

Міністерство освіти України  
Київський державний технічний університет  
будівництва і архітектури

На правах рукопису

Кравець Святослав Володимирович

Розробка і створення багатоярусних  
грунтозахисних безтраншейних укладачів  
різного призначення

05.05.04 - Машини для земляних та дорожніх робіт

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
доктора технічних наук

Київ - 1996



Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Київському державному технічному університеті будівництва і архітектури та Українській державній академії водного господарства.

Науковий консультант - доктор технічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України, академік АБ України **Баладіньський Вадим Леонідович**

Офіційні опоненти :

1. Доктор технічних наук, професор, Заслужений винахідник України, академік АБ України **Хмара Леонід Андрійович**

2. Доктор технічних наук, професор **Панченко Анатолій Миколайович**

3. Доктор технічних наук, професор **Гивовар Микола Григорович**

Провідна організація - інститут гідротехніки і меліорації Української академії аграрних наук, м.Київ.

Захист відбудеться "17 Травня 1996 р. о 10 <sup>30</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д. 01.18.07 в Київському державному технічному університеті будівництва і архітектури за адресою : 252037, Київ - 37, Повітрофлотський проспект, 31.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Київського державного технічного університету будівництва і архітектури за адресою : 252037, Київ - 37, Повітрофлотський проспект, 31.

Автореферат розісланий "9 " Квітня 1996 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

Гарінець В.М.

ЛНБ ім. В. Стефаніка  
АН України

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Загальна характеристика, актуальність і ступінь дослідженості проблеми. Потреби народного господарства України вимагають виконання робіт по укладанню в підземний горизонт лінійно-протяжних об'єктів /ЛПО/ при будівництві термо- і гідромеліоративних систем, газо- і водопроводів низького тиску, ліній зв'язку, при проведенні протиерозійних заходів та інших підземних комунікацій.

Ці роботи виконуються, як правило, на площах, які відведені для вирощування сільськогосподарської продукції. Тому вони повинні проводитися в стислі осінньо-весняні строки /між збиранням і наступним посівом урожаю/ і не призводити до переуцільнення ґрунтів з гарантією збереження родючого шару ґрунту /гумусу/.

Становище ускладнюється тим, що різко збільшується вага і потужність техніки. Площі подається 10...12-кратному впливу ходових систем машин, що в кінцевому результаті призводить до значного переуцільнення ґрунтів на глибину 0,6...1,2 м /до 1,6...1,7 г/см<sup>3</sup> при оптимальній щільності 1,1...1,4 г/см<sup>3</sup>/ і до зниження протиерозійної стійкості орного шару.

Будівництво підземних комунікацій здійснюється із сталевих труб або гнучких довгомірних матеріалів: пластмасових труб, кабелів, світловодів, дренажних джгутів і т.ін. Заміна металевих труб пластмасовими дозволяє значно зменшити витрати сталевих трубного прокату, наприклад, на одному кілометрі трубопроводу діаметром 160 мм заощадити 18 т металу, близько 7 т бітуму і скоротити в 3,5 рази витрати праці. Тому перевага повинна надаватися укладанню гнучких довгомірних матеріалів.

Існує два способи укладання цих матеріалів у підземний горизонт - траншейний і безтраншейний. При безтраншейному способі операції робочого процесу по нарізанню щілини, укладанню об'єктів та їх закриттю суміщені в часі. Цей спосіб дозволяє: на порядок підвищити швидкість і продуктивність процесу, а тому може застосовуватися для оперативного прокладання різних мереж на сільськогосподарських площах або у випадках, коли перебування людини в зоні будівництва обмежене в часі; в 3...5 разів зменшити об'єм земляних робіт; зберегти гумусовий шар ґрунту без проведення рекультивативних робіт; спростити конструкцію і підвищити надійність робочого обладнання і таке інше. Тому безтраншейний спосіб будівництва гнучких ЛПО є найбільш перспективним.

Однак, незважаючи на вказані переваги, цей спосіб ще не набув

широкого розповсюдження. Це пояснюється тим, що традиційні землерийні робочі органи /ЗРО/ безтраншейних укладачів по глибині і ширині захвату мають суцільну робочу поверхню і працюють, як правило, за принципом розрізання і запресовування ґрунту у стінки нарізваної щілини. Тому водно-повітряний режим і фільтраційні властивості ґрунтів різко погіршуються, зменшується його протиерозійна стійкість, що призводить до зниження врожайності. До того ж, такі робочі органи надто енергоємні тому, що потребують значних тягових зусиль. Активізація традиційних пасивних робочих органів безтраншейних укладачів дозволяє знизити опір переміщенню, але призводить до ускладнення їх конструкцій і не усуває ущільнення ними ґрунтів.

Аналіз існуючих безтраншейних робочих процесів показав, що найбільш перспективними в плані створення сприятливих умов для подальшого сільськогосподарського використання земель є багатоярусні робочі органи, які мають декілька різальних частин певним чином розміщених у просторі. Однак, вони далеко не у всіх випадках задовольняють агротехнічним вимогам. Тому існує необхідність їх принципового вдосконалення. Підвищення ефективності таких робочих органів стримується відсутністю науково обґрунтованих методів їх створення.

Українські і закордонні вчені В.Д.Баладінський, В.І.Балонев, Д.О.Ветров, В.І.Виноградов, Р.І.Годвін, В.П.Горячкін, Є.Дінгліґер, А.М.Зелєнін, В.С.Козаков, В.В.Нічке, В.К.Руднев, Є.Д.Томін, Р.Д.Турецький, Д.І.Федоров, Л.А.Хмара, С.В.Шатов, В.К.Шаршак та інші внесли значний науковий вклад у розробку і обґрунтування багатоярусного різання. Однак, основною метою їх досліджень було зниження енергоємності робочих процесів без урахування агротехнічних вимог до ґрунтового середовища.

Тому актуальною проблемою для сільськогосподарського будівництва є створення принципово нових багатоярусних робочих органів безтраншейних укладачів, які б захищали ґрунт від переущільнення, ерозійних процесів, а також оструктурували його і зберігали гумусовий шар задовж смуги відведення.

Мета і основне завдання наукового дослідження. Метою наукового дослідження є розробка методів розрахунку, проектування і створення багатоярусних робочих органів безтраншейних укладачів у залежності від їх цільового призначення і агротехнічних вимог до них. Основне наукове завдання полягає в створенні основ теорії ро-

бочих процесів і принципів конструювання таких робочих органів.

Основна наукова ідея і принципи її реалізації. Наукова ідея полягає в створенні таких робочих процесів руйнування ґрунтів землерийними машинами, які б дозволяли отримувати в зоні дії робочих органів структуру ґрунтового середовища відповідно агротехнічним вимогам /заданої міри розуцільнення, оструктурування, створення гідроповітряного зв'язку між горизонтами і таке інше/. Принципово ідея реалізована шляхом поярусного руйнування середовища і керованого транспортування зрізаних шарів ґрунту із зони різання в напрямку денної поверхні або штучно утворених у межах ширини захвату ЗРО по-рожнин /прохідних вікон/.

Наукова новизна, теоретична і практична цінність дослідження.

Наукова новизна полягає в розробці теоретичних основ, принципів створення і обґрунтуванні параметрів багатоярусних ґрунтозахисних робочих процесів з урахуванням агротехнічних вимог до ґрунтового середовища.

Вперше розроблені такі основні принципи створення багатоярусних робочих процесів як: рівність площ поперечного перерізу зрізаного шару і прохідних вікон у кожному ярусі, витрат ґрунту в суміжних ярусах, а також удосконалений принцип незалежності роботи попередніх ґрунторозроблюючих органів від наступних.

З урахуванням особливостей поярусного руйнування середовища вперше отримані математичні моделі критичної глибини різання, довжини лемеша, форми ґрунтового ядра уцільнення, визначені кути зсуву ґрунту в поздовжній площині, обґрунтовані закони розподілу тиску ґрунту на робочі поверхні ґрунторозроблюючих органів та умови транспортування його із зони різання кожного ярусу з мінімальним уцільненням. Вирішення цих задач стало передумовою науковообґрунтованого створення принципово нових багатоярусних робочих органів безтраншейних укладачів відвального і безвідвального типу, які дозволяють у зоні їх дії захистити ґрунт від переуцільнення, ерозійних процесів, зберегти гумусовий горизонт і знизити енергоємність робочого процесу.

Новизна підтверджена 20 авторськими свідоцтвами і патентами, а також опублікуванням міжнародної заявки у 7 країнах далекого зарубіжжя: Австралії, Швейцарії, Німеччині, Великобританії, Угорщині, Нідерландах, США.

Теоретична цінність дослідження полягає в тому, що згадані математичні моделі та алгоритми дозволили розробити методи визначення оптимальних параметрів багатоярусних робочих органів на основі вихідних даних про фізико-механічні властивості таких ґрунтів, що реко-

мендують будівельні норми і правила, без проведення додаткових експериментів.

Практична цінність визначається розробкою інженерних методів розрахунку і проектування багатоярусних робочих органів відповідно їх цільовому призначенню і агротехнічним вимогам, а також результатами впровадження наукових досліджень у виробництво і навчальний процес. Експлуатація впроваджених у виробництво багатоярусних укладачів підтвердила їх ефективність, практичне значення і мотивацій для широкого впровадження результатів досліджень у народне господарство. Досягнуто зниження енергоємності робочого процесу /у 1,5...2 рази/ і покращання стану ґрунту в зоні дії робочих органів.

Робота виконувалась згідно: 1/ завдання 06.03.03.Т "Розробити способи обігріву ґрунту закритих мережев труб з поверненням води на електростанцію" програма ДНТ СРСР по вирішенню науково-технічної проблеми 0.85.01 "Розробити науково-технічні основи і комплекс заходів по покращанню використання і охороні водних ресурсів країни /постанова ДНТ СРСР і Держплану СРСР № 515/271 від 29.12.1981 р./; 2/ планів науково-дослідних робіт по організаціях і заводах ВО "Совзмельормаш" на 1983, 1985 і 1987 роки /додатки №№ 13, 21 і 2 до наказів по ВО "Совзмельормаш" №№ 4-13, 4-12 і 12 відповідно від 09.02.83 р., 14.02.85 р. і 19.02.87 р./; 3/ завдання 13.01.01 Т "Впровадити у виробництво осушувальні системи на важких ґрунтах із застосуванням закритого горизонтального дренажу, фільтруючих елементів і глибокого розпушення" загальносоюзної науково-технічної програми /постанова Ради Міністрів СРСР № 187 від 16.06.87 р./.

Рівень реалізації, впровадження наукових розробок. Інженерні методи розрахунку і проектування багатоярусних робочих органів знайшли застосування на Мозирському заводі "Меліормаш" /Білорусь/, у Північному науково-дослідному інституті гідротехніки і меліорації /ПівніДІГіМ, м. Санкт-Петербург/, Харківському автомобільно-дорожньому технічному університеті, Українському інституті інженерів водного господарства /УІІВГ, м. Рівне/, а також використані в науково-дослідних роботах, які виконані по замовленню виробництва.

