



УДК 621.22

DOI: 10.37128/2520-6168-2023-1-8

**ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ЗАНУРЕННЯ ПАЛЬ В САДКАХ ТА
ВИНОГРАДНИКАХ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ ГІДРОСТРУМЕНЕВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ**

Іскович-Лотоцький Ростислав Дмитрович, д.т.н., професор
Шевченко Василь Васильович, магістр
Вінницький національний технічний університет
Веселовська Наталія Ростиславівна, д.т.н., професор
Залізняк Роман Олександрович, аспірант
Вінницький національний аграрний університет

Rostyslav Iskovich-Lototskyu, Doctor of Engineering, Professor
Vasyl Shevchnko, Master
Vinnytsia National Technical University
Nataliia Veselovska, Doctor of Engineering, Professor
Roman Zalizniak, Postgraduate
Vinnytsia National Agrarian University

Необхідність вирішення проблеми зниження трудомісткості, зменшення об'єму земляних робіт, а також скорочення часу процесу по зануренню палів в садках та виноградниках. На теперішній час теоретичні питання динаміки палів при їх зануренні в ґрунт розроблені далеко не в тій мірі, в якій цього вимагає практика. Першочерговим завданням тут є дослідження процесу занурення палів в ґрунт з метою досягнення необхідної глибини занурення з мінімальним ушкодженням самої конструкції палі, та щоб вона виконувала роботу, яка перед нею поставлена. Природно, в процесі занурення палів в ґрунт проявляються не лише пружні, але і в'язкі, пластичні властивості ґрунту і відбувається його руйнування. Теоретичні завдання занурення палів в ґрунт з урахуванням в'язких, пластичних властивостей ґрунтового середовища і деформаційних характеристик матеріалу палі нині не досліджені. В наш час, у зв'язку з обставинами, які зараз відбуваються в країні, у Вінницькій області значно зростає відсоток задіяності людей у сільськогосподарських справах, а саме: у засадженнях нових садових та виноградних плантацій та угідь. З'являється попит на палезанурююче обладнання, яке зможе швидко та якісно виконати поставлені завдання. Тому підвищення продуктивності процесу занурення палів в садках та виноградниках шляхом застосування гідроструменевої технології є надзвичайно актуальною тематикою.

Метою статті є підвищення продуктивності процесу занурення палів в садках та виноградниках шляхом застосування гідроструменевої технології. Створення сприятливих умов для інтенсифікації процесу виробництва та застосування ефективних методів дії на його об'єкт; безперервна реалізація технологічного руху; зменшення та усунення взагалі використання непродуктивної праці; зокрема при здійсненні допоміжних операцій; керування динамічним станом системи, в якій відбувається технологічна дія; багатofункціональність технологічного процесу та гармонійне поєднання його основних структурних складових становлять, здебільшого, тенденції розвитку технічного прогресу при реалізації занурення палів.

Ключові слова: комплекс, функціональні можливості, обладнання, процес обробки, математичне моделювання, гідропривод, матеріал.

Ф. 5. Рис. 14. Табл. 1. Літ. 9.

1. Аналіз останніх досліджень та публікацій

На рис. 1 представлені принципові схеми занурюючих машин, що в достатній ступені відображають конструктивно-технологічну класифікацію. Так як в основному палезанурюючі машини працюють у вібраційному режимі, тому особливістю принципового пристрою в значній ступені визначається за групою конструктивних ознак приводу: гідроприводи з безнасосним перетворювачем; гідропривод палейного молота з механічним перемиканням; гідропривод палейного молота з гідравлічним перемиканням. На рис. 1, варіант а) представлений палейний гідромолот, який складається з кулачка 11, встановленого на валу 1 двигуна, приводить до руху плунжер 2 через ролик



9. Плунжер направляється втулкою 7 і ущільнюється пристроєм 5 в корпусі 4 насоса, закритому кришкою 3. Через трубопровід 6 рідина подається через порожнистий шток 8 в робочий циліндр для підйому ударної частини 10 [1-9].

Управління числом ходів в даному гідроприводі досягається зміною частоти обертання приводного двигуна, що ускладнює електропривод. Управління висотою підйому ударної частини неможливо. Гідроприводом групи палебійного молота з механічним перемиканням є гідропривід палебійного молота, схема якого показана на рисунку 1, варіант б особливість схеми - перемикання реверсивного золотника 1 двома рейками 2, пов'язаними з ударною масою 3 і мають виступи з скосами, пересуватися золотник. Золотник в цьому випадку розташований перпендикулярно осі приводного циліндра 5, що дозволяє обійтися без додаткових передач. Відносно велика в порівнянні зі звичайними гідроприводами швидкість руху робочого органу дозволяє не застосовувати пристрої для перекладу золотника через середнє положення в разі реверсу по шляху робочого органу. Управління молотом гранично спрощено, застосовано диференціальне включення, при якому тільки одна верхня порожнина попеременно з'єднується то з насосом (аккумулятором 4), то з баком. Змінювати величину ходу можна тільки, зупиняючи молот і переставляючи рейки зі скосами, що знижує експлуатаційну маневреність молота.

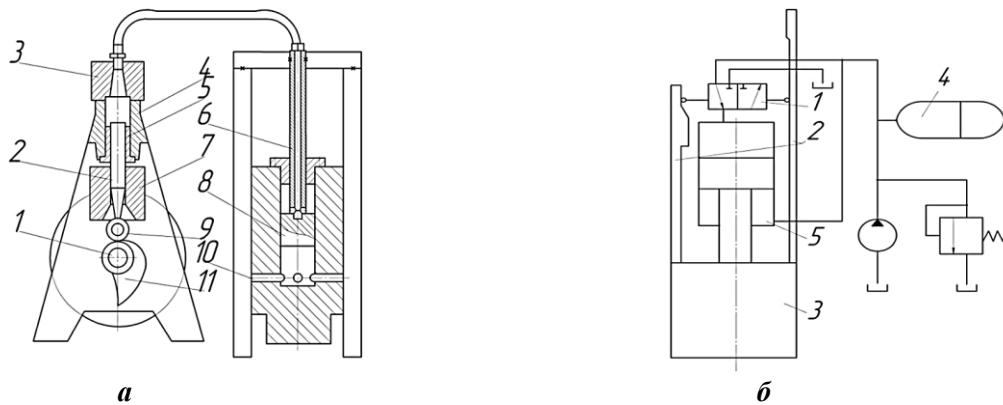


Рис. 1. Принципові схеми палезанурюючих машин:

а – схема молота з ексцентриковим гідроприводом; б – схема гідроприводу палебійного молота з механічним перемиканням напрямку ходу по шляху ударної маси

Створення сприятливих умов для інтенсифікації процесу виробництва та застосування ефективних методів дії на його об'єкт; безперервна реалізація технологічного руху; зменшення та усунення взагалі використання непродуктивної праці; зокрема при здійсненні допоміжних операцій; керування динамічним станом системи, в якій відбувається технологічна дія; багатофункціональність технологічного процесу та гармонійне поєднання його основних структурних складових становлять, здебільшого, тенденції розвитку технічного прогресу при реалізації занурення паль. По напрямних 1 стаціонарного копра або самохідного палезанурюючого пристрою переміщується ударна маса 2, яка піднімається при подачі рідини під тиском в робочий гідроциліндр 3. При вільному падінні маса 2 вдаряє по наголовнику 4 палі 5. Для того щоб міг відбутися робочий хід ударної маси вниз, повинен відкритися клапан-пульсатор 6 і з'єднати із зливною лінією насос 7 і робочий гідроциліндр 3. Під час падіння ударної маси за рахунок перетікання рідини з робочого гідроциліндра в гідробак встановлюється певний тиск p_2 , який повинен бути достатнім для утримання клапана-пульсатора в відкритому стані. Як тільки відбувається удар, тиск в гідросистемі падає, клапан-пульсатор закривається, відключаючи зливну гідролінію. Тиск в гідросистемі зростає, і ударна маса під дією штока гідроциліндра, в який подається робоча рідина від насоса, рухається вгору, тобто починається наступний цикл.

Відкривається клапан-пульсатор при підвищенні тиску в гідросистемі до розрахункового значення p_1 , що відповідає досягненню ударної маси упору, встановленого на напрямних. Положення упору визначає висоту підйому ударної маси і, отже, енергію удару при робочому ході.

Наступна схема рисунок 3 являє собою гідропривод палезанурюючого молота подвійної дії і має такі частини робочий гідроциліндр має звичайний поршень 1 з потовщеним штоком 2, жорстко пов'язаним з ударною масою 3. Порожнина під поршнем постійно з'єднана з насосом 6. Клапан-пульсатор 7 по аналогії з попередньою схемою автоматично з'єднує верхню порожнину циліндра то із



зливною лінією, то з одноходовим акумулятором 8, енергія зарядки якого в сумі з енергією, що повідомляється насосом 6 за час, протягом якого клапан - пульсатор відключає зливну лінію, визначає енергію удару. Ця схема приводу, незважаючи на її простоту, має істотний недолік, що полягає в труднощі конструктивного виконання пристрою для регулювання частоти удару маси 3 по наголовнику 4, закріпленому на палі 5, при повному використанні потужності. У зв'язку з цим в роботі більш детально розглянуті схеми варіантів конструкцій, що забезпечують більшу технологічність при виготовленні та експлуатаційну надійність [2-9].

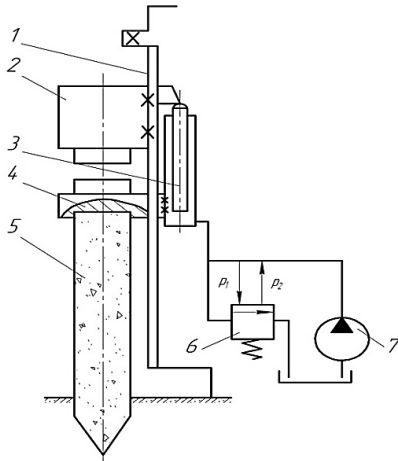


Рис. 2. Принципова схема гідроприводу палезануючого молота простої дії:

1 – напрямні; 2 – ударна маса;
3 – гідроциліндр; 4 – наголовник; 5 – палія;
6 – клапан-пульсатор; 7 – насос

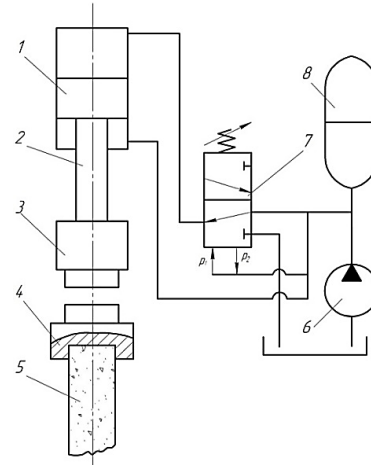


Рис. 3. Принципова схема гідроприводу палезануючого молота подвійної дії:

1 – поршень; 2 – шток; 3 – ударна маса;
4 – наголовник; 5 – палія; 6 – насос;
7 – клапан-пульсатор; 8 – акумулятор

Гідравлічні молоти (гідромолоти) представляють собою різновид ударних машин простої або подвійної дії, у яких в якості робочого тіла використовується рідина, що подається під тиском від гідронасоса. За принципом дії гідромолоти аналогічні пароповітряним, але відрізняються від них компактністю і автономністю джерела енергії. Замість парового котла або компресора, які необхідні для пароповітряних молотів, гідромолоти можуть працювати від гідросистеми базової машини (екскаватора) або приводної станції, яка підключається до електромережі. Гідромолоти мають порівняно високий ККД (0,55-0,65), відрізняються слабким шумом при роботі.

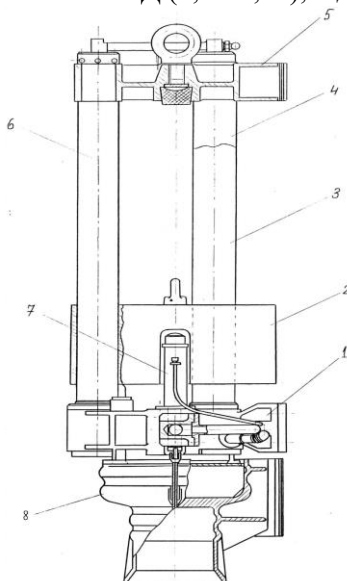


Рис. 4. Гідромолот простої дії: 1 – нижня траверса; 2 – ударна частина; 3 – штанга; 4 – штанга; 5 – верхня траверса; 6 – штанга; 7 – штовхач; 8 – наголовник

Важкі гідромолоти простої дії знаходяться поки ще в стадії розробки і освоєння. Найбільш перспективним слід вважати створений у ВНПбудодрмаше гідромолот з масою ударної частини 7500 кг (рис. 4).

