

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет інженерії, транспорту та архітектури  
Кафедра галузевого машинобудування та агроінженерії

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

ОС «Баклавр»

Тема „ Використання техніки при збиранні картоплі з удосконаленням  
копача бульб”

Галузь знань 20 Аграрні науки та продовольство

Спеціальність 208 Агроінженерія

Шифр ДПАІС 23.11.00.00.000 ПЗ

Студент гр. АІ-19-1

Сеїдов Ю. Р

Керівник роботи

к.т.н., доц. Борис М.М.

Нормоконтролер

к.т.н, доц. Лук’янюк М.В.

До захисту допускаю:

к.т.н., доц. Мартинюк А.В.

Завідувач кафедри ГМ та АІ \_\_\_\_\_ 2023 р.

Хмельницький, 2023р.

## АНОТАЦІЯ

У даному дипломному проекті описана агротехніка вирощування картоплі, проаналізовано технології і стан механізації збирання картоплі в Україні та за кордоном, а також перспективні напрямки вдосконалення збиральної техніки і, зокрема, картоплекопачів, приведені основні агротехнічні вимоги до збиральної техніки.

Розроблена конструкція начіпного картоплекопача для колісного трактора класу 1,4. Проведені розрахунки і визначені основні параметри та режим роботи машини.

Ключові слова: технологія, картопля, збирання, удосконалення, картоплекопач.

## ВСТУП

У країнах з великою кількістю населення в структурі споживання все більше і більше уваги надають картоплі. За даними Міжнародного центру картоплі (Перу) гектар картоплі дає більше харчів, ніж зернові [6]. Наприклад, зібрана з одного гектара картопля дає вдвічі більше білків, ніж урожай зернових з того ж гектара.

Картопля поживна: в ній багато калію, магнію, вітамінів В і С, складних вуглеводів. Білки в ній кращої якості, ніж у сої, і що дуже важливо – картопля на 99,9% вільна від жирів. Крім того, картопля має деякі переваги в агроекономічному відношенні, порівняно з іншими сільськогосподарськими культурами, що також сприяє її розповсюдженню. Культура картоплі пластична, що забезпечує можливість вирощування її від тропіків до арктичного поясу. Картопля добре росте в умовах дощового клімату, несприятливого для вирощування більшості зернових культур; може рости на бідних піщаних ґрунтах. Картопля забезпечує високу окупність добрив.

Картопля відзначається великими запасами енергії і білка в розрахунку на одиницю площі. Так, при середньому рівні врожаю картоплі 88 ц/га одержано 28408 кДж енергії і 176 кг білка з 1 га. Ці показники для пшениці становили відповідно: 12; 16508 і 144; для рису – 19; 28827 і 127; кукурудзи – 13; 19190 і 117; сої – 13; 22000 і 442; бобів – 5; 7207 і 116.

Унікальна властивість картоплі – з неї можна приготувати більше 200 різноманітних цінних і висококалорійних блюд і продуктів харчування. Тому картопля ніколи не приїдається.

Відомо, що картопляний крохмаль у шлунку розщеплюється поступово, і тому не створюється надлишку вуглеводів, які б відклалися жиром. Крім того, калорійність 100 г картопля в п'ять разів менша за калорійність цукру. Отже, картопля, як і вироби з цілого зерна, найменше сприяє ожирінню. Крохмаль ціниться в дієтичному харчуванні. Він не подразнює слизову оболонку травного

каналу, на відміну від хліба, овочів і фруктів. Ось чому картопля є цінним продуктом для людей, хворих на виразку шлунку.

В Україні щорічно вирощують 16-18 мільйонів тонн картоплі, це стільки, як у ФРН. При цьому площі посадки картоплі у ФРН становлять близько 600 тисяч га, а в Україні – понад 1,5 мільйона га. Виробництво картоплі у ФРН повністю забезпечує цим продуктом харчування 74 мільйони чоловік, та ще й вистачає на експорт, а в Україні для забезпечення крохмалистою 48 мільйонів чоловік і потрібно завозити її з інших країн.

Основними причинами незадовільного виробництва картоплі в Україні слід вважати: відсутність держконтракту на цю культуру; недосконалість і незадовільне ведення насінництва; недостатнє забезпечення хімічними засобами боротьби з бур'янами, хворобами та шкідниками; порушення окремими господарствами громадського сектора елементарних агротехнічних вимог; недостатня якість спеціальної техніки і зокрема – збиральної.

Найбільш складна і трудомістка технологічна операція при вирощуванні картоплі – збирання врожаю. На її долю приходить до 60 % всіх затрат.

Один з головних факторів, стримуючих збільшення виробництва картоплі, - повільне освоєння механізованих технологій, а також погане забезпечення галузі необхідною сільськогосподарською технікою. В останні роки відмовлення від інтенсивних технологій виробництва картоплі призвело до спрощених методів її вирощування навіть в великих господарствах.

Технологічний процес збирання картоплі ускладнений тим, що вміст бульб в шарі ґрунту невеликий (1 – 2 % по масі). Щоб виділити 4 – 6 кг бульб, двохрядна машина повинна подрібнити і відсіяти за кожен секунду більше 200 кг ґрунту [18].

Якість роботи картоплезбиральних машин залежить в першу чергу від вологості і механічного складу ґрунту, які обумовлюють тяговий опір машин, зношення і, особливо, сепаруючу здатність робочих органів. В твердому стані ґрунт легко сепарується тоді, коли переважають піщані, супіщані частки при

оптимальній вологості і хорошій підготовці ґрунту. Руйнування статичним навантаженням грудок землі повинно бути в межах до 196 Н.

Важко відсіювати ґрунт, коли багато міцних грудок землі, для руйнування яких необхідно зусилля, не допустимі для дії на бульби (на бульби допускається навантаження не більше 80 % від руйнуючого).

Відомо, що начіпні картоплекопачі мають ряд переваг в порівнянні з їх причіпними або напівначіпними аналогами. Зокрема, вони мають значно меншу масу і більш маневреніші.

Проаналізувавши стан механізації збирання картоплі та перспективні напрямки поліпшення цих машин запропоновано удосконалення конструкція начіпного картоплекопача для викопування бульб, метою якого є зниження енергоємності процесу викопування і зменшення травмування бульб.

# 1 АГРОТЕХНІКА ВИРОЩУВАННЯ КАРТОПЛІ

## 1.1 Біологічні особливості культури

Картопля належить до родини пасльонових Solanaceae, роду солянум. Походить з Південної Америки, де росте переважна більшість її видів.

Важлива особливість картоплі – вегетативне розмноження бульбами. Може розмножуватися і насінням.

Нормальне проростання бульб картоплі у польових умовах відбувається уже при температурі ґрунту 6...8 °С. Якщо картоплю садять у холодний і перезволожений ґрунт при температурі, нижчій 6 °С, сходи нерідко з'являється через 30...50 днів. За таких умов замість пагонів можуть утворюватися дочірні бульби без з'явлення сходів. Таке саме явище відбувається і при садінні у занадто сухий ґрунт при температурі, вищій 25 °С. Найінтенсивніший ріст рослин спостерігається при температурі 17...22 °С в умовах оптимального зволоження. Температура повітря вища 42 °С, гальмує ріст рослин. При температурі 50 °С дихання досягає максимуму, рослина в'яне і може загинути. Найсприятливіша температура для формування бульб 16...17 °С. У польових умовах при температурі ґрунту, нижчій 6...7 і вищій 23 °С, приріст бульб зменшується, а при температурі понад 26...29 °С у поєднанні з нестачею вологи формування їх припиняється і шкіра на бульбах швидко грубіє. Якщо спека короткочасна, з настанням сприятливих умов ріст бульб може знову відновитися, але відбувається він нерівномірно, внаслідок чого бульби набувають неправильної форми.

Картопля досить чутлива до низьких температур. Картоплиння може пошкоджуватися уже при мінус 1<sup>0</sup> С. Але після такого приморозку воно здатне відростати.

## 1.2 Місце в сівозміні

Картопля потребує родючих, розпушених, чистих від бур'янів, добре забезпечених вологою ґрунтів. Ці фактори визначають вибір попередників під картоплю і місце її в сівозміні.

Добрими попередниками картоплі є культури, які дають значну кількість рослинних решток, сприяють очищенню полів від бур'янів, запобігають нагромадженню у ґрунті і розмноженню шкідників та збудників грибкових та бактеріальних хвороб. До таких попередників належать багаторічні трави, озимі зернові, зернобобові та бобові культури.

У Лісостепу картоплю здебільшого розміщують після озимої пшениці.

### 1.3 Система удобрення картоплі

За сприятливих умов вирощування картопля може нагромадити високий урожай, для створення якого потрібна велика кількість поживних речовин.

Для вирощування високого врожаю картоплі велике значення мають органічні добрива, в яких містяться всі елементи мінерального живлення рослин, а також корисні мікроорганізми і біологічно активні сполуки. Найціннішим органічним добривом є гній. Картопля позитивно реагує на підвищенні норми внесення гною на всіх мінеральних ґрунтах. Під картоплю вносять напівперепрілий гній, який дозріває протягом 3...5 місяців при холодному способі зберігання. Оптимальна норма внесення гною під картоплю в Лісостепу становить 30...40 т/га. Причому гній можна вносити під попередник або безпосередньо під картоплю.

Інколи під картоплю вносять компости. Найбільш поширені з них торфогноєві.

На сірих лісових ґрунтах Лісостепу досить ефективні зелені добрива – люпин, озиме жито, ріпак та інші, які забезпечують урожайність 180...160 ц/га бульб, що практично прирівнюється до ефективності 30 т/га якісних торфогнойових компостів.

На відміну від органічних добрив з мінеральних добрив картопля може засвоювати поживні речовини у достатніх кількостях як на початку вегетації, так і в період максимального росту і розвитку рослин. Ефективність мінеральних добрив залежить від типу ґрунту, погодних умов, сорту картоплі, ступеня окультуреності ґрунту тощо.

Високопродуктивні сорти Гатчинська, Бородянська, Поліська рожева та деякі інші максимальні прирости врожаю забезпечують при внесенні мінеральних добрив у нормах: азоту 90...120, фосфору 90, калію 120...150 кг/га діючої речовини.

На ґрунтах з підвищеною кислотністю кращими є лужні форми добрив (ціанамід калію, натрієва і кальцієва селітри); на слабокислих і нейтральних ґрунтах – фізіологічно кислі форми (сульфат амонію, сечовина, аміачна селітра, аміачна вода). В зоні Лісостепу фосфорні і калійні добрива під картоплю вносять восени, азотні – навесні.

У підвищенні врожаю картоплі певну позитивну роль відіграють мікроелементи (бор, мідь, марганець, цинк, молібден і т.д.), які можна вносити в ґрунт разом з мінеральними добривами, обробляти бульби розчином мікродобрив або обприскувати рослини в період вегетації під час боротьби з хворобами та шкідниками.

#### 1.4 Підготовка ґрунту під картоплю в Лісостепу

Картопля вимоглива до глибини обробітку ґрунту. Розвиток її залежить від розпушеності, провітрюваності і вологості орного шару. В глибокому орному шарі створюються кращі умови для життєдіяльності корисних бактерій, які перетворюють органічні речовини у мінеральні форми, легкодоступні для засвоєння рослинами.

У Лісостепу основні операції по внесенню добрив та підготовці ґрунту під картоплю потрібно виконувати з осені, тому що це дає змогу нагромадити і зберегти вологу в ґрунті. Тому в Лісостепу зяблева оранка під картоплю є обов'язковим агротехнічним заходом. Орють на зяб плугами з передплужниками в агрегаті з кільчасто-шпоровими котками або важкими боронами на глибину 25...30 см. Після оранки площу обробляють культиваторами для суцільного обробітку ґрунту в два сліди.

Гребені в Лісостепу нарізають з осені. Це сприяє поліпшенню фізичного стану ґрунту. Під дією вологи та періодичного промерзання ґрунту взимку відбувається кришення грудок. Крім того, застосування такої технології підготовки ґрунту дає змогу зменшити обсяг робіт навесні, провести їх в оптимальні агротехнічні строки, а головне забезпечити комбайнове збирання картоплі.