Розроблена робоча документація на виготовлення 12 різних у конструктивному плані зразків багатоярусного робочого обладнання. Конструкторська документація передана Мозирському заводу "Меліормаш", Литовському інженерному центру "Меліорація" /м. Вільнюс/, інституту ПівніДІГіМ, виробничим об'єднанням "Ісковмеліорація", "Вологдамеліорація", тресту "Київводбуд".

У народне господарство країн СНД впроваджена дослідно-промислова партія із 17 укладальних машин з багатоярусним робочим обладнанням різного призначення: безтраншейні дреноукладачі, джгутуукладачі, кабелеукладачі, машини для укладання труб блок-модулів термосідромеліоративних систем та для заглиблення в підземний горизонт гнучких газоводопроводів низького тиску.

Результати досліджень включені у рекомендації Держкомводгоспу України по проектуванню та будівництву комбінованих дренажних систем з використанням об'ємних захисно-фільтруючих матеріалів та фільтруючих елементів у зоні Полісся України. Матеріали передані інституту ПівніДПІМ для включення в будівельні норми і правила /БНіП 3.07.08.85/.

Результати наукових досліджень впроваджені в навчальні програми УІІВГ, а також у типову програму по дисципліні "Будівельні і меліоративні машини" для сільськогосподарських вузів. Матеріали передані для використання в навчальному процесі Київському державному технічному університету будівництва і архітектури, Харківському державному автомобільно-дорожньому технічному університету, Придніпровській державній академії будівництва і архітектури, Московському гідромеліоративному інституту, Новочеркаському інженерно-меліоративному інституту.

Апробація та публікація результатів наукових досліджень, структура і обсяг дисертаційної роботи. Основний зміст роботи та окремі її положення доповідалися і отримали позитивну оцінку:

на ХХХ міжнародній науково-технічній конференції "Механізація і автоматизація земляних робіт /Київ, 1991 р./; на У Всесовзній конференції по статичі і динаміці просторових конструкцій /м. Київ, 1985 р./; на II всеукраїнській конференції по механізації і автоматизації земляних робіт у будівництві /м. Київ, 1986 р./; на Всесовзній науково-технічній конференції "Підвищення ефективності використання водних ресурсів у сільському господарстві" /м. Новочеркаськ, 1989 р./; на республіканській конференції "Підвищення ефективності землерийно-транспортних машин" /м. Харків, 1984 р./; на республіканській науково-технічній конференції "Підвищення ефективності сільськогосподарського будівництва на основі механізації трудомістких робіт і скорочення витрат ручної праці /м. Полтава, 1985 р./; на республіканських науково-технічних та науково-практичних конференціях, які проводилися в м. Рівне /1980, 1984, 1987, 1988, 1989, 1990...1992, 1995 рр./;

на засіданні колегії Мінводгоспу СРСР /м. Москва, 1989 р./; на засіданнях науково-технічних рад Головночерноземводбуду

СРСР /м. Москва, 1987...1990 рр./, інститутів "ВНДІЗеммаш" і "ЛівиНДІГім" /м. Санкт-Петербург, 1986...1991 рр./, Литовського інженерного центру "Меліорація" /м. Вільнюс, 1989 р./, Держкомводгоспу України /м. Київ, 1994, 1995 рр./ та технічних рад Мозирського заводу "Меліормаш" /Білорусь, 1983...1993 рр./; 80 "Ісковмеліорація" /Росія, 1987...1991 рр./, тресту "Київводбуд" /1987 р./; на галузевих науково-технічних семінарах /м. Москва, 1987 р.; м. Клайпеда, 1990 р.; м. Дзержинськ Житомирської обл., 1992 р.; м. Рівне, 1994 р./.

Розробки по темі дисертації експонувалися на ВДНГ СРСР і УРСР, а також на галузевих виставках.

За результатами досліджень опубліковано 66 наукових праць, із них 2 навчальні посібники, 23 авторських свідоцтв і патентів на винаходи, а також міжнародна заявка.

Дисертація складається із вступу, 6 розділів, загальних висновків, списку літератури, додатків і містить у цілому 510 сторінок, у тому числі 245 сторінок машинописного тексту, 23 таблиці, 115 рисунків, список літератури із 306 найменувань і додатків на 125 сторінках.

Декларація конкретного особистого внеску дисертанта в розробку наукових результатів, що виносяться на захист. На захист виносяться наступні наукові результати:

- нові принципи створення багаторусних робочих процесів безтраншейних укладачів;
- розроблені схеми робочих процесів, критерії оптимізації, математичні моделі і алгоритми для проведення параметричної оптимізації багаторусних робочих органів;
- виявлені закономірності проходження процесів при поярусній розробці талих ґрунтів робочими органами відвального і безвідвального типу;
- методи розрахунку і проектування багаторусних робочих органів;
- конструкції ґрунтозахисних та енергозберігальних робочих органів безтраншейних укладачів різного призначення.

Основні наукові результати, що виносяться на захист, отримані особисто дисертантом /ідеї, принципи реалізації, математичні моделі, алгоритми, закономірності, методи розрахунку і проектування/. Експериментальна перевірка наукових ідей і практична їх реалізація через конкретні технічні рішення і конструкції здійснювалися разом з аспірантами і пошуковцями.

Характеристика методології, методу дослідження предмету і об'єкта. В основу покладений експериментально-теоретичний метод дослідження, який ґрунтується: на елементах теорії різання ґрунтів з урахуванням просторової дії робочих органів на середовище, на математичних методах варіаційного обчислення, лінійної апроксимації і інтерполяції, на багатофакторному плануванні експериментів, тензометричному методі експериментальних досліджень та регресійному аналізі експериментальних даних.

Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується: достатнім об'ємом експериментальних досліджень, у тому числі повторністю дослідів, які задовільняють задану точність і надійність; відтворенням виявлених закономірностей робочого процесу; адекватністю побудованих математичних моделей і експериментальних даних; задовільним рівнем збіжності результатів аналітичних досліджень з результатами експериментальних досліджень і виробничих випробувань натурних зразків.

Сукупність нових наукових положень, результатів і висновків, які сформульовані в дисертації на основі проведених теоретичних і експериментальних досліджень багаторушного робочого процесу, можна кваліфікувати як новий перспективний напрямок у вирішенні важливої науково-технічної проблеми в галузі землерийного машинобудування.

## ЗМІСТ РОБОТИ

І. Стан проблеми, основні напрямки розвитку землерийної техніки для будівництва підземних комунікацій. Розглянуті основні типи підземних комунікацій у сільському господарстві такі як осушувальні дренажі, протиерозійні і термогідромеліоративні системи, газо- і водопроводи низького тиску, лінії зв'язку і т. інше. Сформульовані загальні і спеціальні агротехнічні вимоги до їх будівництва в залежності від цільового призначення з урахуванням особливостей будівельних робіт на сільськогосподарських площах.

Проведений аналіз сучасних способів і техніки для укладання ДЛО в підземний горизонт показав, що на сучасному етапі одним із перспективних напрямків розвитку землерийної техніки для будівництва гнучких підземних комунікацій є безтраншейні укладачі з пасивними ЗРО.

Розкрита фізична суть робочого процесу безтраншейних укладачів із ЗРО традиційної конструкції і на цій основі сформульовані вимоги адаптації до умов глибокого різання ґрунтів /глибина рі-

зання у 3 і більше разів перевищує ширину ножа: 1/ при заданих розмірах щілини, що нарізається, поздовжній і поперечний профілі ґрунторозробляючого інструменту повинні забезпечити максимально можливу критичну глибину різання; 2/ контакт ножа з ґрунтом у закритичній зоні повинен бути виключений або зведений до мінімуму; 3/ поздовжній і поперечний профілі ЗРО повинні виключати можливість утворення постійних ядер ущільнення. Крім того, укладання ЛПО повинно супроводжуватись захистом ґрунту від переущільнення та ерозії, збереженням родючого шару, покращанням структури і водно-повітряного режиму підземних горизонтів при мінімальній енергоємності робочого процесу /агротехнічні вимоги/.

Аналіз більше 60 моделей безтраншейних укладачів, які використовуються в світовій практиці, показав, що вище перерахованим вимогам традиційні ЗРО, які мають суцільну робочу поверхню незалежно від її форми, в повній мірі не відповідають. Основна причина невідповідності закладена в конструкції ЗРО, яка не дозволяє усунути із процесу різання закритичної зони тому, що критична глибина розробки ґрунту для таких робочих органів, як правило, менша, ніж необхідна глибина укладання ЛПО. Закритична зона різання /ущільнення/ утворюється із-за відсутності умов вільного виходу із неї. Це призводить до витіснення ґрунту в бічні стінки щілини, різкого погіршення водно-повітряного режиму зони механічного впливу, порушення гідравлічного зв'язку між горизонтами, до зменшення протиерозійної стійкості орного шару. В закритичній зоні виникає максимально можливий тиск ґрунту на ЗРО, що є причиною суттєвого збільшення енергоємності робочого процесу і опору різанню. Тому для її усунення необхідно, перш за все, створити умови для вільного виходу ґрунту із зони різання будь-якого підземного горизонту в напрямку денної поверхні або іншої штучно створеної порожнини в межах ширини захвату ЗРО. Такі умови можуть бути створені при поярусній розробці середовища. Тому найбільш перспективними в плані захисту ґрунту від переущільнення і його наслідків, створення сприятливих умов для подальшого сільськогосподарського використання земель є багатоярусні ЗРО.

Багатоярусні ЗРО розробляють середовище декількома різальними частинами /ґрунторозробляючими органами/, які рознесені по глибині захвату і певним чином розміщені в профільній і фронтальній площинах. Вони відомі з транспортуванням ґрунту на денну поверхню, у вище розміщені яруси і з комбінованим транспортуванням. Для розробки багатоярусних робочих органів використані евристичні ін-

туїтивні принципи дроблення, розміщення різальних частин у просторі, заміни і об'єднання грунтонаправляючих та інших елементів конструкції. Формування щілини ґрунтується на багатоярусному симетричному різанні, а зворотна засипка здійснюється за рахунок самообвалення ґрунту довільним чином за ЗРО. Таким робочим органом також властива невідповідність їх конструкцій технічним вимогам. Конструкції не гарантують захист ґрунту від переущільнення в зоні механічного впливу з впливаючими негативними наслідками тому, що не створені належні умови для транспортування зруйнованого ґрунту. Все це і таке інше гальмує впровадження їх у практику будівництва підземних комунікацій.

