тетіктен тұрады және бағасы қымбат.

5.2 Ұсынылған жұмыс органын қолданудың экономикалық тиімділігін негіздеу

Сұйық минерал тыңайтқышты топырақ ішіне енгізуге арналған жұмысшы органымен жабдықталған тереңқопсытқышты қолданудың экономикалық тиімділігін зертханалық-танаптық сынауларының нәтижелеріне сүйене отырып шығарылды.

Экономикалық тиімділікті есептеуде ГОСТ 53056-2008, ГОСТ 34393-2018, [48, 104 б., 40, 135 б.] әдістемеліктер қолданылды. Бір сағаттағы таза жұмыс уақытының өнімділігі:

$$W_C = 0,1 B_{жс} \cdot V_{жс}, \quad (5.9)$$

мұнда, $B_{жс}$ – жұмыс жылдамдығы – 8 км/сағ;

$V_{жс}$ – тереңқопсытқыштың жұмыс алымы ені – 7,6 м.

$$W_C = 0,1 \cdot 7,6 \cdot 8 = 6,08 \text{ га/сағ.}$$

Ауысым уақытының бір сағатындағы өнімділігі:

$$W_{см} = W_C \cdot K_{пж}, \quad (5.10)$$

мұнда, $K_{пж}$ – енгізу кезіндегі жұмыс уақытын пайдалану коэффициенті, $K_{пж} = 0,8$

$$W_{см} = 6,08 \cdot 0,8 = 4,864 \text{ га/сағ.}$$

Тереңқопсытқыштың жылдық өнімділігі:

$$W_r = W_{см} \cdot T, \quad (5.11)$$

мұнда, T – күздік терең өңдеу жұмыстар көлемінде жылдық сағаттық жүктеме, $T = 140$ сағ.

$$W_r = 4,864 \cdot 140 = 680,96 \text{ га}$$

Енді тікелей пайдалану шығындарын анықтаймыз:

$$И = З + Г + Р + А + Х \quad (5.12)$$

мұнда, $З$ – қызмет көрсетуші тұлғаның еңбек ақысы;

$Г$ – жанар-жағармай материалдары шығын;

$Р$ – ағымдағы жөндеу мен техникалық күтімге жұмсалатын шығындар;

$А$ – амортизациялық бөліністер;

$Х$ – сақтау шығындары.

Қызмет көрсетуші тұлғаның еңбек ақысы төмендегі формуламен анықталады:

$$З = \frac{1}{W_{CM}} Л\tau K_3 \quad (5.13)$$

мұнда, L – әрбір i -ші тарифттік разрядтағы қызмет көрсетушінің саны;

τ – i -ші разрядтың сағаттық тарифттік бөлімі, $\tau = 810$ тг/сағ;

K_3 – жоспарды орындауға байланысты еңбек ақыны есептеудегі үстеме коэффициенті, механикаландырылған жұмыс үшін $K_3 = 1,97$.

$$З = \frac{1 \cdot 810 \cdot 1,4}{4,864} = 328 \text{ тг/га}$$

РУЧ-7,6 үшін жанар-жағармай материалдарының шығыны келесі формуламен есептелді:

$$\Gamma = q_{ж} Ц_{ж} K_{ж} \quad (5.14)$$

$q_{ж}$ – жанармайдың меншікті шығыны, 13 л/га тең.

$Ц_{ж}$ – жанармайдың жиынтық құны, $Ц_{ж} = 295$ тг/л.

$K_{ж}$ – жанармай шығынына қатысты майлау материалдарын есептеу коэффициенті, $K_{ж} = 1,05$. Сонда:

$$\Gamma = 13 \cdot 295 \cdot 1,05 = 4026,75 \text{ тг/га.}$$

Тарту кедергісі жанармай шығынына кері әсер ететіні белгілі [134, 135]. Сондықтан модельдеу кезінде топырақ өңдеу пышақтарының кедергісі барынша төмен болуы көзделген. Ұсынылған тереңқопсытқышта қосымша пышақтарды орнату бойынша жанармай шығына әсер ету коэффициенті келесідей анықталды:

$$K = \frac{F_1}{nF_2} \quad (5.15)$$

мұнда, F_1 және F_2 пышақпен және пышақсыз жағдайдағы тарту кедергісі. n – пышақтар саны. Екі жағдайдағы тарту кедергісінің өзара қатынасы 1,2–1,5 болады. $K = 0,041$.

$q_{ж}$ – жанармайдың меншікті шығыны келесі тәртіппен артады: $q_{ж} + (Kq_{ж}) = 13,54$. Сонда ұсынылған тереңқопсытқыш үшін $q_{ж}$ – жанармайдың меншікті шығыны, 13,54 л/га тең. Ал жанар-жағармай материалдарының шығыны келесідей болады:

$$\Gamma = 13,54 \cdot 295 \cdot 1,05 = 4194,5 \text{ тг/га.}$$

Амортизациялық бөліністер келесідей анықталды:

$$A = \frac{B \cdot a}{100 \cdot W_{CM} \cdot T} \quad (5.16)$$

мұнда B – техникалық құралдың құны. Ұсынылған тереңқопсытқыш үшін ол 10 030 196,79 тг. РУЧ-7,6 тереңқопсытқышының құны – 7 120 500 тг. a – амортизациялық бөліністер коэффициенті, ұсынылған тереңқопсытқыш және РУЧ-7,6 үшін $a = 14,2\%$.

РУЧ-7,6 үшін амортизациялық бөліністер келесідей:

$$A_p = \frac{7\,120\,500 \cdot 14,2}{100 \cdot 4,864 \cdot 240} = 1484,8 \text{ тг/га.}$$

Сонда, ұсынылған тереңқопсытқыш үшін:

$$A_T = \frac{10\,030\,196,7 \cdot 14,2}{100 \cdot 4,864 \cdot 240} = 2091 \text{ тг/га.}$$

Сонда амортизациялық бөліністер РУЧ-7,6 үшін – 1484,8 тг/га ал, ұсынылған тереңқопсытқыш үшін – 2091 тг/га болады.

Ағымды жөндеуге және техникалық күтімдер шығыны:

$$P = \frac{B \cdot K_p}{100 \cdot W_{cm} \cdot T} \quad (5.17)$$

мұнда K_p – ағымдық жөндеу және техникалық күтімге бөлінетін шығындар коэффициенті. РУЧ-7,6 және ұсынылған тереңқопсытқыш үшін $K_p = 16$. Сонда, ағымдық жөндеу және техникалық күтімге бөлінетін шығындар жаңғыртылған техника үшін сәйкесінше 2356,7 тг/га болды, ал РУЧ-7,6 үшін – 1673 тг/га болады.

Сақтау шығындары формула бойынша анықталады:

$$P = \frac{B \cdot X}{100 \cdot W_{cm} \cdot T} \quad (5.18)$$

мұнда, X – сақтау шығындарына ажыратылатан еселік. $X = 2,12\%$

РУЧ-7,6 үшін сақтау шығындары 221,6 тг/га, ал ұсынылған тереңқопсытқыш үшін 312,2 тг/га.

Енді барлық тікелей пайдалану шығындарды анықтаймыз.

РУЧ-7,6 үшін: $I_p = 328 + 4026,75 + 1484,8 + 2356,7 + 221,6 = 7734,4$ тг/га.

Ұсынылған тереңқопсытқыш: $I_T = 328 + 4194 + 2091 + 1673 + 312,2 = 9283,2$ тг/га.

Меншікті капитал салымдарын анықтайық:

$$M_c = \frac{B}{W_r} \quad (5.19)$$

РУЧ-7,6 үшін:

$$M_{cp} = \frac{7\,120\,500}{680,96} = 10456,5 \text{ тг/га}$$

Ұсынылған тереңқопсытқыш үшін:

$$M_{cy} = \frac{10\,030\,196,79}{680,96} = 14729,4 \text{ тг/га}$$

Өндірістік-далалық қолдану тәжірибелерде ұсынылған тереңқопсытқыш жұмысынан кейін өнім алдындыдан гектарына 2,7 ц-ге артық өсім беретіні анықталды. Аталған өсім қазірде орташа бидай бағасы 85 тг/кг (2023 жыл, орташа) деп есептегенде 15 628 032 тенге артық табыс беретінін білуге болады. Сонымен қатар ғылыми жұмыстардан алынған деректерден белгілі болғандай СМТ енгізу өнімнің түсімін 10–15% арттырады. Түсім 10 пайызға артқанның өзінде, 680,96 гектер алқаптан түсетін артық өнім 74 905,6 кг құрап, алынатын артық табыс 6 366 976 тенгені құрайды. Сонда барлық көрнекі артық табыс 21 995 008 тг болады. Мұны жылдық экономикалық тиімділік ретінде бағалауға болады. Жылдық экономикалық тиімділікті есептік жағдаймен нақтылаймыз. Жұмыстың бір гектарына жаңғыртудан келетін экономикалық тиімділікті анықтаймыз:

$$\mathcal{E} = [I_p - I_y + E(M_{cp} - M_{cp}) + B_6 \cdot \Delta\theta] \quad (5.20)$$

мұнда, B_6 – бидайдың центнерінің құны, ц/га, тг, $\Delta\theta$ – алынған өнімділіктің өсімі, біздің жағдайда ол 3,8 ц/га тең. Бастапқы орташа өнімділік 11,2 ц/га. E_n – ауыл шаруашылығы техникасы үшін капитал салымдарының тиімділігінің нормативтік коэффициенті, $E_n = 0,15$. Бидайдың центнерінің құны – 8500 тг шамасында.

Анықтаймыз:

$$\mathcal{E} = [7734,4 - 9283,2 + 0,15(10456 - 14729) + 8500 \cdot 3,8] = 30110,3 \text{ тг/га}$$

Енді жылдық экономикалық тиімділікті есептейміз:

$$\mathcal{E}_ж = \mathcal{E} \cdot W_T \quad (5.21)$$

$$\mathcal{E}_ж = 30110,3 \cdot 680,96 = 20\,503\,887,16 \text{ тг.}$$

Ұсынылатын тереңқопсытқыш қаражатының өтелу мерзімі:

$$T_\theta = \frac{B}{\mathcal{E}_ж} \quad (5.22)$$

Сонда,

$$T_\theta = \frac{10\,030\,196,7}{20\,503\,887,16} = 0,49 \text{ жыл.}$$

Жанармай материалдары қаражаты, амортизациялық бөліністер, ағымдық жөндеу жұмыстары қаражаты сияқты көрсеткіштердің әрбірінің өзгеру индексі төмендегі формуламен есептелді және пайыздық шамамен өрнектеледі:

$$C = \frac{\Gamma_k - \Gamma_{ж}}{\Gamma_k} 100\% \quad (5.23)$$

Мысалы мұнда, Γ_k , $\Gamma_{ж}$ – қолданыстағы және жаңғыртылған техникалардың жанармай шығыны көрсеткіштері.

5.2-кестеде қаржылық салымдар мен экономикалық тиімділік көрсеткіштері ұсынылған. Кестеден көрініп тұрғандай жаңғыртылған техниканы қолдану шығындары біраз жоғары, бірақ бұл шығындар және техниканы әзірлеуге кететін қаржылық салымдар енгізу арқылы келетін артық табыс негізінде бір маусымда

өтеледі. Айта кету керек мұнда СМТ-ны үнемдеуден келетін пайда көрсетілмеген.

5.2-кесте. Қаржылық салымдар мен экономикалық тиімділік

Көрсеткіштердің атауы	Салыстырылатын техникалар бойынша көрсеткіштердің мәндері		Көрсеткіштердің өзгеру индексі, %
	Қолданыстағы техника	Жаңғыртылған техника	
Тікелей қолдану шығындары			
Жылдық есептік жұмыс жүктемесі, га	680,96	680,96	
Жұмысшының жалақысы, тг/га	328	328	
Жанар май және майлау материалдары қаражаты, тг/га	4026,75	4194,5 тг	-4,17%
Амортизациялық бөліністер, тг/га	1484,8	2091,5	-4,17%
Ағымдық жөндеу жұмыстары қаражаты, тг/га	1673	2356,7	-40,87%
Сақтау шығындары, тг/га	221,6	312,2	-40,88%
Барлығы, тг/га	7734,4	9283,2	-20,02%
Қаржылық салымдар			
Техникалардың құны, тг	7 120 500	10 030 196,8	
Қаржылық салымдар: -оның ішінде, жұмыс органы жиынын қайта дайындау және құрастыру шығындары, тг		4 777 882,7	
-оның ішінде Гидрожүйе құралдарын орнату бойынша жаңғырту шығындары, тг		1 745 937,9	
Меншікті капитал салымдары, тг	10456	14729	-40,87%
Экономикалық тиімділік көрсеткіштері			
Ұсынылған тереңқопсытқышты қолдану барысындағы алынған артық өнім, тг		20 503 887,16	
Жылдық экономикалық тиімділік, тг/га		30110,3	
Салынған қаржының өтелу мерзімі, жыл		0,49	

Қорыта айтқанда, ұсынылған сұйық минерал тыңайтқышты топырақ ішіне енгізуге арналған жұмысшы органымен жабдықталған тереңқопсытқыш экономикалық тұрғыдан тиімді. Бір техниканы өндіру және қолданысқа енгізу қаражаты орта есеппен 10 млн тг. Есептелген жылдық экономикалық тиімділік – 30110,3 тг/га. Салынған қаржының өтелу мерзімі – 0,49 жылды құрайды.

ҚОРЫТЫНДЫ

1. Минерал тыңайтқышты сұйық түрінде топыраққа астарлай беру экологиялық және экономикалық тұрғыдан тиімді. СМТ тасымалдауға, сақтауға және дәл мөлшерлеуге қолайлы, топыраққа сіңу, таралу және тамырға ену үдерісі тез жүреді, булану, ұшу арқылы артық шығындар болмайды. СМТ құрамындағы су мөлшерін реттеу арқылы да минералдардың қажетті мөлшеріне қол жеткізуге болады, қазіргі уақыттағы қарашірік қабатының сарқылу мәселесіне түбегелейлі оң әсер етеді және ылғалдандыру мәселесін де шешеді. СМТ беру нәтижесінде астық түрлеріне байланысты өнімділік кем дегенде 10–20%-дейін артады және өнім сортын жақсартады.

2. Сұйық минерал тыңайтқышты топыраққа астарлай енгізуге әрі топырақты терең өңдеуге арналған жұмыс органының құрылымдық-технологиялық сұлбасы ұсынылды. Жұмыс органының негізгі элементтері параплау типті чизельді соқа және көлденең орнатылатын топырақ өңдеуші пышақ. Параплау типті соқа топырақ қабатын аудармастан терең қопсыту мүмкіндігіне ие болып, аталған топырақ қабатының нығыздалып қалу мәселесін шешеді және терең өңдеу нәтижесінде СМТ енгізілмегеннің өзінде өнім гектарына 2–3 центнер артаыны анықталды. Пышақпен бірге алғанда жұмыс органының 5 км/сағ жылдамдық кезіндегі және 25 см тереңдіктегі тарту кедергісі 2,39 кН, ал 8 км/сағ жылдамдық кезіндегі тарту кедергісі 4,36 кН шамасында болды. Тың жердегі тарту күші біраз жоғары, 4,73 кН. Тарту күшін азайту үшін келесілер ұсынылады:

- кесу бұрышы $\alpha = 16 - 20^\circ$.
- құралдың жұмыс ені $b = 0.40 - 0.45$, мен жұмыс тереңдігі $h = 0.25 - 0.35$ мм кезінде жұмыс құралының қозғалу жылдамдығы $v = 1,8 - 2,0$ м/с.

Ұсынылғын жұмыс органы орнатылған тереңқопсытқыш СМТ берумен бірге, күзде – сүдігері жырту және ерте көктемде топырақ өңдеу операцияларында қолданылады.

3. Топырақты терең өңдеу және СМТ-ны топырақ астына беруші бүріккіштің жұмысын қолдау мақсатында көлденең орнатылатын пышақтың құрылымы барынша тарту кедергісі төмен болатындай етіп модельденді. Топырақ өңдеуші пышақтың тиімді ұзындығы 150 мм, биіктігі 14 мм, тиімді кесу жиегінің бұрышы $27^\circ - 35^\circ$ және осы параметрлермен 10–25 см тереңдікте орташа тарту кедергісі 0,22–0,47 кН аралығында болды. Топырақ өңдеуші пышақ үш, екі және бір деңгейлі етіп орнатылуы мүмкін әрі тыңайтқышты деңгейлеп беру технологиясына да қолданымды. Пышақтың орнату бұрышын арттыру немесе қақпағының шығыңқы бөлігінің ұзарту арқылы қуыс кеңістікті ұлғайтуға болады. Пышақтың анықталған құрылымдық-орнату өлшемдері: $n = 5$ мм, $t = 8$ мм, $\alpha_1 = 170^\circ$. Құрылымды топырақтар үшін өңделмеген жолақты болдырмау үшін екі бүйірлес пышақ арасындағы қашықтық 20–35 мм таңдау ұсынылады.

4. Құрылымсыз топырақта пышақтың 1,0 км/сағ, 1,5 км/сағ, 2,4 км/сағ жылдамдықпен қозғалысы кезінде артына құлаған топырақ сызығы табанының орташа мәндері сәйкесінше 8–15 мм, 18–22 мм, 30–40 мм болды және теориялық мәнмен ауытқу төмен (5–6%) дәрежеде болды. Проекциялау және сәйкестендіру

жолымен анықталған сұйықтық пен топырақ бөлшектерінің қақтығысу сызығы тереңдігі (b) жылдамдыққа қатысты сәйкесінше $\approx 12\text{ мм}$, $\approx 15\text{ мм}$, $\approx 20\text{ мм}$, $\approx 28\text{ мм}$ болды. b параметрі және осы негізде анықталатын бүрку бұрышы пышақ ұзындығының максимал шегін болжауға мүмкіндік береді. Анықталған бұрыштық мәндер шегі $\pm 10^\circ$ ауытқумен агрегаттың қажетті жылдамдығын, қажетті беру мөлшеріне сай бүріккіш диаметрін, қажет s -тің мәні мен беру жылдамдығын (қысымды) тандауда қолданылуы мүмкін.