Нарізають гребені культиваторами КРН-4,2, КРН-5,6, обладнаних лапами-підгортачами, висотою 18...20 см. краще культиватори агрегатувати з трактором Т-70С. Це забезпечує потрібну прямолінійність гребенів, зменшує буксування.

Основним у підготовці ґрунту перед садінням є створення розпушеного орного шару ґрунту. А тому там де гребені нарізалися з осені, до садіння ґрунт обробляють просапними культиваторами КОН-2,8ПМ, КРН-4,2Г, обладнаними ротаційними борінками БРУ-0,7 та дисковими робочими органами. Мета такої обробки – підправити гребені, знищити сходи бур'янів, що проросли, розпушити верхній шар ґрунту.

### 1.5 Підготовка насінного матеріалу

Підготовка бульб до садіння – складова технології вирощування картоплі. У процесі підготовки насінного матеріалу, крім обов'язкового відбирання уражених хворобами й пошкоджених бульб, всю картоплю розділяють на три фракції: до 50 г – дрібну, 60...80 г - середню і понад 80 г - велику. Для цього використовують сортувальні машини КСП-15Б, КСП-25. Найкращими для садіння є бульби середньої фракції.

Для найраціональнішого використання садивного матеріалу, зокрема сортів, які утворюють великі бульби, їх ріжуть. Насінні бульби понад 50 г можна різати на дві, а 80...150 г – на 3...4 частини. Для швидкого загоювання ран різаних насінних бульб необхідно створити оптимальні умови зберігання (температура 15...20 °С, відносна вологість 95...97 %, достатня забезпеченість киснем). Якщо є змога створити такі умови зберігання, насінні бульби можна різати завчасно. Порушення технології зберігання завчасно різаних бульб призводить до масового

їх загнивання. Тому там, де неможливо створити умови для завчасного різання насінного матеріалу, різати бульби слід не раніше як за три дні до садіння.

### 1.6 Садіння картоплі

Садіння картоплі є найвідповідальнішим технологічним процесом вирощування картоплі, оскільки допущені при садінні недоліки виправити неможливо.

Оптимальні строки садіння картоплі настають тоді, коли температура ґрунту на глибині 10 см досягне 6...8 градусів за Цельсієм та ґрунт набере фізичної сплості.

Важливою умовою вирощування високих врожаїв картоплі є дотримання оптимальної густоти на період збирання. В Лісостепу вона має становити 50 тис. кущів для продовольчої та 55 тис. для насінної картоплі.

Враховуючи те, що схожість картоплі становить близько 90 %, а протягом вегетації випадає 3...5 тис. рослин на 1 га, кількість висаджуваних бульб збільшують на 10...15 % відносно рекомендованої густоти насаджень.

У Лісостепу бульби висаджують на глибину 6...8 см у гребені, нарізані з осені.

### 1.7 Догляд за посівами

догляд за картоплею полягає в повному знищенні бур'янів, створенні оптимальних умов для формування врожаю та забезпечення високоякісної роботи збиральних машин.

На догляді за посівами картоплі використовують культиватори КОН-2,8ПМ, КОН-2,8А, КРН-4,2, обладнані сітчастими або ротаційними боронами.

Перший досходовий обробіток – підгортання або кальтивацію одночасно з боронуванням – проводять через 7...10 днів після садіння. Вдруге посіви обробляють через тиждень. До з'явлення сходів залежно від погодних умов і стану ґрунту проводять 2...3, а після з'явлення – 1...2 міжрядних обробітки.

Перший обробіток ґрунту проводять на глибину 10...12 см, а наступні – до 16...18 см.

На площах, де бульби висаджені мілко, щоб уникнути їх вигортання при боронуванні, під час першого досходового обробітку нарощують гребені.

Коли рослини досягнуть висоти 10...12 см, проводять перше післясходове розпушування міжрядь на глибину 13...15 см.

Підгортають рослини у фазі бутонізації, коли вони досягнуть висоти 20...25 см. для цього використовують лапу – підгортач. Глибина розпушування 13...15 см.

Значної шкоди картоплярству завдає фітофтора та колорадський жук. За період вегетації слід провести декілька обробок рослин інсектофунгіцидами. Перший раз посіви картоплі проти колорадського жука обприскують при масовому з'явленні личинок другого віку. Вдруге проводять сумісне обприскування проти фітофтори і колорадського жука. Проти фітофтори застосовують каптан, купрозан, цинеб. Наступні обприскування проводять з інтервалом 10...12 днів.

## 1.8 Збирання картоплі

Строки збирання залежать від сорту, зони вирощування та призначення посівів. Збирають картоплю при повному досягненні, про що свідчить початок відмирання картоплиння. Стиглі бульби менш чутливі до пошкодження та ударів, краще зберігаються.

Після досягання бульб врожайність їх при перебуванні у ґрунті протягом 20...25 днів зменшується неістотно. При тривалому перебуванні бульб у ґрунті збільшується ураженість хворобами та пошкодження шкідниками, що призводить до погіршення якості і збільшення відходів під час зберігання.

Поле під картоплею до збирання готують заздалегідь. Обов'язковим агротехнічним прийомом, що поліпшує умови роботи при збиранні є попереднє знищення картоплиння. На посівах продовольчої картоплі за 2...3 дні до збирання

його скошують. На насінних ділянках це роблять за 12...15 днів до збирання. На важких та запливаючих ґрунтах, особливо у вологі роки, перед збиранням міжряддя розпушують стрілочастими лапами на глибину залягання бульб, що посилює аерацію, прискорює їх досягання та полегшує роботу комбайнів.

Збирання картоплі треба організувати так, щоб закінчити його за 20...25 днів з моментом нагромадження сортом максимального врожаю та відмирання картоплиння.

При механізованому збиранні при температурі нижче 6...7 °С різко збільшується пошкодження бульб, а тому збиральні роботи необхідно організувати так, щоб закінчити процес збирання до набуття ґрунтом зазначеної температури.

### 1.9 Сорти картоплі та їх характеристика

Одержання високого врожаю будь-якої сільськогосподарської культури пов'язане насамперед із створенням високопродуктивних, стійких до хвороб та шкідників сортів. Останнім часом через значне поширення в Україні такого шкідника картоплі як золотиста картопляна нематода, дедалі більшого значення набуває створення та впровадження в виробництво стійких до цієї хвороби сортів.

Перспективними в цьому відношенні є сорти, які занесено до Державного реєстру або проходять державне сортовипробування – Пролісок, Віхола, Берегиня, Галичанка, Седнівська рання, Пекуровська, Водограй, Добрович [5].

В європейських країнах проблема нематодостійкості в селекції сортів картоплі вирішена значно краще. Так, на сьогодні у Нідерландах відомо 60 сортів та 28 гібридів, стійких до картопляної нематоди. У Німеччині серед 131 сортів – 76 нематодостійких. Шість з сімнадцяти зареєстрованих у Великобританії сортів є стійкими до нематоди.

Оскільки вітчизняних сортів з цією ознакою дуже мало, то на практиці все більше і більше використовуються закордонні сорти та гібриди. Порівняльна характеристика сортів та гібридів представлена в табл. 1.1.

Як видно з таблиці, вітчизняні сорти картоплі, які стійкі до нематоди, поступаються своєю продуктивністю перед закордонними сортами та гібридами.

У сільськогосподарському виробництві використовують значну кількість сортів картоплі з різними морфологічними, урожайними, якісними та іншими показниками. За останні роки до державного реєстру рослин України внесено 37 сортів різних строків досягання і господарського призначення. Крім того,

Таблиця 1. 1 - Продуктивність і товарність сортів картоплі

Сорт, гібрид	Урожай, г/кущ	Товарність, %
Санте	1497	94
81.459с18	1063	88
88.1450с2	953	80
Густо	933	80
Барбара	882	91
Невська	880	85
Гітте	820	87
Ронла	773	92
Хілта	663	91
<u>Доброчин</u>	347	83

вирощують ще й перспективні сорти, інколи навіть сорти, що не входять у державний реєстр. Серед сортів, що їх внесли до державного реєстру є [ 6 ]:

Ранньостиглі. Зов, Каскад Поліський, Незабудка, Перуковський, Гарт, Бородянська рожева, Пролісок, Божедар, Кобза, Посвіт.

Середньоранні. Адретта, Мавка, Невська, Світанок київський, Радомишльська, Берегиня, Водограй, Житомирянка, Пост-86, Доброчин, Горлиця.

Середньостиглі. Віхола, Гатчинська, Луговська, Українська рожева, Витязь, Либідь, Придеснянська.

Середньопізні. Воловецька, Зарево, Ікар, Поліська рожева.

Пізньостиглі. Древлянка, Ласунак, Полонина, Тема.

До сортів, що мають високі смакові якості належать Адретта, Воловецька, Древлянка, Зарево, Луговська, Ласунак, Мавка, Полонина, Світанок київський.

Високим вмістом крохмалю відзначаються сорти: Воловецька (19,4%), Витязь (17,5...19,7), Зарево (19,8...22,9), Ласунак (16,8...20,4), Полонина (20,3), Темп (18,5...20,9).

## 2 СТАН МЕХАНІЗАЦІЇ ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ

Найбільш складна і трудомістка технологічна операція при вирощуванні картоплі – збирання врожаю. На її долю приходить до 60 % всіх затрат.

Один з головних факторів, стримуючих збільшення виробництва картоплі, - повільне освоєння механізованих технологій, а також погане забезпечення галузі необхідною сільськогосподарською технікою. В останні роки відмовлення від інтенсивних технологій виробництва картоплі призвело до спрощених методів її вирощування навіть в великих господарствах.

Найбільш розповсюджений спосіб збирання картоплі – комбайновий. Він економічно оправданий при врожайності не нижче 100 ц/га. Для збільшення продуктивності комбайна в умовах хорошої сепарації ґрунту використовують комбіноване збирання. Найбільша продуктивність комбайнів досягається при потоковому збиранні. На середніх і важких ґрунтах при їх вологості 24...26% застосовують роздільний спосіб збирання. При підвищеній вологості ґрунту, коли зібрана комбайном картопля має значні домішки, проводять переривчасте збирання (з сортуванням бульб після тимчасового зберігання). На легких та середніх ґрунтах, які легко піддаються сепарації, доцільно застосовувати картоплекопачі. На початку збиральних робіт рекомендується провести міжрядний обробіток з метою розпушення ґрунту для покращення його сепарації. Збирання бульб картоплекопачами з наступним підбиранням їх вручну застосовують на невеликих ділянках, полях з нерівним рельєфом, які непридатні для комбайнового збирання.

По кількості рядків картоплі, які збирає машини діляться на одно-, двох-, трьох- та чотирьохрядні.

Для скошування та подрібнення картоплиння використовують косарки-подрібнювачі КИР-1,5, КИР-1,5Б, КРУ-1,5, а на гребневих посадках з міжряддям 70 см – подрібнювачі БД-1 і БД-2, які скошують картоплиння, подрібнюють і

розкидають по полю. Для збирання комбайнами висота зрізу картоплиння повинна бути 18-20 см, картоплекопачами – 8-10 см. Технічні характеристики цих машин приведені в таблиці 3.1.

Таблиця 2.1 - Технічні характеристики машин для збирання гички

Марка машини	Продуктивність, га/год	Ширина захвату, м	Робоча швидкість, км/год	Маса, кг	Клас тяги трактора
КИР-1,5Б	до 0,7	1,5	до 8	1800	1,4
КРУ-1,5	до 0,6	1,5	до 8	900	1,4
БД-2-70	до 1,0	1,4	до 7	350	0,6-0,9
БД-1	до 0,7	1,4	до 6	300	0,6-0,9

На збиранні бульб використовують комбайни родини ККУ (рис. 3.1) та КПК (рис. 3.2), а також КИТ-2 та ін. Базова модель – двохрядний напівначіпний комбайн ККУ-2А, призначений для збирання картоплі на гребнях або з рівною поверхнею ґрунту. Його продуктивність – 0,32 - 0,43 га/год., робоча швидкість 1,8 – 4,0 км/год, бункер вміщує 700 – 800 кг бульб, обслуговують машину 4-5 допоміжних робітників.

ККУ-2А-1 з пасивним леміхом, призначений для прямого комбайнування насаджень картоплі на гребнях та рівній поверхні.

