

**ՀՀ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ, ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ, ՄՇԱԿՈՒՅԹԻ ԵՎ ՍՊՈՐՏԻ
ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ
ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ԱԳՐԱՐԱՅԻՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ**

ԵՂԻԱԶԱՐՅԱՆ ԳՈՌ ՄԵԼԻՔԻ

**ՋՐԱՅԻՆ ՄԻՋԱՎԱՅՐԻ ԲՈՒՅՍԵՐԻ ՀԱՎԱՔՄԱՆ
ԹՐԹՈՒԱԿՏՐՈՂ ԱՊԱՐԱՏԻ ՄՇԱԿՈՒՄ**

Ե.20.01 - «Գյուղտնտեսական արտադրության մեքենայացում և մեքենաներ»
մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական
աստիճանի հայցման ատենախոսության

Ս Ե Ղ Մ Ա Գ Ի Ր

ԵՐԵՎԱՆ - 2021

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ, КУЛЬТУРЫ И СПОРТА
РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ АРМЕНИИ**

ЕГИАЗАРЯН ГОР МЕЛИКОВИЧ

**РАЗРАБОТКА ВИБРОРЕЖУЩЕГО АППАРАТА ДЛЯ УБОРКИ РАСТЕНИЙ
ВОДНОЙ СРЕДЫ**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

Диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.20.01 - «Механизация сельскохозяйственного
производства и машины»

ЕРЕВАН - 2021

Ատենախոսության թեման հաստատվել է Հայաստանի ազգային ագրարային համալսարանի գիտական խորհրդում

Գիտական ղեկավար՝

տ.գ.դ. Ա. Պ. ԹԱՐՎԵՐԴՅԱՆ

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝

տ.գ.դ. Պ.Ա. ՏՈՆԱՊԵՏՅԱՆ

տ.գ.թ. Հ.Դ. ՄԿՐՏՉՅԱՆ

Առաջատար կազմակերպություն՝

ՀՀ Շահումյանի «Ագրոսպասարկում» ԲԲԸ

Ատենախոսության պաշտպանությունը կայանալու է 2021թ.-ի հունիսի 18-ին ժամը 14⁰⁰-ին Հայաստանի ազգային ագրարային համալսարանում գործող ՀՀ ԲՈԿ-ի 033 մասնագիտական խորհրդի նիստում, հասցեն՝ 0009, ք. Երևան, Տերյան 74 (I մասնաշենք, գիտական խորհրդի նիստերի դահլիճ):

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՀԱԱԸ գիտական գրադարանում:

Սեղմագիրն առաքված է 2021թ. մայիսի 5-ին:

Մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար,
տեխնիկական գիտությունների դոկտոր՝



Ա.Վ. ԱՄԻՐՅԱՆ

Тема диссертации утверждена на ученом совете Национального аграрного университета Армении

Научный руководитель:

д.т.н. А.П. ТАРВЕРДЯН

Официальные оппоненты:

д.т.н. П.А. ТОНАПЕТЯН

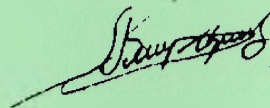
к.т.н. А.Д. МКРТЧЯН

Ведущая организация: ОАО Шаумянский «Агросервис» РА

Защита диссертации состоится 18-го июня 2021г. в 14⁰⁰ часов на заседании специализированного совета 033 ВАК РА при Национальном аграрном университете Армении по адресу 0009, г. Ереван, Теряна 74 (I корпус, зал заседаний ученого совета). С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке НАУА.

Автореферат разослан 5-го мая 2021г.

Ученый секретарь специализированного совета,
доктор технических наук



А.К. АМИРЯН

ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԲՆՈՒԹԱԳԻՐԸ

Թեմայի արդիականությունը: Զրամբարների և բնական ջրանցքների մաքրումը ջրային բույսերից, մասնավորապես եղեգնից և այդ ընտանիքին պատկանող ճլախոտերից կարևոր խնդիր է համարվում:

Զրային բույսերի մեքենայացված կտրումն ու հավաքումը բացի նշված բուն նպատակից կարևոր է նաև հետևյալ տեսանկյունից. կաթնային փուլում օգտագործվում են որպես անասնակեր, իսկ չոր վիճակում, որպես շինանյութ:

Գոյություն ունեցող կտրող ապարատների կիրառման փորձերը՝ ջրային միջավայրում (ջրամբարները և ջրանցքները բուսականությունից մաքրելու նպատակով) և հողում (արմատապտուղների փրերի կտրման ու հեռացման, լոլիկի միաժամանակյա և մի շարք եթերայուղատու մշակաբույսերի բերքահավաքի նպատակով) հաջողությամբ չեն պակվել. քանի որ, բոլոր դեպքերում, դա բերել է մեքենաների տեխնիկաշահագործական ցուցանիշների կտրուկ վատթարացման:

Մասնավորապես, այդ նպատակով ստեղծված մեքենաների, հատկապես դրանց կտրող ապարատների շահագործական ցուցանիշների ու կառուցվածքների վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ դրանք չեն ապահովում անհրաժեշտ արդյունավետություն և ոչ լիովին են համապատասխանում ներկայացվող տեխնիկական, տեխնոլոգիական ու նախագծային պահանջներին:

Գյուղատնտեսական տեխնիկայի զարգացմանը զուգընթաց անհրաժեշտություն է առաջացել խիտ միջավայրում բույսերի կտրումն իրականացնելու համար մշակել կառուցվածքով և աշխատանքի սկզբունքով նոր կտրող ապարատ:

Այդ բնագավառում կատարված գիտակոնստրուկտորական աշխատանքների արդյունքների և նշված պայմաններում աշխատելու հնարավորությունների վերլուծությունը ցույց տվեց, որ արդյունավետ կտրում իրականացնելու ամենաառաջին եղանակը վիբրացիոն (թրթռաշարժմամբ) կտրումն է:

Չնայած հետազոտողների կողմից այս ոլորտում կատարված բազմակողմանի աշխատանքների, այնուամենայնիվ դրանցում լիարժեք բացահայտված չեն ջրային միջավայրում վիբրացիոն կտրման էությունը, ճշգրտված չեն կտրող ապարատների կառուցվածքն ու պարամետրերը, ինչպես նաև ցողունների ֆիզիկամեխանիկական հատկությունները և կտրման օպտիմալ ռեժիմը:

Աշխատանքի նպատակը: Ատենախոսական աշխատանքի նպատակն է՝ նախ տեսական ճանապարհով հետազոտել ջրային միջավայրում վիբրացիոն կտրման գործընթացը և բացահայտել այդ միջավայրում կտրման էությունը: Որոշել հաստացողուն բույսերի, մասնավորապես եղեգնի, ֆիզիկամեխանիկական հատկությունները: Մշակել ու նախագծել օպտիմալ պարամետրերով կտրող ապարատ՝ խիտ (ջրային) միջավայրում աշխատելու համար և սահմանել ցողունների կտրման օպտիմալ ռեժիմը:

Հետազոտության խնդիրները.

- տեսական ճանապարհով հետազոտել ջրային միջավայրում հաստացողուն բույսերի (եղեգնի) վիբրացիոն կտրման գործընթացը և բացահայտել դրա առաձնահատկություններն ու էությունը, ինչպես նաև վիբրոկտրման դեպքում միջավայրի դիմադրության ուժերի նվազման պատճառները,
- կատարել հաստացողուն բույսերի ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների հետազոտություններ և որոշել անհրաժեշտ ելակետային տվյալները,
- խիտ միջավայրում բույսերի կտրումն իրականացնելու համար մշակել կառուցվածքային, տեխնոլոգիական և աշխատանքային նոր սկզբունքով գործող վիբրացիոն կտրող ապարատ, որը կիրառելի լինի ինչպես ջրային պայմաններում աճող բույսերի՝ մասնավորապես եղեգնի, այնպես էլ սովորական պայմաններում հաստացողուն մշակաբույսերի հավաքման գործընթացներում՝ գոյություն ունեցող ապարատների համեմատ ապահովելով նվազագույն էներգածախսումներ,
- գիտափորձնական հետազոտություններով որոշել ցողունի կտրման դինամիկական ցուցանիշների կախվածությունը ազդող գործոններից և գտնել պարամետրերի լավարկման այնպիսի համադրություն, որի շնորհիվ կապահովվի վիբրոկտրման լավագույն ռեժիմ,
- կատարել մշակված կտրող ապարատի փորձարարական հետազոտությունների արդյունքների վերլուծություն,
- կատարել աշխատանքի տեխնիկատնտեսական արդյունավետության հիմնավորում:

Հետազոտության օբյեկտները: Գիտափորձնական հետազոտությունները կատարվել են Հայաստանի ազգային ագրարային համալսարանի «Ավտոտրակտորների և գյուղատնտեսական մեքենաների» ու «Կիրառական մեխանիկայի և գրաֆիկայի» ամբիոնների լաբորատորիաներում: Հետազոտության օբյեկտ են հանդիսացել ջրային միջավայրը, դրանում տեղակայված եղեգնի ցողունը և առաջարկված նոր ռոտորային էլեկտրամագնիսական վիբրացիոն կտրող ապարատը:

Հետազոտության մեթոդները: Օգտագործվել են գիտական հետազոտությունների գիտափորձերի պլանավորման, մաթեմատիկական մոդելավորման և հավանականության տեսության ու մաթեմատիկական վիճակագրության մեթոդները:

Գիտական նորույթը: Նախագծվել և պարտաստվել է ջրային միջավայրում բույսերի ցողունների կտրման ապարատի մոդելը: Ստացվել են կարևոր անալիտիկ արտահայտություններ, որոնք բացահայտել են ջրային միջավայրում բույսերի ցողունների վիբրոկտրման էությունը: Որոշվել են ջրային միջավայրի կողմից վիբրոդանակի վրա ազդող դիմադրության ուժերը և բացահայտվել են դրանց

նվազման հնարավորությունները: Որոշվել են ջրային բույսերի, մասնավորապես, եղեգնի ցողունի ֆիզիկամեխանիկական հատկությունները: Նախագծվել ու մշակվել է էլեկտրամագնիսական վիբրացիոն կտրող նոր ապարատ և կառուցվել լաբորատոր տեղակայանք, որը հնարավորություն է տվել ջրային միջավայրում կատարել բույսերի ցողունների վիբրոկտրման գիտափորձեր: Որոշվել են ցողունների վիբրոկտրման դիմադրության ուժերը: Գիտափորձերով հիմնավորվել է վիբրոկտրման ռեժիմի առավելությունը և բացահայտվել վիբրոկտրման կախվածությունը ազդող երեք հիմնական գործոններից՝ վիբրոկտրման տատանման հաճախությունից, ամպլիտուդից և դանակի մատուցման արագությունից:

Աշխատանքի գործնական նշանակությունը: Գործնական նշանակություն ունեն. տեսական հետազոտությունների արդյունքում բացահայտված ջրային միջավայրի դիմադրության կտրուկ նվազման փաստը վիբրոդանակի օգտագործման դեպքում, մշակված, նախագծված և կառուցված լաբորատոր տեղակայանքը, որում տեղակայված էլեկտրամագնիսական վիբրացիոն կտրող ապարատի մոդելով իրականացրած լաբորատոր գիտափորձերի արդյունքում հաստատվել է, որ ջրային միջավայրում բույսերի ցողունների կտրումն իրականացվում է ցածր էներգաձախսումներով:

Հետազոտությունների արդյունքների իրականացումը: Գիտական հետազոտությունների արդյունքներն օգտագործվել են. ջրային միջավայրի բույսերի ցողունները նվազագույն էներգիկ ծախսերով կտրելու և վիբրացիոն կտրող ապարատի օպտիմալ ռեժիմը գտնելու համար:

Աշխատանքի ապրոբացիան: Ատենախոսական աշխատանքի հիմնական դրույթները զեկուցվել և հավանության են արժանացել «Ավտոտրակտորների և գյուղատնտեսական մեքենաների» ամբիոնի սեմինար խորհրդակցություններում (2017-2020թթ.) և ընդլայնված նիստում (2021թ.):

Հրատարակված աշխատանքները: Հետազոտությունների տեսական և գործնական արդյունքները հրատարակվել են 6 գիտական հոդվածներում:

Աշխատանքի կառուցվածքը և ծավալը: Ատենախոսության ծավալը կազմում է 125 էջ, բաղկացած է ներածությունից, 5 գլուխներից, եզրակացություններից և առաջարկություններից, հավելվածներից, 101 անուն գրականության ցանկից, ընդգրկում է 9 աղյուսակ և 35 նկար:

ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

Ներածությունում հիմնավորված է ատենախոսական թեմայի արդիականությունը և բերված են պաշտպանության ներկայացվող հիմնական դրույթները:

Առաջին գլխում ներկայացված են կոշտ հաստացողուն մշակաբույսերի բերքահավաքի մեքենաների կտրող ապարատների համառոտ բնութագրերը և

դրանց համեմատական գնահատումը: Կոշտ հաստացողուն մշակաբույսերի կտրման համար ժամանակակից բերքահավաքի մեքենաներում օգտագործվում են սեգմենտամատնային և ռոտորային տեսակի կտրող ապարատներ: Առաջին տիպի ապարատները աշխատում են ինչպես նրբացողուն, այնպես էլ հաստացողուն մշակաբույսերի բերքահավաքի համար: Սակայն այդ ապարատներին բնորոշ են մի շարք թերություններ՝ մեծ իներցիոն ուժերի ազդեցության տակ տեղի է ունենում դանակաշերտի դեֆորմացիաներ, որոնք էլ բերում են դրանց արտադրողականության և շահագործական հուսալիության սահմանափակման: Դանակի հետադարձ-համընթաց շարժումով կտրող ապարատների վերը նշված թերությունները բացակայում են ռոտորային տեսակի ապարատներում: Սակայն այստեղ դանակների մեծ արագությունների (30-50 մ/վ) դեպքում խիտ միջավայրում (ջուր, հող) կտրուկ աճում են շարժման դիմադրության ուժերը, հետևաբար և էներգաձախսումները: Դիմադրության ուժերի կտրուկ աճը բերում է ապարատի ռոտորի պտտման հաճախության նվազման, ինչն իր հերթին բերում է կտրման որակի վատթարացման, հատկապես ջրային միջավայրում ցողունների մեծ մասը մնում է էկտրված, խախտվում է հավաքման տեխնոլոգիական գործընթացը, բացի այդ կտրուկ նվազում են կտրող ապարատի շահագործական ցուցանիշները: Կատարված բոլոր փորձերը՝ կառուցվածքի կատարելագործմամբ և կինեմատիկական պարամետրերի փոփոխմամբ հասնել գոյություն ունեցող կտրող ապարատների նշված թերությունների վերացման, ցանկալի արդյունք չեն տվել: Հետևաբար ռոտորային կտրող ապարատների կատարելագործումը կամ նորերի մշակումը կարևոր խնդիր է: Պրակտիկական ցույց է տվել, որ առաջին ճանապարհը անհեռանկարային է, քանի որ գոյություն ունեցող ապարատների կատարելագործման փորձերը՝ ուղղված խիտ միջավայրում դրանց աշխատելուն՝ հաջողությամբ չեն պսակվել: Հետևաբար անհրաժեշտություն է առաջացել գնալ երկրորդ ճանապարհով՝ մշակել սկզբունքորեն նոր կտրող ապարատ: Այդ ուղղությամբ կատարված աշխատանքների երկարամյա փորձը ցույց է տվել, որ խիտ միջավայրում ցողունների կտրման ամենարդյունավետ եղանակը վիբրացիոն կտրումն է, երբ դանակը կատարում է բարդ շարժում՝ բարձր հաճախությամբ, փոքր ամպլիտուդով և համեմատաբար փոքր մատուցման (տեղափոխական) արագությամբ:

Վիբրացիոն գործընթացների վերաբերյալ կատարված հետազոտություններից կարելի է եզրակացնել, որ վիբրացիայի կիրառումը բազմաթիվ տեխնոլոգիական ոլորտներ դարձնում է առավել արդյունավետ, արտադրողական և, իհարկե, ապահովում է որակապես ավելի բարձր ցուցանիշներ: Սակայն, ջրային միջավայրում բույսերի ցողունների կտրման վերաբերյալ առկա վիբրացիոն գործընթացների ուսումնասիրությունները թերի են, և անհրաժեշտ է կատարել տեսական ու գիտափորձական հետազոտություններ՝ վիբրոկտրման և վիբրացիոն ապարատի աշխատանքն առավել հստակ և պատկերավոր ներկայացնելու համար:

Երկրորդ գլխում բերված են ջրային միջավայրում բույսերի ցողունների կտրման տեսական հետազոտությունները և արդյունքները:

Խիտ միջավայրում վիբրացիոն կտրման տեսական հետազոտություններ կատարված չեն և մեզ չի հաջողվել ոլորտին վերաբերվող մեծածավալ հետազոտական աշխատանքների ուսումնասիրության արդյունքում հանդիպել այդպիսի արդյունքների: Այդ պատճառով մեր առջև խնդիր դրեցինք տեսական ճանապարհով ուսումնասիրել խիտ միջավայրում վիբրացիոն կտրման գործընթացները, նպատակ ունենալով բացահայտել արդեն իսկ փորձնական հետազոտություններով բազմիցս հաստատված՝ խիտ միջավայրում նվազագույն էներգածախսումներով իրականացվող վիբրացիոն կտրման էությունը: Ակնհայտ է, որ վիբրացիոն կտրման առանձնահատկություններն ու էությունը բացահայտելուց հետո է միայն հնարավոր մշակել ու նախագծել օպտիմալ պարամետրերով կտրող ապարատ խիտ միջավայրում աշխատելու համար:

Մեր առջև դրված նպատակից ելնելով խնդիրը բաժանվել է երկու մասի.