Підвищення ефективності багатоярусних робочих органів стримується відсутністю науково обґрунтованих методів створення. Багатоярусне руйнування середовищ не знайшло достатнього теоретичного обґрунтування. Відомі дослідження по землерийних і ґрунто-розробних машинах Т.В.Алексєєвої, К.О.Артем'єва, В.Л.Заладінського, В.І.Баловнева, Д.О.Вєрова, Д.П.Волкова, М.Г.Домбровського, А.Б.Єрмілова, А.М.Зелєніна, А.С.Кушнар'єва, І.А.Недорєзова, В.В.Нічке, А.М.Ланченко, В.К.Руднева, В.І.Уродова, Л.А.Хмари, А.М.Холодова та інших не ставили за мету розробку багатоярусних робочих процесів з урахуванням агротехнічних вимог. Тому використовувати їх для обґрунтування робочих органів ґрунтозахисної дії некоректно. Все це вимагає розробки нових принципів і наукових основ створення багатоярусних ґрунтозахисних робочих процесів безтраншейних укладачів, які б у зоні дії робочого органу не погіршували структуру ґрунту порівняно з природною, а навпаки, покращували її, причому, з мінімальними енерговитратами. На цій основі розроблені методи розрахунку, проектування та створення ґрунтозахисних ЗРО.

Проблема створення принципово нових багатоярусних робочих органів потребувала вирішення таких задач:

- розробити принципи створення ґрунтозахисних та енергозберігаючих багатоярусних робочих процесів для безтраншейного прокладання гнучких підземних комунікацій;

- розробити основи теорії багатоярусних робочих процесів;

- дослідити закономірності проходження процесів при поярусній розробці талих ґрунтів ЗРО відвального і безвідвального типу;

- провести експериментальну перевірку основних наукових ідей і достовірності теоретичних висновків;

- розробити методи розрахунку і проектування багатоярусних ЗРО на основі вихідних даних про фізико-механічні властивості талого

ґрунтів, що рекомендуються будівельними нормами і правилами;

- здійснити заходи по практичній реалізації результатів досліджень у народне господарство.

2. Основи теорії робочого процесу машин з багатоярусними ґрунтозахисними робочими органами. Теорія робочого процесу базується на рівнні ґрунтів з урахуванням просторової взаємодії робочого інструмента з ґрунтом, яка розроблена проф.Д.О.Ветровим, і на лінійному законі розподілу тиску ґрунту по глибині ярусу. Модель ґрунту і схема його поярусного руйнування прийняті з такими допущеннями: ґрунт розглядається як суцільне однорідне ізотропне середовище, яке характеризується механічним складом, пластичністю, зчепленням, внутрішнім та зовнішнім тертям і щільністю; руйнування ґрунту проходить за рахунок деформації зсуву і відриву після порушення рівноваги сил діючих на елемент стружки, який розглядається як тверде тіло і опір відокремленню якого від ґрунтового середовища не залежить від швидкості робочого інструмента. З урахуванням цих особливостей рівняння рівноваги сил на елемент стружки і закон розподілу тиску ґрунту на робочий орган запишуться у вигляді:

$$\begin{cases} \sum P_n = dN_c + dN \frac{\cos(\alpha_p + \varphi + \psi)}{\cos \varphi} = 0 \\ \sum P_z = dT_c + 2dT_{\text{бок}} \cos \delta - dN \frac{\sin(\alpha_p + \varphi + \psi)}{\cos \varphi} = 0; \end{cases} \quad (1)$$

на стадії заглиблення робочого органу

$$q = q_0 + \frac{q_{\text{кр}} - q_0}{h_{\text{кр}}} h; \quad (2)$$

для сталого режиму різання

$$q = 0,5q_{\text{кр}} + 0,275q \frac{h}{h_{\text{кр}}}, \quad (3)$$

де:  $dN_c$ ,  $dN$ ,  $dT_c$ ,  $dT_{\text{бок}}$  - елементарні нормальні і дотичні до площини зсуву сили, які діють на елемент стружки;  $\alpha_p$ ,  $\varphi$ ,  $\psi$  - відповідно кут різання ножа, кути зовнішнього тертя та поздовжнього зсуву ґрунту;  $q_0$ ,  $q_{\text{кр}}$  - мінімальний і максимальний тиск ґрунту /по несучій спроможності/, який діє на робочий інструмент по глибині ярусу;  $h_{\text{кр}}$  - критична глибина різання в тому або іншому ярусі, як функція фізико-механічних властивостей ґрунту і геометричних параметрів ґрунторозробляючого органу;  $h$  - поточне значення глибини. З метою захисту ґрунту в зоні механічного впливу від переущільнення і його наслідків розроблені нові принципи здійснення операцій

формування щілини і транспортування ґрунту багатоярусними робочими органами, суть яких ґрунтується на наступних положеннях:

1/ Подріблення різального інструмента на ґрунторозроблючі органи і розміщення їх у просторі повинно провадитися таким чином, щоб кожний попередній ґрунторозроблючий орган створював найбільш сприятливі умови розробки ґрунту для кожного наступного органу /принцип незалежності роботи попередніх ґрунторозроблючих органів від наступних/.

2/ Транспортування ґрунту в напрямку штучно створеної попереднім органом порожнини повинно здійснюватися: а/ для безвідвальних ЗРО за умови, щоб витрати ґрунту, який поступає на ґрунторозроблючий орган у нижньому ярусі, не перевищували б витрат ґрунту, який проходить через вікна в суміжному верхньому ярусі /принцип рівності витрат ґрунту/; б/ для відвальних ЗРО за умови, що площа поперечного перерізу зрізаного шару ґрунту не більша площі прохідних вікон у кожному ярусі/принцип рівності площ/.

У залежності від цільового призначення і агротехнічних вимог до робочого процесу транспортування ґрунту може здійснюватися: а/ в суміжні вище розміщені яруси без обертання пластів у фронтальній площині /принцип рівності витрат/; б/ керовано поярусно в порожнину нарізаної щілини із зворотнім обертанням пластів у фронтальній площині /принцип рівності площ/; в/ за комбінованим принципом. Реалізація принципів показана на рис.1...3.

Проблема вільного /з мінімальним ущільненням/ транспортування ґрунту безвідвальними робочими органами вирішена створенням між боковими стінками щілини і суміжними ґрунторозроблючими органами прохідних вікон для направлення ґрунту в напрямку порожнини, яка утворена попереднім ґрунторозроблючим органом. Щоб не відбувалося перекриття проєкцій різальних частин ЗРО на горизонтальну і профільну площини, а також для усунення найбільш енергоємної закритичної зони руйнування ґрунту, поярусне формування щілини здійснюється ґрунторозроблючими органами, які рознесені по вертикалі на величину

$$h_k = h_z (\operatorname{ctg} \alpha_p \cdot \operatorname{tg} \beta_{zp})^{z_{zp} - k} \leq h_{zp}, \quad (4)$$

де  $h_k$  - висота  $k$ -го ярусу;  $k$  - його порядковий номер зверху вниз;  $h_z$  - висота розробки ґрунту в нижньому ярусі;  $z_{zp}$ ,  $\alpha_p$ ,  $\beta_{zp}$  - відповідно кількість ярусів, кути різання і нахил несучої рами до горизонту в напрямку руху.

Ширина ярусів  $B_z$ ,  $B_{z-1}$ ,  $B_{z-2}$  і т.д. вибирається на основі принципу рівності витрат ґрунту в суміжних ярусах.

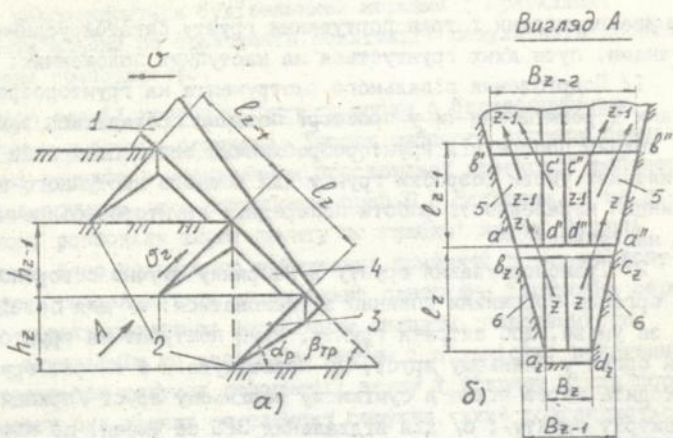


Рис. 1. Реалізація принципів незалежності роботи ґрунторозроблюючих органів і рівності витрат ґрунту в суміжних ярусах:  
 а/ - вигляд збоку; б/ - вигляд за стрілкою А  
 1 - несуча рама; 2 - різальні кромки; 3 - ґрунтонаправляючі; 4 - клиновидний розсікач; 5 - прохідні вікна; 6 - бокові стінки щілини

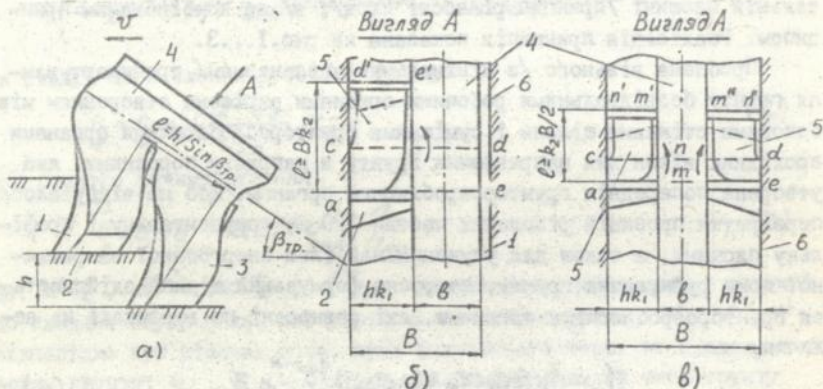


Рис. 2. Реалізація принципу рівності площ поперечного перерізу зрізаного шару ґрунту і прохідних вікон у кожному ярусі:  
 а/ - вигляд збоку; б, в/ - вигляд за стрілками А відповідно для асиметричного і симетричного формування щілини  
 1, 2 - відрізавчий і підрізавчий /леміш/ ножі; 3 - відвальна поверхня; 4 - несуча рама; 5 - прохідні вікна; 6 - бокові стінки щілини

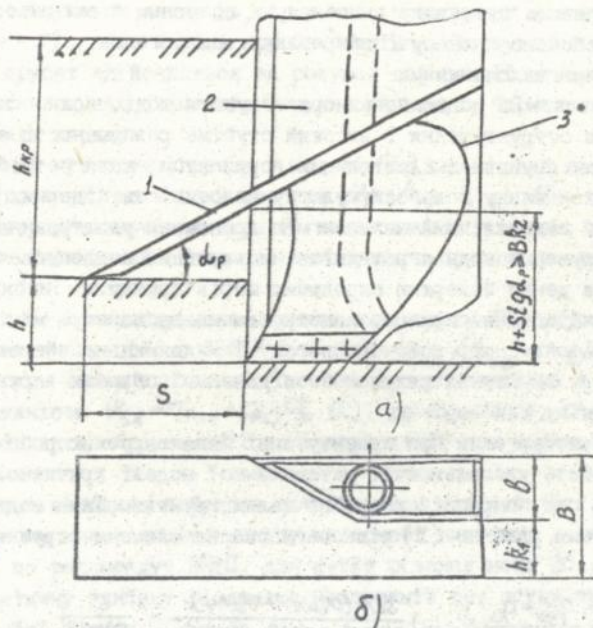


Рис. 3. Реалізація комбінованого принципу транспортування ґрунту:

а) - вигляд збоку; б) - вигляд зверху  
 1 - підйомно-транспортуюча направляюча; 2 - відрізавчий інст.; 3 - відвальний ґрунторозроблюючий орган

$$\frac{B_Z + B_{Z-1}}{2} h_Z U \leq \left( \frac{B_{Z-1} + B_{Z-2}}{2} - B_Z \right) \frac{h_{Z-1}}{\sin \beta_{тр}} U_Z, \quad (5)$$

де  $U$ ,  $U_Z$  - переносна швидкість робочого органу і відносна швидкість ґрунту.