ККУ-2А-3 призначений для збирання на торф'яних ґрунтах прямим комбайнуванням, роздільним та комбінованим способом. Він має здвоєні ходові колеса, робоча швидкість до 3 км/год, ємкість бункера 700-800 кг, продуктивність 0,4 га/год, обслуговує машину 7 робітників.

ККУ-2А-4 призначений для збирання двофазним способом на легких ґрунтах, які слабо засмічені камінням. На відміну від базової моделі ходові колеса мають поворотний пристрій для встановлення їх в транспортне і робоче положення. Ширина захвату – 1,4 м, робоча швидкість 2,3 – 2,9 км/год, продуктивність 0,32 – 0,4 га/год. Обслуговують агрегат 7 робітників.

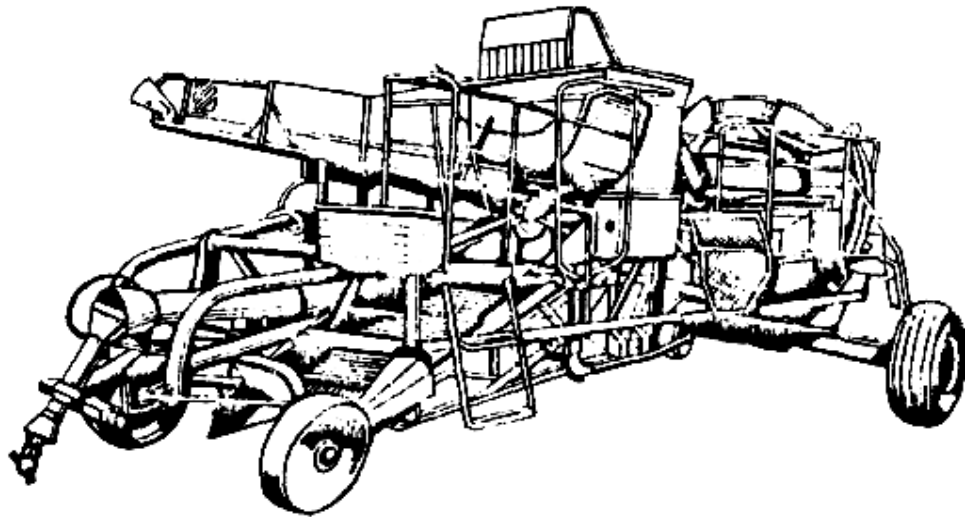
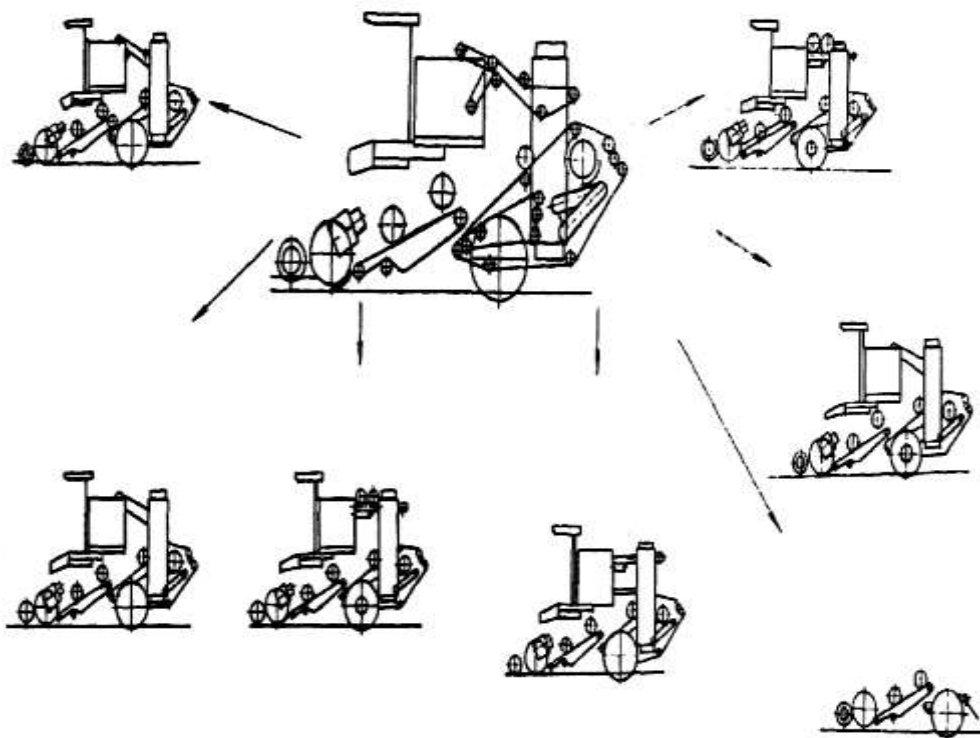


Рисунок 2.1 - Картоплезбиральний комбайн ККУ-2А-4



1 - базова модель КПК-3; 2 - КПК-2; 3 - КПК-2-1; 4 - КІЖ-2-2; 5 - КПК-2-3;  
6 - КПК-3-1; 7 - КПК-4; 8 - КП-3 (2)

Рисунок 2.2 - Уніфіковані моделі комбайнів типу КПК

В важких умовах збирання використовують картоплекопачі, в тому числі РК-1МА2 (рис. 2.3) та КДН-2 (рис. 2.4). Технічні характеристики копачів приведені в таблиці 3.2.

Таблиця 2.2 -Технічні характеристики картоплекопачів

Марка	Продуктивність, га/год	Ширина захвату, м	Робоча швидкість, км/год	Маса, кг
КСТ-1,4А	0,27-0,91	1,4	до 6,5	1120
КСТ-1,4-2	0,54-0,68	1,4	3,8-4,8	1260
КТН-1Б	0,3-0,4	0,7	5 - 6	225
КТН-2	0,25-0,47	1,4	1,8-3,4	800
КДН-2	0,28-0,75	1,4	2,0-5,4	750
КТН-1А	0,2-0,4	0,7	3,6-4,6	190
Л-651	0,2-0,45	0,7	до 0,7	420
Л-652	0,27-0,91	1,4	1,9-6,5	1125
КГ-1	До 0,2	0,7	до 6	200
КРУ-1	0,38	0,7	5,4	100
РК-1МА	0,15-0,25	0,7	3,2-4,0	130
КН-1	0,25	0,7	до 3	200
КБН-2	0,2-0,5	1,4	до 3,5	500
ВК-30	0,2	0,9	до 5	1100
ККЕ-2	0,28-1,08	1,8	до 5	698
ККЕ-1	0,14-0,42	0,7	2-6	650

Найбільш поширеним в господарствах, які займаються вирощуванням картоплі, є комбайн ККУ-2 “Дружба” елеваторної та грохотної модифікації (рис. 2.5) [9].

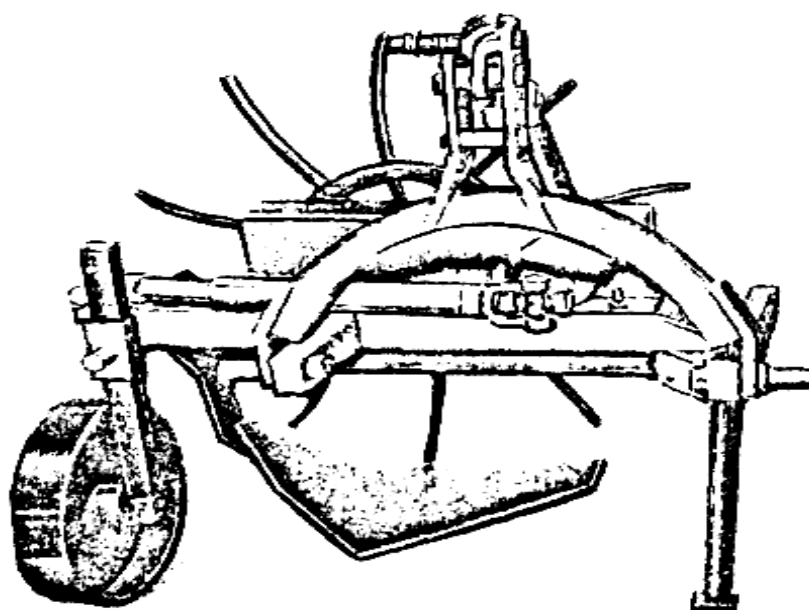


Рисунок 2.3 - Начіпний картоплекопач РК-1МА

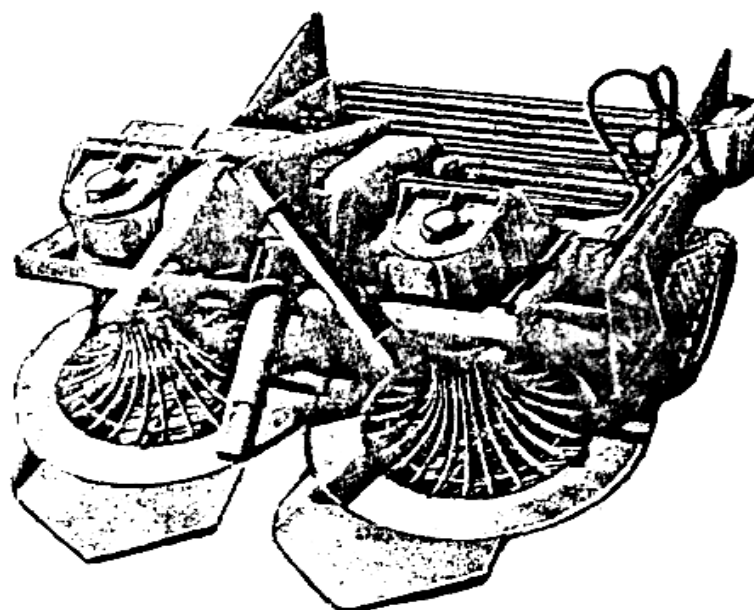


Рисунок 2.4 - Начіпний картоплекопач КДН-2

В 1981 році було створено перший самохідний картоплезбиральний комбайн КСК-4-1 (рис. 2.5). Застосування в великих господарствах, які займаються вирощуванням картоплі на великих площах показало, що комбайн КСК-4-1 з одним механізатором збирає за сезон 100 – 150 га картоплі, замінюючи тим самим 4 – 7 агрегатів з двохрядними комбайнами. Затрати праці на збирання 1 га становили: КСК-4-1 – 5,41 люд.год., ККУ-2 – 41,18 люд.год. Витрати пального на 1 га в чотирьохрядного комбайна були знижені на 12,6 % [9].

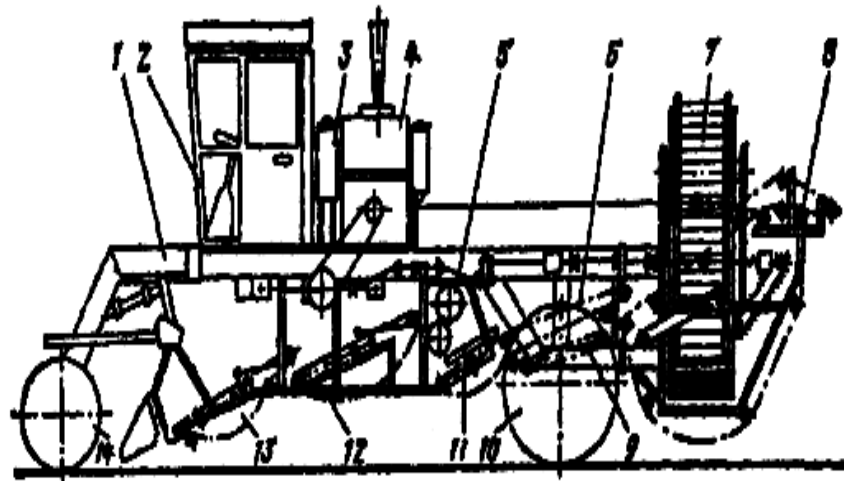
Недоліком цієї машини є досить висока ціна і малий період використання в сезон. Тому вузли для збирання було запропоновано об'єднати в енергетичний модуль, а робочі органи його можна міняти для збирання різних культур. Один механізатор може за допомогою енергомодуля і набору машин і блоків до нього вирощувати та збирати картоплю та цукровий буряк на площі 100 – 150 га. Після закінчення збиральних робіт механізатор самостійно (без застосування вантажних пристроїв) може зняти збиральні вузли та блоки і застосовувати енергомодуль на виконанні транспортних, будівельних та дорожніх робіт. Строки окупності блочно-модульного комбайна в такому випадку знижуються в 2-3 рази.