5. СМТ-ны топырақ астына бүркуге арналған жалпақ бүріккіш саптаманың құрылымдық-технологиялық сұлбасы, 3D моделі жасалды және лабораториялық, далалық эксперименттер кезінде қолдануға жарамдылығы дәлелденді. Ағын облысы модельденіп, ағының заңдылықтары зерттелді. Ол тік беру диаметрі $d = 1\text{--}1,6\text{ мм}$, агрегаттың жылдамдығы $5\text{--}12\text{ км/сағ}$, сұйықты беру жылдамдығы $5\text{--}9\text{ м/с}$ аралығында $50\text{--}400\text{ л/га}$ беру мөлшерін қамтамасыз етеді. s параметрдің көмегімен бүрку жылдамдығын және бүрку бұрышын реттеуге болады және $s = 0\text{--}0,2\text{ мм}$ аралығында бүрку бұрышы $140^\circ\text{--}175^\circ$ аралығында қалыптасатыны анықталды. Теориялық және экспериментал ізденістер h параметрдің (саңылау биіктігі) бүрку сапасына салыстырмалы түрде әсері болатыны және бірінші кезекте h_d туынды шаманың әсері жоғары болатыны дәлелденді. Әрі h_d шама h параметрдің төмен шегін анықтап береді, ол ағын бірқалыптылығына тікелей байланысты. Есептеулер кезінде $h_d = 0,11\text{--}0,14\text{ мм}$, ал тиімді $h = 0,4\text{--}0,5\text{ мм}$ аралығында болатыны анықталды. Тиімді бүрку бұрышын анықтауда геометриялық салу және есептеу, графикалық сәйкестендіру тәсілдері қолданылды. Бүріккіштің моделін іздестіру және оның параметрлерін оңтайландыру кезінде ЕСД элементі болған Ansys Fluent® бағдарламасы мүмкіншіліктері қолданылды. Ұсынылған бүріккіш агротехнологиялық тұрғыдан СМТ-ны топыраққа астарлай берумен қатар беткейлік беруде және ұшты табанды соқамен қолдануға жарамды, жалпытехникалық тұрғыдан ауаны ылғалдандыру, өрттен сақтану сияқты басқа да салаларды қолданылуы мүмкін. Бүріккіштер санын арттыру арқылы саралап енгізу тәсіліне ауысуға болады. α_1 – бүркуді бағыттаушы бұрыш немесе одан қалыптасатын қабырға бүркудің бірқалыптылығына оңды әсер бермейтіні анықталды. Барынша көлденең үлдір (ағын) алу үшін соққы беті көлденең болуы керек ($\gamma = 0,5\text{--}1^\circ$ рұқсат етіледі). Егер $\beta = 0,5\text{--}1^\circ$ болса, сұйықтық үлдірі жай екі бөлікке бөлінеді. D_s -тің мәні $5\text{--}8\text{ мм}$ аралығында ұсынылады. Тиімді мән 5 мм , ал радиус үлкейген сайын құлау бұрышына кері әсер етуі мүмкін.

6. Ауысу терезесіндегі доға ұзындығын (L_{tr}) анықтаудың формуласы, еселегі ұсынылып, онымен анықталған мәндер мен графикалық жолмен сәйкестендіру әдісінде анықталған мәндер арасындағы ауытқу $0\text{--}2\%$, ал Statistica бағдарламасында модельденген теңдеу бойынша анықталған мәндер арасындағы ауытқу $0\text{--}3\%$ құрады. Эксперименттер мен ЕСД талдаулар бүріккіштің тиімді құрылымдық параметрлері орнатылғанда беру жылдамдығы бүрку бірқалыптылығына кері әсер етпейтінін көрсетті.

7. Жалпы бүрку бұрыштары және беру жылдамдығының беру мөлшері мен агрегаттың жылдамдығына байланысты нақтыланды. Жұмыс органының экономикалық тиімділігін бағалау мақсатында РУЧ-7,6 тереңқопсытқышы және оның

СМТ-ны топыраққа астарлай енгізуге арналып жаңғыртылған нұсқасы қолданылды. Чизельді параплау типті соқалар саны 18 дана, бүріккіштер саны 36 дана. Тереңқопсытқышты өндіру бойынша қаржылық салым 10 030 196,79 тг. Тереңқопсытқыш жұмысы арқасында өнімділіктің артуы гектарына 2,7 ц, СМТ енгізу өнімнің түсімін 10-15% арттырады. Түсім 10 пайызға артқанның өзінде, жалпы өсім 3,8 ц/га құрайды.

Жалпы жылдық экономикалық тиімділік – 20 503 887 тг немесе 30110,3 тг/га. Салынған қаржының өтелу мерзімі – 0,49 жылды құрайды. Модельденген сұйықтық бүріккіштер пластмассада жасалынады және ол жергілікті өндіруге қолайлы, өндіру бағасы шет елдік нұсқалардан арзын.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Постановление Правительства Республики Казахстан. Об утверждении Государственной программы "Цифровой Казахстан": утв. 12 декабря 2017 года, №827 // <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1700000827>. 17.11.2022.
- 2 Елешев Р.Е. Состояние плодородия почв Казахстана и стратегия применения минеральных удобрений // Почвоведение и агрохимия. – 2015. – №3. – С. 138-149.
- 3 Сапаров А.С. Плодородие почв и продуктивность культур. – Алматы, 2006. – 244 с.
- 4 Сейдалина К.Х. Современное состояние плодородия черноземных почв Северного Казахстана: дис... кандидата биологических наук: 06.01.03. – Тюмень: Тюмен. гос. с.-х. акад., 2009. – 151 с.
- 5 Насиев Б.Н., Назарова А.Ж. Трансформация показателей почвенного покрова зерно-паровых севооборотов Акмолинской области // Почвоведение и агрохимия. – 2019. – №4. – С. 28-35.
- 6 Нөкешев С.О., Танбаев Х.К. Жалпақ ағынды сұйық бүріккіштің агротехнологиялық мүмкіндіктері // «М.А. Гендельманның 110 жылдығына арналған «Сейфуллин оқулары – 19» халық. ғыл.-практ. конф. матер. – Астана, 2023. – Б. 9-12.
- 7 Nukeshev S., Eskhozhin K., Tokushev M. et al. Substantiation of the Parameters of the Central Distributor for Mineral Fertilizers // International journal of Environmental & Science Education. – 2016. – Vol. 11, №15. – P. 7932-7945.
- 8 Filcheva E., Ilieva R., Lubenova I. et al. Humus state of Bulgarian chernozems // Modern State of Chernozems, Proceedings of II International Scientific Conference. – 2018. – Vol. 1. – P. 69-76.
- 9 Ghazaryan H.G., Kroyan S.Z., Manukyan N.M. et al. Current state of humus in irrigated meadow-brown soils in the Republic of Armenia // Annals of Agrarian Science. – 2016. – Vol. 14, №47 – P. 307-310.
- 10 Nguemezi C., Tematio P., Yemefack M. et al. Soil quality and soil fertility status in major soil groups at the Tombel area, South-West Cameroon // Heliyon. – 2020. – Vol. 6, №2. – P. e03432.
- 11 Tibbett M., Gil-Martínez M., Fraser T. et al. Long-term acidification of pH neutral grasslands affects soil biodiversity, fertility and function in a heathland restoration // Catena. – 2019. – Vol. 180. – P. 401-415.
- 12 Васильченко Н.И. Агрогенная трансформация азота в почвах северного Казахстана // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – Т. 116, №6. – С. 67-71.
- 13 Nukeshev S., Yeskhoszhin K., Karaivanov D. 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 // Agricultural machinery: proceed. 7th internat. scient. cong. – Burgas, 2019. – P. 120-124.
- 14 Дурасов А.М., Тазабеков Т.Т. Почвы Казахстана. – Алма-Ата: Кайнар, 1981. – 152 с.

- 15 Станков Н.З. Корневая система полевых культур. – М.: Колос, 1964. – 280 с.
- 16 Kurishbayev A.K., Chernenok V.G., Nurmanov Y.T. et al. Meaningful management of soil fertility and flax productivity // *Arabian Journal of Geosciences*. – 2020. – Vol. 13, №16. – P. 10-13.
- 17 Куришбаев А.К., Рамазанова Р.Х., Касипхан А. и др. Влияние удобрений на содержание гумуса и динамику нитратного азота в темно-каштановой почве под посевами зерновых культур // *Вестник Науки Казахского Агротех-нического Университета им. С. Сейфуллина*. – 2017. – Т. 3, №94. – С. 4-9.
- 18 Yamaguchi, J., Tanaka A. Quantitative observation on the root system of various crops growing in the field // *Soil Science and Plant Nutrition*. – 1990. – Vol. 36, №3. – P. 483-493.
- 19 Масимгазиева А.С., Моргунов А.И., Абугалиева А.И. Характеристики корневой системы яровой интрогрессивной пшеницы и засухоустойчивость // *Оптимизация селекционного процесса – фактор стабилизации и роста продукции растениеводства Сибири: матер. междунар. конф., посв. 90-летию П.Л. Гончарова и 50-летию СО РАСХН*. – Красноярск, 2019. – С. 53-56.
- 20 Atta B.M., Tariq M., Richard M.T. Relationship between root morphology and grain yield of wheat in north-western NSW, Australia // *Australian Journal of Crop Science*. – 2013. – Vol. 7, №13. – P. 2108-2115.
- 21 Рожков В.А., Кузнецова И.В., Рахматуллоев Х.Р. Методы изучения корневых систем растений в поле и лаборатории. – Изд. 2-е. – М., 2008. – 51 с.
- 22 Зинченко С.И., Безменко А.А., Щукин И.М., Талева Д.А. Развитие корневой системы зерновых культур в агроэкосистемах на серой лесной почве // *Достижения науки и техники АПК*. – 2013. – №4. – С. 20-22.
- 23 АПК-Информ // <https://www.apk-inform.com/ru/news>. 8.02.2022.
- 24 Валовой сбор сельскохозяйственных культур в Республике Казахстан 2022 год // <https://stat.gov.kz/ru/industries/economy/national>. 31.01.2023.
- 25 Munroe J. *Soil Fertility Handbook*. – Ed. 3rd. – Ontario: Queen's Printer for Ontario, 2018. – Vol. 611. – 256 p.
- 26 Harold F., Reetz Jr. *Fertilizers and their Efficient Use*. – Ed. 1st. – Paris, 2016. – 110 p.
- 27 Jacobsen J., Jones C. Fertilizer Placement and Timing // *Nutrient Management Modules*. – 2009. – №11. – P. 1-15.
- 28 Yuvraj G.K., Thakare S.K., Deshmukh M.M. Liquid fertilizer application system on planting mechanism a concept // *National Academy of Agricultural Sciences*. – 2015. – Vol. 33, №4. – P. 3789-3791.
- 29 Grant C.A., Moulin A.P., Tremblay N. Nitrogen Management Effects on Spring Wheat Yield and Protein Concentration Vary with Seeding Date and Slope Position // *Agronomy Journal*. – 2016. – Vol. 108, №3 – P. 1246-1256.
- 30 Yadav M.R., Kumar R., Parihar C.M. et al. Strategies for improving nitrogen use efficiency: A review // *Agricultural Reviews*. – 2017. – №38. – P. 29-40.

31 Altintas S., Acikgoz F.E. The effects of mineral and liquid organic fertilizers on some nutritional characteristics of bell pepper // African Journal of Biotechnology. – 2012. – Vol. 11, №24. – P. 6470-6475.

32 Есхожин Д.З., Нукешев С.О., Ахметов Е.С. и др. Технология послойного внесения минерального удобрения в почву // Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. – 2018. – № 2 (78) – С 371-376.

33 Сергалиев Н.Х., Володин М.А., Джапаров Р.Ш. Эффективность азотных удобрений при возделывании яровой пшеницы на темно-каштановой почве Западного Казахстана // Новости науки Казахстана. – 2013. – №3. – С. 143-148.

34 Абашев В.Д., Попов Ф.А., Носкова Е.Н. и др. Влияние минеральных удобрений на урожайность зерна яровой пшеницы // Пермский Аграрный Вестник. – 2017. – Т. 1, №17. – С. 7-11.

35 Chen Y. A liquid manure injection tool adapted to different soil conditions // Transactions of the ASAE. – 2002. – Vol.45, №6. – P. 1729-1736.

36 Личман Г.И., Марченко Н.М., Марченко А.Н. Проблемы и пути решения внутрипочвенного дифференцированного применения жидких органических удобрений в системе точного земледелия // Вестник ВНИИМЖ. – 2011. – Т. 3, №3. – С. 95-100.

37 Демиденко Г.А., Котенева Е.В. Влияние азотных удобрений на качество зерна и урожайность яровой пшеницы (на примере учхоза «Миндерлинское» Красноярского края) // Вестник КрасГАУ. – 2010. – №5. С. 41-45.

38 Cândido de Souza Á. H., Lorenzoni M. Z., Rezende R., & et. al., Fertigation and foliar application with liquid mineral fertilizer doses on lettuce // Scientia Agraria. – 2018. – №19. – P. 37-43.

39 Chaorakam I., Sukcharoen A., Jaiphong T. Field Evaluation of Subsoiling and Liquid Fertilizer Injection for Minimum Tillage of Sugarcane Planter (Part 1) – Effects of Subsoiling and Liquid Fertilizer Injection on Germination Test // International Journal of Applied Science and Technology. – 2012. – Vol. 2, №7. – P. 234-242.

40 Гараев Р.Р. Разработка и обоснование параметров устройства для приготовления и внесения жидких комплексных удобрений в почву: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. – Уфа, 2017. – 174 с.

41 Применение Apaliqua NP 11:37 (ЖКУ) при возделывании кукурузы на зерно // <https://www.nsh.ru/rastenievodstvo/apaliqua-np-11-37-na>. 17.04.2021.

42 Пигорев И.Я., Петрова С.Н., Трутаева Н.Н. и др. Эффективность локального применения жидких комплексных удобрений в агроценозах подсолнечника // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – №9. – С. 45-51.

43 Карбамидно-аммиачная смесь (КАС) // <https://agro-mart.kz/karbamidno-ammiachnaya-smes-kas/>. 17.04.2021.

44 НТИЦ Агросектор. Экономическая эффективность применения КАС-32 // <https://agrosektor23.ru/effektivnost-kas-32/>. 17.04.2021.

45 Милюткин В.А., Сысоев В.Н., Шахов В.А. и др. Техно-технологическое обеспечение эффективного внесения на пропашных культурах

жидких азотных и азото-серосодержащих удобрений на базе КАС-32 // Известия ОГАУ. – 2019. – Т. 5, №79. – С. 996-1001.

46 Милюткин В.А., Петров А.М., Кухарев О.Н. и др. Технико-технологическое применение жидких азотных и азото-серосодержащих удобрений на базе КАС-32 в посевах зерновых и зернобобовых культур // Нива Поволжья. – 2019. – Т. 4, №53. – С. 79-85.

47 Ковбаса В.П. Обоснование параметров рабочих органов для внутрипочвенного гидроимпульсного струйного внесения жидких минеральных удобрений: автореф. ... канд. техн. наук: 05.20.01. – Глеваха, 1993. – 21 с.

48 Васильев А.А. Обоснование основных параметров рабочего органа для внесения жидких мелиорантов при безотвальной обработке почвы: автореф. ... канд. техн. наук: 05.20.01. – Чебоксары, 2017. – 18 с.

49 Ещин А.В. Внутрипочвенное внесение минеральных удобрений в многолетних насаждениях: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. – М., 2006. – 145 с.

50 Yuvraj G.K., Gore A. et al. Effect of travel speed of tractor on liquid fertilizer application system // Plant Archives. – 2018. – Vol. 18, №1. – P. 987-990.

51 Костиков И.Ф., Богапов И.М., Танбаев Х.К. Устройство для создания минерализованной полосы противопожарного назначения // Новости науки Казахстана. – 2016. – Т. 3, №129. – С. 111-119.

52 Wang J., Ji W., Feng J. Design and experimental investigation of the liquid fertilizer applicator// Design and Experimental Investigation of the Liquid Fertilizer Applicator. – 2008. – Vol. 24, №5. – P. 157-159.

53 Precision Planting. FurrowJet. – 2020 // <https://www.precisionplanting.com/products/product/furrowjet>. 10.10.2019.

54 Exactrix® Global Systems LLC. P-51 MUSTANG. – 2013 // <http://www.exactrix.com/mustang.htm>. 10.10.2019.

55 Оборудование для внутрипочвенного внесения жидких минеральных удобрений ОВЖ-2000 / РУП «НПЦ НАН Беларуси по Механизации Сельского Хозяйства» // <https://belagromech.by/research/hardware/fertilizers>. 10.10.2019.

56 Культиватор универсальный КУ-3А // <http://agrodelo.com>. 05.08.2014.

57 Агроресурс. Оборудование для внесения удобрений // <http://www.agro.kr.ua/ru/pzhu-5000-10>. 10.10.2018.

58 Агрегат для внесения аммиачной воды АВА-8 / УманьФерммаш ЧАО // <https://fermmash.com/corp/index.php/ru/pochvoobrabotka/agregati/item/ava-8>.

59 Niemöller B., Harms H. H., Lang T. Injection of liquids into the soil with a high-pressure jet. Agricultural Engineering International: The CIGR Journal. – 2011. – Vol.13, №2. – P. 1458-1-1458-22.

60 Пат. 29913 РК. Комбинированный рабочий орган для плоскорезной обработки почвы и внутрипочвенного внесения гербицидов / Евтифеев А.Г.; опубл. 15.06.15, Бюл. №6. – 4 с.

61 Пат. 2112347С1 РФ. Машина для подпочвенного внесения минеральных удобрений / Салдаев А.М.; опубл. 06.10.98, Бюл. №6. – 16 с.

62 Пат. 2581681С1 РФ. Плоскорез-глубокорыхлитель-удобритель / Шапров М.Н.; опубл. 20.04.16, Бюл. №11. – 9 с.