Проблема керованої поярусної подачі ґрунту відвальними робочими органами вирішена утворенням прохідних вікон у межах кожного ярусу для направлення ґрунту із зони різання в порожнину щілини, що формується. При цьому довжина вікон  $l$  не менша ширини ярусу  $B$  /ґрунтового пласта/, а ширина  $(B - \delta)$  - не менша його висоти  $h$  з урахуванням збільшення лінійних розмірів при розробці /див.рис.2/.

При комбінованому принципі верхній ярус, як правило, розробляється на критичну глибину  $h_{кр}$ , а нижній ярус - на глибину  $h$  ґрунторозроблюючими органами безвідвального і відвального типу.

Принцип 2а доцільно покладати в основу проектування ЗРО тоді коли ступінь розпушеності і оструктурування в зоні дії робочого ор-

гану не мають суттєвого значення, а головним є зменшення енергоємності робочого процесу і збереження родючого шару в ґрунтах з твердими включеннями.

Принцип 26 доцільно використовувати тоді, коли основними вимогами є оструктурування і високий ступінь розпушеності важких меліоративних ґрунтів з ілювіальним горизонтом, коли потрібно забезпечити максимальну вологоакумуляючу властивість підорних горизонтів, надійний гідравлічний зв'язок між дренажним улаштуванням і родючим шаром ґрунту і коли агротехнічними вимогами не допускається винесення на денну поверхню неродючих шарів ґрунту.

Комбінований принцип конструювання забезпечує мінімальний витік багатоярусного робочого органу і максимальне збереження родючого шару ґрунту за рахунок безвідвальної обробки верхнього ярусу на критичну глибину.

Першочерговим при проектуванні багатоярусних робочих органів є наявність узагальнюючої математичної моделі критичної глибини різання при поярусній розробці таких ґрунтів. Така модель отримана із системи рівнянь (I) рівноваги сил на елемент стружки в момент зсуву

$$h_{кр} = \frac{(q_0 + \frac{q_{кр} - q_0}{2} k_{пер}) \frac{\sin(\alpha_p + \varphi + \varphi_0 + \psi)}{\cos \varphi \cdot \cos \varphi_0 \cdot \sin \alpha_p} - \frac{C}{\sin \psi}}{(ctg \alpha_p + ctg \psi) \left[ \frac{\varphi}{2} (q_0 + \frac{q_{кр} - q_0}{3} k_{пер}) \cos \delta \cos \rho + C \left( \frac{\rho}{\sin \psi} + \frac{\cos \delta}{\cos \lambda} \right) \right] k_{пер}} b_c, \quad (6)$$

де  $q_0$ ,  $q_{кр}$  - мінімальний і максимальний тиск, що діє на робочу поверхню ґрунторозроблюючого органу по висоті ярусу;  $k_{пер}$  - відношення глибини зони гарантованого сколювання ґрунту  $h_c$  до критичної глибини різання  $h_{кр} / k_{пер} = 0,9 \dots 0,95$ ;  $\alpha_p$  - кут різання;  $\varphi$ ,  $\varphi_0$  - кути зовнішнього і внутрішнього тертя ґрунту;  $\psi$  - кут поздовжнього зсуву ґрунту;  $C$ ,  $\frac{\varphi}{2}$  - коефіцієнти зчеплення і бокового тиску ґрунту;  $\rho$ ,  $\delta$ ,  $\lambda$  - кути, які утворюються бічною площиною елемента стружки з вертикальною площиною;  $b_c$  - ширина робочого інструмента.

Модель (6) - універсальна, враховує особливості багатоярусного різання як у верхньому ярусі, так і в нижніх ярусах. Верхній ґрунторозроблюючий орган внаслідок впливу денної поверхні працює в умовах блокованого різання і утворює проріз з боковими розвалами, в яких ґрунт руйнується за рахунок деформації відриву. А тому на бокових площинах елементів стружки відсутні боковий тиск та сили тертя і в моделі (6) слід покласти  $\frac{\varphi}{2} = 0$ . Нижні ґрунторозроблюючі

органи формують щілину з боковими розвалами ( $\rho > 0$ ), якщо ширина ярусів збільшується знизу до верху, або прямокутну щілину без розвалів ( $\rho = 0$ ), якщо ширина ярусів постійна. Формування щілини в нижніх ярусах здійснюється за рахунок деформації зсуву, а тому на бокових площинах елементів стружки виникають нормальний тиск ( $\xi > 0$ ) і сили тертя.

Поздовжній кут зсуву ґрунту в моделі (6) визначений на основі того ствердження, що кожний раз при  $H \geq H_{кр}$ , де  $H$  - глибина різання /ярусу/, значення кута  $\psi$  встановлюється таким, що опір різанню мінімальний. Ця умова виконується при максимальній критичній глибині різання.

Для зручності користування математична модель (6) апроксимована /помилка апроксимації  $\leq 6,6\%$ / функцією  $h_{c1,2}/b_{c1,2} = a_{1,2}/(\operatorname{tg} \alpha_p)^{n_{1,2}}$  (7), а кут зсуву інтерпольований /помилка інтерполяції  $\leq 5,1\%$ / лінійною залежністю  $\psi_{1,2} = a\psi_{1,2} + n_{1,2}\alpha_p$  (8), де  $a_{1,2}; n_{1,2}; a\psi_{1,2}; K\psi_{1,2}$  - коефіцієнти апроксимації та інтерполяції для верхнього і нижніх ярусів.

Розроблена методика побудови математичних моделей (6...8) дозволяє в кожному конкретному випадку на основі вихідних даних про талі ґрунти, що рекомендує БНІП, для кутів різання нока  $20...60^\circ$  визначити критичну глибину різання і поздовжній кут зсуву при поярусній розробці ґрунту.

Для оцінки впливу параметрів багатоярусного різання на довжину лемеша, крок зсуву елементів стружки і висоту зони стружкоутворення /перехідна зона/, а також на опір багатоярусному різанню, із системи рівнянь (I) визначена багатofакторна модель довжини лемеша  $l_c$  у вигляді квадратного рівняння

$$\begin{aligned} & \sin^2 \alpha_p (\operatorname{ctg} \alpha_p + \operatorname{ctg} \psi) \left( \xi q_{cp} \cos \delta \operatorname{tg} \psi - c \frac{\cos \delta}{\cos \delta_{cp}} \right) l_c^2 + \\ & + \left[ 2 \sin \alpha_p (\operatorname{ctg} \alpha_p + \operatorname{ctg} \psi) \frac{\cos \delta}{\cos \delta_{cp}} c h_c - \frac{\sin(\alpha_p + \psi + \psi_0 + \psi)}{\cos \psi \cos \psi_0} B q_{cp} \right] l_c + \\ & + \frac{c h_c}{\sin \psi} (B + \rho h_c \operatorname{ctg} \psi) = 0, \end{aligned} \quad (9)$$

де  $B$  - ширина різання або ширина захвату лемеша;  $q_{cp}$  - середній тиск ґрунту на лемеші.

Значення кута  $\psi$ , яке визначено для мінімальних значень опору різанню і довжини лемеша, інтерполюється залежністю (8).

Для багатоярусного різання, в якого ширина ярусів збільшується знизу до верху, по моделі (9) отримано регресійне рівняння

$l_c = z_1 h_p + z_2 \alpha_p - z_3 B$  (10), де  $z_1, z_2, z_3$  - коефіцієнти регресії;  $h_p$  - глибина різання /висота ярусу/. Якщо ширина ярусів  $B$  змінюється прямопропорційно глибині різання ( $h_p/B = \text{const}$ ), то довжина лемеша в межах зміни кута різання  $20...40^\circ$  інтерполюється залежністю  $l_c = k_e B$  (11), де  $k_e$  - коефіцієнт пропорційності. Висота перехідної зони і крок зсуву елементів стружки відповідно дорівнюють  $h_{пер} = l_c \sin \alpha_p$  (12) і  $\tau_0 = l_c \sin \alpha_p (\text{ctg} \alpha_p + \text{ctg} \psi)$  (13).

Опір багатоярусному різанню залежить від форми розрізаючих елементів і ґрунтових ядер ущільнення, які формуються в кожному ярусі на затуплених різальних кромках ґрунторозроблюючих органів. Оптимальна форма розрізаючих елементів обґрунтована у вигляді вертикального ножа із загостреною робочою поверхнею, яка при заданих габаритах описується функцією

$$y = f x \pm \sqrt{1+f^2} \int \sqrt{\frac{q_x}{q_x - C_1}} dx + C_2, \quad (14)$$

де  $f$  - коефіцієнт зовнішнього тертя ґрунту;  $q_x$  - закон розподілу тиску ґрунту на бічній поверхні загострення, який діє перпендикулярно до напрямку руху;  $C_1, C_2$  - постійні інтегрування визначаються із граничних умов  $y|_{x=0} = 0$  і  $y|_{x=\frac{B}{2}} = \frac{l_c}{2}$ ;  $B, \frac{l_c}{2}$  - габарити поверхні загострення. Таким чином, мінімальний опір різанню при заданих габаритах поверхні загострення забезпечує не прямолінійний, а криволінійний /опукло-вгнутий/ двохгранний клин. Якщо довжина загострення клина не регламентована, то оптимальним є прямолінійний клин.

Форма ґрунтових ядер ущільнення на затуплених різальних кромках визначена при умові, що ядро ущільнення є тілом мінімального опору, на межі розділу ядра ущільнення і ґрунтового масиву порушена структурна міцність ґрунту, відсутні сили зчеплення і довжина ядра ущільнення в напрямку руху вибирається довільним чином. У цьому випадку функція (14) переписується у вигляді  $y = \left[ \frac{2}{3} f + A(f) + D(A) \right] x$  (15), де  $A$  і  $D$  - функції, які залежать від коефіцієнта зовнішнього тертя ґрунту. На фронтальних поверхнях затуплених різальних кромек формуються клинові ядра ущільнення з кутом при вершині в нормальному перерізі  $45...53^\circ$ . Цей кут визначає умови відносного ковзання ґрунту по різних матеріалах, які рухаються всередині замкненого ґрунтового простору з мінімальними енерговитратами.