Проведено роботи по модернізації комбайна ККУ-2А і на його базі був створений комбайн КВ-2, який успішно пройшов випробування (рис. 2.6) [10].

Комбайн КВ-2 має наступні переваги перед ККУ-2А:

- більш досконалу грядко-копіруючу систему;
- покращену підкопувальну систему;
- другий (каскадний) прутковий елеватор без струшувачів, використовується для сепарації ґрунту відцентрово-вижимний принцип і менше пошкоджуються бульби;
- удосконалену систему гичковідділення підвищеної надійності;
- балони-грудкороздавлювачі значно збільшеної надійності;
- бункер підвищеної місткості.

Поздовжня база комбайна КВ-2 зменшена в порівнянні з ККУ-2А на 1 м, а його маса не перевищує масу ККУ-2А (4 – 4,2 т).



1 - рама; 2 - площадка водія з кабіною; 3 - привід робочих органів; 4 – силовий агрегат; 5 - грудкоруйнівник; 6 - третій елеватор; 7 вивантажувальний транспортер; 8 - гичковіддільник; 9 - виносний транспортер; 10 - міст ведучих коліс; 11 поперечні транспортери; 12 - другий елеватор; 13 приймальна частина; 14 - міст керованих коліс

Рисунок 2.5 - Функціональна схема комбайна КСК-4-1

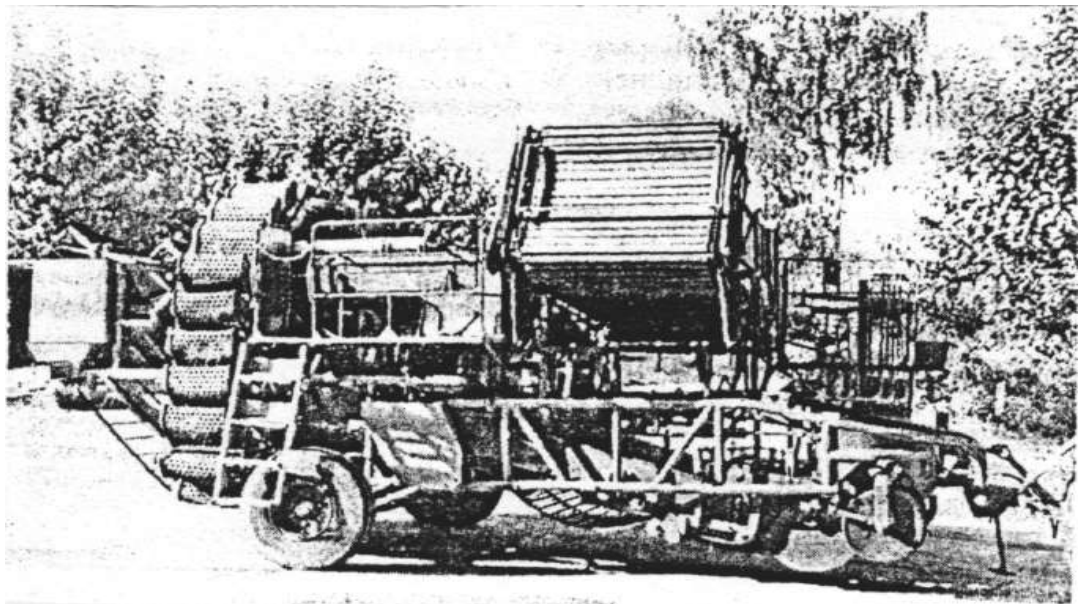
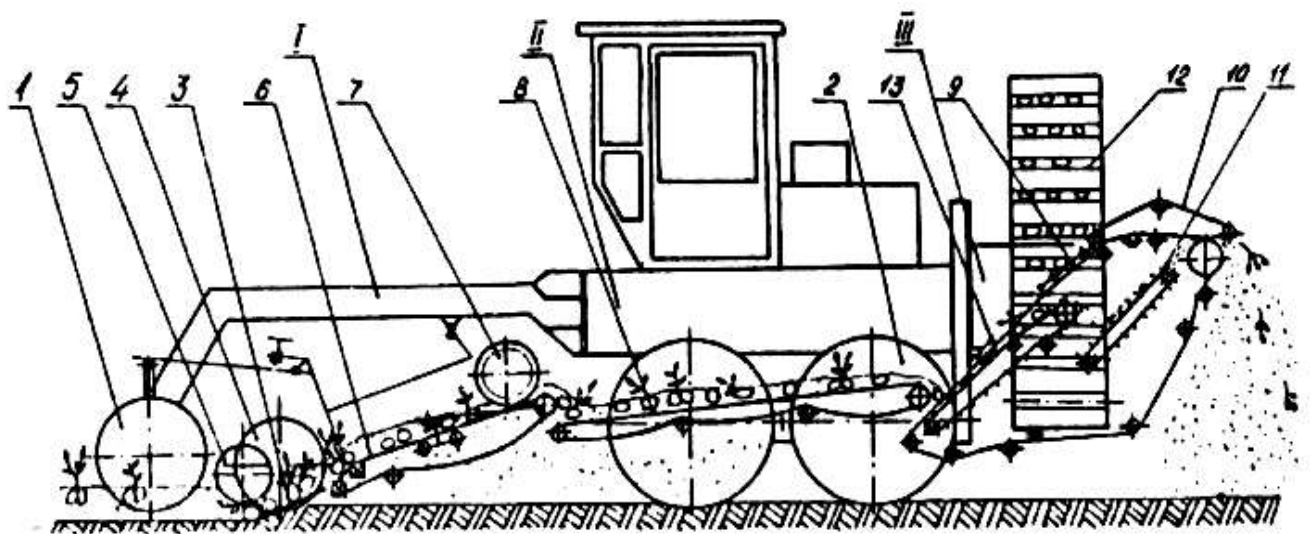


Рисунок 2.6 - Загальний вигляд комбайна KB-2

В останні роки розроблено комбайн КИТ-2, але він має значні габарити і масу (7 т). В цій машині другий прутковий елеватор розташований над ходовими колесами. Щоб подати на нього підкопану масу, перший елеватор роблять збільшеної довжини (більше 3,5 м) і встановлюють під великим кутом, що викликає скочування і пошкодження бульб. Таким чином, головний прутковий елеватор комбайна ККУ-2А має більш раціональні параметри і їх необхідно зберегти в нових машинах.

Ведуться роботи по розробці блочно-модульних самохідних картоплезбиральних комбайнів, наприклад БМСК-4К [11]. В процесі роботи комбайна лемеші з активними дисками підрізають шар ґрунту з бульбами з чотирьох суміжних грядок і подають його на головні елеватори, де проходить сепарація ґрунту (рис. 2.7). Маса, яка залишилася, направляється до звужуючих шнеків, які зсувають її до центральної частини комбайна для передачі на другий елеватор. Звідси маса поступає на прутковий транспортер, третій елеватор, пальчикову гірку і вивантажувальний транспортер.



1- керуюче колесо; 2-ведуче колесо; 3- леміш; 4-активний диск; 5-опорні копіювальні котки; 6-головний елеватор; 7-звужуючий шнек; 8-другий елеватор; 9 рідко-прутковий транспортер; 10-полотно; 11-гірка; 12-вивантажувальний транспортер

Рисунок 2.7 - Чотирьохрядний блочно-модульний самохідний комбайн БМСК-4К

Гичка і довгі бур'яни проходять між прутковим транспортером і гичкоприжимним полотном і виносяться на зібрану частину поля, а бульби, які відірвалися від гички, падають на пальчикову гірку і скочуються з неї на вивантажувальний транспортер, який подає бульби в транспортні засоби. Проведені випробувальні роботи показали перспективність таких блочно-модульних комбайнів.

Серед картоплекопачів, призначених для роботи в важких умовах, найбільш перспективним є елеваторно-модульний двохрядний начіпний копач КДН-1,4, який агрегується з трактором класу 1,4 і має масу 440 кг [12].

Під час руху агрегату вздовж рядків котки копіюють мікрорельєф (забезпечують постійну глибину підкопування рядка), кришать грудки землі на дрібніші фракції і частково відривають гичку від бульб. Далі ґрунт підрізається лезом лемеша, під натиском попередніх не підкопаних шарів ґрунту направляється вгору по нахиленій поверхні і частково сепарується крізь зазори між клавішами. При попаданні каміння та інших твердих сторонніх предметів в простір між лемішем і прутковим полотном-сепаратором клавіші повертаються вгору, збільшуючи простір і виключаючи їх заклинення.

Шар ґрунту з бульбами з кінців клавіш лемеша захоплюється П-видними прутками полотна-сепаратора і транспортується вгору. При цьому шар ґрунту розривається на окремі частини, одночасно кришиться і просіюється між прутками полотна-сепаратора. Гичка, притиснута котками до вершин грядок, частково відривається від бульб. Маса, яка залишилась, транспортується вгору і попадає на поверхню прогумованого екрана-дозатора. При зустрічі бульб, грудок і каміння з поверхнею екрана-дозатора вони втрачають швидкість і напрямок руху і під дією власної ваги падають вниз на поверхню активного бульбоуловлювача, де знову втрачають швидкість. Далі каміння і грудки землі падають вниз, а потім останніми падають бульби картоплі на зібране поле.

Проведені господарські випробування копача показали:

- машина в агрегаті з трактором МТЗ забезпечує збирання картоплі на підвищених швидкостях (ІУ передача) на легких ґрунтах при оптимальній в зниженій вологості;

- на відміну від машини КСТ-1,4 бульби картоплі після викопування машиною КДН-1,4 мають хороший товарний вигляд і практично не пошкоджені;

- порційне захоплення маси з кінця лемеша і відділення бульб від каміння і грудок землі по питомій вазі і парусності дозволяє збирати картоплю незалежно від типу, вологості ґрунту і наявності в ній дрібного каміння;

- відсутність в машині КДН-1,4 великої кількості пруткових полотен-сепараторів, ланцюгових передач, різних зірочок сприяє покращенню умов експлуатації.

### 3 УДОСКОНАЛЕННЯ КАРТОПЛЕКОПАЧА ТА ЙОГО РОЗРАХУНКИ

#### 3.1 Огляд конструкцій робочих органів для відділення бульб від ґрунту

Процес збирання картоплі пов'язаний з рядом труднощів, а також особливостей цієї культури, які доводиться враховувати при організації процесу збирання. Ці особливості такі:

1. Картопля вирощується на самих різноманітних ґрунтах. Тому виникають труднощі по забезпеченню руйнування пласта ґрунту з різними фізико-механічними властивостями.

2. При роботі на глинистих ґрунтах з підвищеною вологістю (22 – 32%) різко знижується сепарація цього ґрунту у зв'язку з підвищеною пластичністю і липкістю його.

3. Бульби картоплі легко пошкоджуються. Так, при падінні бульб на прутковий елеватор з висоти всього 0,25 м пошкоджується від 29 до 68% бульб [17].

4. Великі труднощі при збиранні картоплі машинами викликає розвинене бадилля. Залежно від зони вирощування, сорту картоплі та строків збирання довжина бадилля коливається від 0,5 до 0,8 м.

5. Глибина залягання бульб перебуває в межах від 0 до 24 см, а ширина досягає 36 см, що обумовлює необхідність збирання підкопуючими органами машини пласта ґрунту великого поперечного перерізу.

6. При відокремленні ґрунту від картоплі в процесі сепарації будь-якими робочими органами неминучі втрати бульб.

Аналізуючи вище наведені чинники, стає зрозумілим, що питання по розробці простої, надійної, продуктивної картоплезбиральної машини досить актуальне. Можливо, немає сенсу змінювати всі робочі органи, але деякі вдосконалити вкрай необхідно, особливо це стосується сепаруючих органів. Від якості сепарування залежить 80% успіху при збирання картоплі.

Ґрунт, що попадає на сепаруючі органи, може бути у вигляді маленьких грудок, грудок близьких по розмірах до бульб, великих брил або тістоподібної

пластичної маси. Для відокремлення бульб від різноманітних по розмірах і властивостях елементів на протязі розвитку картоплезбиральної техніки випробувало декілька десятків типів сепаруючих робочих органів, заснованих на різноманітних принципах дії.