- 63 Пат. 4445445A US. Apparatus for fertilizing soil with a V-blade plow/ Johnson J.L.; publ. 01.05.84, Bul. №111/7. – 7 p.
- 64 Пат. 2428829C1 SU. Рабочий орган для внутрипочвенного внесения жидких удобрений / Скурятин Н.Ф.; опубл. 06.07.93, Бюл. №21. – 3 p.
- 65 Пат. 1477289A1 SU. Рабочий орган для внесения в почву жидких удобрений / Максимов И.И.; опубл. 05.07.89, Бюл. №7. – 2 с.
- 66 Пат. 2272393C1 РФ. Устройство для внутрипочвенного внесения жидких удобрений / Краховецкий Н.Н.; опубл. 27.03.06, Бюл. №9. – 7 с.
- 67 Пат. 3038424A US. Sweep type liquid fertilizer tine / Sterrett R.L.; publ. 12.06.62, Bul. №4,674. – 3 p.
- 68 Пат. 20020125017A1 US. Plow blade with liquid chemical injection apparatus/ Robillard J.; publ. 12.09.02, Bul. №172/40. – 4 с.
- 69 Пат. 2428829C1 РФ. Рабочий орган для внесения в почву жидких мелиорантов / Максимов И.И.; опубл. 20.09.11, Бюл. №26. – 6 с.
- 70 Пат. 4079680A US. Fertilizer injection apparatus including soil working device/ Donald A. Davis; issued. 21.03.1978, 111/86. – 5 p.
- 71 Пат. 6029590A US. Apparatus and method for subsurface application/ Arriola J.M.; publ. 29.02.00, Bul. №111/124. – 11 p.
- 72 Танбаев Х.К. Рабочий орган для внутрипочвенного внесения жидких удобрений // Матер. междунар. науч.-практ. конф. «Сейфуллинские чтения – 18: «Молодёжь и наука – взгляд в будущее». – Нур-Султан, 2022. – С. 23-27.
- 73 Танбаев Х., Нукешев С., Айдын А. Топыраққа сұйық минерал тыңайтқыш енгізу пышағының оңтайлы параметрлері // Ғылым және Білім. – 2022. – Т. 3, №68. – С. 124-135.
- 74 Tanbayev K., Nukeshev S., Sugirbay A. Performance evaluation of tillage knife discharge microchannel // *Acta Technologica Agriculturae*. – 2022. – Vol. 25, №4. – P. 169-175.
- 75 Akbarnia A., Asghar Mohammadi M., Alimardani R. et al. Simulation of draft force of winged share tillage tool using artificial neural network model // *Agric Eng Int: CIGR Journal*. – 2014. – Vol. 16, №4. – P. 57-65.
- 76 Khole P., Saumya S., Jain K.K. Effect of winged subsoiler on soil characteristics and subsoiler draft // *Advances in Life Sciences Conference*. – 2016. – Vol. 5, №18. – P. 784-7849.
- 77 Askari M., Shahgholi G., Abbaspour-Gilandeh Y. The effect of tine, wing, operating depth and speed on the draft requirement of subsoil tillage tines // *Res. Agr. Eng.* – 2017. – Vol. 63. – P. 160-167.
- 78 Salar M.R., Karpavarfard S.H., Askari M. et al. Forces and loosening characteristics of a new winged chisel plough // *Res. Agr. Eng.* – 2021. – Vol. 67. – P. 17-25.
- 79 Hang C.G., Huang Y.X., Gao X. et al. Experiment and analysis of the subsoiler tine shape to the soil disturbance process and effect // *Agric. Res. Arid Areas*. – 2017. – Vol. 35. – P. 285-291.

- 80 Wei Z.J., Zheng D.K., Yang D.T. et al. Kinetic characteristic analysis and experimental study for subsoiler with wing // *Agric. Mecha. Res.* – 2017. – Vol. 12. – P. 32-37.
- 81 Godwin R.J., Spoor G., Leeds-Harrison P. An experimental investigation into the force mechanics and resulting soil disturbance of mole ploughs // *J Agric. Eng. Res.* – 1981. – Vol. 26. – P. 477-497.
- 82 Wang X.Z., Li P., He J.P. et al. Discrete element simulations and experiments of soil-winged subsoiler interaction // *Int. J. Agric. Biol. Eng.* – 2021. – Vol. 14. – P. 50-62.
- 83 Wang X., Zhou H., Huang Y. et al. Variation of Subsoiling Effect at Wing Mounting Heights on Soil Properties and Crop Growth in Wheat–Maize Cropping System // *Agriculture.* – 2022. – Vol. 12. – P. 1684-1-1684-13.
- 84 Xia L. Optimum parameter and experimental study of shovel wing based on discrete element method: Master dissertation. – Yangling: Northwest A&F University, 2018. – 80 p.
- 85 Abbaspour Gilandeh M.R., Shahgholi G., Abbaspour Gilandeh Y. Paraplow and Mouldboard Plow Performance Evaluation for Seedbed Preparation and Supporting Conservation Tillage // *Acta Technologica Agriculturae.* – 2022. – Vol. 25, №3. – P. 105-112.
- 86 Fechete-Tutunaru L.V. et al. Soil-tool interaction of a simple tillage tool in sand // *E3S Web of Conferences.* – 2019. – Vol. 85. – P. 08007-1-08007-6.
- 87 Lechler. Flat fan nozzles // <https://www.lechler.com>. 10.10.2022.
- 88 Bete Spray Nozzles. // <https://bete.com/quick-product-search/>. 10.10.2022.
- 89 PNR Italia Srl. Flat Fan Nozzles // <https://www.pnr.eu>. 10.10.2022.
- 90 Mistec Spraying Technology Co., Flat Fan Nozzles // <https://nozzlespray.com/Nozzle-products/Flat-Fan-Nozzles/>. 10.10.2022.
- 91 Tanbayev K., Nukeshev S., Engin T. et al. Flat spray nozzle for intra-soil application of liquid mineral fertilizers // *Acta Technologica Agriculturae.* – 2023. Vol 26, №2. – P. 65-71.
- 92 Пат. 35768 РК. Чизельный рабочий орган для основной обработки почвы и внутрипочвенного внесения жидких минеральных удобрений / Нукешев С.О.; опубл. 22.07.22, Бюл 29. – 8 с.
- 93 Таңбаев Қ.Қ., Нөкешев С.О., Тахсин Э. Сұйық тыңайтқышты топыраққа астарлай енгізуге арналған пышақ ізіндегі қуыс шамасын анықтау // С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университетінің ғылым жаршысы (пәнаралық). – 2023. – Т. 2, №117. – Б. 99-108.
- 94 Пат. 36425 РК. Плоскоструйный распылитель для внутрипочвенного внесения жидких минеральных удобрений / Нукешев С.О.; опубл. 20.10.23, Бюл. №42. – 5 с.
- 95 Nukeshev S., Yeskhozhin K., Tanbayev K. et al. A Chisel Fertilizer for In-Soil Tree-Layer Differential Application in Precision Farming // *International Journal of Technology.* – 2023. – Vol. 14, №1. – P. 109-118.

- 96 Таңбаев Қ., Нукешев С. Сұйық тыңайтқышты топыраққа астарлай енгізуге арналған пышақтың тарту кедергісін анықтау // Ғылым және Білім. – 2023. – Т. 2, №1(70). – Б. 29-40.
- 97 Горячкин В.П. Рациональная формула силы тяги плугов. – М.: Колос, 1965. – 41 с.
- 98 Agricultural Machinery Management Data // <https://docplayer.net/103774271-S-t-a-n-d-a-r-d-asae-d497-7-ma>. 10.05.2020..
- 99 Cerović V., Milkovic D., Petrovic D. et al. 2D analytical model for evaluation of the forces in the three point hitch mechanism // Tarım Bilimleri Dergisi. – 2020. – Vol. 26, №3. – P. 271-281.
- 100 Cardei P., Condruz P., Sfiru R. et al. Tests for physical laws of draft force generated in tillage operations // Journal of Scientific Conference Proceedings. – 2020. – Vol. 26. – P. 1262-1269.
- 101 Щучкин Н.В. Лемешные плуги и луцильники. – М.: Машгиз, 1952. – 291 с.
- 102 Панов И.В. Ветохин В.И. Физические основы механики почв: монография. – Киев: Феникс, 2008. – 265 с.
- 103 Aikins K.A., Antille D., Ucgul M. et al. Analysis of effects of operating speed and depth on bentleg opener performance in cohesive soil using the discrete element method // Computers and Electronics in Agriculture. – 2021, Vol. 187. 106236-1-106236-29.
- 104 Zheng K., He J., Li H.W. et al. Research on polyline soilbreaking blade subsoiler based on subsoiling soil model using discrete element method // Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery. – 2016. – Vol. 47, №9. – P. 62-72.
- 105 Tekeste M., Balvanz L., Hatfield J. et al. Discrete element modeling of cultivator sweep-to-soil interaction: Worn and hardened edges effects on soil-tool forces and soil flow // Journal of Terramechanics. – 2019. – Vol. 82. – P. 1-11.
- 106 Li Y., Fan J., Hu Z. et al. Calibration of Discrete Element Model Parameters of Soil around Tubers during Potato Harvesting Period // Agriculture. –2022. – Vol. 12. – P. 1475-1-1475-16.
- 107 Siebald H., Hensel O., Kaufmann H.H. et al. Spray nozzle function control using acoustics for agricultural applications // Biosystems Engineering. – 2020. – Vol. 197. – P. 149-155.
- 108 Aliverdi A., Borghei M. Spray coverage and biological efficacy of single, twin symmetrical, and twin asymmetrical flat fan nozzles // Acta Technologica Agriculturae. – 2021. – Vol. 24, №2. – P. 92-96.
- 109 Makhnenko I., Elizabeth A., Fredericks S.A. et al. A review of liquid sheet breakup: Perspectives from agricultural sprays // Journal of Aerosol Science. – 2021. – Vol. 157. – P. 105805.
- 110 Fritz B., Hoffmann C., Czaczyk Z., Bagley W et al. Measurement and classification methods using the ASAE S572.1 reference nozzles // Journal of Plant Protection Research. – 2012. – Vol. 52. – P. 447-457.
- 111 Watson E. The radial spread of a liquid jet over a horizontal plane // Journal of Fluid Mechanics. – 1964. – Vol. 20, №3. – P. 481-499.

- 112 Wu D., Guillemain D., Marshall A.W. A modeling basis for predicting the initial sprinkler spray // *Fire Safety Journal*. – 2007. – Vol. 42. – P. 283-294.
- 113 Azuma T., Hoshino T., The Radial Flow of a Thin Liquid Film: 2nd Report, Liquid Film Thickness // *Bulletin of JSME*. – 1984. – Vol. 27, №234. –P. 2747-2754.
- 114 Schlichting H., Gersten K. Boundary–Layer Equations in Plane Flow; Plate Boundary Layer // In book: *Boundary-Layer Theory*. – Berlin, Heidelberg: Springer, 2017. – P. 145-164.
- 115 Пажи Д.Г., Галустов В.С. Основы техники распыливания жидкостей. – М.: Химия, 1984. – 256 с.
- 116 Белов И.А. Взаимодействие неравномерных потоков с преградами. – Л.: Машиностроение, 1983. – 144 с.
- 117 De Cock N., Massinon M. et al. Dynamics of a thin radial liquid flow // *Fire Safety Journal*. – 2016. – Vol. 83. – P. 1-8.
- 118 Clanet C., Villermaux E. Life of a smooth liquid sheet // *Journal of Fluid Mechanics*. – 2002. – Vol. 462. – P. 307-340.
- 119 Kalantari D., Tropea C. Spray impact onto flat and rigid walls: Empirical characterization and modelling // *International Journal of Multiphase Flow*. – 2007. – Vol. 33, №5. – P. 525-544.
- 120 Fluid Simulation Software // <https://www.ansys.com>. 10.05.2021.
- 121 Becze S., Vuscan G. Comparison study between two types of nozzles for a turbocharger balancing machine using Ansys software // *Matec Web of Conferences*. – 2019. – Vol. 299. – P. 04007-1-04007-6.
- 122 Wang J., Liang Q., Zeng T. et al. Drift Potential Characteristics of a Flat Fan Nozzle: A Numerical and Experimental Study // *Appl. Sci*. – 2022. – Vol. 12. – P. 6092-1-6092-16.
- 123 Sanjai P.R. Jet Impingement on a Flat Plate with Different Plate Parameters // *International Journal of Research in Engineering, Science and Management*. – 2018. – Vol. 1, №6. – P. 49-51.
- 124 Sagot B., Antonini G., Christgen A. et al. Jet impingement heat transfer on a flat plate at a constant wall temperature. // *International Journal of Thermal Sciences*. – 2008. – Vol. 4. – P. 1610-1619.
- 125 Кенжеғұлова С.О. Топырақтану. – Астана, 2016. – 106 б.
- 126 Fechete-Tutunaru L.V. et al. Soil-tool interaction of a simple tillage tool in sand // <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2019E3SWC>. 10.05.2022.
- 127 Hoseinian S.H., Hemmat A., Esehaghbeygi A. et al. Development of a dual sideways-share subsurface tillage implement: Part 1. Modeling tool interaction with soil using DEM // *Soil and Tillage Research*. – 2021. – Vol. 215. – P. 105201.
- 128 Afify M., Lamia A., El-Haddad Z.A. Modeling the Effect of Soil-Tool Interaction on Draft Force Using Visual Basic // *Annals of Agricultural Science Moshtohor*. – 2020. – Vol. 58, №2. – P. 223-232.
- 129 Spray Nozzle Classification by Droplet Spectra // <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=51101>. 04.05.2022.
- 130 Butler Ellis MC., Tuck C.R., Miller P.C.H. How surface tension of surfactant solutions influences the characteristics of sprays produced by hydraulic

nozzles for pesticide application // Colloids and Surfaces A: Physiochemical and Engineering Aspects. – 2001. – Vol. 180, №3. – P. 267-276.

131 Miller P., Tuck C.R., Murphy S. et al. Measurements of the droplet velocities in sprays produced by different designs of agricultural spray nozzle // Proc. European conf. on Liquid Atomization and Spray Systems. – Como Lake, 2008. – P. 8-10.

132 Nuyttens D., Baetens K., De Schamphelleire M. et al. Effect of nozzle type, size and pressure on spray droplet characteristics // Biosystems Engineering. – 2007. – Vol. 97, №3. – P. 333-345.

133 Sijs R., Kooij S., Holterman H.J. et al. Drop size measurement techniques for sprays: Comparison of image analysis, phase doppler particle analysis, and laser diffraction // AIP Advances. – 2021. – Vol. 11. – P. 015315.

134 Farias M., Schlosser J. et al. Reduction of fuel consumption using driving strategy in agricultural tractor // Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. – 2019. – Vol. 23. – P. 144-149.

135 Kichler C.M., Kichler C.M., Fulton J.P. et al. Spatially Monitoring Tractor Performance to Evaluate Energy Requirements of Variable Depth Tillage and Implement Selection // <https://www.academia.edu/51878004>. 04.05.2022.

Патенттер

(19) KZ (13) B (11) 35768

РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

(19) KZ (13) B (11) 35768
(51) A01B 49/06 (2006.01)

МИНИСТЕРСТВО ЮСТИЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ

(21) 2021/03553.1
(22) 04.06.2021
(45) 22.07.2022, Бюл. №29
(72) Нукешев Саяхат Оразович (KZ); Романюк Николай Николаевич (BY); Агейчик Валерий Александрович (BY); Танбаев Хожакелди (KZ); Гильдюк Ксения Викторовна (BY)
(73) Нукешев Саяхат Оразович (KZ)
(56) KZ 34847 B, 22.01.2021
RU 2247478 C1, 10.03.2005
KZ 29913 A4, 15.06.2015
RU 2272393C1, 27.03.2006

(54) ЧИЗЕЛЬНЫЙ РАБОЧИЙ ОРГАН ДЛЯ ВНУТРИПОПОНЧЕННОГО ВНЕСЕНИЯ ЖИДКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

(57) Изобретение относится к сельскохозяйственному машиностроению, в частности к рабочим органам для основной обработки почвы и внутрипопонного внесения жидких минеральных удобрений (ЖМУ). Задачей, которую решает изобретение, является повышение равномерности и эффективности внутрипопонного внесения жидких минеральных удобрений (ЖМУ) постоянным методом. Поставленная задача решается с помощью чизельного рабочего органа для основной обработки почвы и внутрипопонного внесения жидких минеральных удобрений, содержащего вертикальный, наклонный и горизонтальный участки, причем наклонный участок каждой стойки ножа снабжен спереди, сзади по ходу движения, съемными лезвиями, а сзади прямоугольным трехсекционным рассеивателем удобрений, который обеспечивает равномерное распределение удобрений внутри почвы лентой на глубины 60...80, 160...180, 230...250 мм, при этом съемные лезвия, закрепленные в наклонной части чизельного рабочего органа на его передней фронтальной стороне, выполнены в виде накладки клиновидной формы, имеющей площадь обращенной вниз грани в 2,2-2,5 раза меньшую, чем площадь обращенной вверх грани накладки клиновидной формы.

закрепленные на наклонном участке стойки с передними лезвиями боковые горизонтальные ножи выполнены из пластины толщиной 10 мм, при этом нижний нож установлен на уровне нижнего конца первого рассеивателя удобрений чизельной рабочей части вылетом за пределы крепёжной части в заднем направлении $M=20-40$ мм, средний нож, который установлен на уровне нижнего конца второго рассеивателя, с вылетом за пределы крепёжной части в заднем направлении $M=20-40$ мм и третий верхний нож установлен с вылетом за пределы крепёжной части в заднем направлении $M=20-40$ мм, причем в боковой торцевой плоскости каждого ножа, которая ближе к стойке, на расстоянии 30 мм от задней плоскости торцевой части ножа вышерено внутрь в направлении перпендикулярном направлению движения агрегата горизонтальное цилиндрическое отверстие диаметром 63 мм, образующее так называемую цилиндрическую полость ножа, глубина которой меньше на 30 мм длины ножа, измеренной в направлении перпендикулярно направлению движения агрегата и равной 420 мм, а в задней торцевой поверхности ножа выполнена тонкая глубокая горизонтальная щель, прорезь высотой 0,80 мм, которая по всей своей высоте пересекается и сообщается с цилиндрической полостью в её верхнем конце, создавая общую тонкую рабочую зону для плоского равномерного внесения ЖМУ, при этом горизонтальная щель прорезь в горизонтальной проекции своим внешним, по отношению к стойке, концом выполнена с закруглением радиусом 180 мм и этот конец полостигоризонтальной щели прорези находится на пересечении внешней боковой торцевой плоскости каждого ножа и его задней плоскости, причем к данным ножам подводится, расположенные за вертикальным и наклонным участками каждой стойки ножа, патрубками для распыления жидких минеральных удобрений, подсоединенные к цилиндрическим трубам отверстием диаметром 33 мм, образующими цилиндрическую полость.

КАЗАХСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
ПАТЕНТ
PATENT
№ 35768

ӨНЕРТАБЫСҚА / НА ИЗОБРЕТЕНИЕ / FOR INVENTION

(21) 2021/03553.1
(22) 04.06.2021
(45) 22.07.2022

ЭЦҚ қол қойылды
Подписано ЭЦП
Signed with EDS

Н. Әбілқайыров
Н. Абултайрова
N. Abulkairov

«Ұлттық зияткерлік меншік институты» РМҚК
И.о. директора РПТ «Национальный институт интеллектуальной собственности»
Executive director of RSE «National Institute of Intellectual Property»

(54) Топырақты терең өңдеуге және сұйық минералды тыңайтқыштарды топырақ ішіне енгізуге арналған чизельді жұмыс органы
Чизельный рабочий орган для основной обработки почвы и внутрипопонного внесения жидких минеральных удобрений
The chisel working body for basic tillage and subsurface application of liquid mineral fertilizers

(73) Нукешев Саяхат Оразович (KZ)
Nukeshov Sayakhath Orazovich (KZ)

(72) Романюк Николай Николаевич (BY)
Агейчик Валерий Александрович (BY)
Танбаев Хожакелди (KZ)
Гильдюк Ксения Викторовна (BY)

Nukeshov Sayakhath Orazovich (KZ)
Ramanuk Mikalai Mikalaevich (BY)
Ageichik Valery Aleksandrovich (BY)
Tanbayev Khozhakeldi (KZ)
Gildyuk Kseniya Viktorovna (BY)

Изобретение относится к сельскохозяйственному машиностроению, в частности к рабочим органам для омовной обработки почвы и внутрипочвенного внесения жидких минеральных удобрений (ЖМУ). Известен рабочий орган для плоскорезной обработки почвы и внутрипочвенного внесения гербицидов (см. патент на изобретение Республики Казахстан №299173 МКАЮ1В 17/00, А01В 3/00, 15.06.2015, бол. №6) который состоит из стойки, к нижней части которой прикреплено основание лапы, лемехов, установленных на основании лапы, трубопроводов, подводящих раствор гербицидов к щелевым распылителям. Трубопроводы с распылителями прикрепляются к заднему обрезу контура основания таким образом, чтобы горизонтальные части трубопровода не выступали за верхнюю горизонтальную плоскость основания лапы, а распылители были ниже нижней горизонтальной поверхности основания лапы. Причем осевые линии щелевых распылителей должны быть перпендикулярны линии лезвия лемехов и устанавливаться под некоторым углом к горизонту, чтобы обеспечить подачу факела распыла на нижнюю плоскость лемеха ближе к его лезвию.

Недостатком известного рабочего органа является то, что он предназначен для внесения средств химической защиты и не применим для внесения жидких минеральных удобрений (ЖМУ) послыпным методом. Также распыление ведется вперед относительно движения рабочего органа что способствует забиванию отверстий распылителей.

Известен рабочий орган (см. авт. [SU 1544233](#) А01С 7/20 от 23.02.90) для внутрипочвенного внесения гербицидов, оборудованный электродвигателем, лопастным диском и т.д. Известный рабочий орган характеризуется сложностью конструкции и не применим для внесения жидких минеральных удобрений (ЖМУ) послыпным методом.

Известны почвообрабатывающие устройства для внесения жидких минеральных удобрений на базе стрельчатых лап, снабженные патрубками для внесения и распыления удобрения: с одной трубой (US 303842, PatentedJun42, 1962:SU156538А1 А01С 23/02 от 23.05.90, Бол. №18U 2272393С1 МПК А01С 23/02 от 27.03.2005Бол. №9); с двумя патрубками(US 4079680А01С 23/02, Mar. 21, 1978; SU 1477289 А1 А01С 23/02 от 05.07.1989Бол. №17); с несколькими патрубком (US 4445445А А01С 23/02May 1, 1984).

Известные почвообрабатывающие устройства для внесения жидких минеральных удобрений на базе стрельчатых лап не предназначены для внесения жидких минеральных удобрений (ЖМУ) послыпным методом.

Известен рабочий органна базе стрельчатой лапы (см. US006038990А А01С 5/06; А01С 23/02, Mar. 21, 2000), предназначенный для одновременного внесения семян и жидких минеральных удобрений. В нем в конце жидкостной трубы установлено выпускное сопло в виде колена.

Известный рабочий орган на базе стрельчатой лапы не предназначен для внесения жидких минеральных удобрений (ЖМУ) послыпным методом.

Известно устройство для внесения жидких минеральных удобрений (смSU06029590А А01С 23/00, Feb 29, 2000) в котором рабочий орган имеет жидкостные трубы, в которых установлены отражательнаяпластина.

Недостатком известного устройства является низкое качество распыла жидких меллирантов в подпоясостростности оно не предназначено для внесения жидких минеральных удобрений (ЖМУ) послыпным методом.

Применение патрубочной системы подвода удобрений уложняет технологию изготовления стрельчатой лапы и возрастают затраты на её изготовление; также есть вероятность забивания каналов патрубков включениями, содержащимися в жидких меллирантах. В [блках](#) органах для внесенияЖМУ, разработанных на базе стрельчатых лап глубина обработки меньше чем глубины обработки чизельных рабочих органов, поэтому они не применимы при послыпном внесении ЖМУ.

Известен [рылитель](#)удобритель (см. патент на изобретение [Республики Казахстан](#) №34847 МКИ А01В 49/06, 22.01.2021, Бол. №3), который является наиболее близким по совокупности признаков и достигаемому положительному эффекту (прототипом), содержащий раму, навеску, опорное колесо, чизельные рабочие органы,тинокножи, каждая из которых имеет вертикальный, наклонный и горизонтальный участки, причем наклонный участок каждой стойкожа снабжен спереди, считая по ходу движения, съемными лезвиями, а сзади - прямоугольным трехсекционным распределителем минеральных удобренийторый обеспечивает равномерное распределение минеральных удобрений внутри почвы наклонной лентой на глубины 6...8, 16...18, 23...25 см, причем над каждой секцией смонтировано сопло пневмотовода, связанное с высевающим аппаратом индивидуального выносазигуемого ящика либо азотных, либо калийных, либо фосфорных удобрений, сменные лезвия, закрепленные в наклонной части чизельного рабочего органа на его передней фронтальной стороне выполнены в виде накладки клиновй формы, имеющей площадь обращенной внутрьраи в 2,2...2,5 раза меньшеу, чем площадь обращенной вверх грани накладки клиновй формы, а прямоугольный трехсекционный латый распределитель минеральных удобрений выполнен с обращенной вверх наклонной боковой поверхностью наклонной части чизельного рабочего органа заподлицо, а по отношению к обращенной вниз наклонной боковой поверхности наклонной части чизельного рабочего органа нижняя внешняя боковая наклонная поверхность прямоугольной распределителя минеральных удобрений выполнена сдвинутой в сторону обращеннойвверх наклонной боковой поверхности наклонной части чизельного рабочего органа на 2...3 мм.

Недостатком известного [рылитель](#)удобрителя является то, что он не предназначен для внесения жидких минеральных удобрений (ЖМУ) послыпным методом.

Задачей, которуюрешает изобретение, является повышение равномерности и эффективности внутрипочвенного внесения жидких минеральных удобрений (ЖМУ) послыпным методом.

Поставленная задача решается с помощью чизельного рабочего органа для основной обработки почвы и внутрипочвенного внесения жидких минеральных удобрений, наклонный и горизонтальный вертикальный, наклонный и горизонтальный участки, причем наклонный участок каждой стойки - ножа снабжен спереди, считая по ходу движения, съемными лезвиями, а сзади прямоугольным трехсекционным распределителем удобрений, который обеспечивает равномерное распределение удобрений внутри почвы лентой на глубины 60...80, 160...180, 230...250 мм, при этом сменные лезвия, закрепленные в наклонной части чизельного рабочего органа на его передней фронтальной стороне, выполнены в виде накладки клиновй формы, имеющей площадь обращенной вниз грани в 2,2...2,5 раза меньшеу, чем площадь обращенной вверх грани накладки клиновй формы, где закрепленные на наклонном участке [стойкожа](#) с передними лезвиями боковые [поверхности](#) ножи, выполненные из пластины толщиной -10 мм, при этом нижний нож установлен на уровне нижнего конца первого рассеивателя удобрений чизельного рабочего органа с вылетом за пределы крепёжной части в заднем направлении $N_2=N_1+30$ мм, средний нож, который установлен на уровне нижнего конца второго рассеивателя с вылетом за пределы крепёжной части в заднем направлении $N_2=N_1+30$ мм и третий верхний нож установлен с вылетом за пределы крепёжной части в заднем направлении на соответствен $N_3=N_2+30$ мм, причем в боковой торцевой плоскостирани каждого ножа, которая ближе к стойке, на расстоянии 40 мм от задней плоскостиграни ножа высверлено внутрь в направлении перпендикулярном направлению движения агрегата горизонтальное цилиндрическое глухое отверстие диаметром 3 мм, образующее так называемую цилиндрическую полость ножа, глубина которой меньше на 40 мм длины ножа, измеренной в направлении перпендикулярном направлению движения агрегата и равной 280 мм, а в задней торцевой поверхности ножа выполнена тонкая глубокая горизонтальная щель - прорезь высотой $0.8-0$ мм, которая по всей своей высоте пересекается и сообщается с цилиндрической полостью в её верхней части, создавая общую тонкую рабочую зону для плоского равномерного внесения ЖМУ, при этом горизонтальная щелдрезе в горизонтальном направлении своим внешним, по отношению к стойке, концом выполнена с закруглением радиусом 80 мм и этот конец полости горизонтальной щели - прорези находится на пересечении внешней боковой торцевой плоскостирани каждого ножа и его задней плоскостиграни, причем к данным ногам

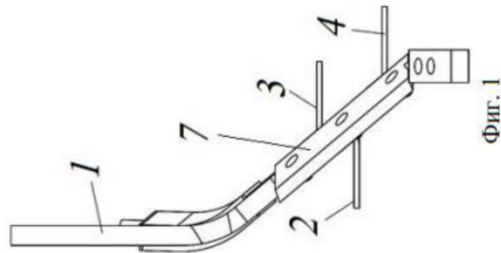
подводятся, расположенные за [рылечальным](#) и наклонным участками каждой стойки ножа, патрубки для распыления жидких минеральных удобрений, подсоединенные к цилиндрической полостью, образующими цилиндрическую полость.

На фиг.1 представлен общий вид чизельного рабочего органа для основной обработки почвы и внутрипочвенного внесения жидких минеральных удобрений; на фиг.2 общий вид левого, считая по ходу движения рабочего органа, бокового горизонтального ножа; на фиг. 3 общий вид правого, считая по ходу движения рабочего органа, бокового горизонтального ножа; на фиг.4 общий вид правого, считая по ходу движения рабочего органа, бокового горизонтального ножа с цилиндрическим глухим отверстием и тонкой глубокой горизонтальной щельюпрорезью; на фиг.5 - общий вид правого, считая по ходу движения рабочего органа бокового горизонтального ножа, с размером вылета за пределы крепёжной части в заднем направлении; на фиг.6 - разрез АА на фиг.5; на фиг.7 узелG на фиг.6; на фиг.8 разрез В-В на фиг.6; на фиг.9узелJ, на фиг.8.

Чизельный рабочий орган для основной обработки почвы и внутрипочвенного внесения жидких минеральных удобрений 1 содержит вертикальный, наклонный и горизонтальный участки, допото 6, причем на наклонном участке каждой [стойкожа](#) установлены [боковые](#)горизонтальные ножи 2, 3 и 4, которые обеспечивают равномерное распределение удобрений внутри почвы лентами на глубине 60...80, 160...180, 230...250 мм, при этом сменные лезвия, закрепленные в наклонной части чизельного рабочего органа на его передне~~фронтальной~~ стороне выполнены в виде накладки клиновй формы 7, имеющей площадь обращенной вниз грани в 2,2...2,5 раза меньшеу, чем площадь обращенной вверх грани накладки клиновй формы 7. Закрепленные на наклонном участке [стойкожа](#) с передними лезвиями [боковые](#) горизонтальные ножи 2, 3 и 4, выполнены из пластины толщиной 10 мм, при этом нижний боковой горизонтальный нож 4 установлен на уровне нижнего конца первого рассеивателя удобрений чизельного рабочего органа с вылетом за пределы крепёжной части [стойкожа](#) на $N_2=N_1+30$ мм, средний боковой горизонтальный нож 2 установлен на уровне нижнего конца второго рассеивателя с вылетом за пределы крепёжной части в заднем направлении $N_2=N_1+30$ мм и третий верхний боковой горизонтальный нож 3 установлен с вылетом за пределы крепёжной части в заднем направлении $N_3=N_2+30$.

В боковой торцевой плоскостирани каждого бокового горизонтального ножа 2, 3 и 4, которая ближе к стойке, на расстоянии $X=40$ мм от задней плоскостиграни ножа высверлено внутрь в направлении перпендикулярном направлению движения агрегата горизонтальное цилиндрическое глухое отверстие диаметром $3-5$ мм, образующее цилиндрическую полость ножа, глубина которой на 40 мм длины ножа С, измеренной на 150 мм длины ножа С, измеренной в

этом нижний нож установлен на уровне ниже края первого рассеивателя удобрений чизельного рабочего органа с вылетом за пределы крепёжной части в заднем направлении $M=20-40$ мм, средний нож, который установлен на уровне нижнего конца второго рассеивателя, с вылетом за пределы крепёжной части в заднем направлении $M2=N1+30$ мм и третий верхний нож установлен с вылетом за пределы крепёжной части в заднем направлении на соответствующем $N3=N2+30$ мм, причем в боковой торцевой плоскостиграни каждого ножа, которая ближе к стойке, на расстоянии 40 мм от задней плоскостиграни ножа высверлено внутрь в направлении перпендикулярном направлению движения агрегата горизонтальное цилиндрическое глухое отверстие диаметром 63 мм, образующее так называемую цилиндрическую полость ножа, глубина которой меньше на 40 мм длины ножа, измеренной в направлении перпендикулярном направлению движения агрегата и равной 280 мм, а в задней торцевой поверхностиграни ножа



способствует плавному гашению инерции потока жидкости и получению равномерной «жидкой пленки» в следе ножа без образования «звонки» в полости горизонтальной щепореза. Глубина x плоской полости и её высота рассчитаны так, чтобы предотвращать мощную инерцию струи, которая образуется под рабочим давлением в данном малом пространстве. Глубина x может быть равной 180 мм в зависимости от давления подачи ЖМУ. Это в свою очередь создаёт благоприятное условие для равномерного плоского распыления жидкости через заднюю полость горизонтальной щепореза.

Расстояние $5=1-2$ мм (Фиг. 7) обеспечивает своевременное заполнение цилиндрической полости в определенных моментах процесса внесения ЖМУ и играет большую роль для снижения давления в концевой части полости горизонтальной щепореза. Диаметр и высота зависят от размеров ножа, а также от установленной нормы внесения жидких минеральных удобрений. При этом объем цилиндрической полости и горизонтальной щепореза п взаимосвязаны. Цилиндрическая полость п, заполняясь в определенных моментах работы полностью, должна обеспечить полость горизонтальной щепореза жидкостью у - глубина цилиндрической полости (Фиг. 8) определяет объем полости, просверлена с запасом на 105 мм после пересечения полости горизонтальной щели прорези п, чтобы образованная мелкая воздушная подушка в конце не препятствовала работе распылителя - требуемая ширина распыла или начальная ширина жидкой пленки. При подаче ЖМУ под определенным давлением, и задаваясь оптимальными значениями R , h и x можно получить равномерный распыл и повысить эффективность внутрипочвенного внесения жидких минеральных удобрений (ЖМУ) последним методом.

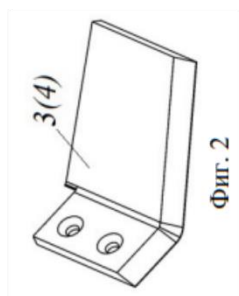
ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Чизельный рабочий орган для основной обработки почвы и внутрипочвенного внесения жидких минеральных удобрений, содержащий вертикальный, наклонный и горизонтальный участки, причем наклонный участок каждой стойки ножа снабжен стерней, считая по ходу движения, сьемными лезвиями, а сзади прямоугольным трехсекционным рассеивателем удобрений, который обеспечивает равномерное распределение удобрений внутри почвы лентой на глубины $60...80$, $160...180$, $230...250$ мм, при этом сменные лезвия, закрепленные в наклонной части чизельного рабочего органа на его передней фронтальной стороне, выполнены в виде накладки клиновой формы, имеющей площадь обращенной вниз грани в $2,2...2,5$ раза меньшую, чем площадь обращенной вверх грани накладки клиновой формы, **оптимально** тем, что закрепленные на наклонном участке стойки ножа с передними лезвиями боковые горизонтальные ножи, выполнены из пластины толщиной 10 мм, при

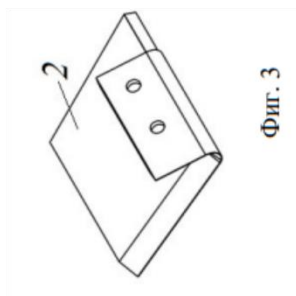
направлении перпендикулярном направлению движения агрегата и равной 1820 мм, а в задней торцевой поверхностиграни ножа выполнена тонкая глубокая горизонтальная щепорез п высотой $h=0,5-2,0$ мм, которая по всей своей высоте пересекается и сообщается с цилиндрической полостью в её верхней части, создавая общую тонкую рабочую зону для плоского равномерного внесения ЖМУ. Горизонтальная щепорез п в горизонтальной проекции своим внешним по отношению к стойке концом выполнена с закруглением радиусом $R=80-110$ мм, что соответствует технологическому радиусу радиус отрезного диска для получения горизонтальной щепореза п, и этот конец полости горизонтальной щепореза п находится на пересечении внешней боковой торцевой плоскости грани каждого ножа и его задней плоскостиграни. К данным боковым горизонтальным ножам $2, 3$ и 4 подводится расположенные за вертикальным и наклонным участками каждой стойки ножа патрубки (на Фиг. не показаны) для распыления жидких минеральных удобрений (ЖМУ), подсоединенные с помощью резьбового соединения 5 (см. Фиг. 9) к цилиндрическим глухим отверстиям диаметром $d=3-5$ мм, образующим цилиндрическую полость.

Чизельный рабочий орган для основной обработки почвы и внутрипочвенного внесения жидких минеральных удобрений работает следующим образом.