Основними вузлами гідромолота є: ударна частина, три штанги, нижня і верхня траверси, два штовхача (робочі гідроциліндри), наголовник. Ударна частина при ударі по наголовнику передає на палю енергію, накопичену при її підйомі.

У гідромолотах подвійної дії робоча рідина використовується для підйому ударної частини. Розгін ударної частини вниз відбувається під дією власної ваги і тиску робочої рідини на поршень. Для збільшення подачі рідини в молот перед нанесенням ударів до насоса під'єднують гідравлічний акумулятор, який заряджається під час зворотного ходу поршня.

Розподіл подачі рідини в періоди підйому, гальмування в верхньому положенні і



руху для нанесення удару здійснюється автоматичною системою з гідророзподільником, поршнем, зворотним клапаном і поршнем гідроакумулятора.

Дизельними молотами називаються пальові занурювачі, що використовують в процесі роботи енергію згорають газів. Вони відносяться до групи прямодійних двигунів внутрішнього згорання, у яких відсутній кривошипно-шатунний механізм і тиск газів, що утворюються при згорянні горючої суміші, передається безпосередньо робочому органу – ударної частини. Ударна частина являє собою рухливий циліндр (або рухливий поршень) двигуна, який в процесі роботи падає на поршень (або на робочий поршень - шабот), встановлений на палі.

У штангових молотів направляючої ударної частини служать дві штанги, закріплені в підставі поршневого блоку і з'єднані вгорі траверс. Напрямна ударної частини трубчастих молотів - труба, що представляє собою робочий і продувний циліндр молота. Практичне застосування отримали два типи дизельних молотів - штангові і трубчасті.

За способом розгону ударної частини при її ході вниз дизельні молоти бувають з вільним падінням ударної частини і з буфером, що акумулює частину енергії розширення, яка потім використовується на розгін ударної частини, збільшення енергії і частоти ударів. Такі буфери поділяються на пневматичні і механічні (пружинні). Вітчизняна промисловість випускає один тип штангових дизельних молотів з пружинним буфером [1-9].

Основними перевагами дизельних молотів є: незалежність від стороннього джерела енергії, невелика вартість виготовлення, простота і зручність експлуатації, стійка робота при низьких температурах, високі надійність в роботі і продуктивність. Недоліки – низька енергія удару (складова 25-35% потенційної енергії ударної частини), відкрита конструкція молота (поршень, внутрішня порожнину циліндра і напрямні штанги), що сприяє інтенсивному зносу деталей, що ускладнюється відсутністю системи мастила. Тому ці молоти використовуються для забивання паль, труб і шпунта масою не більше 2000 кг в слабкі і середньої щільності ґрунти.

Штангові дизельні молоти за способом закріплення штанг діляться на молоти з рухомими штангами і молоти з нерухомими штангами. Типовим представником молота з рухомими штангами є дизельний молот СП60 (ДМ-240), схема якого представлена на рис. 5.

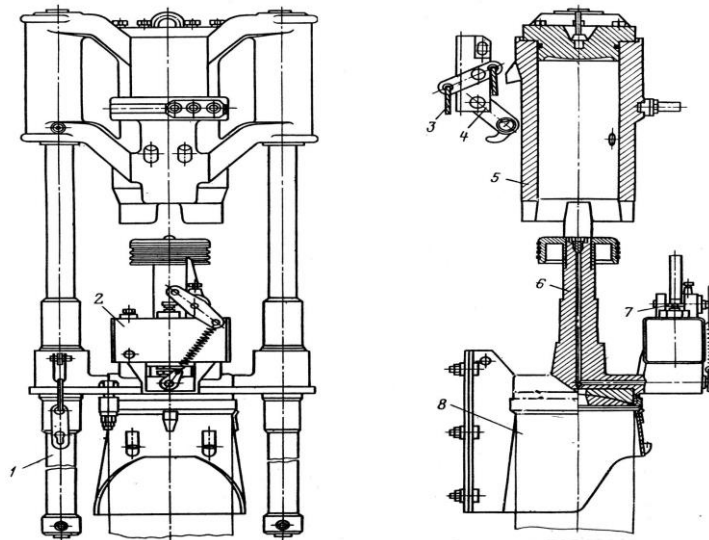


Рис. 5. Конструктивна схема дизельного молота: 1 – напрямна штанга; 2 – паливний бак; 3 – канат управління кішкою; 4 – кішка; 5 – ударна частина; 6 – поршневий блок; 7 – механізм приводу паливного насоса і регулювання подачі палива; 8 – патрон

До переваг легких дизельних молотів слід віднести зменшення «мертвої» ваги молота і ваги ударної частини і підвищення ефективності молота, так як маса штанг використовується для передачі енергії удару. Недоліками молота з рухомими штангами є: підвищена вібрація всього молота і швидший знос і розлад його вузлів і деталей, що викликаються коливаннями вільних кінців штанг; обмеження глибини забивання паль, так як вільні кінці штанг, що опускаються нижче голови палі на 1,5-2,0 м, не дозволяють здійснити забивання палі в один рівень з поверхнею землі. З метою усунення зазначених недоліків молоти з рухомими штангами роблять укороченими, а для отримання достатньої енергії удару застосовується пружинний буфер.

2. Виклад основного матеріалу

В статті [1, 3] було запропоновано принципову схему пристрою та процесу гідроструменевого занурення палів. Режим роботи технологічного комплексу по зануренню палів є наступним: у місце де має бути встановлена палия ставимо шприц 4, створюємо тиск в гідравлічній системі і за допомогою гідроциліндра 2 рухаємо упорну поверхню 5, яка переміщується по напрямній 3 та починає процес занурення шприца, паралельно з ним відкриваємо кран 9, подаємо живлення на насос 7, який розпочинає качати воду з бака 8 та створювати тиск у напірних трубопроводах 6. Створений гідроструміння розмиває ґрунт, тим самим полегшує прохід шприца на відповідну глибину. При досягненні відповідної позначки шприц витягується зворотними діями та на його місце в отвір встановлюється палия, яка з легкістю дотискається упорною поверхнею 5. Схематично-структурний вигляд комплексу показаний на рис. 6. Гідроструменева технологія це процес використання води. Технологія використовується в різних сферах життя людини, багато процесів завдячують унікальним властивостям струменя води, він утворюється під час нагнітання тиску в системі та спеціальної будови сопла. Цією технологією, ріжуть різного роду матеріали, від металів до природного камення, очищають вагони, цистерни, будівельні машини, промислове обладнання та спецтехніку, фасади будівель, пам'яток, обладнання, каналізацію, шосе, велодоріжки, тротуари, злітні смуги. Також за допомогою гідроструменя відбувається процес занурення палів на будівництвах та в садовому господарстві. Процес занурення палів на будівництві показано на рис. 7.