Багаторазові спроби створити універсальний робочий орган, здатний сепарувати бульби від ґрунту при будь-якому стані останнього, призвели до затримки вирішення проблеми в цілому, так як ця ідея на сучасному рівні техніки виявилась такою, що неможна вирішити. Більш правильним є створення сепаруючих робочих органів для конкретного стану ґрунту на основі аналізу різниці в фізико-механічних властивостях.

Розглянемо різновидності сепаруючих органів, які найчастіше застосовуються в нашій країні і за кордоном. Найбільше застосування одержали сепаруючі робочі органи просіюючого типу. В картоплезбиральних машинах застосовують просіюючі робочі органи різних типів з різноманітними кінематичними схемами, але основними типами сепаруючих робочих органів є решета з коливальним рухом (рис.3.1 а), пруткові елеватори (рис.3.1 б), барабанні (рис. 43.1в) і валкові (кулачкові) (рис.3.1 г) грохоти.

Хоча і минуло більше ста років з моменту використання пруткового елеватора для відокремлення ґрунту від бульб він і сьогодні залишається основним робочим органом. Широке розповсюдження прутковий елеватор одержав за рахунок простоти конструкції і можливості одночасно з сепарацією здійснювати транспортування пласта вверх при куті нахилу  $20 - 25^{\circ}$ . Машини, рухаючись по полю із змінним рельєфом змінюють своє положення, що впливає на рух вороху по сепаруючій поверхні. Елеваторний тип сепаруючого органу менше за інших чутливий до таких змін положення машини.

Поряд із перерахованими якостями прутковий елеватор має і суттєві недоліки: наявність великої кількості поверхонь тертя, внаслідок чого швидко спрацьовується деталі і необхідні додаткові затрати на привід елеватора; значна металоємність, визвана тим, що робоча вітка пруткового полотна складає менше

40% загальної довжини полотна; злипання пруткового полотна при роботі на вологих ґрунтах [18].

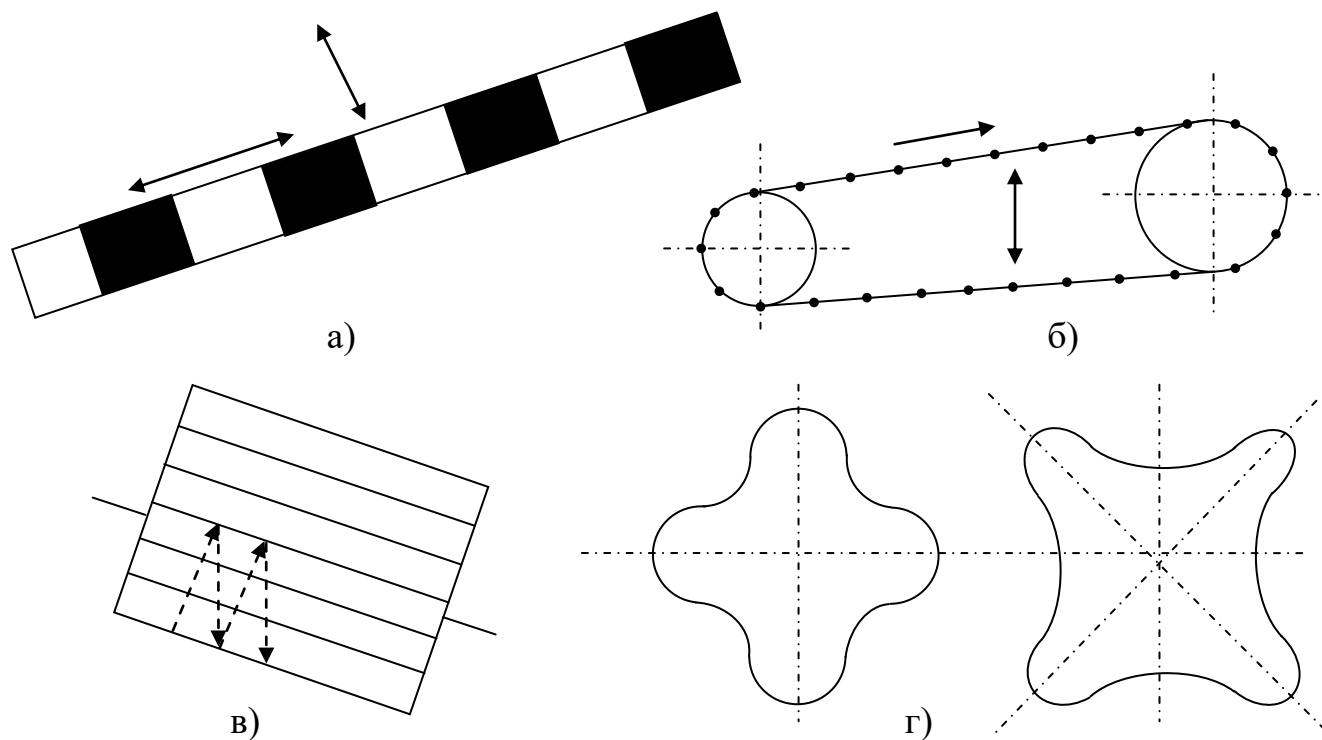


Рисунок 3.1-Типи сепаруючих робочих органів картоплезбиральних машин

Великий вплив на розвиток конструкцій сепаруючих робочих органів мала техніка, що застосовується в гірничій промисловості. Звідти перейшли в картоплезбиральні машини грохоти. Перевагою грохотів є те, що вони дозволяють без особливих труднощів шляхом заміни решіт змінювати просвіт між прутками в необхідних межах. Недоліком всіх грохотів є певна трудність у зрівноваженні інерційних сил, виникаючих при зворотно-поступальному русі. Досить широке використання в ранніх конструкціях картоплезбиральних знаходили барабанні грохоти, які відрізняються надійністю в роботі і стійкістю. Їх перевагою була також відсутність неврівноважених інерційних сил та можливість підняття маси на велику висоту. Однак барабан забивається рештками рослин і вологим ґрунтом, у зв'язку з чим різко знижується його сепаруюча здатність. При роботі на каменистих ґрунтах бульби сильно пошкоджуються в барабанні

камінням.

Із інших відомих сепараторів розглянемо клавішні і гвинтові сепаратори (рис. 3.2).

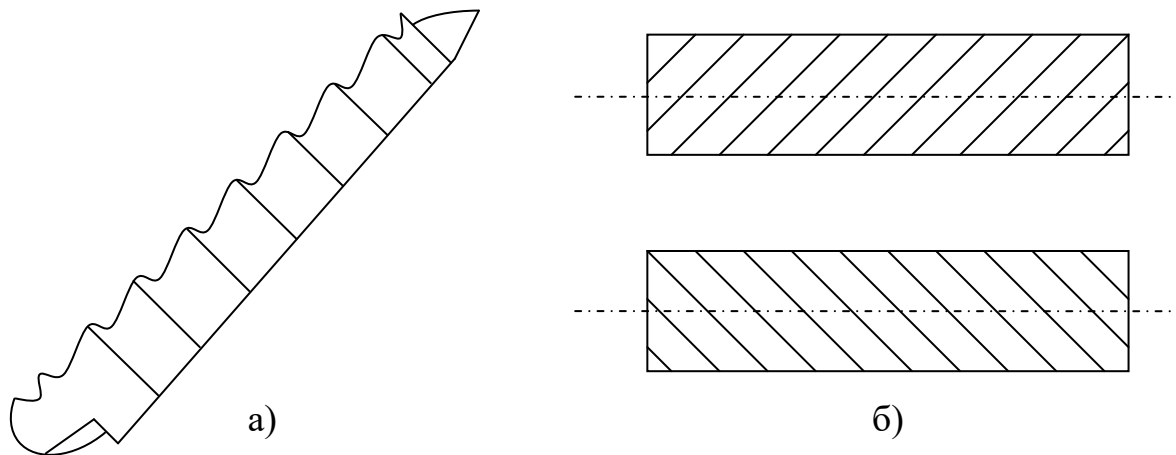


Рисунок 3.2 – Клавішні і гвинтові сепаратори

Прутково-клавішний сепаратор (рис.4.2а) складається з двох секцій пруткових клавіш, нахилених під кутом до горизонту. Прутки між собою мають певний зазор. Одна секція має одинадцять прутків, друга – дванадцять. Прутки однієї секції розміщуються між прутками другої секції і утворюють дванадцять перепадів в кожній секції.

Гвинтові сепаратори використовують, як правило, на бурякозбиральних машинах. Однак американська фірма “Брюнкер” застосувала їх для відділення бульб від ґрунту в картоплезбиральних машинах. Недоліком гвинтових сепараторів є значне пошкодження бульби картоплі.

Таким чином, ні один із розглянутих робочих органів для сепарування картоплі не володіє абсолютною перевагою.

### 3.2 Удосконалення картоплекопача і його будова

Сепарація картоплі – одна із основних операцій картоплезбиральних машин. З метою підвищення продуктивності і зменшення травмування бульб картоплекопачам КТН-2В пропонується замість основного пруткового елеватора встановити елеватор, виконаний у вигляді паралельно розміщених до

поздовжньої осі машини ланцюгових передач. Це дозволить не лише зменшити пошкодження картоплі, але і підвищити продуктивність.

Особливістю запропонованого сепаруючого органу є те, що з метою активації сепарації зірочки ланцюгових передач мають різні діаметри, а відтак мають різні лінійні швидкості.

Сепаруючий пристрій картоплекопача виконаний так, що в поперечній площині діаметри зірочок на вході вибрані таким чином, що описуюча їх крива має вгнуту, а на виході опуклу форму. Для забезпечення роботи сепаруючої поверхні ведучим виконаний вал із зірочками на виході, а зірочки на вхідному валу встановлюються на підшипниках ковзання і є веденими. Для прискорення процесу просіювання ґрунту робоча вітка має піддержуючі зірочки, які встановлені на валу за допомогою підшипників ковзання. З метою запобігання втрат картоплі при сепарації леміш виконаний змінної довжини, причому форма обрізу відповідає описуючій кривій зірочок на вході.

Для підвищення ступеня кришення пласта ґрунту лемішом та зменшення тягового опору копача пропонується приймальну частину леміша картоплекопача виконати у вигляді криволінійної поверхні.

Основними вузлами і механізмами картоплекопача є рама, леміші, основний елеватор (ланцюговий), каскадний елеватор, карданна передача, редуктор, опорні колеса, відбивачі.

Рама призначена для кріплення всіх вузлів копача. Вона являє собою просторову зварну конструкцію штампових боковин і прокатних профілів.

Леміші призначені для підрізання картопляних грядок і подачі маси (ґрунт, картопля, бадилля) на основний елеватор. Картоплекопач має 3 леміші: два крайніх і один середній. Крайні леміші обладнані відкидними клапанами, які використовуються як перехідний місток з лемішів на основний елеватор. Лівий та правий леміші закріплені на кронштейнах, середній – на середній стінці.

Основний елеватор призначений для просіювання більшої частини попавшого на нього ґрунту. Основний елеватор складається з двох частин,

розділених між собою середньою стінкою. Виконаний елеватор у вигляді ланцюгових передач. У поздовжній площині несучі ланцюги встановлені на зірочки з різним діаметром і мають відповідно різні лінійні швидкості.

Каскадний елеватор змонтований в задній частині картоплекопача і складається з полотна, ведучого вала із зірочками, направляючих катків і струшувачів (лист ). Каскадний елеватор здійснює послідовну сепарацію ґрунту.