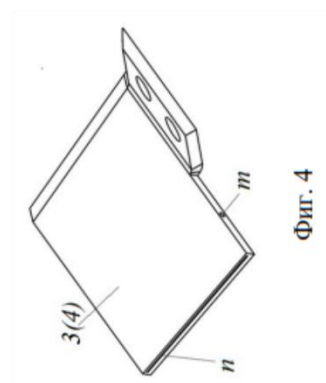
При обработке почвы доплото 6 чизельного рабочего органа вскрывает почву при небольшом сопротивлении, поскольку её ширина составляет 40 50 мм, что объясняется близким к нулю воздействием на наклонную часть чизельного рабочего органа в перпендикулярной **направлению** движения агрегата плоскости изгибающего момента со стороны почвы вследствие выполнения на расположенной на передней фронтальной стороне наклонной части чизельного рабочего органа накладки клиновой формы с площадью обращенной вниз грани в $2,2...2,5$ раза меньшей, чем площадь обращенной вверх грани накладки клиновой формы. Боковые горизонтальные ножи $2, 3$ и 4 разрезают почву на глубинах $60...80$, $160...180$, $230...250$ мм, через патрубки, подсоединенные с помощью резьбового соединения 5 (см. Фиг. 9) к цилиндрическим глухим отверстиям диаметром $d=3-5$ мм, образующим цилиндрическую полость в эту полость подаются ЖМУ. Высота $h=0,5-2,0$ мм полости горизонтальной щепореза п обеспечивает желаемую толщину и равномерность внесения ЖМУ в след ножа. Жидкость, заполняющая полость горизонтальной щепореза п, равномерно поступает в след ножа под определенным давлением, образуя также распыление (пленку) в подплатовое пространство, образованной ножом полостью, смешиваясь частями почвы. Flowsimulation анализы и проведенные эксперименты показали, что кривизна внешнего конца полости горизонтальной щели прорези п, полученная при $R=80-110$ мм,



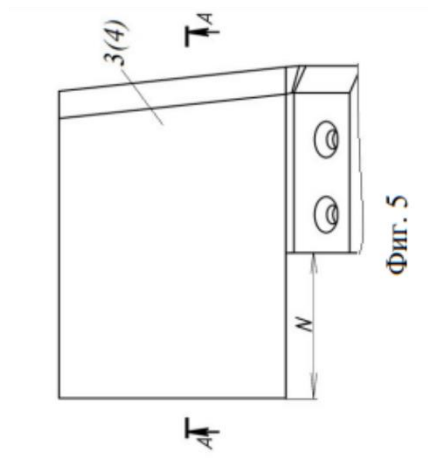
Фиг. 2



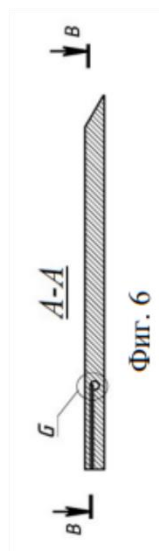
Фиг. 3



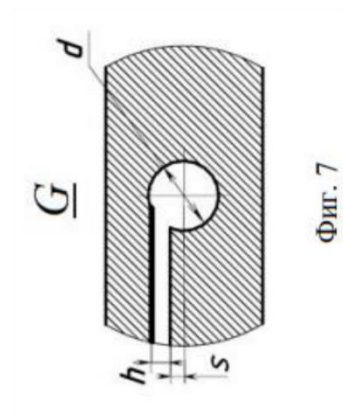
Фиг. 4



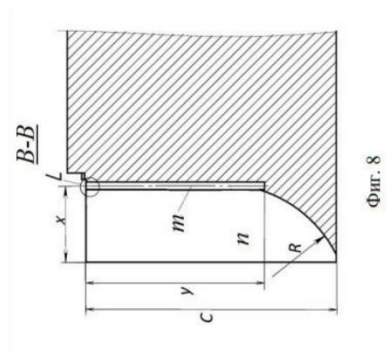
Фиг. 5



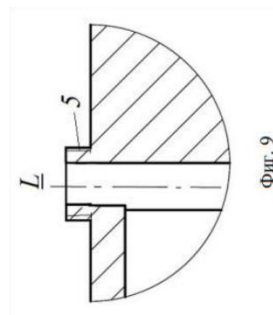
Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

(19) KZ (13) B (11) 36482
(51) A01B 49/06 (2006.01)

МИНИСТЕРСТВО ЮСТИЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21) 2022/0615.1
(22) 11.10.2022
(45) Бюллетень
Нукешев Саяхат Оразович Романюк Николай Николаевич Танбаев Хожакелди Агейчик Валерий Александрович Еднач Валерий Николаевич Ораз Амина Саяхатқызы (KZ)
Нукешев Саяхат Оразович
(56) KZ 35768 B, 22.07.2022;
KZ 29913 A4, 15.06.2015;
KZ 34729 B, 11.12.2020;
SU 1565380 A1, 23.05.1990.
(54) ЧИЗЕЛЬНЫЙ РАБОЧИЙ ОРГАН С ПОСКОСТРУЙНЫМ РАСПЫЛИТЕЛЕМ ДЛЯ ВУТРИПОЧВЕННОГО ВНЕСЕНИЯ ЖИДКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ
(57) Изобретение относится к сельскому хозяйственному машиностроению в частности к рабочим органам для основной обработки почвы и внутрипочвенного внесения жидких минеральных удобрений ЖМУ. Задачей, которую решает изобретение является обеспечение равномерного внутрипочвенного внесения жидких минеральных удобрений ЖМУ при малых нормах расхода при захвате рабочего органа - минимизации тягового усилия агрегата. Поставленная задача решается с помощью чизельного рабочего органа с плоскоструйным распылителем для внутрипочвенного внесения жидких минеральных удобрений состоящего из стойки в которой имеется вертикальный и наклонные участки причем наклонный участок стойки снабжен спердическим поперечным сечением.

агрегата с минимальными потерями топлива, выполнен в виде накладки клиновидной формы имеющей площадь боковой поверхности - 2,5 раз меньшую, чем площадь боковой поверхности верхних граней накладки клиновидной формы, где в наклонном участке стойки закреплены боковые горизонтальные ножки в сборе, где в специально открытых гнездах установлены распылители жидких минеральных удобрений ЖМУ, стойки выполнены из прочного материала, стойка имеет режущую часть, которая выполнена под углом - относительно горизонтальной плоскости, монтажная часть которой имеет два квадратных отверстия для монтажа на стойку в рабочей части нога выполнена гнездо и паза для установки распылителя крышки и патрубка для подачи ЖМУ, причем после герметичного подключения насадок распылителя к патрубку они вращаются в эти специальные пазы и сверху закрываются крышкой с возможностью обеспечения безопасности надежной работы распылителя и патрубка во время работы нога под почвой а диски крышки также выполнены в двух вариантах согласно нога левого и правого обеспечения равномерного внутрипочвенного внесения жидких минеральных удобрений ЖМУ при малых нормах расхода при захвате рабочего органа - минимизации тягового усилия агрегата. Поставленная задача решается с помощью чизельного рабочего органа с плоскоструйным распылителем для внутрипочвенного внесения жидких минеральных удобрений состоящего из стойки в которой имеется вертикальный и наклонные участки причем наклонный участок стойки снабжен спердическим поперечным сечением.

(19) KZ (13) B (11) 36482

меньше на - мм длины ножа измеренной в окружность вертикальной цилиндрической полости направления перпендикулярном направлению движения агрегата а в задней торцевой поверхности агрегата в виде боковых боковых горизонтальных ножей на фиг показаны нож правого исполнения считая по ходу движения агрегата в двух видах спереди и сзади на фиг показана крышка ножа правого исполнения верхней части создавая общую тонкую рабочую зону для поворота и вращения агрегата

Численный рабочий орган с плоскоструйным распылителем для внутрипочвенного внесения жидких минеральных удобрений состоит из стойки имеющей вертикальный и наклонные участки причем наклонный участок стойки снабжен минеральными удобрениями в виде накладки струйного распылителя

Задачей которую решает изобретение является обеспечение равномерного внутрипочвенного внесения жидких минеральных удобрений ЖМУ при малых расходах ширины захвата рабочего органа - минимизации тягового усилия агрегата

Поставленная задача решается с помощью установки таким образом что в виде спереди рабочего органа с плоскоструйным распылителем для внутрипочвенного внесения жидких минеральных удобрений состоящего из стойки в которой имеется вертикальный и наклонные участки причем наклонный участок стойки снабжен спереди по ходу движения агрегата минеральными удобрениями в виде накладки кинетической формы имеющей площадь обработки агрегата - размашистую часть площади обработки вверх грани накладки кинетической формы где в наклонном участке стойки закреплены боковые горизонтальные ножи в сборе где в специально открытых гнездах установлены распылители жидких минеральных удобрений ЖМУ с минимизацией расхода под углом - относительно горизонтальной плоскости монтажная часть которой имеет два отверстия для закрепления на стойке Нож левого рабочего части ножа выполнены гнездо и пазы для установки распылителя крышки и патрубков для подачи ЖМУ причем после герметичного подключения насадочного распылителя к патрубку они вращаются в эти специальные пазы и сверху закрываются крышкой с возможностью обеспечения безопасности работы распылителя для подачи ЖМУ и распылителя и патрубков во время работы ножа под почвой а дизайн крышки также выполнен в двух вариантах согласно ножа левого и правого исполнения при этом задняя часть крышки специально изготовлена дугообразной и при установке на паз она на - мм выходит из задней поверхности ножа чтобы увеличить подпочвенное пространство образующееся при работе ножа причем распылитель также имеет выполнение левого и правого исполнения горизонтальную полость цилиндрической формы для подачи ЖМУ вертикальную полость и прорезь для высоты - мм которая образует плоскость распылителя

(19) KZ (13) B (11) 36482

Изобретение относится к сельскохозяйственному гербициду с м.п.т. на изобретение Республики Казахстан № МКИ

Бол № которой состоит из стойки кинетической части которой прикреплено основание лопатки лемехов установленных на основании папы трубопроводов подводящих раствор гербицидов к шеевым распылителям Трубопроводы с распылителями прикрепляются к заднему обрезу контура основания таким образом чтобы горизонтальные части трубопроводов не выступали за верхнюю горизонтальную плоскость основания папы а распылители были ниже нижней горизонтальной поверхности основания папы Причем осяевые линии целевых распылителей должны быть перпендикулярны линии лезвия лемехов и устанавливаться под некоторым углом к горизонту чтобы обеспечить подачу факела распыла на нижнюю плоскость лемеха близкого к лезвию

Недостатком известного рабочего органа является то что он предназначен для внесения средств химической защиты и не применим для внесения жидких минеральных удобрений ЖМУ посплошным методом Также распыление ведется вперед относительно движения рабочего органа что способствует забиванию отверстий распылителей Известен инжектор жидких удобрений итп.убойкой обработки почвы US 2874656, Patented Feb. 24, 1960, содержащий стойку распылительные форсунки для подачи жидких удобрений На месте расположения каждого распылительного сопла предусмотрено расширение и изгиб сопла для защиты по почве и содержит также кинетический элемент трубки для внесения удобрений расположен на сади стойки для подачи жидкого удобрения в открытую борозду Кинетический элемент крыло имеющий опущенную рабочую кромку уплотняет открытую борозду предотвращая попадание жидкого удобрения в воздух В обоих вариантах удобрения поступают в подпочвенное пространство образованное кинетическим элементом

Недостатком данных известных аппаратов является низкое качество распыла жидких минеральных удобрений и их неравномерное распределение в широкой полосе действия

Известны почвообрабатывающие устройства для внесения жидких минеральных удобрений на базе стрельчатых лап снабженные патрубками для внесения распыленного удобрения в борозду (US 3038424, Patented June 12, 1962, SU1565380A1 от Бол № МПК от Бол № с двумя патрубками от Бол № с двумя патрубками

Известны почвообрабатывающие устройства для внесения жидких минеральных удобрений на базе стрельчатых лап не предназначенных для внесения жидких минеральных удобрений ЖМУ посплошным методом

Известен рабочий орган для плоскорезной обработки почвы и внутрипочвенного внесения

мм выходит из задней поверхности ножа чтобы увеличить подпочвенное пространство образующееся при его движении

Распылитель выполнен таким образом что при очень тонкой высоте ножей и его корпус обеспечивает более широкий распыл ЖМУ фиг. 1 Распылители также имеют выполнение левого и правого исполнения горизонтальную плоскость цилиндрической формы для подачи ЖМУ вертикальную плоскость и прорезатель высотой - мм которая образует плоскость распыла причем окружность вертикальной цилиндрической полости лежат внутри плоскости распыла

Чизельный рабочий орган основной обработки почвы и внутрипочвенного внесения жидких минеральных удобрений работает следующим образом

При обработке почвы долото чизельного рабочего органа вскрывает почву при небольшом сопротивлении поскольку ее ширина составляет - мм что объясняется близким к нулю воздействием на наклонную часть чизельного рабочего органа в перпендикулярной направлению движения агрегата плоскости изгибающего момента со стороны почвы вследствие выполнения на наклонной части чизельного рабочего органа накладки клиновидной формы площадью обработанной поверхности верхней грани накладки клиновидной формы боковые горизонтальные ножи и разрезают почву на глубинах -80, 130- мм и образуют подпочвенное пространство через герметично подсоединенные патрубки диаметром - мм к насадкам распылителям подается ЖМУ Прорези высотой - мм обеспечивают желаемый угол распыления от - и равномерность внесения ЖМУ в след ножей и Жидкость заполнившая вертикальную полость каждой насадки сударом на плоскость распыла распыляется через прорезы каждой насадки и равномерно поступает в след ножей и образуя распыление пленку брызги в подпочвенное пространство образующее ножами и полости смешиваясь с частицами почвы

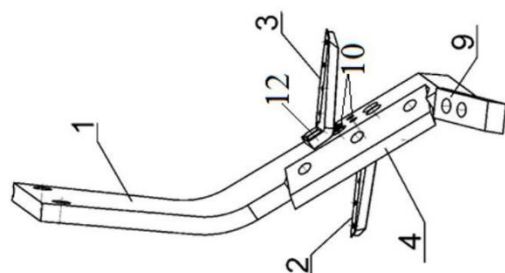
Исполнение ножей высотой - мм приводит к снижению тягового усилия агрегата Захват полости обрабатываемой рабочей органом составляет - мм при этом обеспечивается равномерность

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

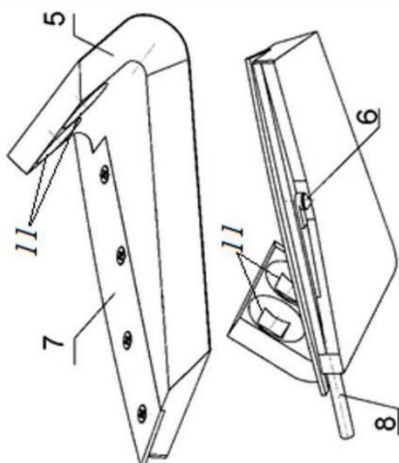
Чизельный рабочий орган с плоскоструйным распылителем для внутрипочвенного внесения жидких минеральных удобрений состоящий из стойки в которой имеется вертикальный и наклонные участки причем наклонный участок стойки снабжен спереди считая по ходу движения агрегата с ее минимальной ширины и клиновидной формы имеющей плоскость обработки обращенной вверх грани накладки клиновидной формы **отличающийся** тем что в наклонном участке стойки закреплены боковые горизонтальные ножи в сборе где в специально открытых гнездах установлены распылители жидких минеральных удобрений ЖМУ с тонким исполнением при этом один нож имеет режущую часть которая выполнена под углом -

относительно горизонтальной плоскости монтажная часть которой имеет два квадратных отверстия для монтажа на стойку в рабочей части ножа выполнены гнездо и пазы для установки распылителя крышки и патрубка подается ЖМУ причем после герметичного подключения насадки распылителя к патрубку они вращаются в эти специальные пазы сверху закрываются крышкой с возможностью обеспечения безопасности надежности работы распылителя и патрубка во время работы ножа под почвой а дизайн крышки также выполнен в двух вариантах согласно ножа левого и правого исполнения при этом каждая часть крышки специально изготовлена дугообразной и при установке на паз она на - мм выходит из задней поверхности ножа чтобы увеличить подпочвенное пространство образующееся при работе ножа причем распылитель также имеет выполнение левого и правого исполнения горизонтальную полость цилиндрической формы для подачи ЖМУ вертикальную полость и прорезатель высотой -1,0 мм которая образует плоскость распыла причем окружность вертикальной цилиндрической полости лежит внутри плоскости распыла

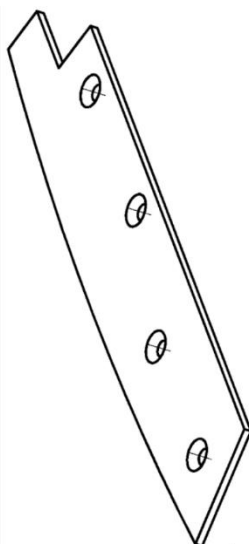
36482



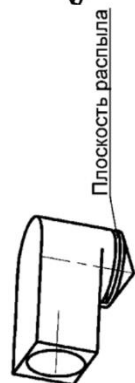
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

9



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН



(19) KZ (13) B (11) 36425
(51) A01B 49/06 (2006.01)
B05B 1/04 (2006.01)

МИНИСТЕРСТВО ЮСТИЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТА Н

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21) 2022/0542.1
(22) 08.09.2022
(45) 20.10.2023, бюл. №42
(72) Нукашев Саяхат Оразович (KZ); Романюк Николай Николаевич (BY); Танбаев Хожакелиди (KZ); Агетчик Валерий Александрович (BY); Еднач Валерий Николаевич (BY); Ораз Амина Саяхатқызы (KZ)
(73) Нукашев Саяхат Оразович (KZ)
(56) RU 2284866C1, 10.10.2006;
KZ 35768 B 22.07.2022;
RU 134990 U1, 27.11.2013.

(19) KZ (13) B (11) 36425
(54) ПОСКОСТРУЙНЫЙ РАСПЫЛИТЕЛЬ
ДЛЯ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ВНЕСЕНИЯ
ЖИДКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ
(57) Изобретение относится к сельскохозяйственному машиностроению, в частности к распылителям, которые устанавливаются на рискователях и других сельскохозяйственных оборудованных для внесения жидких минеральных удобрений (ЖМУ) и пестицидов. Изобретение может использоваться в системах пожаротушения, в устройствах для полива, в технологическом оборудовании различного назначения предназначенного для дезактивации, дезодорации, а также в качестве средств охлаждения. Изобретение может использоваться в системах пожаротушения, в устройствах для полива, в технологическом оборудовании различного назначения, предназначенного для дезактивации, дезодорации, а также в качестве средств охлаждения. Задачей изобретения является обеспечение необходимой равномерной объемной области

распыла ЖМУ, которая имеет более широкий распыл (120°75°) и углы напора с отклонением от горизонтальной плоскости не более 30° в след по площади по всей ширине захвата культиваторного ножа. Предлагаемая насадка распылителя должна быть технологически простой для изготовления эксплуатации, иметь высоту, подходящую для установки к ножам толщиной 104 мм.

Поставленная задача достигается с помощью поскоструйного распылителя для внутрипочвенного внесения жидких минеральных удобрений, имеющего горизонтальный канал подачи ЖМУ внутренним диаметром d и наружный диаметром D, а также вертикальную составляющую направляющего канала подачи ЖМУ диаметром d_н и наружным диаметром D_н цилиндрической формы, где указанные диаметры равны d=2,8мм, D=4мм, d_н=0,5-1,0 мм и D_н=8-10 мм, при этом распылитель содержит горизонтальную щель высотой h=0,30,6 мм для формирования поскоструйного дугобразного распыла при высоте распылителя H=40 мм, причем высота щели h и диаметр вертикально составляющей направляющего канала также расположены окружности направляющего канала относительно плоскости распыла обеспечивая равномерное формирование распыла ЖМУ с углом до 180°, расстояние в сторону увеличения площади горизонтальной щели высотой h от оси симметрии вертикальной составляющей направляющего канала подачи ЖМУ до плоской торцевой вертикальной поверхности горизонтальной щели высотой h равно s=d/2, при этом соотношение d/D, геометрически горизонтальной щели в пределах 15-30мм.