Вирішення цих задач стало передумовою для науковообґрунтованого створення принципово нових багатоярусних ґрунтозахисних робо-

чих органів безтраншейних укладачів відвального і безвідвального типу. Рознесення ґрунторозроблюючих безвідвальних органів по вертикалі /висота срусів/ визначається по залежності (4), а кількість ярусів  $Z_{sp}$  - із рівняння  $h_2 \sum_{k=1}^{Z_{sp}} (\text{ctg} \alpha_p \text{tg} \beta_{sp})^{2_{sp-k}} = H$  (16). Ширина

захвату ґрунторозроблюючих органів розраховується на основі системи рівнянь (5). У частковому випадку, якщо  $\alpha_p = \beta_{sp}$ , ширина захвату в межах кута різання  $\alpha_p = 20...40^\circ$  інтерпольована лінійною залежністю  $B_k = A_k \alpha_p + D_k$  (17), де  $A_k, D_k$  - коефіцієнти інтерполяції, які залежать від фізико-механічних властивостей ґрунту.

Якщо загальна глибина розробки середовища не перевищує суми двох критичних глибин різання, то для усунення закритичної зони ущільнення робочий процес достатньо здійснювати по двох'ярусній схемі. Оптимізація ЗРО двох'ярусної конструкції проведена за допомогою варіаційного обчислення. За критерій оптимізації для навісних ЗРО прийнята різниця  $\Delta = P - \varphi_{3z} \cdot R$  (18), де  $P, R$  - горизонтальна і вертикальна складові повного опору різанню;  $\varphi_{3z}$  - коефіцієнт зчеплення ходового обладнання з ґрунтом. Критерій (18) враховує привантаження базової машини вертикальною складовою опору. Для причіпних ЗРО покладено  $\varphi_{3z} = 0$ . В результаті визначений позовжній профіль різальних частин:

верхньої

нижньої

$$y_1 = \frac{m_1}{m_1 + 1} \left( \frac{\eta_1}{B_1} \right)^{1/m_1} \left[ h_{kp1} \frac{m_1 + 1}{m_1} - (H - Z) \right]; y_2 = \frac{m_2}{m_2 + 1} \left( \frac{\eta_2}{B_2} \right)^{1/m_2} \left[ h_{p2} \frac{m_2 + 1}{m_2} - (h_{p2} - Z) \right] \quad (19)$$

де  $m_1, \eta_1, m_2, \eta_2$  - коефіцієнти, які залежать від фізико-механічних властивостей ґрунту;  $h_{p2}$  - глибина різання в нижньому ярусі. Поздовжні профілі побудовані на рис.4.

На основі критерія оптимізації (18) визначені основні параметри багатоярусного ЗРО безтраншейного дреноукладача такі як рознесення по вертикалі, кут і ширина захвату ґрунторозроблюючих органів. Ці параметри визначені для найбільш важкої стадії робочого процесу - режиму заглиблення робочого органу під дією автоматичної системи витримування похилу дрени, коли швидкість вертикального переміщення ЗРО більша швидкості поступального руху дреноукладача. В цьому випадку багатолезовий робочий орган опирається задніми гранями лемешів на ґрунт. Прийнято, що на затуплених кромках лемешів формуються ґрунтові ядра ущільнення і, що ґрунт у фазі стискання перед зсувом рухається в напрямку реалізації максимальної питомої сили різання. З урахуванням цих особливостей визначена висота

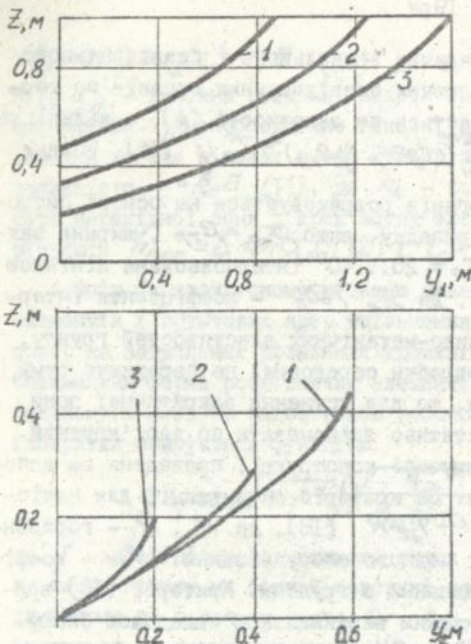


Рис. 4. Оптимальні поздовжні профілі двох-ярусного ЗРО

- 1 - для напівтвердої глини  
 $y_1 = 0,860-2,110(1,0-Z) I,5$   
 $y_2 = 0,600-1,885(0,45-Z) I,43$
- 2 - для твердого суглинку  
 $y_1 = 1,221-2,172(1,0-Z) I,5$   
 $y_2 = 0,406-2,146(0,32-Z) I,45$
- 3 - для напівтвердого суглинку  
 $y_1 = 1,585-2,177(1,0-Z) I,5$   
 $y_2 = 0,191-2,123(0,19-Z) I,45$

ярусів рис.5 .

$$\frac{h_{зр}^*}{\sqrt{b}} = \sqrt{\frac{(f_s h_{зр} - f_v h_v) q_{зр}}{f_p k_1 \left[ q_0 + \frac{(q_{зр} - q_0)(\operatorname{tg} \alpha_p)^2 k_{неп}}{2 \alpha_2} \right]}}, \quad (20)$$

де  $b$  - ширина трубонаправляючого тракту;  $f_s, f_p, f_v$  - розрахункові коефіцієнти;  $h_{зр}, h_v$  - відповідно висота заточеної різальної кромки і вертикальне переміщення ЗРО в процесі витримування похилої дрени.

Ширина захвату ЗРО дорівнює  $B = h_{зр}^* k_1 + b$  (21).

Оптимальний кут захвату лемешів визначений на основі функціоналу ІВ числовими методами і інтерпольований для широкого діапазону глинистих ґрунтів залежністю  $\beta_{зх} = 80^\circ - 0,5(\alpha_3 - 10^\circ)$  (22), де  $\alpha_3$  - задній кут лемешів.

Кероване транспортування ґрунту в кожному ярусі забезпечується відвалами, які віднімають, згинають і закручують зрізані пласти в напрямку прохідних вікон. Від форми відвалів залежать енерговитрати на робочий процес. Профіль відвалу можна побудувати, якщо відома одна із траєкторій руху пласта. Така траєкторія руху визначена в профільній площині. Прийнято, що в зв'язку з тим, що на від-



цесі виготовлення та експлуатації. На затуплених кромках формуються постійні ґрунтові ядра ущільнення, які призводять до збільшення опору різанню пропорційно кількості різальних елементів. Сумарний тяговий опір багатоярусного безвідвального ЗРО дорівнює

$$P_{\Sigma} = P_1 + \sum_{k=2}^{z-1} P_k + P_z + P_g \sin \beta_{гр} + 2P_{\sigma} \sin \beta_{гр}, \quad (24)$$

де  $P_1, P_k, P_z$  - горизонтальні складові опору ґрунту зсуву відповідно в першому, середніх і нижньому ярусах;  $P_g$  - складова опору від затуплення різальних кромки;  $P_{g_0}$  - опір від динамічного напору ґрунту порушеної структури на стояк-розсікач;  $P_{\sigma}$  - опір від тиску ґрунту на бічні стінки стояка; складові  $P_k, P_z, P_g, P_1$  - визначені на основі знання довжини лемеша в цих ярусах і форми ґрунтового ядра ущільнення. Опір від динамічного напору ґрунту визначений на основі закону збереження кількості руху.

Сумарний опір переміщенню багатоярусних відвальних ЗРО, які працюють за принципом 2б /див.рис.2,б/, складається із опорів руйнуванню ґрунтового середовища і поярусного транспортування ґрунтових пластів у напрямку прохідних вікон

$$P_{\Sigma} = t_p H (h_{гр} k_t + b) \left[ q_0 + \frac{(q_{кр} - q_0) h_{гр} k_{пер} (\tan \alpha_0)}{2a_2 (h_{гр} k_t + b)} \right] + (t_{\sigma} h_{гр} - t_g h_{гр}) \frac{H (h_{гр} k_t + b) q_0}{h_{гр} k_t + b} + t_n H (1 + \tan \varphi \cot \beta) q_0 + \frac{\gamma_{гр} (h_{гр} k_t + b) h_{гр}}{f f_0} \left[ f \frac{v_z^2}{g h_{гр}} (\mu_k - \mu_0) + \frac{2f}{\tan \mu_0 + \tan \mu_k} \right] \cos \mu_0, \quad (25)$$

де  $t_n$  - товщина відрізаючих ножів;  $2\beta$  - кут загострення ножів;  $\gamma_{гр}$  - питома вага ґрунту;  $f, f_0$  - коефіцієнти зовнішнього і внутрішнього тертя ґрунту.

3. Методика експериментальних досліджень. У розділі описані програма, об'єкти, засоби і планування експериментальних досліджень, схеми вимірювань, техніка проведення досліджень та обробки експериментальних даних, проведений аналіз точності результатів вимірювань. Програма досліджень включала лабораторні і польові експерименти, а також виробничі випробування дослідних зразків.

Об'єктами досліджень були багатоярусні та традиційні ЗРО безтраншейних укладачів різного призначення: для будівництва меліоративних та термогідромеліоративних систем, гідротехнічних протиерозійних споруд, ліній зв'язку, гнучких газопроводів низького тиску, а також талі ґрунти як середовище взаємодії безтраншейних

укладачів.

Тягове зусилля машин замірялося по крутних моментах або безпосередньо способом прямої тяги. Вертикальна і горизонтальна складові опору на багатоярусному робочому органі визначалися на основі реєстрації тиску в гідроциліндрах системи керування.

Аналіз точності результатів вимірювань проведений на основі сумування похибок для кожного вимірювально-реєструючого каналу без введення поправок на систематичні похибки.

Планування експериментів проводилося на основі повного факторного експерименту, теорії ймовірності і математичної статистики.

Виробничі випробування безтраншейних укладачів провадилися на 7 об'єктах. Для дослідження меліоративної ефективності багатоярусних ЗРО побудована дослідно-виробнича ділянка площею 40 га. На ній в ідентичних умовах побудовані такі варіанти дренажних осушувальних систем:

1/ Безтраншейний дренаж, який закладений дреноукладачем з багатоярусним робочим органом.

2/ Комбіновані дренажні системи, які побудовані траншейним і безтраншейним способами з використанням традиційних і дослідних зразків машин.

3/ Дренажні системи в сполученні з агротехнічними заходами по розуцільненню ґрунтів багатоярусною смуговою оранкою із зворотнім обертанням пластів, яка провадилася чотириярусним плугом.

4/ Комбіновані дренажні системи, які побудовані різними способами і машинами в сполученні із багатоярусною смуговою оранкою.

4. Результати експериментальних досліджень. Фізичні основи багатоярусного руйнування середовищ мають свої особливості. Процес руйнування талих ґрунтів у верхньому ярусі характеризується періодичністю відділення елементів стружки, відмітністю першого елемента від наступних, наявністю перехідної зони, в якій утворюються елементи стружки, бічними розширеннями прорізу в напрямку денної поверхні, в яких процес руйнування проходить переважно за рахунок деформації відриву, незалежністю критичної глибини різання для першого та наступних елементів стружки і таке інше.