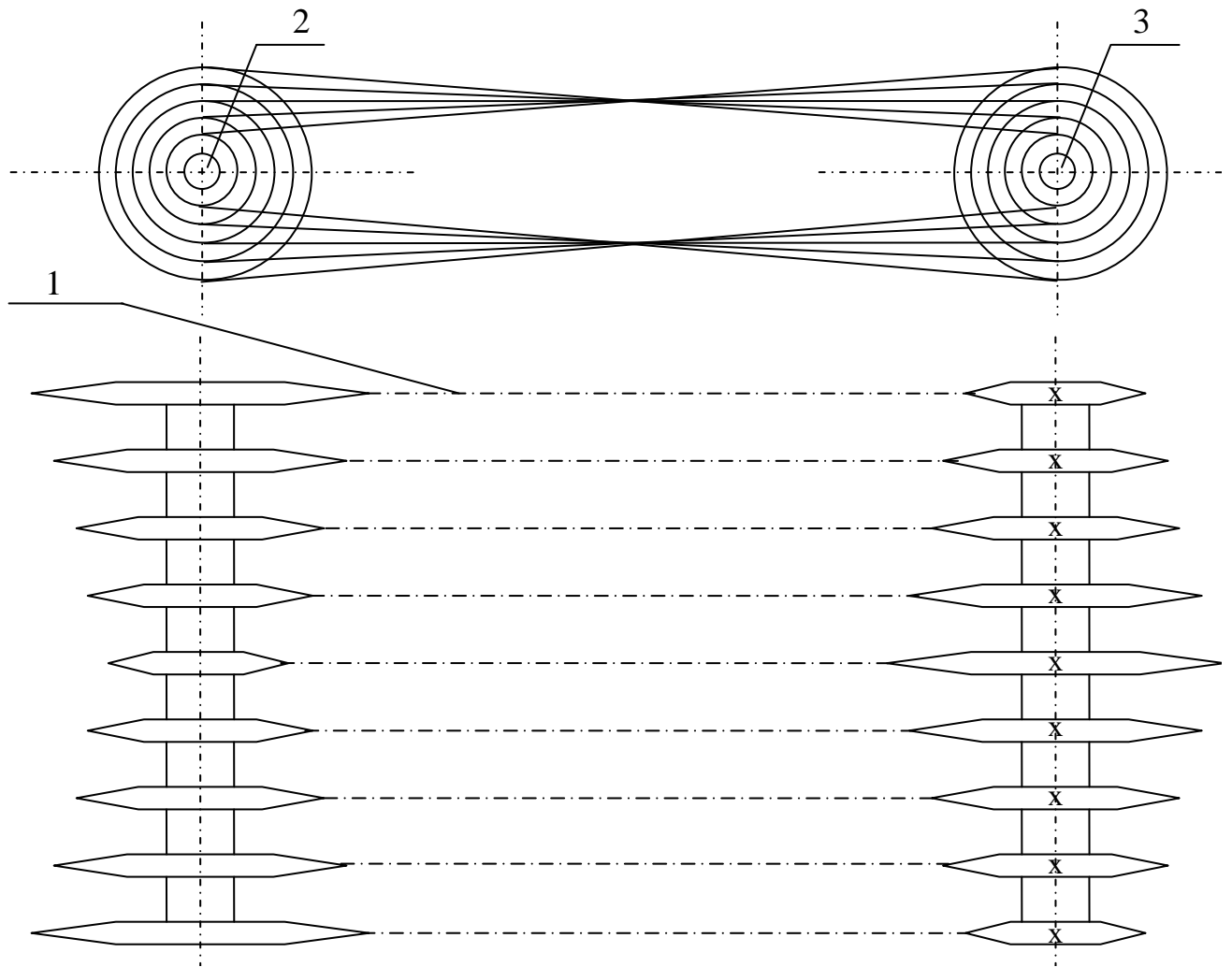
Привід робочих органів копача здійснюється від валу відбору пружності трактора за допомогою телескопічного вала і редуктора.

Редуктор являє собою зубчасту передачу. Крутний момент від ВВП трактора через телескопічний вал передається на конічне колесо і ведений вал з напівмуфтою. Для запобігання випадкових поломок робочих органів і механізмів передач копача на поперечному валу змонтована запобіжна муфта, автоматично роз'єднуючи передачу на робочі органи при перенавантаженні.

Для зменшення розкидання картоплі після картоплекопача, позаду каскадного елеватора, по боках встановлені відбивачі, являючи собою гребні з обрізаних прутків.

За допомогою опорних коліс картоплекопач переміщується і копіює рельєф поля під час роботи.

Принцип роботи картоплекопача заключається в наступному. Підрізаний лемішами пласт поступає на основний елеватор машини. під час переходу на елеватор пласт підлягає подрібненню за рахунок різниці поступальної швидкості трактора і швидкості ланцюгових передач. На основному елеваторі частина маси просіюється через просвіти між ланцюгами. Для прискорення процесу просіювання ґрунту робоча вітка має вертикальне струшування, яке здійснюється струшувачами еліптичної форми. Непросіяна маса ґрунту, бульби картоплі і бадилля після проходження через каскадний елеватор викладається на поверхню поля по сліду машини.



1 – ланцюгова передача; 2 – ведений вал; 3 – ведучий вал

Рисунок 3.3 - Ланцюговий елеватор удосконаленого копача

### 3.3 Визначення параметрів леміша

Згідно рекомендацій технологічними граничнодопустимими робочими швидкостями при збиранні картоплі картоплекопачем КТН – 2В можуть бути швидкості 3,5 ... 5,5 км/год (0,97 ... 1,53 м/с) [16]. З метою запобігання накопичення маси при переході з підкопуючого робочого органу на основний елеватор, швидкість транспортування маси  $V_m$  повинна перевищувати швидкість руху агрегату в 1,5 рази [18].

$$\frac{V_m}{V_i} = 1,5, \quad (3.1)$$

При недодержанні цієї умови в передній частині елеватора буде

накопичуватися маса і розсипатися на сторони. Отже, швидкість основного елеватора повинна бути в межах:

$$V_m = (0,97...1,53) \cdot 1,5 = 1,45...2,29 \text{ м/с.}$$

Основними параметрами пасивного леміша є кут нахилу  $\alpha$ , кут сходу  $\gamma$ , ширина  $B$  та довжина робочої поверхні.

Ширину леміша визначаємо із співвідношення:

$$B_l = B_{ш} - B_m + 2\Delta B_m, \quad (3.2)$$

де  $B_{ш}$  – ширина міжряддя,  $B_{ш} = 0,7$  м;

$B_m$  – ширина шини трактора,  $B_m = 0,35$  м [16];

$\Delta B_m$  – величина, на яку збільшується ширина леміша з метою запобігання пересипання підкопуючого пласта через краї,  $\Delta B_m = 0,07 \dots 0,12$  м.

$$B_l = 0,70 - 0,35 + 2 \cdot 0,1 = 0,55 \text{ м.}$$

Кут нахилу леміша до горизонту вибирається конструктивно. Згідно рекомендацій, доцільно щоб  $\alpha = 24^0$  [18].

Довжину леміша визначаємо із співвідношення:

$$L = h_{гр} \cdot \frac{1}{\sin \alpha}, \quad (3.3)$$

де  $h_{гр}$  – висота гребня в см,  $h_{гр} = 0,15$  см.

$$L = 15 \cdot \frac{1}{\sin 24^0} = 0,41 \text{ м.}$$

Приймаємо  $L = 0,45$  м.

Визначимо величину і кількість відкидних пальців. Довжина пальців повинна бути такою, щоб задовольнялась умова:

$$\ell_n \leq S_{max}, \quad (3.4)$$

де  $S_{max}$  – найбільший розмір від тильної сторони леміша до краю зірочок,  $S_{max} = 0,06 \dots 0,08$  м.

Ширину пальців приймаємо конструктивно,  $B_l = 0,04$  м.

Визначаємо кількість пальців:

$$z = \frac{B_n}{B_l + \Delta B}, \quad (3.5)$$

де  $\Delta b$  – монтажний зазор між пальцями,  $\Delta b = 0,01 \dots 0,02$  [18]. Приймаємо  $\Delta b = 0,02$  м.

$$z = \frac{0,55}{0,04 + 0,02} = 9,1 \text{ шт.}$$

Приймаємо  $z = 9$  шт.

Піднімання (ріст) криволінійної частини лемеша визначаємо по формулі:

$$y = \frac{1}{c_1} \cdot (\ell_n \cos \alpha + c), \quad (3.6)$$

де  $c_1$  – коефіцієнт, який дорівнює 4,03 [18];

$$c = \ell_n \cos \alpha,$$

$$c = \ell_n \cos 24^\circ = 0,03.$$

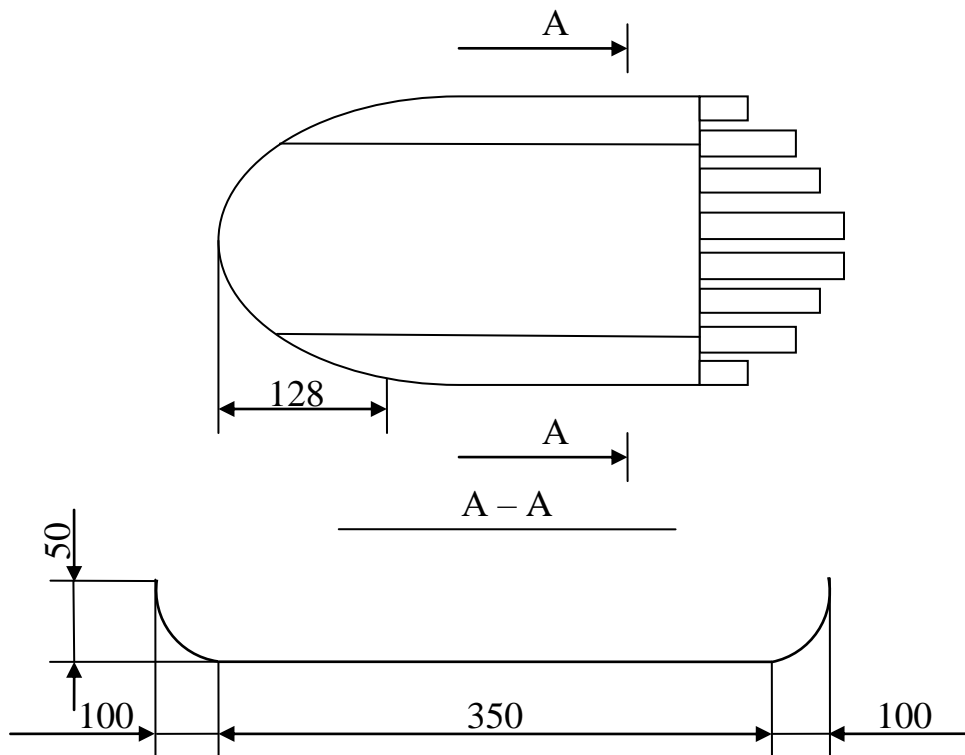


Рисунок 3.4- Ескіз лемеша картоплекопача

Підставивши значення в формулу (4.6) одержимо:

$$y = \frac{1}{4,03} \cdot (\ell_n \cos 15^\circ + 0,03) = 0,05 \text{ м.}$$

Визначаємо довжину криволінійної частини лемеша [18]:

$$L_k = \frac{1}{c} \ell_n \text{tg} \cdot (178,5 \cdot x + 51,965), \quad (3.7)$$

де  $c$  – коефіцієнт,  $c = 32,71$  [18];

$x$  – довжина леміша,  $x = 0,45$  м.

$$L_k = \frac{1}{32,71} \ell_n \operatorname{tg} \cdot (178,5 \cdot 0,45 + 51,965) = 0,128 \text{ м.}$$

### 3.4 Розрахунок ланцюгового сепаратора

Визначимо потужність, яка передається на ведучий вал та його частоту обертання.

Визначаємо потужність, яка передається на ведучий вал:

$$N = N_{\text{ВВП}} \cdot \eta_k \cdot \eta_l, \quad (3.8)$$

де  $N_{\text{ВВП}}$  – потужність, яка передається через вал відбору потужності,  $N_{\text{ВВП}} = 14,7$  кВт;

$\eta_k$  – ККД конічної передачі,  $\eta_k = 0,96$  [19];

$\eta_l$  – ККД ланцюгової передачі,  $\eta_l = 0,93$  [19].

$$N = 14,7 \cdot 0,96 \cdot 0,93 = 13,12 \text{ кВт.}$$

Визначаємо частоту обертання привідного вала:

$$n_5 = 540 \cdot \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_3}{z_5}, \quad (3.9)$$

де  $z_1, z_2, z_3, z_5$  – число зубів відповідних конічних шестерень і зірочок.

$$n_5 = 540 \cdot \frac{20}{25} \cdot \frac{13}{22} = 255 \text{ об/хв.}$$

Всі зірочки розміщені на ведучому валу будуть обертатися з частотою  $n = 255 \text{ хв}^{-1}$ .