Изобретение относится к сельскохозяйственному машиностроению, в частности к распылителям и другим сельскохозяйственным устройствам для внесения жидких минеральных удобрений (ЖМУ) и пестицидов. Изобретение может использоваться в системах пожиротушения, в устройствах для полива, в технологическом оборудовании различного назначения, предназначенного для дезактивации, дезодорации, а также в качестве средств охлаждения.

Изобретение может использоваться в системах пожиротушения, в устройствах для полива, в технологическом оборудовании различного назначения, предназначенного для дезактивации, дезодорации, а также в качестве средств охлаждения.

Изобретение может использоваться в системах пожиротушения, в устройствах для полива, в технологическом оборудовании различного назначения, предназначенного для дезактивации, дезодорации, а также в качестве средств охлаждения.

Изобретение может использоваться в системах пожиротушения, в устройствах для полива, в технологическом оборудовании различного назначения, предназначенного для дезактивации, дезодорации, а также в качестве средств охлаждения.

Изобретение может использоваться в системах пожиротушения, в устройствах для полива, в технологическом оборудовании различного назначения, предназначенного для дезактивации, дезодорации, а также в качестве средств охлаждения.

Изобретение может использоваться в системах пожиротушения, в устройствах для полива, в технологическом оборудовании различного назначения, предназначенного для дезактивации, дезодорации, а также в качестве средств охлаждения.

Изобретение может использоваться в системах пожиротушения, в устройствах для полива, в технологическом оборудовании различного назначения, предназначенного для дезактивации, дезодорации, а также в качестве средств охлаждения.

Изобретение может использоваться в системах пожиротушения, в устройствах для полива, в технологическом оборудовании различного назначения, предназначенного для дезактивации, дезодорации, а также в качестве средств охлаждения.

Изобретение может использоваться в системах пожиротушения, в устройствах для полива, в технологическом оборудовании различного назначения, предназначенного для дезактивации, дезодорации, а также в качестве средств охлаждения.

Изобретение может использоваться в системах пожиротушения, в устройствах для полива, в технологическом оборудовании различного назначения, предназначенного для дезактивации, дезодорации, а также в качестве средств охлаждения.

Изобретение может использоваться в системах пожиротушения, в устройствах для полива, в технологическом оборудовании различного назначения, предназначенного для дезактивации, дезодорации, а также в качестве средств охлаждения.

Изобретение может использоваться в системах пожиротушения, в устройствах для полива, в технологическом оборудовании различного назначения, предназначенного для дезактивации, дезодорации, а также в качестве средств охлаждения.

подачи ЖМУ до плоской торцевой вертикальной поверхности горизонтальной щели высотой h равно $s=d_0$, при этом соотношение (Φ) геометрически определяет ширину формирующего распыл кольца горизонтальной щели (Φ) $L=6$ мм.

Изобретение посвящено распылителю с изображен плоскоструйный распылитель с наружным подключением, на фиг.2 показан симметричный разрез плоскоструйного распылителя, на фиг.3 – плоскоструйный распылитель с внутренним подключением к питательной трубе, на фиг.4 форма плоскости распыла и расположение направляющего канала плоскоструйного распылителя.

Плоскоструйный распылитель имеет горизонтальный канал подачи ЖМУ с внутренним диаметром $d=1,5-2,0$ мм и наружным диаметром $D=4-6$ мм, а также вертикальную составляющую направляющего канала подачи ЖМУ внутренним диаметром $d=0,5-1,0$ мм и наружным диаметром $D=8-10$ мм цилиндрической формы (фиг.2), а также горизонтальную щель высотой $h=0,05$ мм для формирования плоскоструйного дугообразного распыла. Высота плоскоструйного дугообразного распыла $H=8-10$ мм. Подключение к питательной трубе может быть наружным и внутренним (фиг.3).

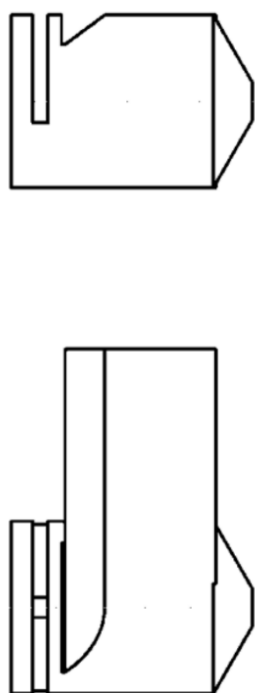
Согласованные высота щели, и диаметр вертикальной составляющей направляющего канала d , а также расположение окружности направляющего канала относительно плоскости распыла обеспечивают равномерное формирование распыла углом до 180° (фиг.4). Высота также влияет на качество распыла и угол напора распыла относительно горизонтальной плоскости. Диаметр D и расстояние $s=d$ в сторону увеличения площади горизонтальной щели высотой h от оси симметрии вертикальной составляющей направляющего канала подачи ЖМУ до плоской торцевой вертикальной поверхности горизонтальной щели высотой h (фиг.4) влияют на расход жидкости. Площадь поверхности распыла определяет величину ширины распыла, её увеличение приводит к образованию капель с меньшими размерами, а соотношение (Φ) геометрически формирует ширину формирующего распыл кольца горизонтальной щели (фиг.4).

Геометрия моделирована так, чтобы $s=d_0$ расстояние в сторону увеличения площади горизонтальной щели высотой h от оси симметрии вертикальной составляющей направляющего канала подачи ЖМУ до плоской торцевой вертикальной поверхности горизонтальной щели высотой h равно $s=d_0$, при этом соотношение (Φ) геометрически определяет ширину формирующего распыл кольца горизонтальной щели в пределах $L=6-8$ мм, то жидкость в зазоре создает сопротивление к

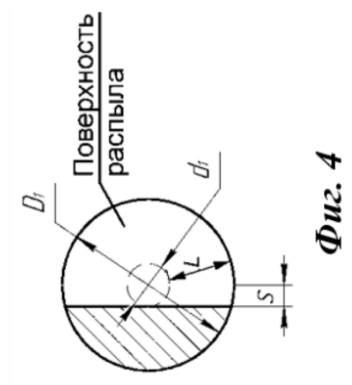
ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Плоскоструйный распылитель для внутрипочвенного внесения жидких минеральных удобрений имеет горизонтальный канал подачи ЖМУ внутренним диаметром d и наружным диаметром D , а также вертикальную составляющую направляющего канала подачи ЖМУ внутренним диаметром d и наружным диаметром D цилиндрической формы (Φ) $L=6$ мм, что указанные диаметры равны $d=2,0$ мм, $D=4$ мм, $d=0,5-1,0$ мм и $D=8-10$ мм, при этом распылитель содержит горизонтальную щель высотой $h=0,05$ мм для формирования плоскоструйного дугообразного распыла при высоте плоскоструйного распылителя $H=8-10$ мм, причем высота щели h и диаметр вертикальной составляющей направляющего канала d также расположены окружности направляющего канала относительно плоскости распыла обеспечивает равномерное формирование распыла ЖМУ с углом до 180° , расстояние в сторону увеличения площади горизонтальной щели высотой h от оси симметрии вертикальной составляющей направляющего канала подачи ЖМУ до плоской торцевой вертикальной поверхности горизонтальной щели высотой h равно $s=d_0$, при этом соотношение (Φ) геометрически определяет ширину формирующего распыл кольца горизонтальной щели в пределах $L=6-8$ мм.

36425

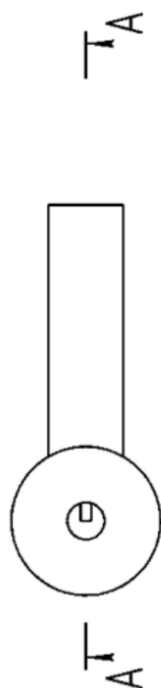
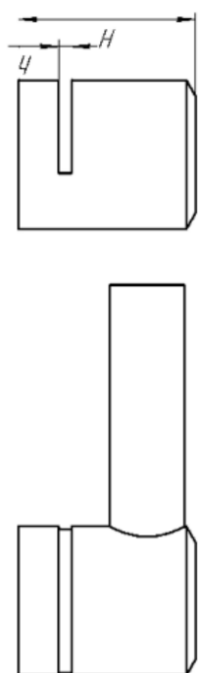


Фиг. 3

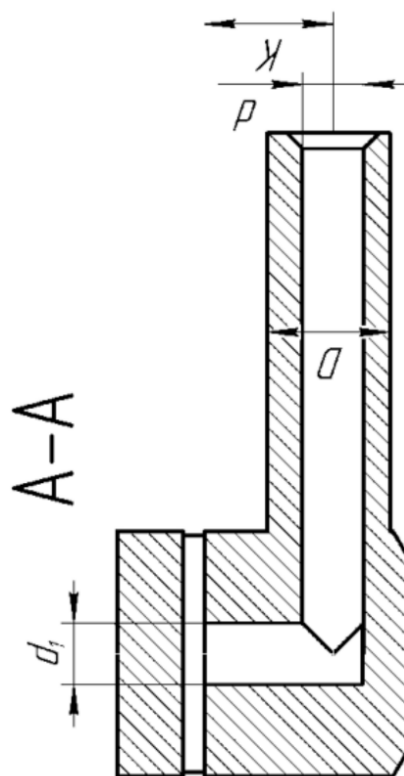


Фиг. 4

36425



Фиг. 1



Фиг. 2

Верстка Д. Женьсоева
Корректор Г. Косанова

Сертификаттар





ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ МИНИСТРЛІГІ
«С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті» КеАҚ



I дәрежелі ДИПЛОМ

«Сейфуллин оқулары-18:
Жастар және ғылым – болашаққа көзқарас»
атты Халықаралық ғылыми-практикалық конференцияға белсене қатысқаны үшін

Танбаев Хожакелди Кувандикович

марапатталады

Басқарма Төрағасының
академиялық қызмет жөніндегі
орынбасары – Ректор



А. Әбдіров

Нұр-Сұлтан
12 сәуір 2022 жыл

СЕРТИФИКАТ

удостоверяет, что

Танбаев Хожакелди Кувандикович

участвовал(-а) в цикле обучающих вебинаров по наукометрии
"Главные метрики современной науки. Scopus и Web of Science",
который был проведен компанией "Научные публикации – Publ.Science"

(длительность цикла вебинаров - 5 часов)

Батаева Елизавета Сергеевна
Специалист научно-обучающего центра
компании "Научные публикации – Publ.Science"



Базарбаева Томирис
Директор компании
"Научные публикации – Publ.Science"



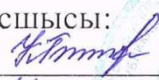
№ BB 1026 / 29.10.2020



Зерттеу нәтижелерін енгізу туралы акт

«КЕЛІСІЛДІ»

«Шортанды ауданының кәсіпкерлік және ауыл шаруашылығы бөлімі» ММ басшысы:


 Коркотко Г. Х.
 « 11 » 09 2023 ж.

«БЕКІТЕМІН»

А.И. Бараев атындағы Астық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығының басқарма төрағасы


 Тимур Савин.
 « 7 » 09 2023 ж.
Ғылыми-зерттеу жұмысы нәтижелерін
өндіріске енгізу туралы
АКТ

1. Ғылыми-зерттеу жұмысының атауы: «Сұйық минералды тыңайтқыштарды топырақ ішіне енгізуге арналған жұмыс органының негізгі параметрлерін негіздеу».
2. Қысқаша андатпа: Жаңа жұмыс органы сұйық минерал тыңайтқышты (СМТ) топыраққа астарлай енгізуге әрі топырақты терең өндеуге арналған. Жұмыс органымен жабдықталған чизельді копсытқыш-тыңайтқыш топырақты пар өндеу, күзгі сүдігер жырту кезінде, негізгі өндеумен қатар сұйық минералды тыңайтқыштарды енгізу технологиясын қамтамасыз етеді.
3. Енгізу әсері (экономикалық, экологиялық): жаңа жұмыс органымен жабдықталған чизельді копсытқыш-тыңайтқышты өндіріске енгізудің жылдық экономикалық тиімділігі 30110,3 тг/га немесе 65 шартты бірлікті құрады. Технология мен техникалық құрылғы өнімділікті 20-35% арттырады. Булану, ұшу сияқты шығындарды болдырмайды, СМТ 10-12% үнемделеді.
4. Енгізу орны мен уақыты: А.И. Бараев атындағы Астық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығының егіс алаңы. Маусым-шілде, 2023 жыл.
5. Енгізу түрі: техника мен технологияны енгізу (50 га топырақты терең жыртумен бірге сұйық минерал тыңайтқышты енгізу).

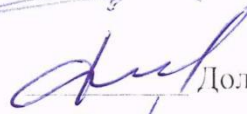
С.Сейфуллин атындағы ҚАТЗУ, техникалық механика кафедрасының профессоры, ҒЗЖ жетекшісі:

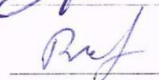
Докторант:

А.И. Бараев атындағы Астық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығы басқарма төрағасының ғылым жөніндегі орынбасары:
 Дала бригадасының механигі:


 Нукешев С.О.


 Тапбаев Х. К.


 Долинный Ю. Ю.


 Вороновский В. А.

Жұмыс органы жұмысы туралы сипаттама-пікір

Отзыв

Рыхлитель-удобритель чизельный 7,6 м.

Рыхлитель-удобритель чизельный был приобретен ТОО «Карабалыкская СХОС» в сентябре 2019 года. В силу неблагоприятных погодных условий в осенний период данный агрегат был протестирован на небольшой площади с целью ознакомления процессов агрегатирования и анализа производственного эффекта качества обработки почвы.

В 2020 году рыхлитель агрегатировался с трактором Бюллер 2375. Обработано порядка 1200 га стерневых фонов под 3 культуру после пара для весеннего влагонакопления. Дневная выработка агрегата составляла в пределах 37-42 га за смену.

Положительный эффект наблюдается в первую очередь в полученном фоне после обработки – стерня предыдущей культуры в промежутке между бороздами не разрушена, что способствует усиленному снегозадержанию в зимний период и соответственно влагонакоплению. Вместе с тем рыхлитель-удобритель чизельный уникален возможностью внесения удобрений. На мой взгляд данная опция разработана с научной точки зрения технологии удобрений почв черноземов обыкновенных. Агрегат рассчитан на внесение минеральных удобрений в плоскости на 3 разных уровня одновременно, что позволяет удобрить весь слой обрабатываемой глубины.

По результатам уборочных работ сезона 2021 года наблюдается явное превышение урожайности по фонам обработки чизельного рыхлителя против плоскорезной зяби порядка 2,7 ц/га. Данный показатель, принимая во внимание засушливые условия вегетационного периода, несомненно добавляет преимущество данного агрегата. Вместе с тем необходимо отметить практичность обработки почвы в текущем сезоне в осенний период в условиях пересушенной почвы. Когда орудия плоскорезного типа не позволяют заглубиться и вырывают почву в крупной каменистой фракции, тогда же РУЧ получилось заглубить на 32 см.

Тем самым, данный агрегат характеризуется положительно по различным параметрам. Наше ТОО рассматривает перспективу увеличения количественных единиц данного орудия.

Председатель Правления

ТОО «Карабалыкская СХОС»



Қандыбаев Д.С.

Қосымша Г

**Ansys Fluent® бағдарламасында жүргізілген жұмыстар бойынша
материалдар**

Г. 1-кесте. L_{tr} -дің және L_{ui} -нің мәндері

s	d_1	L_4	L_{tr} (графиклық)	L_{tr} (Формула) коэффициент 1,2	L_{tr} (теңдеу)	L_{ui}	Бұрыштар шегі
0,4							
	0,5	1,007	2,498092	2,44633808	2,412256	7,286101667	145-167
	0,6	1,212	2,760629	2,730054005	2,7033	8,051834583	жазық бұрыш
	0,7	1,419	3,050659	3,029897048	2,99806	8,897755417	жазық бұрыш
	0,8	1,629	3,351032	3,335850878	3,296536	9,773843333	жазық бұрыш
	0,9	1,841	3,656431	3,644785371	3,598728	10,66459042	жазық бұрыш
0,3							
	0,5	1,007	2,214297	2,196760752	2,166754	6,45836625	126-148
	0,6	1,212	2,513274	2,501888159	2,463234	7,3303825	147-168
	0,7	1,419	2,81919	2,81113048	2,76343	8,2226375	жазық бұрыш
	0,8	1,629	3,128309	3,122278315	3,067342	9,124234583	жазық бұрыш
	0,9	1,841	3,43914	3,434447087	3,37497	10,030825	жазық бұрыш
0,2							
	0,5	1,007	1,982313	1,977691757	1,934244	5,78174625	113-132
	0,6	1,212	2,29276	2,289631391	2,23616	6,687216667	135-153
	0,7	1,419	2,604767	2,602502722	2,541792	7,597237083	161-174
	0,8	1,629	2,917563	2,915845112	2,85114	8,50955875	жазық бұрыш
	0,9	1,841	3,230801	3,229452658	3,164204	9,423169583	жазық бұрыш
0,1							
	0,5	1,007	1,772154	1,771610666	1,714726	5,1687825	100-118
	0,6	1,212	2,085893	2,085518012	2,022078	6,083854583	122-139
	0,7	1,419	2,399801	2,085518012	2,333146	6,999419583	147-160
	0,8	1,629	2,713799	2,713588779	2,64793	7,915247083	173-180
	0,9	1,841	3,027847	3,027681645	2,96643	8,831220417	жазық бұрыш
0							
	0,5	1,007	1,570796	1,570796327	1,5082	4,581488333	88-105
	0,6	1,212	1,884956	1,884955592	1,820988	5,497788333	110-126
	0,7	1,419	2,199115	2,199115	2,137492	6,414085417	134-147
	0,8	1,629	2,513274	2,513274	2,457712	7,3303825	162-168
	0,9	1,841	2,827433	2,827433388	2,781648	8,246679583	жазық бұрыш

Формула бойынша ауытқу 0–2%.

Теңдеумен ауытқу 0–3%.