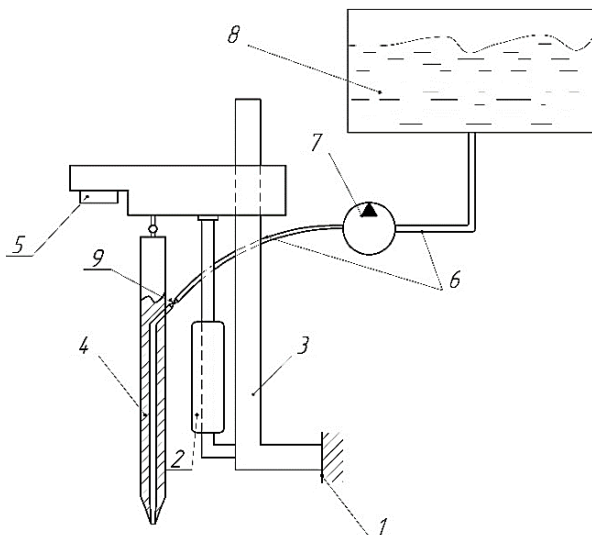


Рис. 6. Схематично-структурний вигляд технологічного комплексу для занурення палів:
1 – рама трактора; 2 – гідроциліндр;
3 – напрямна; 4 – шприц; 5 – упорна поверхня;
6 – напірний трубопровід; 7 – високонапірний насос; 8 – бак; 9 – кран

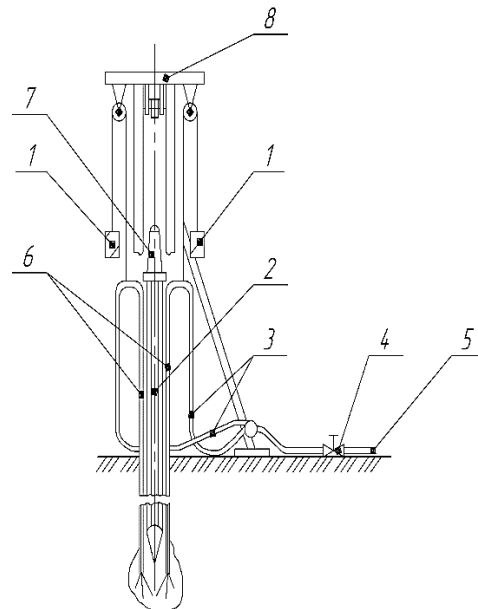


Рис. 7. Обладнання для занурення палів

Процес занурення палів в садках та виноградниках розпочинається з підготовки та планування ділянки. Після закінчення підготовчих робіт проводиться розмітка відповідно до плану господарства. Під час розмітки, в місцях установки палів молотком забиваються кілки. Це робиться для того, щоб пришвидшити процес в цілому, так як здавалося б марна трата часу на їх встановлення та забивання суттєво пришвидшує та полегшує сам процес занурення палів. Вигляд кілка можна побачити на рис. 8, найчастіше він виготовлений з сосни.

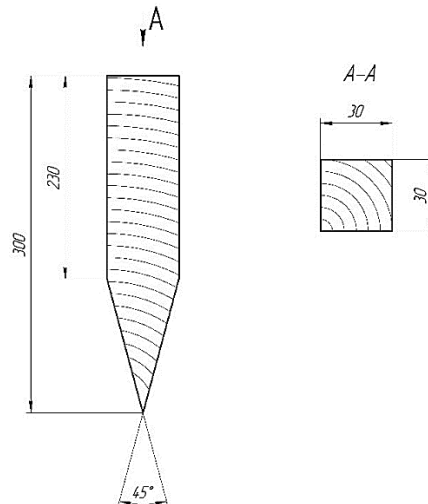


Рис. 8. Зображення кілка, який використовується для розмітки

По завершенню молоткових робіт палі відповідних параметрів розкладають біля кожного з кілків. Процес транспортування відбувається за допомогою трактора з причепом та декількох працівників.

Наступним етапом йде безпосередньо процес занурення палі. Види палі, які застосовуються в нашому випадку зображені на рис. 9. Палі зображені на рисунку 2(а), виготовляються за технологією попередньо-напруженого залізобетону, тобто на стадії виготовлення арматури надають внутрішнє напруження розтягу, тим самим зменшується металоемність та покращується міцність, тріщиностійкість порівнюючи зі звичайним залізобетоном вища на 20 – 75 %. Каркас палі виготовляють з 6 мм та 8 мм арматури. Палі зображені на рисунку 2(б), виготовляються за звичайною технологією, тобто зв'язаний або зварений каркас з арматури вкладається у форму та заливається бетоном, як результат отримуємо палі з гіршими характеристиками та з меншою собівартістю виготовлення. Такі палі використовують у місцях понижених навантажень (середина рядка, огорожа для садового господарства).



а



б

Рис. 9. Палі, які використовуються в проєкті

Процес відбувається за допомогою трактора з встановленим на нього спеціальним обладнанням з гідроструменевим пристосуванням, яке в свою чергу пришвидшує та полегшує цей процес. Обладнання включає в себе резервуар (бочку) з водою, насос високого тиску, гідравлічні лінії, гідроциліндри, упорну платформу та шприц, який закріплений на кінці стріли трактора хомутом на шістьох болтах. Занурення палі складається з декількох етапів. Перший це отримання отвору в ґрунті заданої глибини та розмірів. Другий це встановлення палі за допомогою працівників в початок отвору та витримування вертикальності та перпендикулярності палі до поверхні ґрунту. Третій, завершальний етап це дотискання, вдавлювання палі на задану проєктну глибину. Розглянувши детальніше перший



етап, цікаво відмітити, що отвір отримуємо за допомогою пристосування, а саме шприца. Схематичне зображення шприца показано на рис. 10.