Головним параметром ланцюга є його крок  $t$ , а інші геометричні параметри виражаються через нього.

Для того, щоб не ускладнювати конструкцію картоплекопача міжосьову віддаль приймаємо такою ж, які в КТН – 2В, тобто рівною 1200 мм.

Згідно рекомендацій міжосьова віддаль повинна задовольняти умову [19]:

$$a = (30 \dots 50)t, \quad (3.10)$$

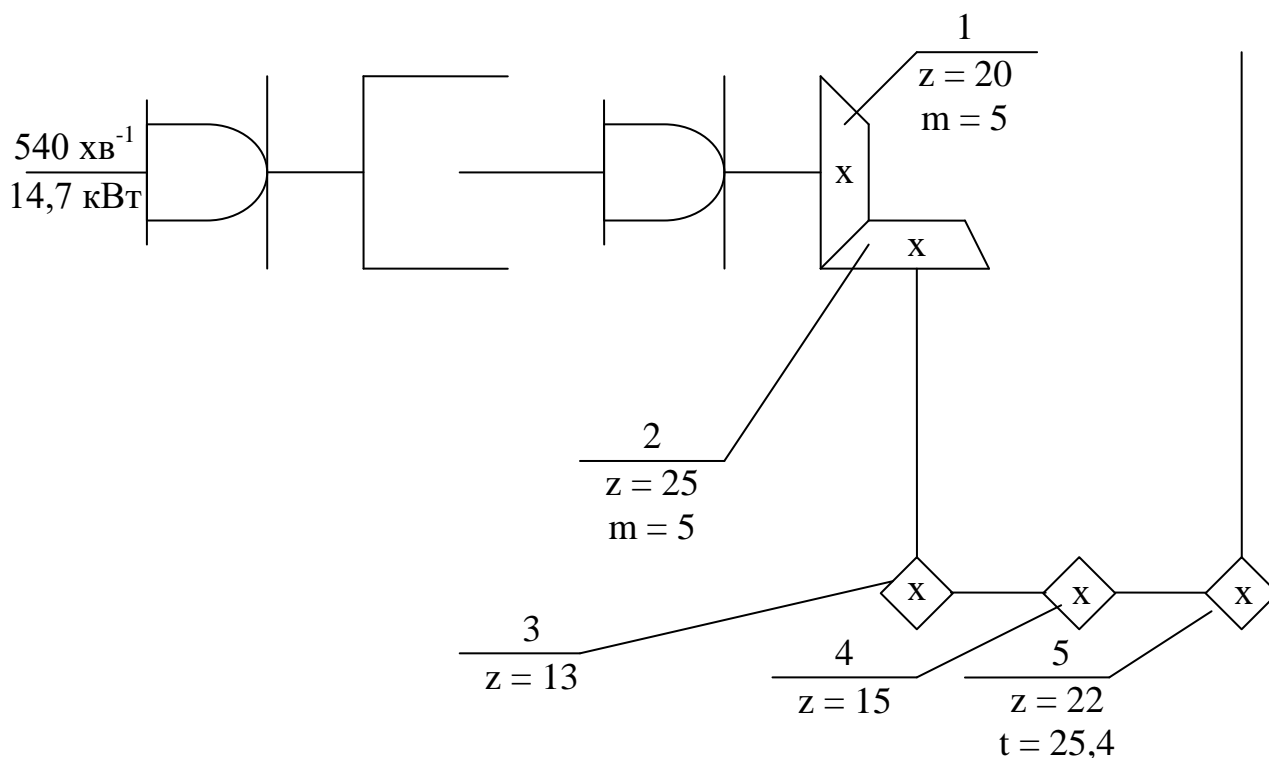


Рисунок 3.5 - Кінематична схема картоплекопача

Виходячи з формули визначаємо крок ланцюга:

$$t = \frac{1200}{30 \dots 50} = 40 \dots 24 \text{ мм.}$$

Приймаємо по ГОСТ 13568 – 75 ланцюг роликів привідний ПР – 31,75 – 8850 з кроком  $t = 31,75$  мм, шириною  $b = 45$  мм, висотою  $h = 30$  мм.

Умовою вибору саме такого кроку ланцюга є зменшення металоємності конструкції, адже чим менший крок, тим менший необхідний діаметр зірочок, а відповідно і менша металоємність конструкції картоплекопача.

Визначимо кількість зірочок, які необхідно розмістити на ведучому та веденому валах:

$$K_3 = \frac{B_{\text{л}} - 2b_{\text{с}}}{b + B_{\text{л}}}, \quad (3.11)$$

де  $B_{\text{л}}$  – технологічна ширина елеватора, яка приходить на один леміш,  $B_{\text{л}} = 0,7$  м;

$b_{\text{с}}$  – технологічний зазор від крайніх ланцюгів до стінок,  $b_{\text{с}} = 30$  мм;

$v_d$  – технологічний проміжок між ланцюгами.

Умовою вибору технологічного зазору між ланцюгами є мінімальні втрати картоплі під час сепарації. Так-як в прутковому елеваторі зазор становить 30 мм, то і в нашому випадку приймаємо  $v_d = 30$  мм. Отже,

$$K_3 = \frac{700 - 2 \cdot 30}{45 + 30} = 9 \text{ шт.}$$

Ланцюговий елеватор складається з двох частин, які розділені стінкою, причому кожна із частин складається з дев'яти передач.

Швидкість руху ланцюгових передач знаходиться в межах 1,45 ... 2,29 м/с. Враховуючи це визначимо кількість зубів для кожної із зірочок на ведучому валу [19]:

$$z = \frac{V \cdot 60 \cdot 10^3}{n \cdot t}, \quad (3.12)$$

$$z = \frac{2,29 \cdot 60 \cdot 10^3}{225 \cdot 31,75} = 19.$$

Дані розрахунків для інших зірочок заносимо у табл. 3.1 .

Таблиця 3.1 – Кількість зубів і колова швидкість ведучих зірочок

Номер зірочки	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Швидкість, м/с	1,85	1,95	2,05	2,15	2,29	2,15	2,05	1,95	1,85
Кількість зубів	15	16	17	18	19	18	17	16	15

Кількість зубів на зірочках веденого вала приймаємо, виходячи із того, що сумарна кількість зубів кожної із передач дорівнює 34 зубам. Одержані дані занесені у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Технологічні параметри ведених зірочок

Номер зірочки	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'
Кількість зубів	19	18	17	16	15	16	17	18	19

Визначаємо зовнішні діаметри зірочок за формулою:

$$D_e = t \cdot \left( 0,5 + \operatorname{ctg} \frac{180^\circ}{z} \right), \quad (3.13)$$

$$D_{e5} = 31,75 \cdot \left( 0,5 + \operatorname{ctg} \frac{180^\circ}{19} \right) = 204 \text{ мм.}$$

Для інших зірочок визначені данні записуємо у табл. 4.3 .

Таблиця 3.3 – Геометричні параметри зірочок

Номер зірочки	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$D_e$	165	174	185,42	195,9	204	195,9	185,42	174	165
Номер зірочки	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'
$D_e$	204	195,9	185,42	174	165	174	185,42	195,9	204

Визначаємо кількість ланок для кожної передачі:

$$L_t = 2a_t + 0,5 \sum z + \frac{\Delta^2}{a_t}, \quad (3.14)$$

$$\text{де } a_t = \frac{a}{t} = 37,79 \text{ мм};$$

$$\sum z = z_1 + z_1';$$

$$\Delta = \frac{z_1' - z_1}{2\pi}.$$

$$L_{t5} = 2 \cdot \frac{1200}{31,75} + 0,5 \cdot (19 + 15) + \frac{\left( \frac{15 - 19}{2\pi} \right)^2}{37,79} = 92,58.$$

Приймаємо  $L_{t5} = 94$  ланки. Для інших передач  $L_t$  буде також 94, тому що сумарна кількість зубів у всіх передачах однакова.

### 3.5 Розрахунок привідного вала

Визначаємо діаметр вала з умови міцності на кручення за формулою:

$$d = \sqrt[3]{\frac{T}{0,2[\tau]}}, \quad (3.15)$$

де  $T$  – крутний момент, Н · мм;

$[\tau]$  - допустима гранична напруга при крученні,  $[\tau] = 15/25 \text{ Н/мм}^2$  [19].

Крутний момент визначаємо по формулі:

$$T = 9,55 \cdot \frac{N}{n} \cdot 10^6, \quad (3.16)$$

де  $N$  – потужність, яка передається,  $N = 13,12$  кВт;

$n$  – частота обертання вала,  $n = 225$  хв<sup>-1</sup>.

$$T = 9,55 \cdot \frac{13,12}{225} \cdot 10^6 = 0,56 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

Тоді,

$$d = \sqrt[3]{\frac{0,56 \cdot 10^6}{0,2 \cdot 20}} = 51,92 \text{ мм}.$$

Складаємо розрахункову схему. Вихідні дані:  $M_{кр} = 560$  Н · м;  $\alpha = 24^\circ$  – кут нахилу ланцюгової передачі.

Розраховуємо колові зусилля:

$$T_2 = 2t_e, \quad (3.17)$$

де  $t_2$  – натяг ланцюга, м.

$$t_2 = \frac{2M_{кр}}{D_e}, \quad (3.18)$$

де  $D_e$  – зовнішній діаметр зірочки, м.

$$t_{2(20)} = \frac{2 \cdot 560}{0,22} = 5090,9 \text{ Н}.$$

$$T_{2(20)} = 2 \cdot 5090,9 = 10181,8 \text{ Н}.$$

Визначені колові зусилля на зірочках привідного валу зведемо в табл. 3.4

Розкладаємо колові зусилля на горизонталі та вертикальні складові:

$$T_{гор} = (T_2 + t_2) \sin \alpha, \quad (3.19)$$

$$T_{вер} = (T_2 + t_2) \cos \alpha, \quad (3.20)$$

Значення розрахунків записуємо у табл. 3.5 .