Г. 2-кесте. Толық радиал бүрку бойынша тиісті формулалардың Ansys Fluent® бағдарламасымен сәйкестігін тексеру нәтижелері

Берілгендер: $r_j = d/2 = 0.8 \text{ mm}$; $V_j = 6 \text{ m/s}$; $Q = 0,00001206372 \text{ m}^3/\text{s}$. $Re = 9576$

Авторлар	2-аймақтағы ағын (2 region)	2-аймақтағы ағын (3 region)	Екі өлшемді ағын (Two-dimensional flow)
1	2	3	4
Ағын қалыңдығы формуласы бойынша			
Watson, 1964	$h = \alpha^2 / 2r$	$h_{(r)} = \frac{2\pi^2 \nu (r^3 + l^3)}{3\sqrt{3}Qr}$	$h_{(r)} = \alpha + \left(\frac{1-2\pi}{3\sqrt{3}c^2} \right) \delta$
$r_d = 4 \text{ mm}$	0.08 mm	0,11602864	0,800014963
$r_d = 2.5 \text{ mm}$	0,128 mm	0,179528219 mm	0,800009352mm
	$r < r_0$	$r > r_0$	
Azuma and Hosino	$h^* = 0.5 / r + 1.79\sqrt{r}$	$h^* = 0.642 / r + 5.03r^2$	
$r_d = 4 \text{ mm}$	3,273086177	3,374563762	
$r_d = 2.5 \text{ mm}$	4,58469691	5,14948	
Clanet & Villiermaux (2002)	$h_{(r)} = \frac{D_0}{8r}$		
$r_d = 4 \text{ mm}$	0,08 mm		
$r_d = 2.5 \text{ mm}$	0,128 mm		
Пажу Д.Г., Галустанов			Behind the closure radius $R_{cm} < R < R_{h,j}$ (Hydraulic jump)
		$\delta_{ft} = \frac{Q}{2\pi R_{rc} U_{avg}}$ Does not work	$\delta_{sh} = \frac{Q}{2\pi \mu R_{rc} U_{avg}}$ (12)
$r_d = 4 \text{ mm}$		0,00003607	0,03605226 mm
$r_d = 2.5 \text{ mm}$		0,00003237	0,03235130
Wu et al.,	Region II	beyond Region II	
	$h_d = \frac{r_0^2}{2r_d} + C_1 \cdot \left(\frac{7V_l}{V_j} \right)^{1/5} \cdot r_d^{4/5}$	$h_d = C_2 \cdot \left(\frac{V_l}{Q} \right)^{1/4} \frac{r_d^{9/4} + l^{9/4}}{r_d}$	$h = \frac{r_d h_d}{r}$
$rd = 4 \text{ mm}$	0,093038586 mm	0,093311595 mm	0,093311595 mm
$rd = 2.5 \text{ mm}$	0,136952297 mm	0,137393241 mm	0,137393241 mm
Does not worked	$h_d = \frac{r_0}{2r_d} + C_1 \cdot \left(\frac{7V_l}{V_j} \right)^{1/5} \cdot r_d^{4/5}$		
rd = 4 mm	100,0130386		

Г.2-кестенің жалғасы

1	2	3	4
rd = 2.5 mm	160,0089523		
		$h_d = \frac{Q}{2U\pi r_d}$	
rd = 4 mm	5 m/s	0,09600000 mm	
rd = 2.5 mm	5 m/s	0,15360000 mm	
De Cock	r > r ₀	r ≤ r ₀	
	$h_{(r)} = \frac{2\pi^2 v(r_d^3 + l^3)}{3\sqrt{3}Qr}$ [Watson]	$h_{(r)} = \frac{R^2}{2r} + \left(1 - \frac{2\pi}{3\sqrt{3}c^2}\right)\delta$	
rd = 4 mm	0,11602864	0,105754816 mm	
rd = 2.5 mm	0,179528219 mm	0,148360969 mm	
		$h_{(r)} = \frac{\alpha R^2}{2r} + \left(1 - \frac{2\pi}{3\sqrt{3}c^2}\right)\delta$	
rd = 4 mm		0,110373034 mm	
rd = 2.5 mm		0,147317295 mm	
		$h(r) = \frac{HC_c R}{r} + 1,45179988 \sqrt{\frac{2HC_c v r}{U_o}}$	
		0,110373034	
		0,147317295	
		$h(r) = \frac{U_0 R^2}{U_1 2r} + 1,45179988 \sqrt{\frac{v r}{U_1}}$	
r = 4		0,140761 mm	
r = 2.5		0,200621 mm	
		$h_d = \frac{Q}{2\pi r_d U}$	
Ағын жылдамдығы формуласы бойынша			
Watson, 1964		$U_{(r)} = \frac{27c^2 Q^2}{8\pi^4 v(r^3 + l^3)} \quad (5)$ c = 1.402	
rd = 4 mm		6,72472 m/s	
rd = 2.5 mm		6,95387 m/s	
		r > r ₀	r > r ₀

Г.2-кестенің жалғасы

1	2	3	4
Azuma and Hosino		$U/U_0 = 0.714/(r^*h^*)$	$U/U_0 = 0.571/(r^*h^*)$
$r_d = 4 \text{ mm}$		6,264421215	5,009782232
$r_d = 2.5 \text{ mm}$		6,568333525	5,252826951
Clanet and Villiermaux	$U_{(r)} = \frac{U_0 D_0^2}{8rh_{(r)}} \quad (6)$		
$r_d = 4 \text{ mm}$	6		
$r_d = 2.5 \text{ mm}$	6		
Пажу Д.Г., Галустов	Когда $R_{cm} > R > R_0$	За радиус смякания $R_{cm} < R < R_{h,j}$ (Hydraulic jump)	
	$U_{avg} = \frac{QU_0}{Q + 4.95R\sqrt{U_0 R \mu / \rho}}$	$U_{avg} = \frac{kQ^2 U_0 \rho}{4\pi^2 U_0 \mu k (R^3 - R_{cm}^3) + Q^2}$ $k = 1$ болғанда	
$r_d = 4 \text{ mm}$	4,782487572	-2,797754714	
$r_d = 2.5 \text{ mm}$	5,329599742	-2,698442867	
Wu et al.,			After the film leaves the deflector plate
			$U = \frac{Q}{2\pi r_d h_d}$
$r_d = 4 \text{ mm}$			5,144055248
$r_d = 2.5 \text{ mm}$			5,589794635

Г. 3-кесте. Алғашқы есептеуге енгізілген параметрлер мен алынған нәтижелер

ID	Параметір атауы	Белгісі	Мәні	Өлшем бірлігі
1	2	3	4	5
Енгізу параметрлері				
Геометрия (A1)				
P1	Extrude2.FD1	K	5	мм
P2	Extrude4.FD1	H	0,7	мм
P3	ZXPlane.R5	d_v	1	мм
P74	Plane4.R16	D_s	4	мм
P148	XYPlane.R2	d_h	1	мм
Fluent (with Fluent Meshing) (B1)				
P154	Жылдамдық	V_i	6000	мм/с
Нәтижелік параметрлер				
Fluent (with Fluent Meshing) (B1)			Value	Unit
P156	out-vfr-7-op	Q_7	-779,19213	мм ³ /с
P157	out-vfr-8-op	Q_8	-746,50933	мм ³ /с
P158	out-vfr-10-op	Q_{10}	-747,07094	мм ³ /с

Г.3-кестенің жалғасы

1	2	3	4	5
P159	out-vfr-12-op	Q_{712}	-687,25524	MM ³ /c
P160	out-vfr-21-op	Q_{21}	-623,98351	MM ³ /c
P161	out-vfr-24-op	Q_{24}	-659,62593	MM ³ /c
P162	out-vfr-25-op	Q_{25}	-729,6332	MM ³ /c
P163	out-vfr-26-op	Q_{26}	-601,17009	MM ³ /c
P164	out-vfr-28-op	Q_{28}	-156,66363	MM ³ /c
P165	out-vfr-29-op	Q_{29}	-273,94256	MM ³ /c
P166	out-vfr-30-op	Q_{30}	-1392,3157	MM ³ /c
P169	out-vfr-1-op	Q_1	-416,8453	MM ³ /c
P170	out-vfr-2-op	Q_2	-219,89692	MM ³ /c
P171	out-vfr-3-op	Q_3	-443,29693	MM ³ /c
P172	out-vfr-4-op	Q_4	-665,22239	MM ³ /c
P173	out-vfr-5-op	Q_5	-789,99409	MM ³ /c
P174	out-vfr-6-op	Q_6	-816,03901	MM ³ /c
P175	out-vfr-9-op	Q_9	-747,40171	MM ³ /c
P176	out-vfr-11-op	Q_{11}	-719,43089	MM ³ /c
P177	out-vfr-13-op	Q_{13}	-681,33977	MM ³ /c
P178	out-vfr-14-op	Q_{14}	-668,4121	MM ³ /c
P179	out-vfr-15-op	Q_{15}	-646,98662	MM ³ /c
P180	out-vfr-16-op	Q_{16}	-626,79214	MM ³ /c
P181	out-vfr-17-op	Q_{17}	-625,36054	MM ³ /c
P182	out-vfr-18-op	Q_{18}	-628,43384	MM ³ /c
P183	out-vfr-19-op	Q_{19}	-626,88525	MM ³ /c
P184	out-vfr-20-op	Q_{20}	-627,1045	MM ³ /c
P185	out-vfr-22-op	Q_{22}	-605,09348	MM ³ /c
P186	out-vfr-23-op	Q_{23}	-607,52501	MM ³ /c
P187	out-vfr-27-op	Q_{27}	-314,46172	MM ³ /c
P196	back-flux1-op	P	0	MPa
P197	back-flux2-op	P	-0,009623637	MPa
P228	inlet-area-op	A_i	3,128594	MM ²
P230	inl-vfr-op	Q_i	18771,563	MM ³ /c
P231	inl-vfr-/28-constant-op	Q_{wcons}	670,41299	MM ³ /c
P232	sum-28-vfr-op	$\sum Q_w = (Q_2 + Q_3 + \dots Q_{29}) \cdot w = 28$		
P233	inl-/28-ratio-vfr-op	$\frac{Q_i}{\sum Q_w}$	-1,1000215	
P262	out-full-veloc-ave-op	V_{oavg}	3935,0078	MM/c
P263	out-vfr-full-op	Q_o	-18873,885	MM ³ /c
P264	area-wei-ave-veloc-out-op	V_{AwaV}	3667,1295	MM/c
P265	sd-sum-28-op	$\frac{\sum Q_w}{28} = Q_{28avg}$	-609,45439	MM ³ /c
P267	max-velo-out-op	V_{omax}	10559,475	MM/c

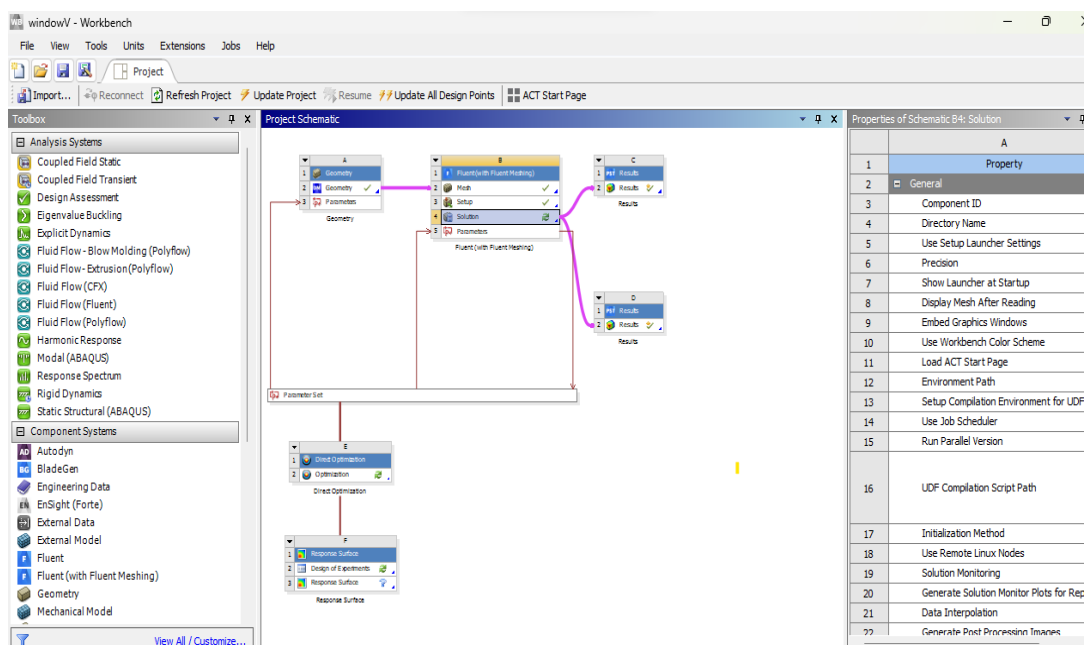
Г.3-кестенің жалғасы

1	2	3	4	5
P268	cons-ratio-op	$\frac{Q_{28avg}}{Q_{wcons}}$	-0,90907305	
P269	cret-1-op (S_{28})	$\frac{Q_i}{\sum Q_w} / \frac{Q_{28avg}}{Q_{wcons}}$	1,2100474	
P150	Output Area	A_o	8,79645943	mm ²
P151	trans Area	A_{tr}	2,199114858	mm ²
P152	Inl Out ratio	A_o/A_i	2,811633414	
P153	Trans Inl ratio	A_{tr}/A_i	0,898689128	
P155	Sel 30 Area	A_w	0,293215314	mm ²
P198	Ratio1	Q_1/ Q_{wcons}	-0,621773901	
P199	Ratio 2	Q_2/ Q_{wcons}	-0,328002177	
P200	Ratio 3	Q_3/ Q_{wcons}	-0,661229625	
P201	Ratio 4	Q_4/ Q_{wcons}	-0,992257608	
P202	Ratio 5	Q_5/ Q_{wcons}	-1,178369306	
P203	Ratio 6	Q_6/ Q_{wcons}	-1,217218375	
P204	Ratio 7	Q_7/ Q_{wcons}	-1,16225691	
P205	Ratio 8	Q_8/ Q_{wcons}	-1,113506661	
P206	Ratio 9	Q_9/ Q_{wcons}	-1,114837751	
P207	Ratio 10	Q_{10}/ Q_{wcons}	-1,114344369	
P208	Ratio 11	Q_{11}/ Q_{wcons}	-1,073115976	
P209	Ratio 12	Q_{12}/ Q_{wcons}	-1,025122201	
P210	Ratio 13	Q_{13}/ Q_{wcons}	-1,01629858	
P211	Ratio 14	Q_{14}/ Q_{wcons}	-0,997015437	
P212	Ratio 15	Q_{15}/ Q_{wcons}	-0,965056808	
P213	Ration16	Q_{16}/ Q_{wcons}	-0,93493436	
P214	Ratio 17	Q_{17}/ Q_{wcons}	-0,93279896	
P215	Ratio 18	Q_{18}/ Q_{wcons}	-0,937383149	
P216	Ratio 19	Q_{19}/ Q_{wcons}	-0,935073245	
P217	Ratio 20	Q_{20}/ Q_{wcons}	-0,935400282	
P218	Ratio 21	Q_{21}/ Q_{wcons}	-0,930744958	
P219	Ratio 22	Q_{22}/ Q_{wcons}	-0,902568251	
P220	Ratio 23	Q_{23}/ Q_{wcons}	-0,906195165	
P221	Ratio 24	Q_{24}/ Q_{wcons}	-0,983909828	
P222	Ratio 25	Q_{25}/ Q_{wcons}	-1,088333924	
P223	Ratio 26	Q_{26}/ Q_{wcons}	-0,896716053	
P224	Ratio 27	Q_{27}/ Q_{wcons}	-0,469056723	
P225	Ratio 28	Q_{28}/ Q_{wcons}	-0,233682271	
P226	Ratio 29	Q_{29}/ Q_{wcons}	-0,408617619	
P227	Ratio 30	Q_{30}/ Q_{wcons}	-2,076802987	
P234	w2		-219,89692	mm ³ /c
P235	w3		-443,29693	mm ³ /c
P236	w4		-665,22239	mm ³ /c
P237	w5		-789,99409	mm ³ /c
P238	w6		-816,03901	mm ³ /c
P239	w7		-779,19213	mm ³ /c

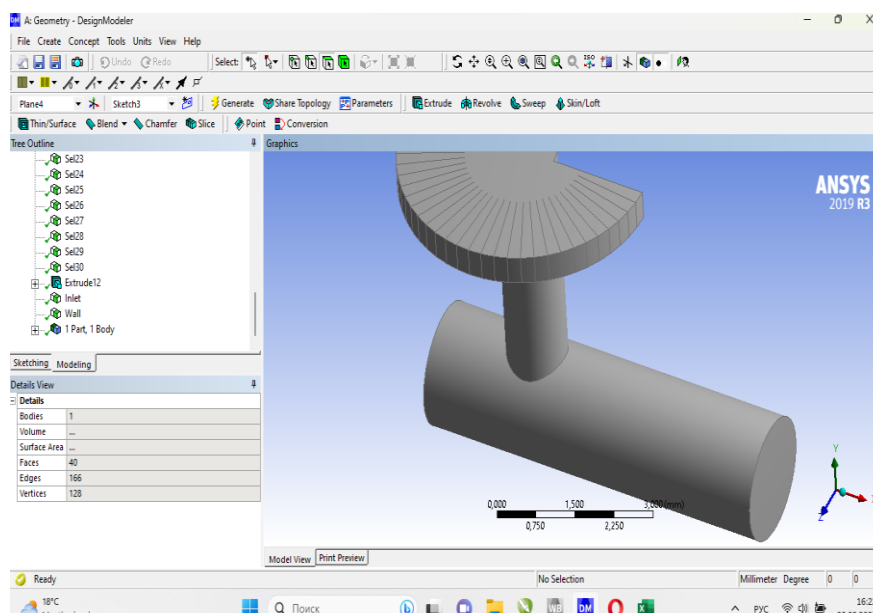
Г.3-кестенің жалғасы

1	2	3	4	5
P240	w8		-746,50933	MM ³ /c
P241	w9		-747,40171	MM ³ /c
P242	w10		-747,07094	MM ³ /c
P243	w11		-719,43089	MM ³ /c
P244	w12		-687,25524	MM ³ /c
P245	w13		-816,03901	MM ³ /c
P246	w14		-668,4121	MM ³ /c
P247	w15		-646,98662	MM ³ /c
P248	w16		-626,79214	MM ³ /c
P249	w17		-625,36054	MM ³ /c
P250	w18		-628,43384	MM ³ /c
P251	w19		-626,88525	MM ³ /c
P252	w20		-627,1045	MM ³ /c
P253	w21		-623,98351	MM ³ /c
P254	w22		-605,09348	MM ³ /c
P255	w23		-607,52501	MM ³ /c
P256	w24		-659,62593	MM ³ /c
P257	w25		-729,6332	MM ³ /c
P258	w26		-601,17009	MM ³ /c
P259	w27		-314,46172	MM ³ /c
P260	w28		-156,66363	MM ³ /c
P261	w29		-273,94256	MM ³ /c

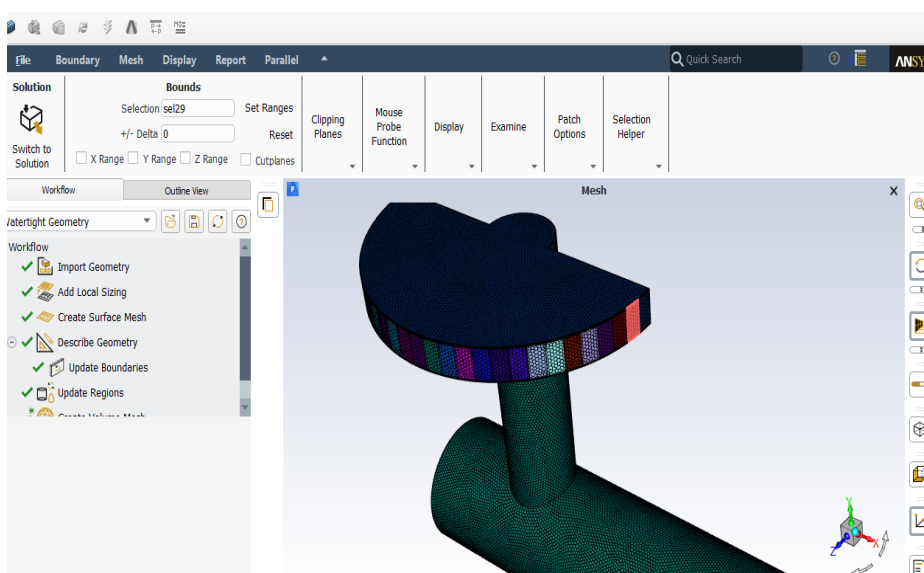
Ansys Fluent® бағдарламасында қолданылған жұмысшы қосымшалардың интерфейстері.