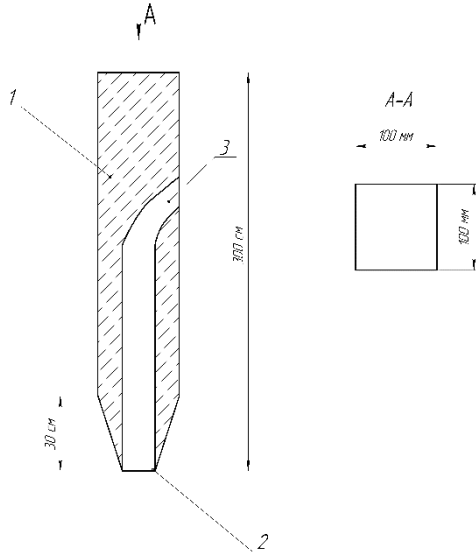


Рис. 10. Шприц, який використовується для отримання отвору під час процесу занурення палі

Математична модель процесу. Опишемо математично процес взаємодії струменя рідини, який взаємодіє з плоскою стінкою (грунтом).

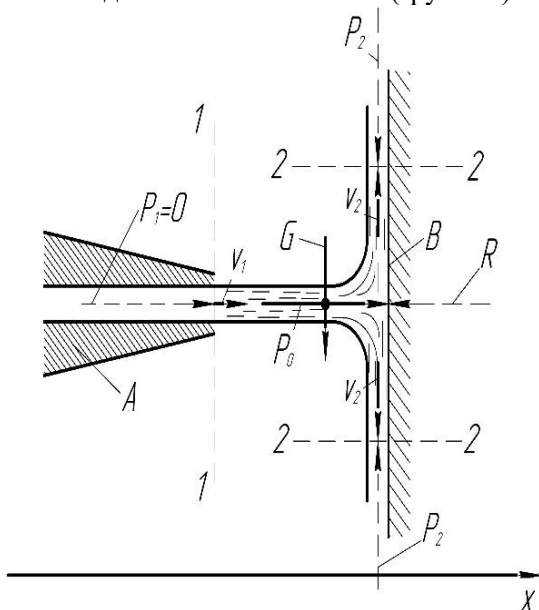


Рис. 11. Тиск струменя на плоску стінку

Геометричні розміри отриманого отвору напряму залежать від геометричних параметрів шприца. Процес відбувається в такій послідовності: з місця витягується кілок, показаний на рис. 10, який був забитий на етапі розмітки, точно в це місце працівник за допомогою системи управління стрілою встановлює наконечник шприца, далі за допомогою гідравлічної сили, яка представлена гідролініями та гідроциліндрами, системою керування, починається процес занурення, паралельно з ним запускаємо насос високого тиску, який нагнітає тиск в систему подачі води для пом'якшеного занурення палі. Ця технологія включає в себе силу струменя рідини, який діє на ґрунт, розмиває його, тим самим послаблює опір та зменшує силу тертя, що в свою чергу створює чудовий економічний ефект в плані енергетичних ресурсів (палива).

Для прикладу розглянемо випадок, коли струмінь, який виходить із круглоциліндричного сопла А, вдаряється у плоску стінку В, розташовану нормально до неї (Рис. 11).

Як видно, ось тут (при достатньо великих швидкостях витікання рідини) отримуємо так звану вісесиметричну задачу розтікання потоку по стінці В. Живий переріз 2-2, який показаний на рисунку, має круглоциліндричну форму: на вертикальну площину, нормальну до рисунку, контур цього перерізу проектується в круг, причому лінії потоку перетинають цей круг в радіальному напрямку.

Цей випадок може розглядатися як виключення: не дивлячись на наявність криволінійного живого перерізу 2-2, який різко змінює рух рідини в ньому, розглядаючи такий переріз, можемо користуватися поняттям середньої швидкості, а відповідно і рівнянням (1).

$$\alpha_0 \cdot \rho Q \cdot (v_{2x} - v_{1x}) = G_x + (T_0)_x + R_x + P_x, \quad (1)$$

де, ρQ – маса рідини, яка проходить за одиницю часу (за секунду) через будь який переріз потоку, $\rho Q = const$ (вздовж потоку); $\alpha_0 \rho Q v$ – кількість рухів вказаної маси в даному плоскому живому перерізі, до якого відноситься швидкість v ; величина $\alpha_0 \rho Q v$ може бути названа секундною кількістю руху потоку (ця величина представляє собою ніби розхід кількості руху).

Щоб знайти тиск P_0 струменя на стінку В, відмічаємо вісь X , як показано на рисунку, і потім виділяємо перерізами 1-1 та 2-2 відсік рідини, до якого і додаємо рівняння математичної моделі (1).

1. Змінення проекції секундної кількості руху при переході від перерізу 1-1 до перерізу 2-2

$$\alpha_0 \cdot \rho Q \cdot (v_{2x} - v_{1x}) = \alpha_0 \cdot \rho Q \cdot (0 - v_{1x}) \approx -\rho Q, \quad (2)$$

де

$$v_{2x} = 0; v_{1x} = v_1; \alpha_0 \approx 1.$$



Зазвичай насадку А роблять такою, яка звужується в напрямку течії. При цьому розподілення швидкостей v в перерізі 1-1 являється дуже близьким до рівномірного (коли $\alpha_0 = 1,0$).

2. Проекції на вісь x сил, які діють на місце, яке розглядається: $G_x = 0$; $P_{1x} = P_1 = 0$ (так як в перерізі 1-1 атмосферний тиск); $P_{2x} = 0$; $P_x = P_{1x} + P_{2x} = 0$; $(T_0)_x \approx 0$; $R_x = R = -P_0$.

3. Як видно, згідно до рівняння (1), отримуємо:

$$-\rho Q \cdot v_1 = -P_0, \quad (3)$$

звідки сила тиску струменя на перешкоду

$$P_0 = \rho Q \cdot v_1 = \frac{\gamma}{g} (\omega_1 \cdot v_1) \cdot v_1 \quad (4)$$

або

$$P_0 = 2 \cdot \omega_1 \cdot \frac{v_1^2}{2 \cdot g} \cdot \gamma, \quad (5)$$

де ω_1 — площа живого перерізу струменя (в перерізі 1-1).

Другий етап занурення це встановлення палі в раніше отриманий отвір. Палі, які були попередньо розкладені біля кожного забитого соснового кілочка, вручну декілька працівників підіймають та по команді направляють та встановлюють в лунку. Схематичне зображення показано на рис. 12.