В нижніх ярусах встановлено наступне. Якщо ширина ножа  $b_2$ , яким здійснювалося різання в нижньому ярусі, менша за ширину дна прорізу  $b_1$  у верхньому ярусі, то поперечний переріз прорізу в нижньому ярусі має вигляд трапеції основи якої дорівнюють  $b_2$  і  $b_1$ . Якщо  $b_2 = b_1$ , то в поперечному перерізу бічні стінки прорізу в нижньому ярусі вертикальні по всій висоті. Руйнування проходить за

рахунок деформації зсуву. Перший і наступні елементи стружки по формі незначно відрізняються один від одного і представляють серповидні призматичні тіла. Частота сколювання в нижньому ярусі більша частоти сколювання у верхньому ярусі, а об'єм елементів стружки значно більший у верхньому ярусі.

Робочий процес, який здійснюється багатоярусними ЗРО відвального типу, супроводжується формуванням елементної стружки, яка рухається з підйомом у профільній і поворотом у фронтальній площинах. У процесі транспортування стружка руйнується відвалами і після сходження з робочого органу закриває щілину у вигляді цеглоподібних кусків. Винятком є розробка пластичних ґрунтів, коли формується зливна стружка, яка розривається відвалами на смуги, які покриваються тріщинами. При відсутності на робочому органі відвалів простір між лемешами і стояком заповнюється ґрунтовими тілами, які формують відвальні поверхні. За задньою стінкою робочого органу по ширині несучого стояка від денної поверхні до дна щілини утворюється пустота, яку заповнюють, як правило, легкі фракції ґрунту із верхнього ярусу. У випадку здійснення робочого процесу в режимі автоматичного витримування похилу дна щілини, наприклад дреноукладача, спостерігаються вертикальні переміщення навісного обладнання з амплітудою до 4 см. Такий режим роботи багатоярусного ЗРО при швидкості машини до 0,5 м/с призводить до вивантаження базової машини на задніх гранях ґрунторозроблюючих органів і, як наслідок, до зниження зчіпної ваги і тягового зусилля дреноукладача.

Закон розподілу нормального тиску на робочих поверхнях розрізального ножа описується параболічною функцією  $q_N = a_{2N}l_{ГР}^2 + a_{1N}l_{ГР} + a_{0N}$  (26), де  $l_{ГР}$  - поточна координата довжини робочої грані в поперечному перерізі ножа;  $a_{0N}$ ,  $a_{1N}$ ,  $a_{2N}$  - експериментальні коефіцієнти, які залежать від фізико-механічних властивостей ґрунту. Коефіцієнти тертя із збільшенням тиску змінюються в незначних межах і можуть бути прийняті: для супіску -  $f = 0,38 \dots 0,43$  ( $q_N = 0,256 \dots 0,548$  МПа); для суглинку -  $f = 0,25 \dots 0,35$  ( $q_N = 0,37 \dots 0,835$  МПа); для глини -  $f = 0,19 \dots 0,28$  ( $q_N = 0,342 \dots 0,766$  МПа).

За допомогою змінних клинових штампів, які виконані з кутами при вершині  $2\beta = 20 \dots 60^\circ$ , експериментально підтверджено, що оптимальний кут загострення ґрунторозрізальних ножів практично не залежить від тиску ґрунту і для широкого діапазону ґрунтів дорівнює  $45 \dots 55^\circ$ .

Експериментально підтверджено зменшення відносної критичної глибини різання при збільшенні кута різання ножа. Наприклад, зміна кута різання ножа у верхньому ярусі від  $30^\circ$  до  $60^\circ$  веде до зменшення відносної критичної глибини: в спонділовій глині від 7,0 до 5,06, для напівтвердого суглинку від 4,5 до 2,5; а в нижньому ярусі при зміні кута різання від  $20^\circ$  до  $60^\circ$  відносна критична глибина варіює для напівтвердого суглинку від 2,5 до 1,0; для твердого суглинку від 3,0 до 1,6.

Використання двох'ярусної схеми розробки ґрунтів дає можливість знизити не тільки середньомаксимальну, але і середню силу різання, а також амплітуду коливань навантажень на робочому обладнанні. Це знайшло підтвердження в результаті порівняльних тягових випробувань дреоукладача МД-12 з "піонерним" ножем і з традиційним робочим обладнанням, а також кабелепрокладальних ножів двох'ярусної конструкції з криволінійними різальними частинами згідно залежності (19) і традиційної конструкції кабелеукладача КУ-120В. Двох'ярусна схема розробки ґрунтів напівтвердої консистенції знижує опір різанню на 31,4...48%. По зміні щільності ґрунту в поперечному перерізу щілини встановлено, що традиційний ніж кабелеукладача КУ-120В на глибині більше 0,6 м прагне за принципом ущільнення ґрунту з утворенням "кратової" порожнини, а ніж двох'ярусної конструкції розуцільнює ґрунт на повну глибину щілини. Щільність ґрунту по осі щілини після проходу двох'ярусного ЗРО зменшилася порівняно з природною на 13...30%.

Багатоярусні відвальні ЗРО мають мінімальний тяговий опір при куті нахилу різальної частини до горизонту в  $24...25^\circ$  /кути різання і задні кути відповідно дорівнюють  $31...32^\circ$  і  $11...12^\circ$ . Зменшення або збільшення кута нахилу від оптимального значення призводить до зростання тягового опору внаслідок збільшення або зменшення кутів різання і задніх кутів встановлення підножкових плит. У межах оптимального значення кута нахилу мінімальне значення опору зареєстровано при ширині захвату 0,45...0,50 м і рознесенні ґрунторозроблюючих органів по вертикалі 0,25 м.

Збільшення ширини захвату понад 0,5 м призводить до зростання лобової складової і сумарного опору. При зменшенні ширини захвату зростає доля складових опору, які не залежать від ширини лобової поверхні інструмента. Зменшення ширини захвату ґрунторозроблюючих органів призводить до зменшення прохідних вікон (В-В, див.рис.2), при цьому порушується нерівність  $B-B \approx hR_1$ , що є причиною пресування і забивання вікон ґрунтом. При висоті ярусів 0,3 м і більше при незмінній їх ширині також порушується вище

приведена нерівність, що призводить до аналогічного результату. Забиваються прохідні вікна і при зменшенні висоти ярусів до 0,15 ...0,20 м. У результаті виникає додатковий опір від пресування ґрунту в прохідних вікнах. Для цих випадків отримане регресійне рівняння для визначення опору.

$$P = 212,4 + 89,2(B - 0,5) - 52,6(h_{\text{дрп}} - 0,25) + 6,45(\alpha_3 - 12,5) - 1084(B - 0,5)(h_{\text{дрп}} - 0,25) + 13,68(B - 0,5)(\alpha_3 - 12,5) + 29,04(h_{\text{дрп}} - 0,25)(\alpha_3 - 12,5) + 113,6(B - 0,5)(h_{\text{дрп}} - 0,25) \times (\alpha_3 - 12,5). \quad (27)$$

Мінімальний опір багатоярусному різанню реєструвався в межах рівності площ поперечного перерізу шарів ґрунту, що зрізався, і відповідних прохідних вікон. Порівняльні випробування дренаукладача МД-12 з багатоярусним і традиційним ЗРО підтвердили, що питомий тяговий опір у першому випадку менший в середньому на 43%.

Досліджений вплив багатоярусних відвальних робочих процесів на ґрунтове середовище і їх меліоративну ефективність. Зміну стану ґрунту в зоні дії багатоярусного робочого органу дренаукладача можна охарактеризувати наступним чином. У поперечному перерізу дренажної щілини прослідковується порушена зона і просипання легких фракцій із верхнього шару в нижні горизонти. Внаслідок просипання і часткового перемішування горизонтів над дренам формується вертикальна поздовжня стінка товщиною 5...10 см із незв'язаного з кореневою системою ґрунту, яка здійснює гідравлічний зв'язок між орним шаром і дренажним улаштуванням у ґрунтах з ілювіальним горизонтом. Щільність ґрунту по осі дрени менша порівняно з природною на 23...53%, а безпосередньо в області дрени щільність зменшилась на 40...51%. По мірі віддалення від осі дрени в бік польової дошки плуга щільність дещо зростала і на відстані 15...18 см складала на 3...5% більше природної щільності ґрунту. Суттєвих змін стану ґрунту в зоні дії робочого органу на протязі 2-ох років не відбулося.

Польові спостереження за дренажним стоком показали, що дренажні системи, які побудовані за допомогою дренаукладача з багатоярусним робочим органом, на протязі всього періоду досліджень працювали більш ефективно, ніж контрольні варіанти траншейного і безтраншейного дренажу. Так, наприклад, максимальні модулі дренажного стоку на цих системах склали в 1988 і 1989 р. 0,27 і 1,31 л/с, га відповідно, а на контрольних: траншейному і безтраншейному дренажу відповідно 0,12; 1,27 л/с.га і 0,18; 0,41 л/с.га. Це пояснюється перш за все тим, що фільтровальна стінка, яка формується

із верхнього оструктуреного шару, забезпечує більш надійний, ніж на контрольних варіантах, гідравлічний зв'язок між орчим горизонтом і дренажним трубопроводом.

Багатоярусна смугова оранка поперек дрен на глибину до 0,6... 0,7 м з кроком 3...3,5 м на важкосуглинистих ґрунтах підвищує водовідводну властивість траншейного дренажу в 3,6...12,9 рази, а безтраншейного дренажу в 1,24 рази, причому, відстань між дренами на системі безтраншейного дренажу з оранкою була 20 м, а на контрольному варіанті - 10 м.

Дослідження впливу багатоярусної оранки на динаміку вологи важкосуглинистого ґрунту показали, що на дренажних ділянках з багатоярусною оранкою в дощові періоди вологість орного шару і підорного горизонту /0,2...0,5 м/ на 2...3% була меншою, а в засушливі періоди на 4...5% більшою порівняно з контрольним варіантом без багатоярусної оранки. Багатоярусна оранка сприяє вирівнюванню вологості орного шару тому, що розсуцільнені підорні горизонти акумулюють значну кількість доступної для рослин вологи. Внаслідок цього коренева маса рослин проникає на смугі багатоярусної оранки на глибину до 0,5 м, а на ціліні тільки до 0,3 м, що призводить до підвищення урожайності сільськогосподарських культур в 1,5... 1,6 рази.

Таким чином, засоби механізації для здійснення багатоярусних робочих процесів позитивно впливають на ґрунтове середовище, а саме: значно збільшують осушувальну дію, покращують водноповітряний режим родючого шару ґрунту, збільшують вологосміксть підземних горизонтів, а тому є ефективними не тільки для будівництва осушувальних дренажних систем, а і для проведення агроеліоративних та протиерозійних заходів.