ա. Ջրային միջավայրում բույսերի ցողունների կտրման հետազոտությունը. առանց դանակի վիբրացիայի:

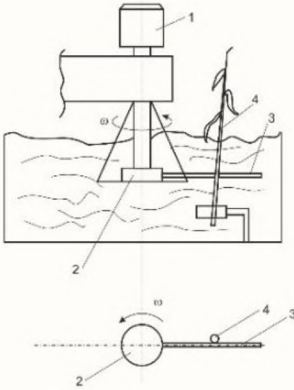
Նկ. 1-ում բերված է ջրային միջավայրում բույսերի ցողունների կտրման գործընթացի հետազոտության լաբորատոր տեղակայանքի սխեման, որի աշխատանքի սկզբունքը կայանում է հետևյալում: Էլեկտրական շարժիչից (1) պտտական շարժումը հաղորդվում է ռոտոր-վիբրոգեներատորին (2), որը պտտվում է ջրային միջավայրում, և դանակը (3) կտրում է ջրում ամրացված բույսին (4): Ակնհայտ է, որ դանակին պտտական շարժում հաղորդելու համար անհրաժեշտ է որոշ քանակի էներգիա՝ բույսերի ցողունները կտրելու և միջավայրի դիմադրությունը հաղթահարելու համար:

Վիբրոդանակը դիտարկենք որպես անսահմանափակ ջրային միջավայրում ընկղմված դադարի վիճակում գտնվող մարմին, որին հաղորդվում է շարժում, ընդ որում դիտարկման առաջին դեպքում դանակին հաղորդվում է միայն պտտական, տեղափոխական շարժում՝ առանց տատանողական վիբրացիոն շարժման, ընդ որում դանակի հարթությունը համընկնում է պտտական շարժման հարթության հետ:

Հիդրոդինամիկայից հայտնի է, որ դանակի շարժման գոտում հեղուկի շարժման արագությունը՝ պայմանավորված շփման ուժերով, դանակի մակերևույթից ուղղահայաց ուղղություններով հեռանալով աստիճանաբար հավասարվում է 0-ի, և արագությունների բաշխման էպյուրան ունի հետևյալ տեսքը՝ (նկ. 2):

Մեր խնդրի առանձնահատկությունն ու բարդությունը կայանում է նրանում, որ դանակը կատարում է պտտական շարժում, հետևաբար կտրող եզրի կետերը ամբողջ երկարությամբ ունեն փոփոխական արագություն, որը պտտման առանցքից փոփոխվում է $v = \omega \cdot r_x$ օրինաչափությամբ, որտեղ ω -ն ռոտորի պտտման հաճախությունն է, r_x -ը դանակի կտրող եզրի կետի ընթացիկ հեռավորությունն է

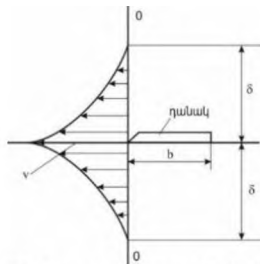
պատման առանցքից: Երբ արագությունը դառնում է փոփոխական մեծություն այդ դեպքում փոփոխական մեծություն են դառնում և δ -ն (հեղուկի շարժման մեջ գտնվող շերտի բարձրությունը) և R -ը (Ռեյնոլդսի թիվը), ինչն էապես փոխում է խնդրի էությունը:



Նկ. 1. Ջրային միջավայրում բույսերի ցողունների կտրման հետազոտության տեղակայանքի սխեման.

- 1- էլեկտրական շարժիչ,
- 2- ռոտոր-վիբրոգեներատոր,
- 3- դանակ, 4- բույսի ցողուն:

Նշված երկու շարժումները՝ դանակի կտրող եզրին ուղղահայաց և դրա երկարությամբ, առաջացնում են հեղուկի տուրբուլենտ շարժում, ինչն էլ կտրուկ ավելացնում է դանակի շարժման դիմադրության ուժը:



Նկ. 2. Հեղուկի շարժման արագությունների էպյուրան իր մեջ շարժվող դանակի թերթի շրջակայքում:

Նկ. 3-ում պատկերված է դանակի պտտական շարժման հետևանքով առաջացող հեղուկի շարժվող զանգվածի սահմանային գոտին, դանակի կտրող եզրի երկարությամբ ծայրակետում՝ δ_{max} սկզբնամասում՝ 0:

Ռոտորի լիսեռին կիրառված պտտող մոմենտի (M) շնորհիվ դանակը ջրային միջավայրում կատարում է պտտական շարժում, որի հետևանքով, բացի ցողունների կտրման դիմադրության ուժից ($P_{դմ}$), առաջանում են նաև ջրային միջավայրի շփման դիմադրության ուժեր՝ դանակի կտրող եզրի (թերթի) երկայնական ուղղությամբ՝ T_x , կտրող եզրին ուղղահայաց ուղղությամբ՝ T_z , ջրային միջավայրի հիդրոդինամիկական դիմադրության ուժը՝ P_d և իներցիոն ուժեր (Նկ. 3):

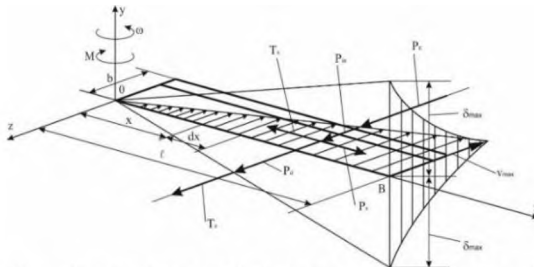
Քանի որ քննարկվող խնդրում ուսումնասիրվում է ջրային միջավայրի ազդեցությունը կտրող ապարատի դինամիկական ցուցանիշների վրա, ուստի կտրման ուժը՝ P_c , որպես գործոն կարող ենք անտեսել, որովհետև այն օդային և ջրային միջավայրերում ունի գործնականում նույն արժեքը: Այլ կերպ մեզ հետաքրքրում են միայն այն ուժային գործոնները, որոնք առաջանում են ջրային միջավայրի ազդեցությունից:

Պտտման ω կենտրոնից x հեռավորության վրա հեղուկի շարժվող զանգվածից անջատենք dx երկարության մաս և դիտարկենք դրա հավասարակշռության պայմանները:

Շփման, շարժման դիմադրության և իներցիոն ուժերը որոշելու համար նախ որոշվել է անջատված մասի, դանակի շարժման հետևանքով շարժման մեջ գտնվող հեղուկի զանգվածը: Շարժման մեջ գտնվող տարրական ծավալով ջրի վայրկյանային զանգվածը կլինի.

$$dm = \rho \cdot dQ, \quad (2)$$

որտեղ՝ ρ -ն ջրի խտությունն է, dQ -ն՝ շարժվող տարրական ծավալում ընդգրկված ջրի վայրկյանային ծավալը:



Նկ. 3. Հեղուկ միջավայրում ռոտացիոն կտրող ապարատի դանակի շարժման դիմադրության ուժերի սխեման:

Շարժվող հեղուկի տարրական զանգվածի համար ստացել ենք հետևյալ արտահայտությունը.

$$dm = \frac{2}{3} \omega \rho \delta_x dx: \quad (3)$$

Անջատված տարրական զանգվածի վրա ազդում են. կենտրոնախույս ուժը՝ dP_x , դանակի թերթի երկարությամբ շփման դիմադրության ուժը՝ dT_x , դանակի պտտական շարժման հիդրոդինամիկական դիմադրության ուժը՝ dP_a , ցողունի (ցողունների) կտրման դիմադրության ուժը՝ P_{in} , դանակի լայնական ուղղությամբ ջրի շարժման դիմադրության ուժը՝ dT_z և ջրի ու դանակի հարաբերական շարժման ինեցիոն ուժը՝ dP_{in} (նկ. 4):

Օգտվելով հիդրոդինամիկայի հայտնի սկզբունքներից և հեղուկի անջատված մասի շարժման հավասարակշռության հավասարումներից, ուժային գործոնների համար ստացված արտահայտությունները ինտեգրելով դանակի ℓ երկարությամբ, ստացել ենք հետևյալ արտահայտությունները.

$$T_x = \frac{8}{15} \rho \omega^3 \sqrt{\frac{vb\ell}{\omega}} \ell^2, \quad (4)$$

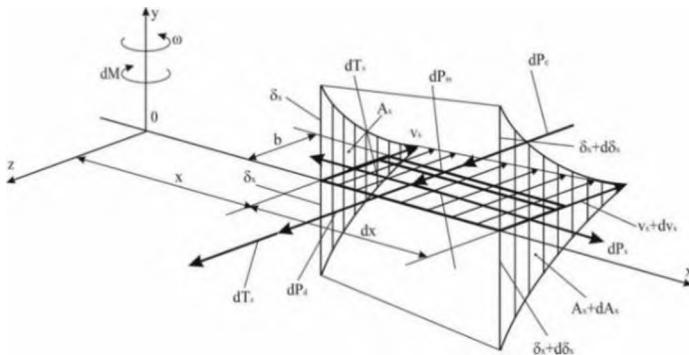
$$M_1 = \frac{c\lambda\omega^2\rho\ell^4}{8} + 4b\sqrt{\mu\rho\omega^3} \cdot \ell^3, \quad (5)$$

(P_a -ն և T_z -ը մտնում են M_1 -ի արտահայտության մեջ),

$$M_2 = \frac{4}{9} \omega^3 \rho \sqrt{\frac{vb}{\omega}} \cdot \ell^4 \cdot \sqrt{\ell}, \quad (6)$$

(P_{in} -ը մտնում է M_2 -ի արտահայտության մեջ),

որտեղ ρ -ն միջավայրի խտությունն է (1000 կգ/մ^3 , այս և մյուս մեծությունները վերաբերում են ջրային միջավայրին), μ -ն՝ մածուցիկության գործակիցը (0.1 կգ/մվ), ν -ն՝ կինեմատիկական մածուցիկության գործակիցը ($1 \cdot 10^{-6} \text{ մ}^2/\text{վ}$), c -ն՝ հաստատուն գործակից է՝ կախված է դանակի ձևից և չափերից (մեր դեպքում $c=1.45$), ω -ն ռոտորի լիսեռի պտտման հաճախությունն է ($0 - 100 \text{ վ}^{-1}$), b -ն՝ դանակի թերթի լայնությունը (0.03 մ), ℓ -ը՝ դանակի թերթի (կտրող եզրի) երկարությունը (0.3 մ), λ -ն՝ դանակի թերթի հաստությունը (0.001 մ):



Նկ. 4. Հեղուկ միջավայրում ռոտացիոն կտրող ապարատի դանակի շարժման դիմադրության ուժերի որոշման սխեման:

Տեղադրելով թվային արժեքները ստացվում է, որ եթե.
 $\omega = 50 \text{ վ}^{-1}$ (նվազագույն շեմն է, որի դեպքում տեղի ունի ցողունների կտրում) \Rightarrow
 $M_1 = 15,13 \text{ Նմ}$, $M_2 = 6 \frac{\text{Նմ}}{\text{վ}}$, $T_x = 79,55 \text{ Ն/վ}$, երբ $\omega = 100 \text{ վ}^{-1} \Rightarrow M_1 = 47,1 \text{ Նմ}$, $M_2 =$
 34 Նմ/վ , $T_x = 450 \text{ Ն/վ}$: Այսինքն միջավայրի դիմադրության ազդեցությունն
 ավելանում է մոտ 5 անգամ:

**բ. Ջրային միջավայրում բույսերի ցողունների կտրման
 հետազոտությունը. դանակի վիբրացիայով:**

Խնդրի երկրորդ մասը՝ վիբրացիայով ցողունների կտրման հետևանքով
 միջավայրի դիմադրության նվազման հիմնական պատճառը բացատրելու համար
 ընդունվել է հաշվարկային նոր սխեմա: Քանի որ փորձերով հաստատված է, որ
 բույսերի ցողունների կտրումը խիտ միջավայրում նպատակահարմար է
 իրականացնել դանակի կտրող եզրի փոխուղղահայաց ուղղություններով հարմոնիկ
 տատանումների պայմաններում, հետևաբար վիբրկտրման էությունը
 բացահայտելու համար անհրաժեշտ է ընտրել դանակի վիբրացիան էլիպտիկ
 օրենքով: Նշված օրենքով վիբրացիոն շարժումը դանակին հաղորդվում է
 էլեկտրամագնիսական վիբրոգեներատորի միջոցով, որը տեղակայված է ջրային
 միջավայրում բույսերի ցողունների վիբրկտրման հետազոտության լաբորատոր
 կայանքի ռոտորի ջրամեկուսացված պատյանում:

Վիբրոդանակի կտրող եզրի կետերը կատարում են բարդ շարժում, որի
 բաղադրիչներն են.

- դանակի պտտական կամ մատուցման շարժումը ω անկյունային
 արագությամբ,
- վիբրացիոն բարդ շարժումը դանակի կտրող եզրի երկարությամբ $a_{(x)}$
 ամպլիտուդայով և $\omega_{(x)}$ հաճախությամբ,
- կտրող եզրին ուղղահայաց ուղղությամբ $a_{(z)}$ ամպլիտուդայով և $\omega_{(z)}$
 հաճախությամբ:

Վիբրոդանակի կտրող եզրի կամայական C կետի արագությունը կորոշվի
 հետևյալ կերպ (նկ. 5).

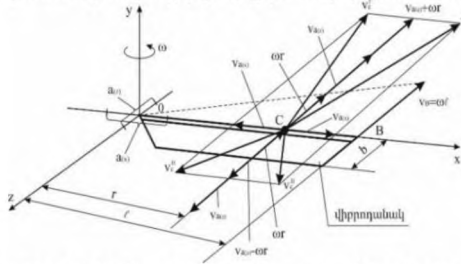
$$\vec{v}_c = \vec{v}_c^{\text{պտտ}} + \vec{v}_c^{\text{վիբ}}, \quad (7)$$

որտեղ՝ $\vec{v}_c^{\text{պտտ}} = \omega r$ (r-ը C կետի պտտման շառավիղն է), $\vec{v}_c^{\text{վիբ}} = \vec{v}_{a(x)} + \vec{v}_{a(z)}$:

Հաստատվել է, որ կախված փոխուղղահայաց ուղղություններով վիբրացիայի
 ֆազ-հաճախականություն հարաբերակցությունից, C կետի արագությունը կունենա
 տարբեր ուղղություններ և մեծություններ: Նկ. 5-ում պատկերված են այդ
 արագությունների էքստրեմալ 4 արժեքները և ուղղությունները: v_c^I և v_c^{II}
 արագությունների մեծությունները կլինեն.

$$\begin{aligned} v_c^I &= \sqrt{(\omega r + 0.1 a_x \omega_1 \cos \omega_1 t)^2 + (a_x \omega_1 \sin \omega_1 t)^2}, \\ v_c^{II} &= \sqrt{(0.1 a_x \omega_1 \cos \omega_1 t - \omega r)^2 + (a_x \omega_1 \sin \omega_1 t)^2}: \end{aligned} \quad (8)$$

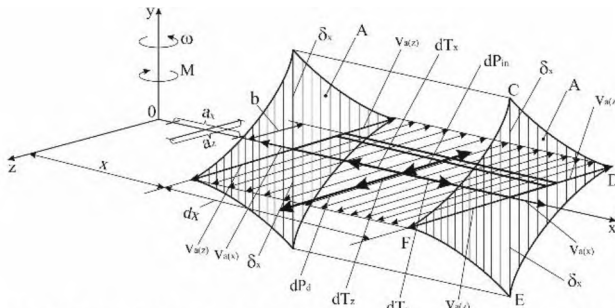
Ստացված արտահայտություններից հետևում է, որ դանակի կտրող եզրի կետերի արագությունների փոփոխման պատկերը բարդ է, արագության վեկտորը փոփոխվում է ոչ միայն տվյալ կետում, այլև կտրող եզրի երկարությամբ՝ պայմանավորված ωr բաղադրիչով ($0 \leq \omega r \leq \omega l$): Քանի որ մեզ հետաքրքրում է հատկապես վիբրացիայի ազդեցությունը ջրային միջավայրի շարժման ու դիմադրության վրա, հետևաբար խնդրի լուծումը պարզեցնելու համար նպատակահարմար է շարժման բաղադրիչները քննարկել առանձին-առանձին:



Նկ. 5. Վիբրողդանակի կինեմատիկական պարամետրերի որոշման սխեման:

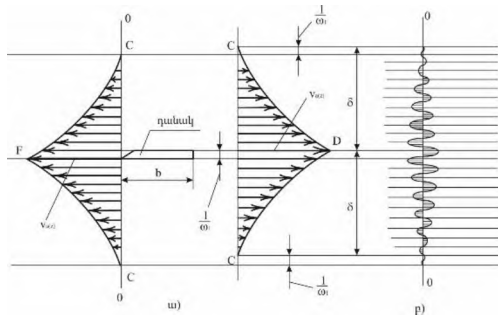
Դանակի վիբրացիայի դեպքում ջրի շարժվող զանգվածը պարփակված է A հիմքի մակերեսով (ի տարբերություն քննարկվող խնդրի առաջին մասի, այս դեպքում A-ն հաստատուն է դանակի l երկարության վրա) և dx բարձրությամբ տարրական պրիզմայի ծավալում՝ dQ : Պրիզմայի հիմքն իրենից ներկայացնում է δ_x և $v_a(z)$ էջերով չորս պարաբոլային եռանկյունների համակցություն, ընդ որում պրիզմայի ծավալում ընդգրկված ջրի զանգվածը վիբրացիոն շարժման հետևանքով տատանման մեկ պարբերության՝ $t = \frac{1}{\omega_1}$, ընթացքում շարժման ուղղությունը փոխում է, հետևաբար հեղուկի շարժման արագությունների էպյուրան դանակի թերթի մակերևույթին ուղղահայաց ուղղություններով կունենա (նկ. 7a)-ում պատկերված տեսքը:

Քննարկվող դեպքում հաշվարկային սխեման կունենա հետևյալ տեսքը (նկ. 6):



Նկ. 6. Հեղուկ միջավայրում ռոտացիոն կտրող ապարատի վիբրողդանակի շարժման դիմադրության ուժերի որոշման սխեման:

Դանակի վերին և ստորին $b \cdot dx$ (ամբողջ դանակի համար $b \cdot l$) մակերեսներով մակերևույթներին հավող հեղուկի մասնիկները, ստանալով շարժում մեկ ուղղությամբ, $\frac{1}{2\omega_1}$ վայրկյան հետո նշված մակերևույթներին հավող նոր շերտերը ստանում են հակառակ ուղղությամբ շարժում, նախորդ շերտի մասնիկները չստանալով իմպուլս նախկին ուղղությամբ, կորցնում են արագությունը, որը աստիճանաբար դառնում է հավասար 0-ի: Վիբրոդանակի շրջակայքում հեղուկի մասնիկների արագությունների գումարային էպյուրը ստանալու համար անհրաժեշտ է վերադրել արագությունների հաջորդական էպյուրները, հաշվի առնելով դրանց ֆազային շեղումը: Արդյունքում կստացվի արագությունների գումարային էպյուրը (նկ. 7բ):



Նկ. 7. Հեղուկի շարժման արագությունների էպյուրան իր մեջ շարժվող վիբրոդանակի շրջակայքում:

Հեշտ է նկատել, որ գումարային էպյուրի գումարային մակերեսը գործնականում կարելի է ընդունել հավասար 0-ի, ընդ որում որքան մեծ է վիբրացիայի հաճախությունը՝ ω_1 , այնքան վերը նշված ընդունելությունը դառնում է արժանահավատ: Իսկ, եթե վիբրացիայի հետևանքով շարժվող հեղուկի ծավալը գործնականում 0 է (տարրական պրիզմայի հիմքի գումարային մակերեսը՝ $A \rightarrow 0$), ապա շարժման մեջ գտնվող հեղուկի զանգվածը՝ $dm = 0$, և բոլոր այն ուժային գործոնները, որոնք պայմանավորված են շարժվող հեղուկի վայրկյանային զանգվածով և առաջացնում են միջավայրի դիմադրության ուժեր, գործնականում դառնում են 0՝