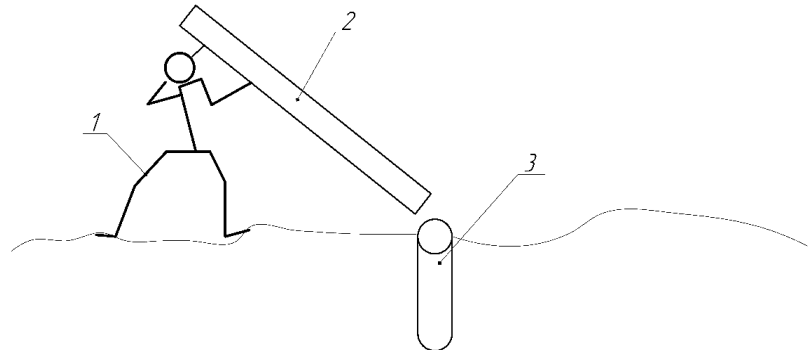


Рис. 12. Процес встановлення працівниками палі в отвір:
1 – працівник; 2 – палля; 3 – лунка під паллю

Після успішного влучання в отвір, один з працюючих бульбашковим або лазерним рівнем контролює положення палі в просторі, а саме вертикальність та перпендикулярність палі по відношенню до ґрунту. Також проглядається та вирівнюється загальна лінія палей.

Третій, завершальний етап по зануренню палі це дотискання її на задану проектом глибину. Цей процес можливо здійснити за допомогою упорної платформи, яка передбачена конструкцією пристрою та у спрощеному вигляді показана на рис. 13.

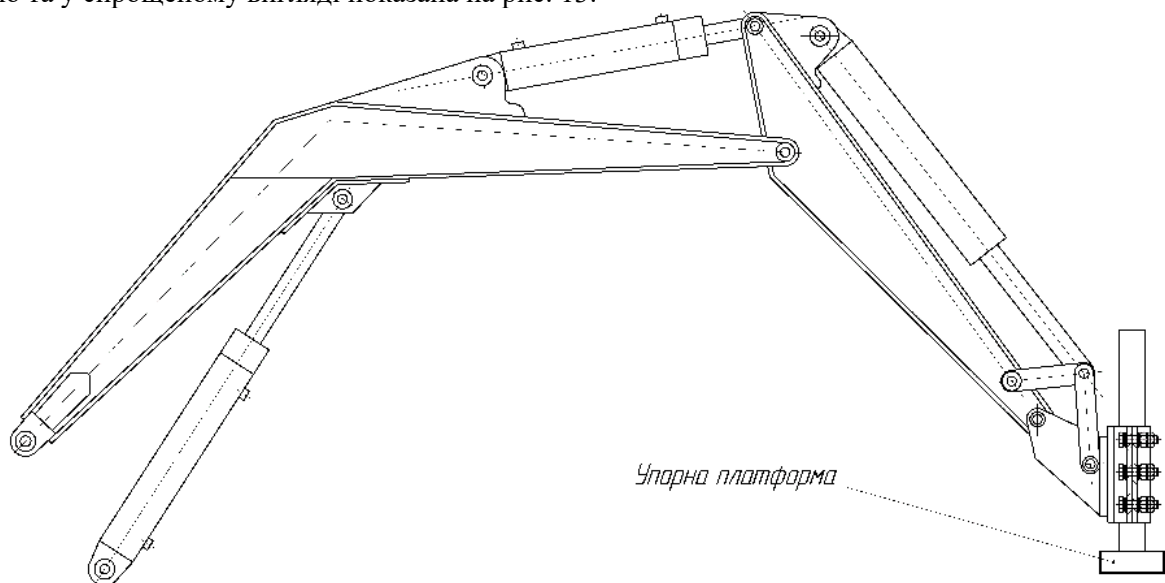


Рис. 13. Зображення упорної платформи



Все відбувається в ось такій послідовності: до палі, яка вертикальна та перпендикулярна по відношенню до ґрунту, в одній площині проглядається в ряд з іншими вже встановленими палями за допомогою гідравлічної системи підводиться стріла на кінці якої встановлена упорна платформа. Саме місце яке починає тиснути на палю виготовлене з дерева (дуба) для того щоб не пошкодити, розкришити торець палі. Після підведення та дотику платформи до палі розпочинається процес втиснення, палю поступово занурюється в ґрунт, який завдяки нашій технології є м'який, гомогенний та пластичний. Він чудово дозволяє палі заглибитися на відповідну плану глибину та гарно ущільнюється після завершення процесу. Після підсихання та випаровування вологи за необхідності ґрунт навколо палі можна додатково ущільнити. Дотискання палі за допомогою упорної платформи зображено на рис. 14.

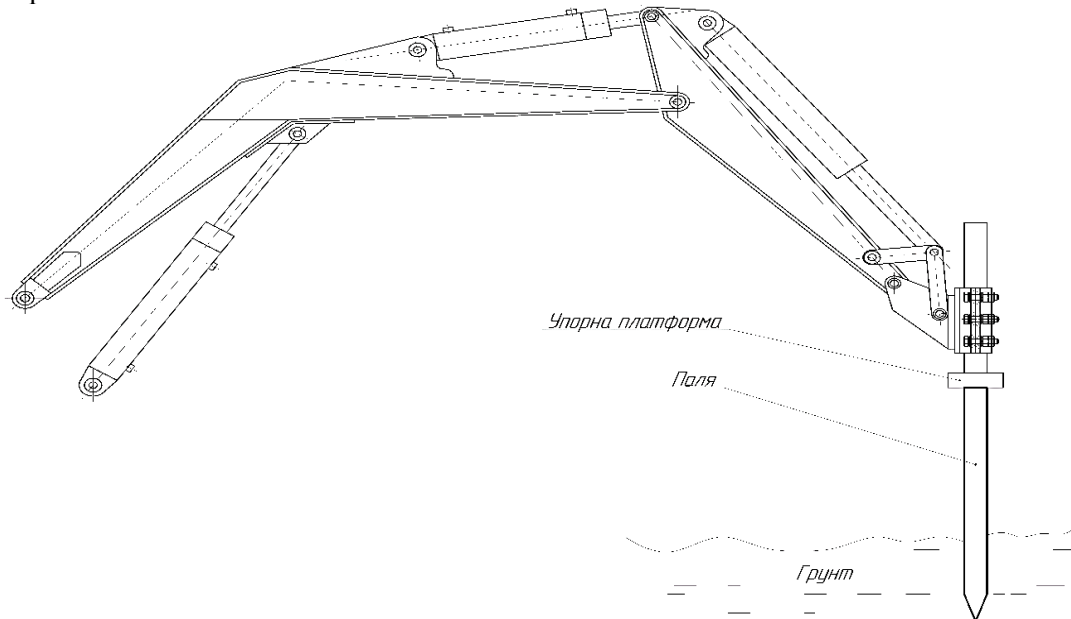


Рис. 14. Процес дотискання палі на відповідну глибину за допомогою упорної платформи

Процес занурення напряму залежить від ґрунту, його складу та властивостей, як фізичних так і механічних. Тому доцільно детально розглянути характеристики та параметри ґрунтів (таблиця 1). Значний вплив на деформацію ґрунтів, як було вказано раніше створює показник стисливості. Параметр стисливості досліджують в лабораторних умовах. Під час будівництва та виконання надважливих операцій паралельно з лабораторними дослідженнями проводять випробування в польових умовах.