5. Основи вибору вихідних даних та методи розрахунку багатоярусних ЗРО безтраншейних укладачів. Методи розрахунку і проектування багатоярусних ЗРО розроблені на основі проведених досліджень і ґрунтуються на знаннях вихідних даних про такі ґрунти, що рекомендують БНІП, таких як: природна вологість, число пластичності, показник консистенції, коефіцієнт зчеплення, кут внутрішнього і зовнішнього тертя та питома вага ґрунту. Інженерними методами проектування передбачено визначення: критичної глибини різання і поздовжнього кута зсуву, мінімальної кількості ярусів, поздовжнього профілю різальних частин двох'ярусного ЗРО, висоти ярусів, ширини і кутів захвату та нахилу різальної частини до горизонту багатоярусних ЗРО, форми направляючої для побудови лобового контура

відвалів, параметрів розрізаччих ножів і ґрунтових ядер ущільнення, а також сумарного опору переміщенню.

6. Практична реалізація результатів наукових досліджень. Результати наукових досліджень впроваджені в розробку принципово нових конструкцій багатоярусних ґрунтозахисних ЗРО безтраншейних укладачів. Принципова новизна їх підтверджена Всесвітньою організацією інтелектуальної власності (м.Женева, Швейцарія) опублікуванням міжнародної заявки із звітом про міжнародний пошук. Конструкції захищені 20 авторськими свідоцтвами і патентами і рекомендовані Держкомітетом у справах винаходів та відкриттів при Раді Міністрів СРСР для патентування у 10 країнах - Канаді, Франції, Індії, Китаї, США, Великобританії, Нідерландах, Угорщині, Австралії і Німеччині.

На основі результатів досліджень за завданнями Ради Міністрів, ДНІТ і Держплану СРСР, ВО "Совзмельормаш", Головнічernoземводбуду СРСР, Міністерства освіти України розроблена, виготовлена, випробувана і впроваджена в народне господарство України, Росії і Латвії дослідно-промислова партія із 17 безтраншейних укладачів з багатоярусними ЗРО /відвального і безвідвального типу/ різного цільового призначення: безтраншейні дреноукладачі, дзгуюккладачі, кабелеукладачі, машини для укладання труб блок-модулів термогідромеліоративних систем та для заглиблення у підземний горизонт гнучких газоводопроводів низького тиску. Річний економічний ефект від впровадження склав понад 900 тис.крб. у цінах 1985 р.

Інженерні методи розрахунку і проектування знайшли застосування на Мозирському заводі "Меліормаш", у ПівніДДГіМ, ХАДТУ, УІІВГ. Розроблена робоча документація на виготовлення 12 різних у конструктивному плані зразків багатоярусного робочого обладнання, яка передана для впровадження тресту "Київводбуд", заводу "Меліормаш", Литовському інженерному центру "Меліорація", ПівніДДГіМ, ВО "Псковмеліорація", "Вологдамеліорація". Результати досліджень включені в рекомендації Держкомводгоспу України, впроваджені в навчальні програми і посібники УІІВГ, а також у типову програму по дисципліні "Будівельні і меліоративні машини" для сільськогосподарських вузів. На основі наукових досягнень в УІІВГ розроблений курс "Основи технічної творчості", захищено 2 кандидатських дисертації, виготовлені моделі, макети, натурні зразки машин, які використовуються в навчальному процесі УІІВГ.

## ЗАГАЛЬНІ НАУКОВІ ВИСНОВКИ

1. Розроблені нові принципи створення багатоярусних ґрунтозахисних робочих процесів у залежності від призначення і агротехнічних вимог до будівництва гнучких підземних комунікацій, суть яких полягає в незалежності роботи ґрунторозроблюючих органів, рівності витрат ґрунту в суміжних ярусах і в рівності площ поперечного перерізу шару ґрунту і прохідних вікон у кожному ярусі.

2. Розроблені теоретичні основи поярусного руйнування талих ґрунтів /критичної глибини різання, довжини лемеша, ґрунтового ядра ущільнення і таке інше/, які стали передумовою для параметричної оптимізації і розробки наукових основ створення багатоярусних робочих органів.

3. Встановлено, що максимальна реалізація тягових можливостей навісних безтраншейних укладачів багатоярусної конструкції можлива на основі врахування повного опору різанню /тобто з урахуванням привантаження базової машини вертикальною складовою/, а не на основі лише його горизонтальної складової.

4. Вперше науково обґрунтовані конструкції і методи проектування багатоярусних ґрунтозахисних конструкцій згідно агротехнічних вимог: коли головним у зоні дії робочого органу є максимальне збереження гумусового шару і зменшення енергоємності робочого процесу і коли основною вимогою є високий ступінь розпушення і аерування важких меліоративних ґрунтів з ілювіальним горизонтом /для будівництва дренажу і протиерозійних споруд/.

5. У залежності від призначення і агротехнічних вимог багатоярусні робочі органи створені з шириною ярусів, яка закономірно збільшується від нижнього ярусу до верхнього /безвідвальні ЗРО/, і з постійною шириною ярусів, яка визначена їх висотою /відвальні ЗРО/. Для двох'ярусного робочого процесу розроблений безвідвальний ЗРО з різальними частинами, які рознесені по вертикалі одна відносно іншої і денної поверхні на критичну глибину, а їх позовний профіль описується степеневою функцією.

6. Розроблені принципи створення, методи розрахунку і проектування багатоярусних ЗРО безтраншейних укладачів дозволили спроектувати робоче обладнання, виготовити і впровадити у виробництво 17 машин різного цільового призначення. Практична реалізація результатів досліджень підтвердила роботоздатність, високу ефективність створених конструкцій машин /річний економічний ефект від впровадження склав 917 тис.крб. у цінах 1985 р./ і є мотивом для їх широкого впровадження в народне господарство.

7. Виконана робота - перший крок у новому напрямку створення землерийних багатоярусних машин з урахуванням агротехнічних вимог до них і може бути основою для подальшої розробки цілого класу енергозберігальних машин в інших галузях народного господарства.

Основні положення дисертації опубліковані в наступних наукових працях:

#### Книги і брошури

1. Основы технического творчества в строительном и мелиоративном машиностроении: Учебн. пособие.- К.: УМК ВО, 1990. - 132 с./без соавторства/.

2. Глубокое объемное рыхление тяжелых слабоводопроницаемых почв.- Ровно: ЦНТИ, 1990.- 16 с./соавторы: Л.Ф.Кожушко, В.Н.Попроцкий, А.Я.Чугувец/.

3. Експлуатація меліоративних і будівельних машин: Навч. посібник.- К.: Вища школа, 1992.- 247 с./співавтори: М.П.Скоблюк, В.Ф.Ткачук, В.І.Романюк/.

#### Наукові статті

4. Экспресс-метод определения контактных давлений и коэффициентов трения грунтов на ноже бестраншейного дренаукладчика /Гидромелиор. и гидротехн. стр-во: Респ.межвед.науч.-техн.сб.- Львов: Вища школа, 1986, вып.14, с.91...94 /соавторы: В.Ф.Ткачук, Л.Б.Кравец, А.Л.Романовский/.

5. Определение критической глубины резания грунта ножом/Горн. строит.,дор. и мелиорат.машины: Респ.межвед.науч.-техн.сб.- К.: Техніка, 1987, вып.40, с.22...28 /соавторы: В.Ф.Ткачук, Л.Б.Кравец/.

6. Определение давления грунта на боковые стенки разрезающего ножа /Констр.и технология пр-ва с-х машин: Респ.межвед.науч.-техн.сб. - К.: Техніка, 1987, вып.17, с.37...40 /соавтор - А.А.Кучерук/.

7. Определение формы грунтового ядра уплотнения /Констр. и технология пр-ва с-х машин: Респ.межвед.науч.-техн.сб.- К.: Техніка, 1988, вып.18, с.29...33 /без соавторства/.

8. Определение оптимальной формы поперечного профиля ножа бестраншейного дренаукладчика /Горн.строит.,дор.и мелиорат.машины: Респ.межвед.науч.-техн.сб.- К.: Техніка, 1988, вып.41, с.123...128 /соавторы: В.Ф.Ткачук, Л.Б.Кравец/.

9. Тенденции развития рабочих органов бестраншейных дренаукладчиков /Гидромелиор.и гидротехн.стр-во: Респ.межвед.науч.-техн.сб.- Львов: Вища школа, 1988, вып.16, с.90...93 /соавторы: В.Ф.Ткачук, А.Л.Романовский/.

10. Дополнительный нож бестраншейного дреноукладчика МД-12 для работы на тяжелых грунтах.- Строит.и дор.машины, 1989, № II, с.10...11 /соавторы: В.Ф.Ткачук, Л.Б.Кравец, Л.Я.Спруда, А.В.Искрицкий/.

11. Агромелиоративная дренажная система для тяжелых почв.- Мелиор.и водн.хоз-во, 1990, № 6, с.40...42 /соавтор- П.Ф.Кожушко/.

12. Аналитический метод определения продольного профиля режущей части двухступенчатого грунтообрабатывающего органа /Горн., строит.,дор. и мелиорат.машины: Респ.межвед.науч.-техн.сб.- К.: Техніка, 1991, вып.44, с.39...45 /соавтор - А.А.Нечидюк/.

13. Определение оптимальной формы заострения вертикального ножа при заданных его габаритах /Горн.,строит.,дор.и мелиорат.машины: Респ.межвед.науч.-техн.сб.- К.: КИСИ, 1991, с.70...73 /без соавторства/.

14. Многоярусный агромелиоративный плуг к дреноукладчику МД-12. - Ровно: Ред.-изд.отдел облупр. по печати, 1991.- 4 с. /соавторы: В.Ф.Ткачук, А.Л.Романовский/.

15. *Multi-tier plough. International publication No.WD91/03607 International application No.PCT/SU 89/00238. The International Bureau of WIPO, Geneva, Switzerland,*

21.03.91 /англ./ /Багатоярусний плуг. Міжнародна публікація № 91/03607. Міжнародна заявка № PCT/SU 89/00238. Міжнародне бюро по інтелектуальній власності, Женева, Швейцарія, 21.03.91.//Співавтори: О.Л.Романовський, В.Ф.Ткачук, А.В.Іскрицький та інші/.

16. Безвідвальний багатоярусний робочий орган для укладання трубопроводів /Горні,буд.,дор.і меліорат.машины: Респ.міжвід.наук.-техн.зб.- К.: КДТУБА, 1993, вип.48, с.104...108 /співавтор - М.М.Карнауков/.

17. Принципы конструирования многоярусных рабочих органов для глубокой разработки талых грунтов.- Строит.и дор.машины, 1994, № 5, с.15...18 /соавторы: В.Ф.Ткачук, А.Л.Романовский, А.А.Нечидюк/.

18. Кабелеукладач. - Рівне: ЦНТІ, 1994. - 4 с. /співавтори: А.А.Нечидюк, В.Ф.Ткачук, М.Я.Кудря/.

19. Обгрунтування форми відвалу ґрунтозахисних багатоярусних робочих органів /Гірн.,буд.,дор.та меліорат.машины: Респ.міжвід.наук.-техн.зб.- К.: КДТУБА, 1995, вип.49, с.37...39 /співавтори: В.Л.Баладіньський, О.Л.Романовський/.