- շփման ուժերը դանակի թերթի երկայնական ուղղությամբ՝
- $T_x = \frac{8}{15} \rho \omega^3 \sqrt{\frac{vb\ell}{\omega}} \ell^2 = 0$, որովհետև T_x -ը պայմանավորված է շարժման մեջ գտնվող վայրկյանային զանգվածով, որ հավասար է 0-ի,
- իներցիոն ուժերը՝ $P_{in} = -\frac{2\omega^3 x^3 \rho}{b} \cdot \sqrt{\frac{vb}{\omega x}} dx$: Նույն հիմնավորմամբ այդ ուժերը նույնպես 0 են՝ $P_{in} = 0$,
- շփման ուժերը դանակի թերթի լայնական ուղղությամբ՝ $T_z = 6b \sqrt{\mu \rho \omega^3} \ell^3 \neq 0$ -ի, պայմանավորված է դանակի պտտման արագությամբ,

- հիդրոդինամիկական դիմադրության ուժը՝ $P_d = c\lambda\omega^2\rho\frac{l^3}{2} \neq 0$ -ի, այն նույնպես պայմանավորված է դանակի պտտական շարժմամբ:

Այսպիսով, ստացվել է, որ դանակի շարժման դիմադրության ուժային գործոններից վիբրացիայի դեպքում առկա է միայն դիմադրության M_1 մոմենտը, որի մեծությունը պայմանավորված է դանակի թերթի լայնական ուղղությամբ շփման՝ T_z , և հիդրոդինամիկական դիմադրության՝ P_d , ուժերով:

$$M_1 = \frac{c\lambda\omega^2\rho l^4}{8} + 4b\sqrt{\mu\rho\omega^3} \cdot l^3: \quad (9)$$

Վիբրոդանակի պտտական շարժման արագությունն ընդունելով 3.0 մ/վ ($\omega = 10 \text{ վ}^{-1}$) և (8)-ում տեղադրելով մեծությունների թվային արժեքները՝ $\rho = 1000 \text{ կգ/մ}^3$, $c = 1.45$, $\mu = 0.1 \text{ կգ/մվ}$, $b = 0.03 \text{ մ}$, $l = 0.3 \text{ մ}$, $\lambda = 0.001 \text{ մ}$, կստանանք $M_1 = 1.315 \text{ Նմ}$: Այսինքն վիբրոկտրման դեպքում ոչ միայն մի շարք դիմադրության ուժեր վերանում են, այլև գործող ուժային գործոնն էլ նվազում է 10-ից 35 անգամ՝ կախված կտրումն իրականացնելու համար անհրաժեշտ կրիտիկական արագությունից:

Երրորդ գլխում դիտարկվել է ջրային միջավայրում բույսերի ցողունների (եղեգնի) կտրման տեսական հետազոտությունների արդյունքների փորձնական ճանապարհով ստուգման խնդիրը: Առաջադրված խնդրի լուծմանը հասնելու համար գիտափորձնական հետազոտությունները կատարվել են հետևյալ ուղղություններով.

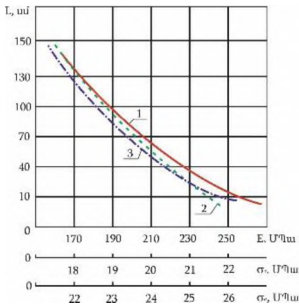
1. Անցկացվել է հաստացողուն մշակաբույսերի ցողունների ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների ուսումնասիրություն, և ճշգրտվել են ցողունի հատկությունները բնութագրող պարամետրերը:
2. Նախագծվել և պատրաստվել է ջրային միջավայրում բույսերի ցողունների վիբրոկտրման լաբորատոր տեղակայանք, որը հնարավորություն է տալիս որոշել կտրման դիմադրության ուժերը:
3. Կատարվել է դիմադրության ուժերի համեմատում՝ առանց դանակի վիբրացիայի և վիբրացիայի առկայության դեպքում:

Այս կողմից ուսումնասիրված բույսի ցողունի նյութի ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների գրաֆիկները բերված են նկարներ 8 և 9-ում:

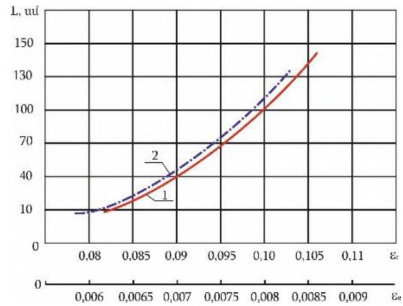
Ակնհայտ է, որ տեսական հետազոտությունների արդյունքները կարող են ընդունվել որպես հիմք միայն այն դեպքում, եթե դրանք հաստատվել են փորձերով: Այդ պատճառով խնդիր է դրվել մշակել, նախագծել և պատրաստել նոր կառուցվածքի ու աշխատանքի սկզբունքով տարբերվող կտրող ապարատ, որն օպտիմալ եղանակով կկտրի խիտ միջավայրում աճող բույսերի ցողունները:

Առաջարկվել է նոր տեսակի ռոտորային էլեկտրամագնիսական վիբրացիոն կտրող ապարատ, կառուցվել է լաբորատոր տեղակայանք (նկարներ 10 և 11), ապահովվել է ջրային միջավայր և լաբորատոր պայմաններում հաստատվել է վիբրացիոն կտրման ակնհայտ առավելությունը: Գիտափորձերը կատարվել են երկու տեսակի՝ ատամնավոր և հարթ սայրով դանակներով: Ընդ որում և տեսական և փորձնական ճանապարհով հաստատվել է, որ ատամնավոր սայրով դանակի

դեպքում կտրման կրիտիկական ուժն անհամեմատ ավելի փոքր է, քան հարթ սայրով դանակի դեպքում:



Նկ. 8. Եղեգնի ցողունի՝ ըստ բարձրության որոշ ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների փոփոխման գրաֆիկները.
 1- առաձգականության մոդուլ (E),
 2- համեմատականության սահման (σ_u),
 3- ամրության սահման (σ_u):



Նկ. 9. Եղեգնի ցողունի՝ ըստ բարձրության դեֆորմացիաների փոփոխման գրաֆիկները.
 1- առաձգական դեֆորմացիա (ϵ_u),
 2- պլաստիկ դեֆորմացիա (ϵ_p):

Կտրման գործընթացի վրա ազդող առավել նշանակալի գործոններից են՝

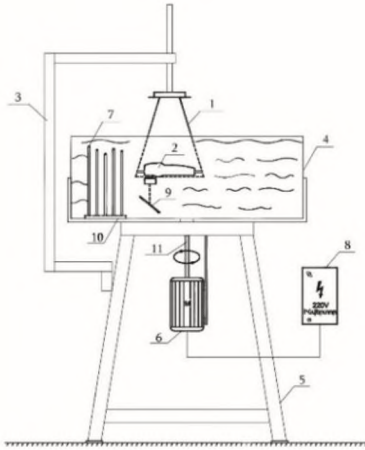
1. վիբրացիոն դանակի կտրման հաճախությունը,
2. վիբրոկտրման ամպլիտուդը,
3. մատուցման արագությունը կամ լաբորատոր ստենդի ռոտորի լիսեռի պտտման հաճախությունը,
4. ինչպես նաև դանակի ընտրությունը՝ որպես որակական գնահատման գործոն:

Բույսերի ցողունների կտրման ուժը որոշելու և տվյալների գրանցման համար դանակակալի ուղղաձիգ ձողի վրա ստնձվել, այնուհետև ջրամեկուսացվել են տենզոտվիչներ, ընդ որում տենզոտվիչներից մեկը տեղակայված է ուղղաձիգ գլանային հատվածի երկայնական առանցքի նկատմամբ 45° -ի անկյան տակ, որը թույլ է տալիս ունենալ ոլորող մոմենտի հավաստի տվյալներ (նկ. 12):

Տենզոտվիչների ծայրերին միացվել են տենզոռեզիստորներից (դիմադրության տարրերից) բաղկացած կամրջակային սխեմաներ, որոնք բացառում են դեֆորմացիաները և ջերմաստիճանային ազդեցությունը: Ստացված տվյալները գրանցվել և մշակվել են համակարգչային ZetLab չափող-գրանցող ծրագրի միջոցով:

Որպես օպտիմալացման պարամետր ընտրվել է դանակի կտրման ուժը, որը հիմնականում բաղկացած է կտրման ուժի նորմալ (P_n) և շոշափող բաղադրիչներից (P_t), և արտահայտվում է վիբրոգեներատորի լիսեռի ոլորման դեֆորմացիայով (M_m), իսկ որպես ռեգրեսիոն հավասարման տեսք ընտրվել է երկրորդ կարգի բազմանդամ՝ հետևյալ տեսքով՝

$$y = b_0 + \sum_{1 < i < K} b_i x_i + \sum_{1 < i < j < K} b_{ij} x_i x_j + \sum_{1 < i < K} b_{ii} x_i^2 : \quad (10)$$



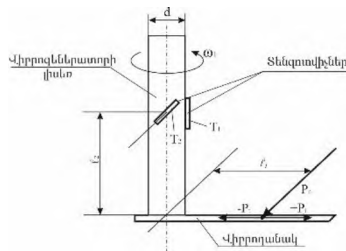
Նկ. 10. Ջրային միջավայրում բույսերի ցողունների վիբրացիոն կտրման փորձարարական տեղակայանքի ընդհանուր սխեման:

- 1- իրան, 2- էլեկտրամագնիսական վիբրատոր, 3- մետաղյա ձող, 4- ջրով լցված տարա, 5- սեղան, 6- շարժիչ,
- 7- եղեգնի ցողուն, 8- կերպափոխիչ, 9- վիբրացիոն դանակի սայր, 10- մետաղյա ափսե, 11- 30 սմ երկարությամբ ձող:



Նկ. 11. Ջրային միջավայրում բույսերի վիբրացիոն կտրման փորձարարական տեղակայանքի ընդհանուր տեսքը:

Օպտիմալացման պարամետրի վրա ազդող գործոնների որոշման տիրույթների և տարափոխման միջակայքերի արժեքները ներկայացված են աղյուսակ 1-ում: Վիբրոկտրման ուժի գնահատման համար գիտափորձերն իրականացվել են երկրորդ կարգի եռագործոն օրթոգոնալ պլանավորման մատրիցայով (աղյուսակ 2):



Նկ. 12. Վիբրոկտրման ուժային գործոնների փորձնական ճանապարհով որոշման և համակարգի չափաբերման սխեման:

Աղյուսակ 1

Գործոնների որոշման փիրույթների և փարափոխման միջակայքերի արժեքները

Մատրիցայի պարամետրերը	Կողը	Վիբրողանակի տատանման հաճախություն, X_1 (ω , վ ⁻¹)	Վիբրոկտրման ամպլիտուդ, X_2 (a_x , մմ)	Ռոտորի լիսեռի պտտման հաճախություն, X_3 (n , 10 ⁻² վ ⁻¹)
Վերին մակարդակը	+1	90	3.5	24
Հիմնական մակարդակը	0	60	2.4	17
Ստորին մակարդակը	-1	30	1.3	10
Տարափոխման միջակայքը	-	30	1.1	7

Աղյուսակ 2

Կլորման ուժի գնահատման օրթոգոնալ պլան-մափրիցա

	N	X_0	X_1	X_2	X_3	X_1^2	X_2^2	X_3^2	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3
Պլանի կետեր	1	1	1	1	1	0.314	0.314	0.314	1	1	1
	2	1	-1	1	1	0.314	0.314	0.314	-1	-1	1
	3	1	1	-1	1	0.314	0.314	0.314	-1	1	-1
	4	1	-1	-1	1	0.314	0.314	0.314	1	-1	-1
	5	1	1	1	-1	0.314	0.314	0.314	1	-1	-1
	6	1	-1	1	-1	0.314	0.314	0.314	-1	1	-1
	7	1	1	-1	-1	0.314	0.314	0.314	-1	-1	1
	8	1	-1	-1	-1	0.314	0.314	0.314	1	1	1
«Ատորանիշային» կետեր	9	1	1.353	0	0	1.145	-0.686	-0.686	0	0	0
	10	1	-1.353	0	0	1.145	-0.686	-0.686	0	0	0
	11	1	0	1.353	0	-0.686	1.145	-0.686	0	0	0
	12	1	0	-1.353	0	-0.686	1.145	-0.686	0	0	0
	13	1	0	0	1.353	-0.686	-0.686	1.145	0	0	0
	14	1	0	0	-1.353	-0.686	-0.686	1.145	0	0	0
Զրոյական կետեր	15	1	0	0	0	-0.686	-0.686	-0.686	0	0	0
	16	1	0	0	0	-0.686	-0.686	-0.686	0	0	0
	17	1	0	0	0	-0.686	-0.686	-0.686	0	0	0

Չորրորդ գլխում բերված են գիտափորձնական հետազոտությունների արդյունքների վերլուծությունը և հիմնավորված են եղեգնի ցողունների վիբրոկտրման ուժի նվազագույն արժեքին հասնելու համար անհրաժեշտ օպտիմալ կտրման գործընթացի պարամետրերը:

Սղոցատամ դանակով վիբրոկտրման ուժի նորմալ և շոշափող բաղադրիչների որոշման համար ստացված ռեգրեսիոն հավասարումներն ունեն հետևյալ տեսքը.

Նորմալ բաղադրիչ՝

$$Y = 8.271 - 5.466X_1 - 5.283X_2 + 4.54X_3 + 2.953X_1^2 + 3.009X_2^2 + 4.768X_3^2, \quad (11)$$

շոշափող բաղադրիչ՝

$$Y = 3.701 - 0.688X_2 + 0.976X_3 - 0.79X_{12} + 0.829X_3^2: \quad (12)$$

Նորմալ և շոշափող բաղադրիչների արձագանքի մակերևույթի կորերի ընտանիքը սղոցատամ դանակի դեպքում բերված է համապատասխանաբար նկարներ 13 և 14-ում:

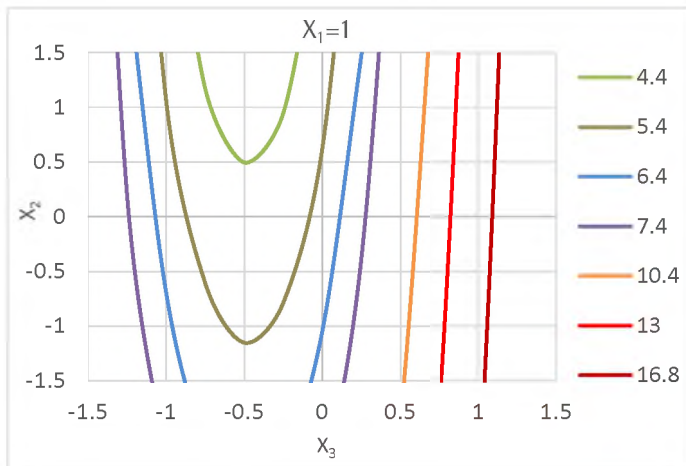
Հարթ սայրով դանակով վիբրոկտրման ուժի նորմալ և շոշափող բաղադրիչների որոշման համար ստացված ռեգրեսիոն հավասարումներն ունեն հետևյալ տեսքը.

Նորմալ բաղադրիչ՝

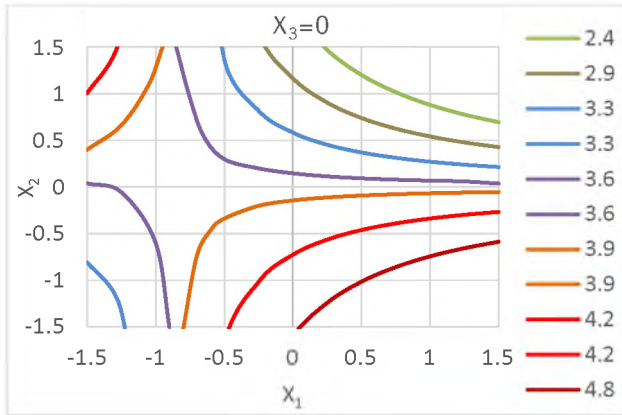
$$Y = 23.937 - 2.531X_2 + 6.11X_3 + 1.79X_{23} + 4.393X_3^2, \quad (13)$$

շոշափող բաղադրիչ՝

$$Y = 1.229 - 0.987X_1 - 0.388X_2 + 0.408X_3 - 0.289X_{23} + 0.627X_1^2 + 0.359X_2^2 + 0.791X_3^2: \quad (14)$$

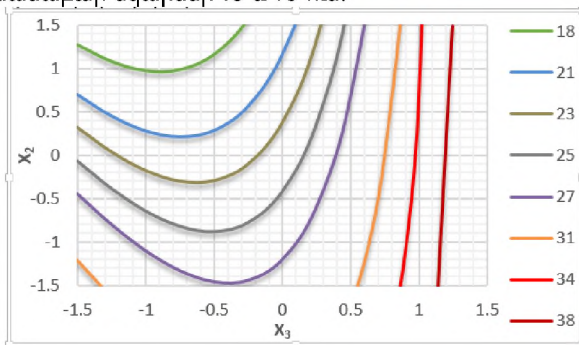


Նկ. 13. Արձագանքի մակերևույթի կորերի ընտանիքը, որը բնութագրում է կտրման ուժի նորմալ բաղադրիչը, կախված կտրման մատուցման արագությունից (X_3) և վիբրոդանակի կտրման ամպլիտուդից (X_2), դանակի տատանման հաճախության ֆիքսված $X_1=1$ արժեքի դեպքում:



Նկ. 14. Արձագանքի մակերևույթի կորերի ընտանիքը, որը բնութագրում է ցողունի կտրման ուժի շոշափող բաղադրիչը, կախված տատանման ամպլիտուդից (X_2) և տատանման հաճախությունից (X_1), դանակի մատուցման արագության ֆիքսված $X_3=0$ արժեքի դեպքում:

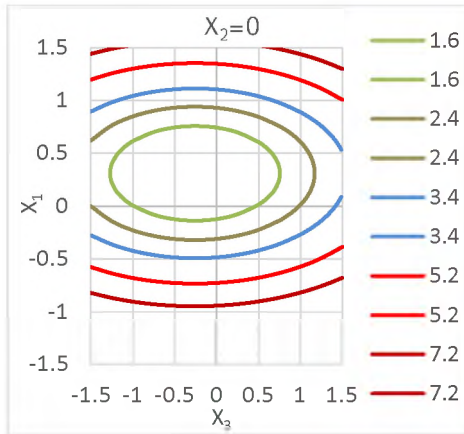
Հարթ սայրով դանակի դեպքում վիբրոկտրման ուժի նորմալ և շոշափող բաղադրիչների արձագանքի մակերևույթի կորերի ընտանիքը բերված է համապատասխանաբար նկարներ 15 և 16-ում:



Նկ. 15. Արձագանքի մակերևույթի կորերի ընտանիքը, որը բնութագրում է կտրման ուժի նորմալ բաղադրիչը կախված դանակի մատուցման արագությունից (X_3) և վիբրոդանակի կտրման ամպլիտուդից (X_2):

Վերլուծելով ռեգրեսիոն հավասարումները (10-13) և կառուցված գրաֆիկները (նկարներ 13, 14, 15, 16), որոշվել են վիբրոկտրման ուժի նվազագույն արժեքին հասնելու համար անհրաժեշտ օպտիմալ պարամետրերը սղոցատամ և հարթ սայրով դանակներով. վիբրոկտրման հաճախություն՝ $\omega = 90$ վ⁻¹, վիբրոկտրման ամպլիտուդ՝ $a_x = 3.5$ մմ, ռոտորի պտուտաթվեր՝ $n = 13.5 \times 10^{-2}$ վ⁻¹:

Կատարված գիտափորձերից և ստացված օսցիլոգրամներից հաստատվել է, որ կտրման դիմադրության ուժերի շոշափող բաղադրիչը սղոցատամ դանակի դեպքում մոտ 3 անգամ ավելի է, քան հարթ դանակի դեպքում, նայած դրան, սղոցատամի դեպքում կտրման արդյունավետությունը բարձրանում է, ինչի հետևանքով կտրման ուժի նորմալ բաղադրիչը, որով պայմանավորված է ընդհանուր դիմադրության M_1 մոմենտը, 2.5-3.0 անգամ նվազում է:



Նկ. 16. Արձագանքի մակերևույթի կտրերի ընտանիքը, որը բնութագրում է կտրման ուժի շոշափող բաղադրիչը, կախված դանակի մատուցման արագությունից (X_3) և վիբրոդանակի կտրման հաճախությունից (X_1), դանակի տատանման ամպլիտուդի ֆիքսված $X_2=0$ արժեքի դեպքում:

Հինգերորդ գլխում ներկայացված է վիբրացիոն կտրող ապարատի տեխնիկատնտեսական արդյունավետության հիմնավորումը:

Առաջարկվող վիբրացիոն ապարատի տնտեսական արդյունավետության հիմնավորման համար, որպես նախատիպ ընտրվել է ստանդարտ ռոտորային ապարատը: Ռոտորային էլեկտրամագնիսական վիբրացիոն կտրող ապարատի տնտեսական արդյունավետությունը գնահատվել է հետևյալ չափանիշներով. կապիտալ ներդրումների չափով, շահագործական ծախսերի տարբերությունով, կապիտալ ներդրումների փոխհատուցման ժամկետով:

Վիբրացիոն ապարատի ներդրումը՝ ջրային միջավայրում աշխատելու համար, ստանդարտ ռոտորային ապարատի համեմատությամբ ունի շոշափելի տնտեսական արդյունավետություն: Տնտեսական հաշվարկների արդյունքները ներկայացված են աղյուսակ 3-ում:

Առաջարկվող և գոյություն ունեցող կորող ապարատների տնտեսական հաշվարկների արդյունքները

Հ/թ	Ցուցանիշների անվանումը	Ապարատներ	
		Գոյություն ունեցող	Առաջարկվող
1	Ընդհանուր կապիտալ ծախսերը, դր	39720	54530
2	Ուղղակի շահագործական ծախսերը, դր	744510	489902
3	Տեսակարար շահագործական ծախսերը, դր/ժ	1082	600
4	Ծախսերի փոխհատուցման ժամկետը, տարի	-	0.21
5	Շահութաբերությունը	-	34.19%

ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ԵՎ ԱՌԱՋԱՐԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

1. Խիտ միջավայրում, մասնավորապես ջրային պայմաններում աճող բույսերի՝ հատկապես եղեգնի և այդ ընտանիքին պատկանող բույսերի կտրման գործընթացի մեքենայացումը համարվում է լուծման կարիք ունեցող խնդիրներից մեկը:
2. Գոյություն ունեցող բերքահավաքի մեքենաների կտրող ապարատների օգտագործման փորձերը ցույց են տվել, որ դրանք ջրանցքները և ջրամբարները ջրային բույսերից մաքրելու համար պիտանի չեն՝ ոչ տեխնիկատեխնոլոգիական, և ոչ էլ էներգախնայողական տեսանկյունից:
3. Խիտ միջավայրում (ջուր, հող) բույսերի ցողունների կտրման գործընթացի իրականացման համար գերադասելի են ռոտորային կտրող ապարատները, սակայն դրանց դանակների տեխնոլոգիական անհրաժեշտ արագությունների դեպքում միջավայրի դիմադրության ուժերը ստացվում են անհամեմատ մեծ:
4. Հաստատված է, որ ջրային պայմաններում բույսերի ցողունների վիբրացիոն կտրման ժամանակ տեղի է ունենում միջավայրի դիմադրության կտրուկ նվազում, ինչը թույլ է տալիս բույսերի ցողունների կտրման գործընթացն իրականացնել նվազագույն էներգածախսումներով:
5. Տեսական հետազոտությունների արդյունքում բացահայտվել և առաջին անգամ նկարագրվել է ջրային միջավայրի դիմադրության կտրուկ

- նվազումը կտրող ապարատի վիբրողանակի օգտագործման դեպքում: Առաջարկվել է մոդել և հաշվարկային սխեմա, որոնք թույլ են տվել բացահայտելու ջրային միջավայրում վիբրողանակով կտրման էությունը և այն գործոնները, որոնք հնարավորություն են տալիս էապես նվազեցնելու կտրող ապարատների էներգատարությունը:
6. Բացահայտվել է, որ վիբրացիայի առկայության դեպքում դանակին հպվող հեղուկի զանգվածը ենթարկվում է արագ մարող տատանողական շարժման, ինչի հետևանքով տուրբուլենտ շարժում չի առաջանում և միջավայրի դիմադրության ուժերը նվազում են մոտ 20 անգամ:
 7. Կատարելագործված սարքավորումները հնարավորություն են ստեղծել հատուկ մշակված մեթոդիկայով էապես ճշգրտել հաստացողուն բույսերի, մասնավորապես եղեգնի ցողունի ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների ցուցանիշները: Հաստատվել է, որ ցողունի նյութի ամրության ցուցանիշները բույսի բարձրությամբ նվազում են, իսկ դեֆորմացիայի ցուցանիշները՝ աճում:
 8. Խիտ միջավայրում հաստացողուն բույսերի կտրումն իրականացնելու համար մշակվել, նախագծվել և պատրաստվել է աշխատանքային նոր սկզբունքով գործող էլեկտրամագնիսական վիբրացիոն կտրող ապարատի մոդել, որով իրականացրած լաբորատոր փորձերի արդյունքում հիմնականում հաստատվել են տեսական հետազոտություններով ստացված արդյունքները:
 9. Ատամնավոր սայրով վիբրողանակներով ցողունների կտրման կրիտիկական ուժի մեծությունն անհամեմատ փոքր է, իսկ հարթ սայրով վիբրողանակի դեպքում այդ ուժը կտրուկ մեծանում է: Ատամնավոր դանակի կտրման ընդհանուր դիմադրության մոմենտը հարթ կտրող եզրովի համեմատ նվազում է 2.5÷3 անգամ:
 10. Մշակված մաթեմատիկական մոդելները հնարավորություն են տվել վերլուծել վիբրկտրման ուժի և դրա նորմալ ու շոշափող բաղադրիչների կախվածությունը վիբրողանակի տատանման հաճախությունից, ամպլիտուդից, մատուցման արագությունից և ճշտել վիբրացիոն կտրող ապարատի պարամետրերը:
 11. Վիբրողանակի մատուցման ավելացումը հանգեցնում է կտրման կրիտիկական, ինչպես նաև միջավայրի դիմադրության ուժերի մեծացման՝ ջրային միջավայրում առաջացնելով տուրբուլենտություն: Դանակի տատանման ամպլիտուդի 1,3 մմ-ից փոքրացումը բերում է կտրման դիմադրության կտրուկ աճի, իսկ 6 մմ-ից ավելացումը՝ սղոցման էֆեկտի առաջացման: Դանակի հաճախության 100 վ⁻¹-ից մեծացումը բերում է պահանջվող հզորության ավելացման, իսկ վիբրկտրումը դառնում է ասինքրոն, ինչն անընդունելի է:

12. Հաստատվել է, որ նվազագույն էներգաձախսումներով վիբրոկտրում իրականացնելու համար անհրաժեշտ է ապահովել հետևյալ ռեժիմը.
 վիբրոկտրման հաճախություն՝ $\omega = 90 \text{ վ}^{-1}$,
 վիբրոկտրման ամպլիտուդ՝ $a_x = 3.5 \text{ մմ}$,
 ռոտորի պտուտաթվեր՝ $n = 13.5 \times 10^{-2} \text{ վ}^{-1}$:
13. Առաջարկվող վիբրացիոն ապարատի տարեկան տնտեսական արդյունավետությունը կկազմի 254608 դրամ, շահութաբերությունը՝ 34.19%, իսկ ներդրման ծախսերի փոխհատուցման ժամկետը՝ մոտ 3 ամիս:

Ատենախոսության հիմնական դրույթները հրատարակված են հետևյալ գիտական հոդվածներում

1. Tarverdyan A.P., Altunyan A.V., Baghdasaryan A.S. Yeghiazaryan G.M. Theoretical Research on Vibratory Cutting of the Plants Stems in the Dense Environment: Vibrationless Cutting, Agriscience and Technology, ANAU Bulletin, №70/2, 2020, pp. 21-28
2. Tarverdyan A.P., Altunyan A.V., Yeghiazaryan G.M. Theoretical research on vibratory cutting of the plants stems in the dense environment: cutting with vibration, Tbilisi, Annals of Agrarian Science, Volume 18, Number 2, June 2020, pp. 233-239
3. Եղիազարյան Գ.Մ. Զրային միջավայրում բույսերի ցողունների վիբրացիոն կտրման ուսումնասիրության լաբորատոր կայանք, Ագրոգիտություն և տեխնոլոգիա, № 71/3, ՀԱԱՀ, 2020, էջ 12-15:
4. Tarverdyan A.P., Altunyan A.V., Baghdasaryan A.S., Yeghiazaryan G.M. Scientific experimental research on plants stem vibro-cutting in dense environment, Annals of Agrarian Science, Volume 18, Number 3, September 2020, pp. 417-423
5. Yeghiazaryan G.M. Laboratory studies of the physicommechanical properties in the cane stem, Annals of Agrarian Science, Volume 18, Number 3, September 2020, pp. 424-428
6. Yeghiazaryan G.M., Altunyan A.V. Analysis of scientific-research and experimental results for vibro-cutting of the plants stems in water medium, Denmark, Danish Scientific Journal, Vol. 1, № 44, 2021, pp. 33-38

Егиазарян Гор Меликович

Разработка виброрежущего аппарата для уборки растений водной среды

РЕЗЮМЕ

Очистка водохранилищ и естественных каналов от водных растений, в частности – от тростника и принадлежащих к этой семье тростниковых травянистых растений по сей день во всем мире считается насущной проблемой, требующей своего решения.

Механизированное срезывание и уборка водных растений, помимо собственно указанной цели, является также важным в следующих аспектах: в молочный период они пригодны как корм для скота, тростник может также использоваться в качестве экологически чистого и стойкого стройматериала.

Попытки применения существующих режущих аппаратов в водной среде и в земле (для срезывания и удаления ботвы корнеплодов, с целью одновременного сбора урожая томатов и ряда эфирно-масличных культур) успехом не увенчались, поскольку эти, во всех случаях, приводило к резкому ухудшению технико-эксплуатационных показателей машин. В частности, анализ созданных с этой целью машин, особенно – эксплуатационных показателей и строения их режущих аппаратов показывает, что они не обеспечивают необходимой производительности и не полностью соответствуют предъявляемым техническим и технологическим проектным требованиям.

Наряду с развитием современной техники сельскохозяйственного машиностроения, возникла необходимость разработки нового режущего аппарата для осуществления срезывания растений в плотной среде, который, отличался бы от предыдущих строением и принципом работы.

Цель настоящей диссертационной работы – теоретическим путем исследовать процесс вибрационного срезывания в водной среде и аналитически выявить суть виброрезывания в этой среде. Исследовать физико-механические свойства толстостебельных растений, в частности – тростника. Разработать и спроектировать режущий аппарат с оптимальными параметрами для работы в плотной (водной) среде и отыскать оптимальный режим срезывания стеблей.

По результатам теоретических исследований, выявлено и впервые описано резкое снижение сопротивляемости водной среды в условиях виброножа режущего аппарата. Предложены модель и расчетная схема, позволяющие выявить суть

срезывания виброножом в водной среде, а также иные факторы, которые дают возможность существенно снизить энергоёмкость режущих аппаратов.

Выявлено, что при наличии вибрации масса жидкости, соприкасающейся с ножом, подвергается быстро гаснущему колебательному движению, вследствие чего турбулентного движения не происходит, и силы сопротивления среды снижаются примерно в 20 раз.

Усовершенствованное оборудование создало возможность для существенного уточнения, с особо разработанной методикой, показателей физико-механических свойств стеблей толстостебельных растений, в частности – стебля тростника. Выявлено, что с высотой растения показатели прочности материала стебля уменьшаются, а показатели деформации – возрастают.

Для осуществления срезывания толстостебельных растений в плотной среде спроектирована и разработана модель электромагнитного виброрежущего аппарата, действующего по новому структурному, технологическому и рабочему принципу. По итогам осуществленных с этой моделью лабораторных опытов, были, в основном, подтверждены важнейшие результаты, полученные теоретическими исследованиями.

Разработанные математические модели дают возможность проанализировать зависимость силы виброрезывания и ее нормальных и осязательных показателей от частоты колебания, амплитуды и скорости подачи виброножа, а также уточнить параметры вибрационного режущего аппарата. В частности, установлено, что для осуществления виброрезывания с минимальными энергозатратами необходимо обеспечить следующий режим: частота виброрезывания: $\omega = 90 \text{ сек}^{-1}$, амплитуда виброрезывания: $a_x = 3.5 \text{ мм}$, число оборотов ротора: $n = 13.5 \times 10^{-2} \text{ сек}^{-1}$.

Увеличение скорости подачи виброножа приводит к росту критического сопротивления резанию, а также к увеличению сил сопротивления среды, вызывая турбулентность в водной среде. Уменьшение амплитуды колебания виброножа менее 1,3 мм приводит к резкому росту сопротивления резанию, а увеличение более 6 мм – к вызыванию эффекта распиливания. Увеличение частоты ножа больше 100 сек⁻¹ приводит к повышению требуемой мощности, а виброрезывание становится асинхронным, что неприемлемо.

Внедрение предлагаемого вибрационного аппарата для работы в водной среде имеет ощутимую эффективность. Так, годовая эффективность аппарата составит 254 608 драмов, рентабельность – 34,19%, а срок компенсации инвестиционных расходов – около 3-х месяцев.

Gor Melik Yeghiazaryan

Designing Vibration Apparatus for Harvesting Plants in Water Medium

SUMMARY

Cleaning reservoirs and canals from the water plants, particularly from the cane and bulrushes belonging to the same genus, is considered to be a vital issue.

Apart from the mentioned key objective, the mechanized cutting and harvesting of the water plants is also of vital importance from the following prospect: in the milk stage they are used as forage and in dry state - as building material.

The applied practice of the current cutting apparatus in water and soil medium (for cutting and removal of tuber crop tops, for the single tomato harvest and that of essential oil crops) has been doomed to failure, since in all cases it entailed to the abrupt deterioration of the technical and operational indices in machines.

The analyses of the structural and operational indices of the machines and their cutting apparatus, particularly those designed for the abovementioned purpose, evidence that they have failed to provide the required efficiency and don't thoroughly comply with the relevant technical and technological design requirements.

Along with the advancement of the contemporary devices and technique in the agricultural mechanization, a need for the design of a new cutting apparatus with other structural and working principles rather than the previous ones has arisen, in order to implement plant cutting in dense medium.

The aim of the current thesis work is, first, to theoretically investigate the process of vibratory cutting in the aquatic environment and to analytically identify the specifics of vibratory cutting in the same medium. It was also planned to study the physicomechanical properties of thick-stalked plants, especially those of cane upon the adjustments of some values. Last but not least it was anticipated to develop and design a cutting apparatus with optimal parameters so as to be able to work in the dense environment (water medium) and to find the optimal regime for stem cutting.

In the result of theoretical research, the rapid reduction of resistance forces of water medium in case of using vibro-blade in the cutting apparatus has been disclosed and described for the first time. A model and computation scheme has been recommended, which enable to identify the specifics of vibro-blade cutting in water environment and the factors promoting the considerable reduction of energy consumption by the cutting apparatus.

It has been revealed that in case of vibration the fluid mass contacting the blade is subjected to rapidly damping oscillation, as a result of which no turbulent motion is generated, and the environmental resistant forces are reduced in about 20 times.

The upgraded devices make it possible to clearly identify the indices of physicomechanical properties in thick-stalked plants, those of cane in particular, by means of specially developed methodology. It has been disclosed that the indices of stem material strength fall down together with the plant height, while the deformation indices grow up.

To implement thick-stalked plant cutting in dense medium, a model of electromagnetic vibratory cutting apparatus with new structural, technological and operational principles has been designed and developed. The laboratory experimental results obtained through the designed apparatus have verified the most significant findings achieved through the theoretical investigations.

The developed mathematical models enable to analyse and decipher the dependence of vibro-cutting force and its regular and tangential components on the oscillation frequency, amplitude and delivery speed and to specify the parameters of vibratory cutting apparatus. Particularly, it has been confirmed that the following regime should be ensured in order to implement vibro-cutting with minimum energy consumption:

Vibro-cutting frequency: $\omega = 90 \text{ s}^{-1}$, vibro-cutting amplitude: $a_x = 3.5 \text{ mm}$, rotation number of the rotor: $n = 13.5 \times 10^{-2} \text{ s}^{-1}$.

The increase in vibro-blade delivery speed entails to the growth of critical cutting force, as well as to that of environmental resistance forces generating turbulence in water environment. The reduction of the blade oscillation amplitude beneath 1.3 mm leads to the abrupt increase in the cutting resistance force, while its increase above 6 mm results in sawing effect. The increase of the blade frequency over than 100 s^{-1} leads to the growth of the required power, while the vibro-cutting becomes asynchronous, which is unacceptable.

The introduction of the recommended vibratory apparatus has significant economic feasibility to work in water medium. Thus, the annual efficiency of the vibration apparatus will make 254 608 AMD, its profitability amounts to 34.19 % and the period of ROI (Return on Investment) will make about 3 months.