Для будівництва ґрунти групують та розподіляють за ступенем трудомісткості їх розробки. В будівництві існує прийнята класифікація ґрунтів за ступенем їх розробки.

Здатність вологи замерзати в ґрунті характеризує параметр промерзання. Якщо ґрунти мають нульову температуру або містять крижані включення, то вони називаються мерзлим. Існує явище вічної мерзлоти, воно характеризується відсутністю сезонного відтавання протягом багатьох років. Важливим фактором під час будівництва та закладання фундаментів, виборі глибини, є явище сезонного промерзання ґрунтів. Важливим аспектом якого є монтування фундаментів в рухливих ґрунтах.

Таблиця 1

Класифікація ґрунтів за ступенем їх розробки і їх об'ємні маси

Найменування і характеристика ґрунту	Група ґрунту	Середня об'ємна маса в щільному стані
Галька і гравій розмірами: до 80 мм	1	1700–1800
більше 80 мм см з домішками каміння	2	1900
Гіпс м'який	4	2200



Продовження таблиці 1

Глина: жирна м'яка або насипна, злежала з домішкою гравію або щебеню до 10%	2	1800
те саме, з домішками щебеню або гравію більше 10%	3	1950
сланцева	4	—
тверда	4	2000
тяжка ломова	3	1900
Ґрунт рослинного шару: без коріння і з корінням	1	1200
з домішками гравію, щебеню або буд-сміття	2	1400
Ліс: природної вологості з домішкою гравію і гальки	1	1600–1800
затверділі	4	1800
Мерзлі ґрунти: піщані і супіщані, попередньо розпушений	2	—
глинисті, суглинні, попередньо розпушений	5	—
Пісок всіх видів, в тому числі з домішкою щебеню	1	1600–1700

3. Висновки

В результаті аналізу відомих способів та приводів установок для занурення паль можна зробити висновок, що їх існує дуже велика кількість. Проте основна маса являється досить складних та застарілих конструкцій і лише незначна їх частина дозволяє забезпечити широкий спектр можливих виконуваних робіт по занурюванню паль. Серед сучасних і дуже ефективних, простих методів є гідроструменевий спосіб занурення паль, який зараз є мало використовуваним та повністю не дослідженим. Тому доцільним є розробка, модернізація, підвищення продуктивності установок для занурення паль з гідроструменевим пристосуванням, які дадуть змогу підвищити ефективність виконуваних робіт та зможуть розширити функціональні можливості за рахунок легкості та мобільності.

Проведено загальний опис гідроструменевої технології, математичної моделі і наведений склад експериментальної установки. Поетапно описаний процес занурення паль за допомогою установки з гідроструменевим пристосування для занурення паль в садках та виноградниках. Математично описаний процес взаємодії сили струменя з ґрунтом. Наведено класифікацію ґрунтів, як в цілому так і окремо фізичні та механічні властивості. В свою чергу описані властивості ґрунтів надають характеристику можливості застосування установки з гідроструменевим пристосування для занурення паль в тій чи іншій місцевості, в тих чи інших умовах.

Список використаних джерел

1. Веселовська Н. Р., Іскович-Лотоцький Р. Д., Брацлавець Б. С., Шевченко В. В. Підвищення ефективності зондування ґрунтів на установках з гід्रोімпульсним приводом. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2022. № 2 (105). С. 52–64.
2. Veselovska N. The latest trends in the creation of impact-vibration equipment with different types of drives for soil probing. *Engineering, Energy, Transport AIC*. 2022. № 4 (119). С. 77–89.
3. Rostislav D. Iskovych-Lototsky, Yaroslav V. Ivanchuk, Natalia R. Veselovska, Wojciech Surtel, Samat Sundetov. "Automatic system for modeling vibro-impact unloading bulk cargo on vehicles", Proc. SPIE 10808, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments. 2018, 1080860 (1 October 2018).
4. Іскович-Лотоцький Р. Д., Обертюх Р. Р., Архипчук М. Р. Генератори імпульсів тиску для керування гідроімпульсними приводами вібраційних та віброударних технологічних машин : монографія. Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2008. 171 с.
5. Іскович-Лотоцький Р. Д., Обертюх Р. Р., Севостьянов І. В. Процеси та машини вібраційних і віброударних технологій : монографія. Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2006. 291 с.



6. Шевченко В. В., Іскович-Лотоцький Р. Д. Гідроструменева технологія занурення паль в садках та виноградниках. Матеріали конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2023)», Вінниця, 2022 р. URL : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2023/paper/viewFile/16838/14033>.
7. Журавель Д. П., Петренко К. Г. Гідравліка. Методичні вказівки до самостійної роботи «Розрахунок гідроприводу». Мелітополь, ТДАУ, 2019. 52 с.
8. Nalobina O. O., Vasylychuk N. V., Bundza O. Z., Holotiyuk M. V., Veselovska N. R. , Zoshchuk N. V. A new technical solution of a header for sunflower harvesting. *INMATEH - Agricultural Engineering*. 2019. Vol. 58. № 2. P. 129–137.
9. Shatokhin V., Ivanchuk Y., Dvirna O., Veselovskaya N., Jurczak W. Dynamic Processes Modeling in a Peristaltic Pump with a Hydraulic Drive for the Bingham Fluid. *Advances in Science and Technology Research Journal*. 2022. № 16 (4), P. 256–269.