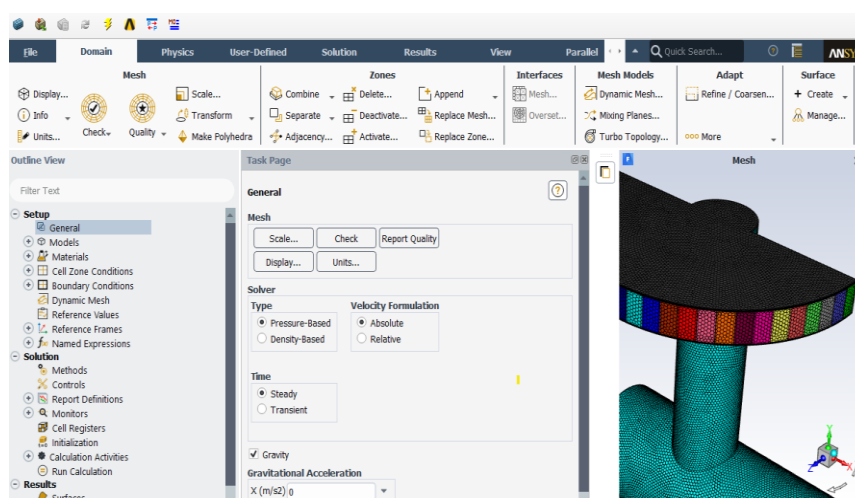
Г. 1-сурет. Ansys Workbench жұмыс платформасы



Г. 2-сурет. Design Modeler параметрлік модельдеу қосымшасы



Г. 3-сурет. Ағын облысын торлау қосымшасы



Г. 4-сурет. Есептеулер кезінде деректерді, формулаларды енгізу қосымшасы

File

Edit

View

Tools

Units

Extensions

Jobs

Help

Project

E2:Optimization

F2:Design of Experiments

Update

Clear Generated Data

Refresh

Approve Generated Data

Outline of Schematic E2: Optimization

1

A

21

P154 - velocity

22

Parameter Relationships

23

Raw Optimization Data

24

Results

25

Candidate Points

26

Tradeoff

27

Samples

28

Sensitivities

Properties of Outline A23: Raw Optimization Data

1

Property

Value

2

General

3

Number of Columns

111

4

Number of Rows

40

Table of Schematic E2: Optimization

	A	B	C	D	E	F
1	Name	P154 - velocity (mm s ⁻¹)	P271 - Extrude4.FD1 (mm)	P272 - ZXPlane.R5 (mm)	P273 - Plane4.R16 (mm)	P150 - Output Area (mm ²)
2	1	4000	0,4	0,6	2,5	3,1416
3	3	4000	0,4	1	3	3,7699
4	5	4000	0,4	0,8	4	5,0265
5	8	5000	0,4	1	3	3,7699
6	10	5000	0,4	0,8	2,5	3,1416
7	12	5000	0,4	0,6	3	3,7699
8	14	5000	0,4	1	4	5,0265
9	16	6000	0,4	0,8	2,5	3,1416
10	18	6000	0,4	0,6	4	5,0265
11	20	6000	0,4	1	2,5	3,1416
12	22	6000	0,4	0,8	3	3,7699
13	24	7000	0,4	0,6	4	5,0265
14	26	7000	0,4	1	2,5	3,1416
15	28	7000	0,4	0,8	3	3,7699
16	DP 23	7000	0,4	0,6	2,5	3,1416
17	31	8000	0,4	1	3	3,7699
18	33	8000	0,4	0,8	4	5,0265
19	35	8000	0,4	0,6	2,5	3,1416
20	37	8000	0,4	1	4	5,0265
21	39	8000	0,4	0,8	2,5	3,1416
22	2	4000	0,5	0,8	2,5	3,927
23	NP 21	4000	0,5	0,6	3	4,7124

Chart: No data

Ready

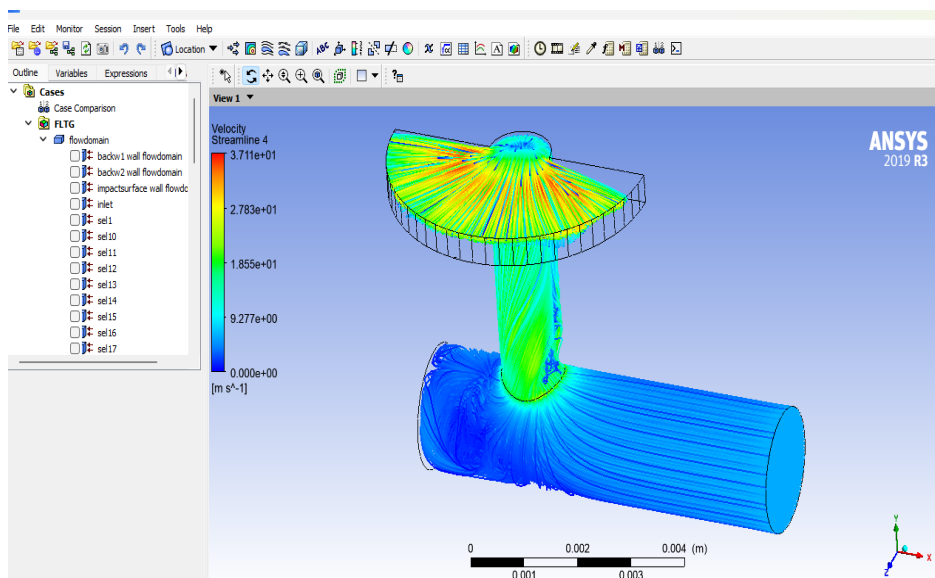
70% Job Monitor

No DBS Connection

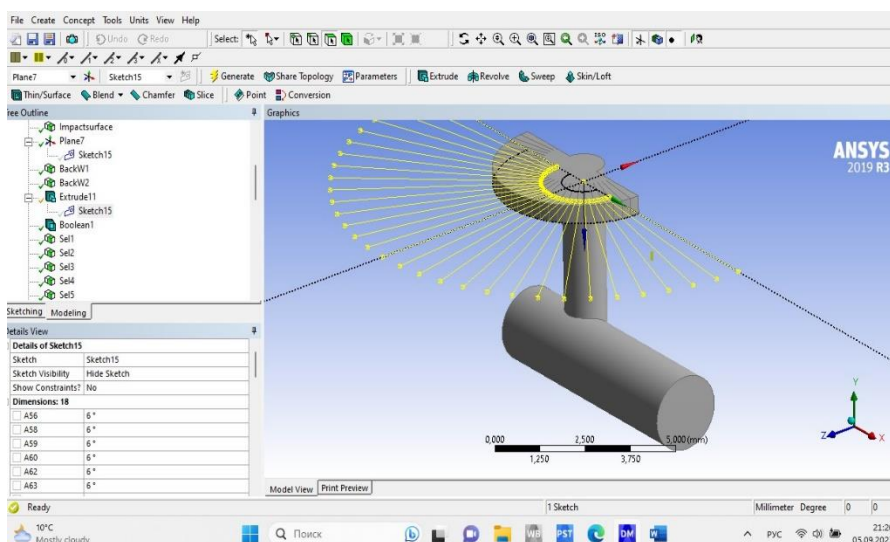
Show Progress

Show 38 Messages

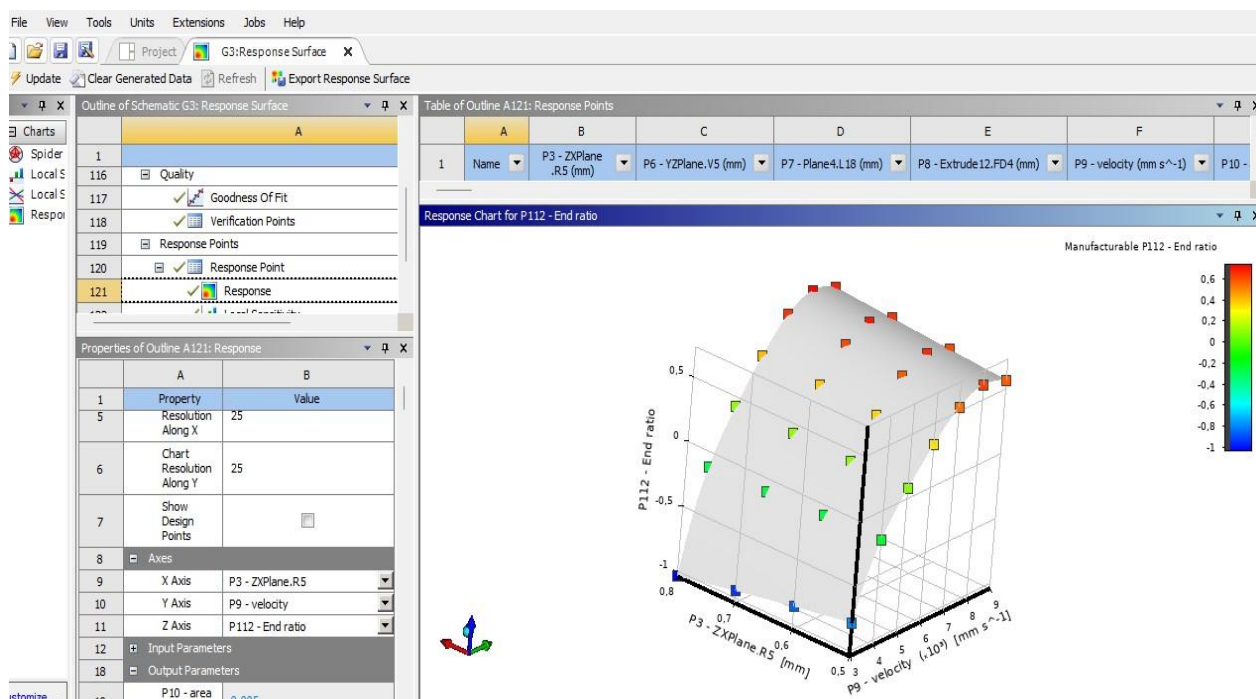
Г. 5-сурет. Ansys Fluent-тегі оңтайландыру қосымшасы терезесі



Г. 6-сурет. Нәтижелерді талдау, олармен жұмыс жүргізу қосымшасы



Г. 7-сурет. Ағын облысында шығу бөлегін тең бөлектерге бөлу

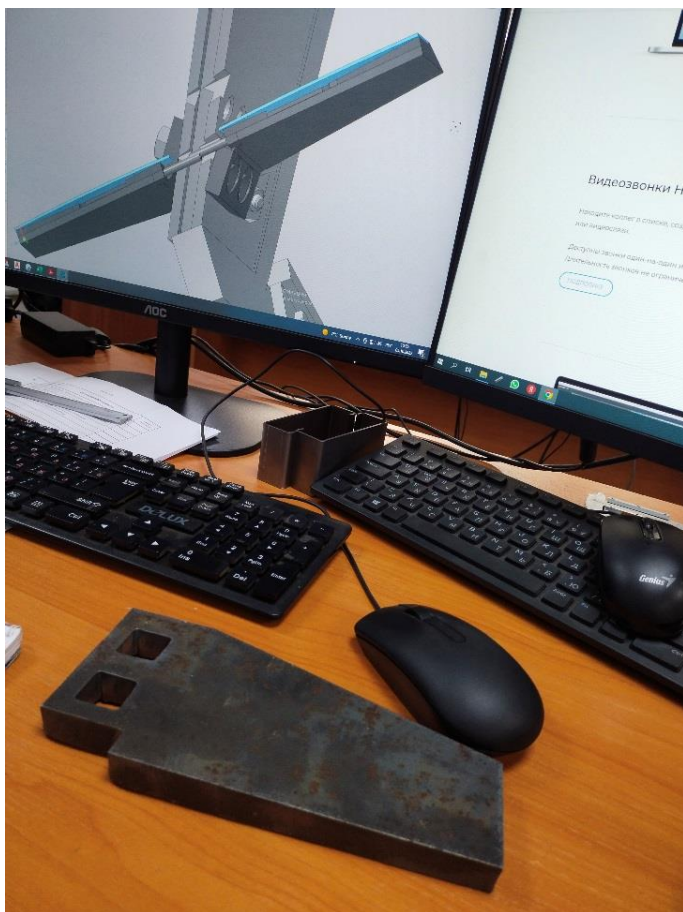


Г. 8-сурет. Жауап беті арқылы талдау. Беру жылдамдығы мен тік арна диаметрінің бірқалыптылыққа әсері

Г. 4-кесте. Жылдамдықтың бірқалыптылыққа әсері. h_d - нің мәндері

Name	P2 - Extrude4. FD1	P4 - Plane4.R 16	P8 - Extrude1 2.FD4	p9 - velocity	P113 - ZXPlane. R5	P115 - Plane4.L1 8	P116 - YZPlane. D4	P117 - YZPlane. V5	P87 - hd Eq1 28 out	P88 - hd Eq3 28 out	P92 - hd Eq4 28 out	P110 - eq2-op	P111 - eq1-op	P112 - End ratio
	K	Ds	x	Vi	d1	s	d	z	hd	hd	hd			U
Units	mm	mm	mm	mm s ⁻¹	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm			
DP 8	0,5	2,5	2	2000	0,8	0	2	0,4	0,1144574	0,13208748	0,126093494	1,091	0,563	0,516
DP 7	0,5	2,5	2	3000	0,8	0	2	0,4	0,1129317	0,13032674	0,123931751	1,080	0,623	0,576
DP 6	0,5	2,5	2	4000	0,8	0	2	0,4	0,1138891	0,13143159	0,12391866	1,037	0,669	0,645
DP 5	0,5	2,5	2	5000	0,8	0	2	0,4	0,1140876	0,13166073	0,12340796	1,018	0,615	0,604
DP 0 (Curr	0,5	2,5	2	6000	0,8	0	2	0,4	0,1134492	0,13092394	0,122348664	1,000	0,601	0,601
DP 1	0,5	2,5	2	7000	0,8	0	2	0,4	0,1134888	0,13096967	0,122438366	1,005	0,588	0,585
DP 2	0,5	2,5	2	8000	0,8	0	2	0,4	0,1142363	0,13183226	0,123056315	0,984	0,591	0,601
DP 3	0,5	2,5	2	9000	0,8	0	2	0,4	0,1130924	0,13051225	0,121906317	0,990	0,594	0,600
DP 4	0,5	2,5	2	10000	0,8	0	2	0,4	0,1128762	0,13026271	0,122288906	0,985	0,587	0,596
Жылдамдықтың әсері қарастырылды.									$h_i = \frac{Q}{\pi r_i U_i}$	$h_g = \frac{Q}{l U_i}$	$h_d = \frac{2r U_0 R^2}{(R^2 + r^2) U_i}$			

Өндірістік және эксперименттік жұмыстардан фотолар



Ғ. 1-сурет. Пышақты модельдеу



Ғ. 2-сурет. Пышақты өңдеу



Ғ. 3-сурет. Пышақты жону



Ғ. 4-сурет. Жұмыс органы тіреуі дайындамасы



а



ә

Ғ. 5-сурет. Эксперименталдық тереңқопсытқыш (а) СМТ-ны беру және тарату қондырғысы орнатылған күйі (ә)



а



ә



б



в

а – қажетті тереңдікті өлшеу және оның профилі; ә, б – топырақтың тығыздығын өлшеу;
в – топырақтың ылғалдылығы мен температурасын өлшеу

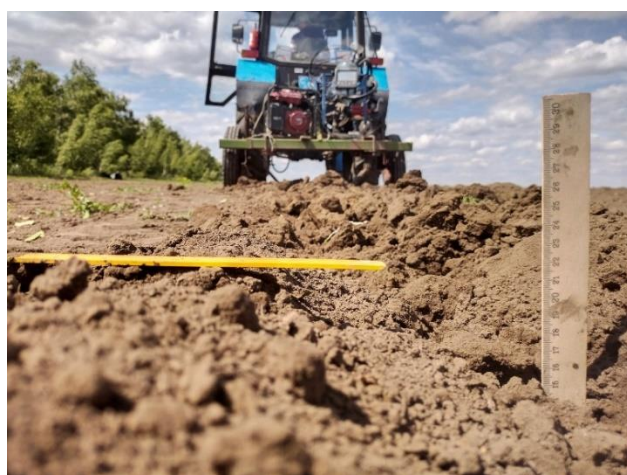
Ғ. 6-сурет. Топырақ күйін зерттеу



Ғ. 7-сурет. Егіс алқабында



Ғ. 8-сурет. Жұмыс органының тарту кедергісін анықтауға дайындық



Ғ. 9-сурет. Қопсыту жотасын тексеру



а



ә



б

Ғ. 10-сурет. Пышақ және бүріккіштің жұмыс жағдайын, топырақты қазып тексеру (а, ә, б)