20. Определение длины контакта плоского ножа с грунтом ненарушенной структуры /Гірн.,буд.,дор.та меліорат.машины: Респ.міжвід.наук.-техн.зб.- К.: КДТУБА, 1995, вип.49, с.52...58 /соавторы:

В.Г.Мизюк, Н.Н.Карнаухов/.

21. Определение тягового сопротивления многоярусного рабочего органа /Гірн.,буд.,дор.та меліорат.машины: Респ.міжвід.наук.-техн.зб.- К.: КДУБА, 1995, вип.49, с.78...83 -/соавтор - Н.Н.Карнаухов/.

Авторські свідоцтва і патенти

22. А.с.І05ІІ78 /СССР/. Землеройный рабочий орган /С.В.Кравец, В.Л.Пятковский, Л.Б.Кравец.- Оpubл. в Б.И. 1983, № 40.

23. А.с.ІІ02866 /СССР/. Рабочий орган землеройной машины/ А.Л.Романовский, С.В.Кравец, Л.Б.Кравец.-Оpubл.в Б.И. 1984, № 26.

24. А.с.ІІ70069 /СССР/. Способ резания грунта активными рабочими органами /С.В.Кравец, А.С.Мочкин.-Оpubл.в Б.И.,1985, № 28.

25. А.с.ІІ83602 /СССР/. Устройство для образования кротовой дрены /С.В.Кравец, С.Ф.Медвидь, Л.Б.Кравец, Н.И.Шумин.-Оpubл. в Б.И., 1985, № 37.

26. А.с.ІІ91528 /СССР/. Землеройный рабочий орган /С.В.Кравец, О.А.Глатер, И.В.Ткачук, В.А.Гроголь.-Оpubл.в Б.И.1985, № 42.

27. А.с.ІІ99877 /СССР/. Рабочее оборудование землеройной машины для образования щели /С.В.Кравец, В.Ф.Ткачук, А.Л.Романовский и др. /всего 9 соавт./.- Оpubл. в Б.И., 1985, № 47.

28. А.с.ІІ99878 /СССР/. Рабочий орган землеройной машины для нарезания щели /В.Ф.Ткачук, С.В.Кравец, А.Л.Романовский и др./всего 10 соавтор./- Оpubл. в Б.И., 1985, № 47.

29. А.с.І265264 /СССР/. Щелерезный рабочий орган землеройной машины /В.Ф.Ткачук, С.В.Кравец, А.Л.Романовский и др./Всего 9 соавт./.- Оpubл. в Б.И., 1986, № 39.

30. А.с.І350271 /СССР/. Рабочий орган землеройной машины / В.Ф.Ткачук, С.В.Кравец, А.Л.Романовский и др./всего 10 соавт./ - Оpubл. в Б.И., 1987, № 41.

31. А.с.І399408 /СССР/. Рабочее оборудование бестраншейного дренаукладчика /С.В.Кравец, В.Ф.Ткачук, А.А.Нецидх и др./всего 10 соавт./- Оpubл. в Б.И., 1988, № 20.

32. А.с.І404598 /СССР/. Рабочее оборудование землеройной машины для образования щели /С.В.Кравец, В.Ф.Ткачук, А.А.Нецидх и др./всего 9 соавт./- Оpubл. в Б.И., 1988, № 23.

33. А.с.І408030 /СССР/. Тензометрический нож /В.Ф.Ткачук, С.В.Кравец, А.Л.Романовский, Л.Б.Кравец.- Оpubл.в Б.И.,1988, № 25.

34. А.с. 378989 /СССР/. Рабочий орган бестраншейного дренаукладчика /А.Л.Романовский, С.В.Кравец, В.Ф.Ткачук и др./всего 10 соавт./- Оpubл. в Б.И., 1991, № 35.

35. А.с.1694792 /СССР/. Землеройный рабочий орган бестраншейного дреноукладчика /А.Л.Романовский, С.В.Кравец, В.Ф.Ткачук и др./ всего 7 соавт./- Оpubл. в Б.И., 1991, № 44.

36. А.с.1726669 /СССР/. Землеройный рабочий орган /С.В.Кравец, В.Ф.Ткачук, А.Л.Романовский и др./ всего 8 соавт./- Оpubл. в Б.И., 1992, № 14.

37. А.с.1727426 /СССР/. Рабочий орган бестраншейного дреноукладчика /А.Л.Романовский, С.В.Кравец, В.Ф.Ткачук и др./ всего 7 соавт./- Для служебного пользования.

38. А.с.1763589 /СССР/. Многоярусный дренажный плуг /С.В.Кравец, Н.Н.Карнаухов, П.М.Черняк.- Оpubл. в Б.И., 1992, № 35.

39. А.с.1778246 /СССР/. Землеройный рабочий орган бестраншейного дреноукладчика /С.В.Кравец, В.Ф.Ткачук, А.А.Нечидюк и др./ всего 7 соавт./- Оpubл. в Б.И., 1992, № 44.

40. А.с.1779084 /СССР/. Рабочее оборудование дреноукладчика /С.В.Кравец, В.Ф.Ткачук, А.А.Нечидюк и др./ всего 7 соавт./- Для служебного пользования.

41. А.с.1788140 /СССР/. Мелиоративная система /Л.Ф.Кожушко, В.Н.Попроцкий, С.В.Кравец, и др./ всего 5 соавт./- Оpubл. в Б.И., 1993, № 2.

42. А.С.1822887 /СССР/. Многоярусный плуг /С.В.Кравец, М.А.Смалько, А.И.Стафанский.- Оpubл. в Б.И., 1993, № 23.

43. Пат.2032031 /Россия/. Землеройный рабочий орган для бестраншейной укладки труб /С.В.Кравец, А.А.Нечидюк, В.Ф.Ткачук и др./ всего 5 соавт./- Оpubл. в Б.И., 1995, № 9.

44. Многоярусный землеройный рабочий орган /С.В.Кравец, Н.Н.Карнаухов, В.Ф.Ткачук - Пол.реш. по заявке № 492320 от 02.04.91.

#### Основні тези доповідей

45. Обоснование конструкции ступенчатого землеройного рабочего органа. - В кн.: Повышение эффективности землеройно-транспортных машин. Тез. докл. респ. конф. /Харьков, октябрь, 1984 г./ - Харьков, 1984, с.24...25 /соавтор - А.Л.Романовский/.

46. Критерии оптимизации формы землеройных рабочих органов. - В кн.: Тез. докл. II Всесоюз. конф. по механизации и автоматизации земляных работ в стр-ве /Киев, 27...29 мая 1986 г./ - К., 1986, с.16 /соавтор - А.А.Нечидюк/.

47. Результаты испытаний опытного образца многоярусного рабочего органа дреноукладчика. - В кн.: Путь повышения эффективности освоения мелиорируемых земель за счет достижения науки и техники: Тез. докл. и сообщ. науч.-практ. конф. -Ровно, 1989, с.61...62 /соавторы: В.Ф.Ткачук, А.Л.Романовский/.

48. Обоснование продольного профиля разрезающего ножа многоярусного ЗРО агромелиоративного агрегата.- В кн.: Механиз.произв. процессов в водном хозяйстве: Тез.докл.и сообщ.респ.науч.-техн. конф./Ровно, 28...29 ноября 1990 г./- Ровно, 1990,с.24 /соавтор - А.Л.Романовский/.

49. Основные принципы конструирования многоярусных рабочих органов для глубокой разработки талых грунтов.- В кн.: Механиз. и автоматизация земляных работ: Сб.докл.XIV Межд.науч.-техн.конф. /Киев, 24...27 сентября 1991 г./ - К.; 1991, с.260...262 /соавторы: В.Ф.Ткачук, А.Л.Романовский, А.А.Нечидюк/.

50. Безтраншейный укладач трьох'ярусної конструкції гнучких підземних комунікацій: Тези доп.ювілейної наук.-техн.конф., яка присвячена 50-річчю Перемоги у Великій Вітчизняній війні /Рівне, 27 березня...15 квітня 1995 р./ - Рівне, 1995, с.62 /співавтори: В.Ф.Ткачук, А.А.Нечидюк, М.М.Карнаухов, П.М.Сачук/

51. Определение линии наименьшего сопротивления подъему грунта. - В кн.: Актуальные проблемы водохозяйственного строительства: Тез. докл. респ. научн.-техн. конф. /Ровно, 22...24 октября 1980 г./ - Ровно, 1980, с. 3 /без соавторства/.

#### Методичні видання

52. Методы активизации технического творчества студентов в области мелиоративного машиностроения. - В кн.: Методические материалы по применению активных методов обучения в учебном процессе. - Ровно, 1983 /без соавторства/.

53. Активные методы поиска новых технических решений в области мелиоративного машиностроения. - Ровно: УИИВХ, 1984. - 33 с. /без соавторства/.

54. Диалектика творчества и принципы решения изобретательских задач в мелиоративном машиностроении. - Ровно: УИИВХ, 1985. - 70 с. /без соавторства/.

55. Навесные рыхлители. - Ровно: УИИВХ, 1990. - 30 с. /без соавторства/.

56. Морфологічний аналіз багатоярусних робочих процесів безтраншейних укладачів на основі агротехнічних вимог. - Рівне, 1996. - 12 с. /без співавторства/.

Кравец С.В. Разработка и создание многоярусных грунтозащитных бестраншейных укладчиков различного назначения. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.05.04 - машины для земляных и дорожных работ, Киевский государственный технический университет строительства и архитектуры, Киев, 1996.

Защищается 43 научных работы и 23 авторских свидетельства и патента, которые содержат теоретические исследования многоярусных рабочих процессов с учетом агротехнических требований к грунтовой среде, а также результаты экспериментальных исследований. Установлено, что основными принципами создания многоярусных грунтозащитных рабочих органов есть принципы равенства площадей поперечного сечения срезанного слоя и проходных окон в каждом ярусе, расходов грунта в смежных ярусах, а также независимости работы грунтообрабатывающих органов. Осуществлено промышленное внедрение опытной партии многоярусных бестраншейных укладчиков, приводятся данные о их эффективности в процессе эксплуатации.

Kravets S.V. Development and creation of multi-strata earth protecting non-trench pipe laying machines for various purposes.

Thesis for a scientific degree of doctor of technical sciences in speciality 05.05.04 - machines for earth and road work. Kiev state technical university of civil engineering and architecture, Kiev, 1996.

43 research papers and 23 certificates of authorship and patents are defended. They deal with theoretical research of multi-strata working processes taking into account agricultural requirements for soil media and also results of experimental studies. It has been established that basic principles for creating multi-strata earth protecting tools are principles of the equality of cross-section areas of the cut layer and the passage windows in each stratum, of the soil discharge in adjacent strata and also of the independent operation of earth digging tools. The industrial application of the experimental batch of multi-strata non-trench pipe laying machines had been carried out. Data on their effectiveness in the operation process are being presented.

Ключові слова: бестраншейна укладка, багатоярусне різання, грунтозахисні процеси

446385

AB 34.587

Підписано до друку 27.03.96.  
Формат 60x84 0 I/16 Обсяг 20 др. арк  
Замовлення 197 Тираж 100 примірни  
Рівне, Світозна. ІІ, УІІВГ