References

- [1] Veselovska, N.R., Iskovych-Lotots'kyi, R.D., Bratslavets', B.S., Shevchenko, V.V. (2022). Pidvyshchennya efektyvnosti zonduvannya gruntiv na ustanovkakh z hidroimpul'snym pryvodom. *Vibratsiyi v tekhnitsi ta tekhnolohiyakh*, 2 (105), 52–64. [in Ukrainian].
- [2] Veselovska, N. (2022). The latest trends in the creation of impact-vibration equipment with different types of drives for soil probing. *Engineering, Energy, Transport AIC*, 4 (119), 77–89. [in English].
- [3] Rostislav D. Iskovych-Lototsky, Yaroslav V. Ivanchuk, Natalia R. Veselovska, Wojciech Surtel, Samat Sundetov. "Automatic system for modeling vibro-impact unloading bulk cargo on vehicles", Proc. SPIE 10808, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2018, 1080860 (1 October 2018). [in English].
- [4] Iskovych-Lotots'kyi, R.D., Obertyukh, R.R., Arkhynchuk, M.R. (2008). *Heneratory impul'siv tysku dlya keruvannya hidroimpul'snymy pryvodamy vibratsiynyykh ta vibroudarnyykh tekhnolohichnykh mashyn: monohrafiya*. Vinnytsya: UNIVERSUM – Vinnytsya. [in Ukrainian].
- [5] Iskovych-Lotots'kyi, R.D., Obertyukh, R.R., Sevost'yanov, I.V. (2006). *Protsesy ta mashyny vibratsiynyykh i vibroudarnyykh tekhnolohiy: monohrafiya*. Vinnytsya: UNIVERSUM – Vinnytsya. [in Ukrainian].
- [6] Shevchenko, V.V., Iskovych-Lotots'kyi, R.D. (2022). Hidrostrumeneva tekhnolohiya zanyrennya pal' v sadkakh ta vynohradnykakh. *Materialy konferentsiyi «Molod' v nauksi: doslidzhennya, problemy, perspektyvy (MN-2023)»*, Vinnytsya, URL : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2023/paper/viewFile/16838/14033>. [in Ukrainian].
- [7] Zhuravel', D.P., Petrenko, K.H. (2019). *Hidravlika. Metodychni vказivky do samostiyanoi roboty «Rozrakhunok hidropryvodu»*. Melitopol' : TDAU. [in Ukrainian].
- [8] Nalobina, O.O., Vasylychuk, N.V., Bundza, O.Z., Holotiyuk, M.V., Veselovska, N.R. , Zoshchuk, N.V. (2019). A new technical solution of a header for sunflower harvesting. *INMATEH - Agricultural Engineering*, 58 (2), 129–137. [in English].
- [9] Shatokhin, V., Ivanchuk, Y., Dvirna, O., Veselovskaya, N., Jurczak, W. (2022). Dynamic Processes Modeling in a Peristaltic Pump with a Hydraulic Drive for the Bingham Fluid. *Advances in Science and Technology Research Journal*, 16 (4), 256–269. [in English].

INCREASING THE PRODUCTIVITY OF PILE DIVING IN ORCHARDS AND VINEYARDS BY USING HYDROJET TECHNOLOGY

The need to solve the problem of reducing labor intensity, reducing the volume of earthworks, as well as reducing the time of the process of sinking piles in orchards and vineyards. Currently, the theoretical issues of the dynamics of piles when they are immersed in the soil have not been developed to the extent required by practice. The primary task here is to study the process of sinking the pile into the soil in order to achieve the required depth of immersion with minimal damage to the structure of the pile itself, and for it to perform the work that is set before it.

Naturally, in the process of sinking piles into the soil, not only elastic, but also viscous, plastic properties of the soil are manifested and its destruction occurs. The theoretical tasks of sinking the pile into the soil, taking into account the viscous, plastic properties of the soil environment and the deformation characteristics of the pile material, have not been investigated.

Nowadays, in connection with the circumstances that are currently happening in Krane, in the



Vinnytsia region, the percentage of people's involvement in agricultural affairs is growing significantly, namely: in the planting of new garden and grape plantations and lands. There is a demand for immersion equipment that can quickly and efficiently perform the assigned tasks. Therefore, increasing the productivity of the process of sinking piles in orchards and vineyards through the use of hydrojet technology is an extremely relevant topic.

The purpose of the article is to increase the productivity of the process of sinking piles in orchards and vineyards by using hydrojet technology. Creation of favorable conditions for the intensification of the production process and the application of effective methods of action on its object; continuous implementation of technological movement; reduction and general elimination of the use of unproductive labor; in particular, when performing auxiliary operations; management of the dynamic state of the system in which technological action takes place; the multifunctionality of the technological process and the harmonious combination of its main structural components are, for the most part, trends in the development of technical progress in the implementation of pile sinking.

Key words: complex, functionality, equipment, processing process, mathematical modeling, hydraulic drive, material.

F. 5. Fig. 14. Table. 1. Ref. 9.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Іскович-Лотоцький Ростислав Дмитрович – доктор технічних наук, професор кафедри «Галузевого машинобудування» Вінницького національного технічного університету (вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, Україна, 21021, e-mail: islord@ukr.net).

Шевченко Василь Васильович – магістр кафедри «Галузевого машинобудування» Вінницького національного технічного університету (вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, Україна, 21021, e-mail: lgm.17b.shevchenko@gmail.com).

Веселовська Наталія Ростиславівна – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Машин та обладнання сільськогосподарського виробництва» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008, e-mail: wnatalia@ukr.net).

Залізник Роман Олександрович – аспірант кафедри «Машин та обладнання сільськогосподарського виробництва» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: pacifist.roma@gmail.com).

Rostyslav Iskovich-Lototsky – Doctor of Science (Engineering), Professor, Department of "Branch Mechanical Engineering" of Vinnitsa National Technical University (95, Khmelnytsky Shose Str., Vinnytsia, Ukraine, 21021, e-mail: islord@ukr.net).

Vasyl Shevchenko – Master of the Department of "Industrial Mechanical Engineering" of the Vinnytsia National Technical University (95 Khmelnytske Shosse St., Vinnytsia, Ukraine, 21021, e-mail: lgm.17b.shevchenko@gmail.com).

Nataliia Veselovska – Doctor of Engineering, Professor, Head of the Department of Machines and Equipment of Agricultural Production of Vinnitsa National Agrarian University (3 Soniachna St., Vinnytsia, Ukraine, 21008, e-mail: wnatalia@ukr.net).

Roman Zaliznyak – post-graduate student of the Department "Machinery and Equipment of Agricultural Production" of Vinnytsia National Agrarian University (3 Sonyachna Street, Vinnytsia, 21008, Ukraine, e-mail: pacifist.roma@gmail.com).