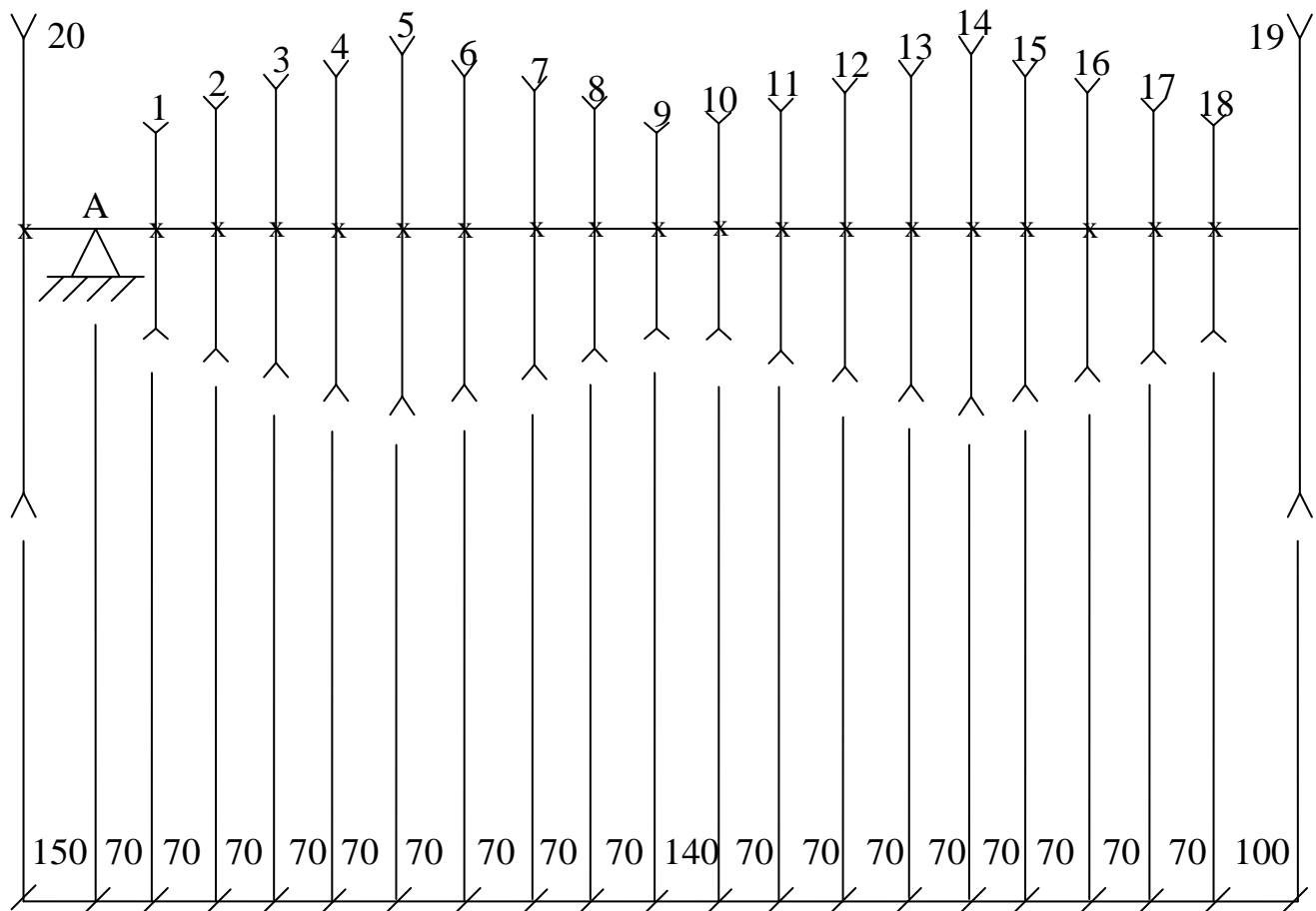


Рисунок 3.6- Схема до розрахунку привідного вала

Таблиця 3.4– Колові зусилля зірочок привідного вала

Номер зірочки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$T_2$	13575	1287	1210	1142	1098	1142	1210	1287	1357	1357
	7	3	8	8	0	8	8	3	5	5
Номер зірочки	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$T_2$	1210	1142	1098	1142	1210	1287	1357	9371	10181	10181

Будуємо епюру згинаючих моментів в горизонтальній та вертикальній площинах. Для цього складаємо рівняння моментів відносно точки А.

$$\sum M_A = 0, \quad (3.21)$$

Таблиця 3.5– Горизонтальні та вертикальні складові колових зусиль

Номер зірочки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T <sub>гор</sub>	7534	7144	6719	6342	6093	6342	6719	7144	7534	7534
T <sub>вер</sub>	1873	1776	1670	1577	1515	1577	1670	1776	1873	1873
	3	4	9	0	2	0	9	4	3	3
Номер зірочки	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
T <sub>гор</sub>	7144	6719	6342	6093	6342	6719	7144	7534	5200	5650
T <sub>вер</sub>	1776	1670	1577	1515	1577	1670	1776	1873	1393	1404
	4	9	0	2	0	9	4	3	1	9

$$\begin{aligned} \sum M_A = & 5,65 \cdot 0,15 - 7,53 \cdot 0,07 - 7,14 \cdot 0,14 - 6,72 \cdot 0,21 - 6,34 \cdot 0,28 - 6,1 \cdot 0,35 - 6,34 \cdot 0,42 - \\ & - 6,72 \cdot 0,49 - 7,1 \cdot 0,56 - 7,5 \cdot 0,63 - 7,53 \cdot 0,7 - 7,14 \cdot 0,77 - 6,72 \cdot 0,84 - 6,34 \cdot 0,91 - 6,1 \cdot 0,98 - \\ & - 6,3 \cdot 1,05 - 6,72 \cdot 1,12 - 7,14 \cdot 1,19 - 7,53 \cdot 1,26 - R_B \cdot 1,4 - 5,2 \cdot 1,5 = 0. \end{aligned}$$

Розв'язавши це рівняння одержимо:

$$R_B = 67,39 \text{ кН.}$$

Реакцію в опорі А знаходимо аналогічно, лише склавши рівняння суми моментів відносно точки В.

$$R_A = 67,84 \text{ кН.}$$

Для визначення реакцій опор у вертикальній площині складаємо рівняння моментів:

$$\begin{aligned} \sum M_a = & 18,7 \cdot 0,15 - 17,8 \cdot 0,07 - 16,7 \cdot 0,14 - 15,8 \cdot 0,21 - 15,2 \cdot 0,28 - 15,8 \cdot 0,35 - 16,8 \cdot 0,42 - \\ & - 17,8 \cdot 0,49 - 18,7 \cdot 0,56 - 18,7 \cdot 0,63 - 17,8 \cdot 0,7 - 16,7 \cdot 0,77 - 15,8 \cdot 0,84 - 15,2 \cdot 0,91 - \\ & - 15,8 \cdot 0,98 - 16,7 \cdot 1,05 - 17,8 \cdot 1,12 - 18,7 \cdot 1,19 + R_B \cdot 1,4 - 12,9 \cdot 1,5 = 0. \end{aligned}$$

$$R_B = -150,8 \text{ кН.}$$

Аналогічно визначаємо  $R_A = 151,2 \text{ кН.}$

Визначивши складові будуємо епюри:

- для горизонтальної площини:

$$M_a = 67,84 \cdot 1,4 = 94,97 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_B = 67,39 \cdot 1,4 = 94,34 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

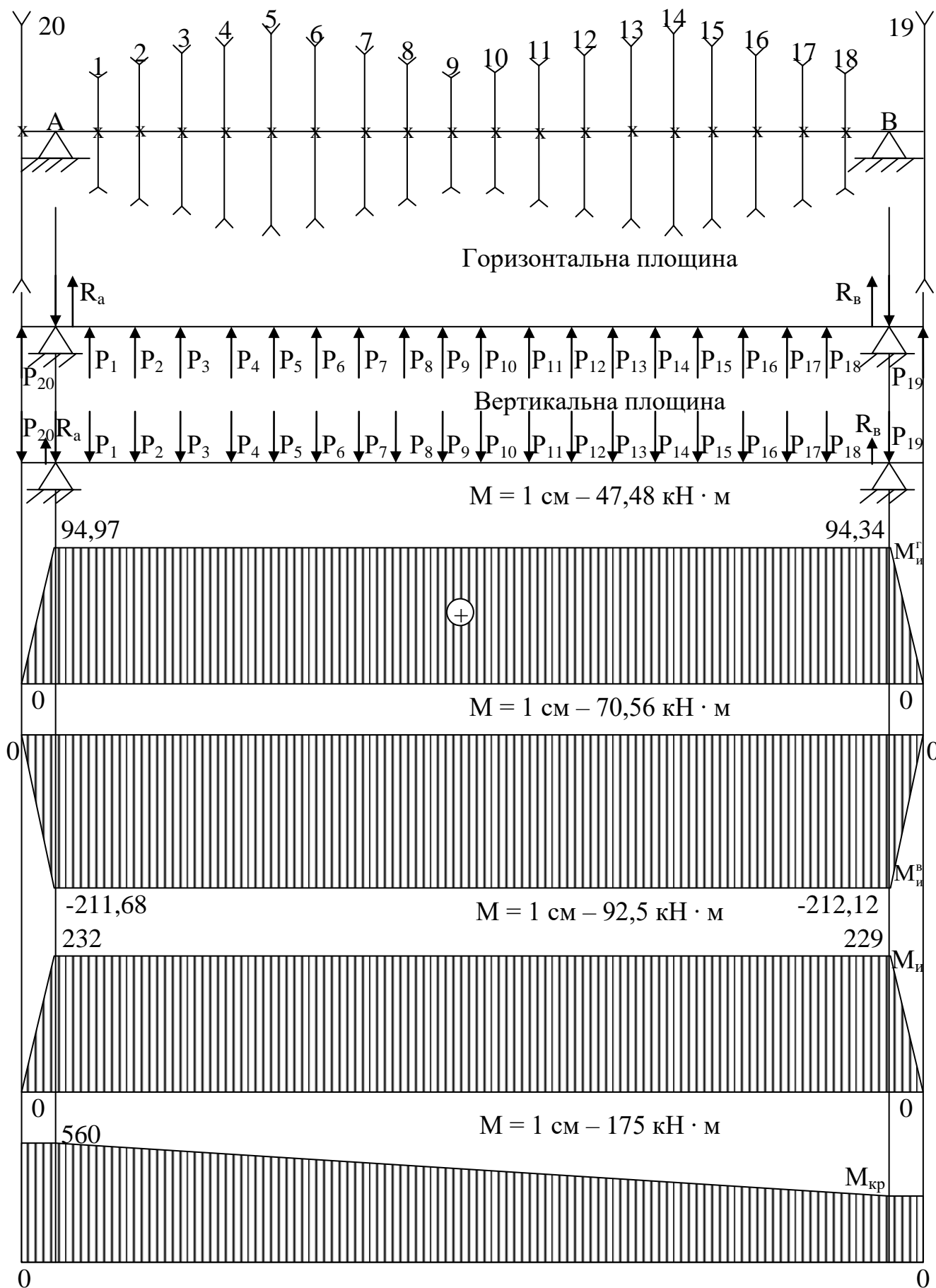


Рисунок 3.6- Елюри згинаючих та крутних моментів

- для вертикальної площини:

$$M_a = 151,2 \cdot 1,4 = 211,68 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_b = (-150,8) \cdot 1,4 = -211,12 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Побудувавши епюри в горизонтальні і вертикальні площинах будуємо сумарну епюру за допомогою виразу:

$$M = \sqrt{(M_a^r)^2 + (M_a^b)^2}, \quad (3.22)$$

Для того щоб визначити діаметр вала необхідно знати найбільш небезпечний переріз, а тому необхідно ще побудувати епюру крутних моментів.

В точці А  $M_{кр} = 560 \text{ кН} \cdot \text{м}$ , тобто дорівнює моменту, який передається через привід. В точці В  $M_{кр} = 9,55 \cdot \frac{5,12}{225} \cdot 10^6 = 217 \text{ кН} \cdot \text{м}$ .

Як видно з побудованих епюр, найбільш небезпечним перерізом є переріз в точці А.

Визначаємо приведені значення моменту:

$$M_{пр} = \sqrt{(M_a^r)^2 + (M_a^b)^2 + M_{кр}^2}, \quad (3.23)$$

$$M_{пр} = \sqrt{(94,97)^2 + (211,68)^2 + (560)^2} = 571 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Визначаємо діаметр вала в найбільш небезпечному перерізі:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{пр}}{0,1[G]}}, \quad (3.24)$$

де  $[G]$  - допустиме навантаження згину вала,  $[G] = 40 \text{ МПа}$  [20].

$$d = \sqrt[3]{\frac{571}{0,1 \cdot 40 \cdot 10^6}} = 0,052 \text{ м}.$$

Приймаємо значення діаметра вала рівним  $0,055 \text{ м}$ .

### 3.6 Розрахунок підшипників

Використовуючи розрахунок вала на міцність відомо, що посадочний діаметр під підшипник  $d = 55 \text{ мм}$ . Для вибору підшипника розрахуємо еквівалентне навантаження, що припадає на один підшипник. При відсутності

осьового навантаження розрахунок еквівалентного навантаження ведеться за формулою [19]:

$$P = V \cdot F_v \cdot K_\delta \cdot K_T, \quad (3.25)$$

де  $V$  – коефіцієнт, що враховує обертання обойми,  $V = 1,2$  [19] - при обертанні зовнішньої обойми;

$F_v$  – радіальне навантаження, кН.

Радіальне навантаження на кожен підшипник рівне половині навантаження на одну опору, тобто  $F_v = 2,8$  кН.

$K_\delta$  – коефіцієнт, що залежить від типу навантаження,  $K_\delta = 1,2$  [19];

$K_T$  – коефіцієнт, що залежить від температурного навантаження,  $K_T = 1,05$  [19]. Отже,

$$P = 1,2 \cdot 2,8 \cdot 1,2 \cdot 1,05 = 4,23 \text{ кН.}$$

Знаходимо оптимальне співвідношення між динамічною вантажопідйомністю  $O$  і еквівалентним навантаженням  $P$ . Для випадку, коли частота обертання підшипника становить до  $400 \text{ хв}^{-1}$  і довговічності роботи  $10000$  год., це співвідношення рівне  $6,2$  [19]. Звідси слідує, що динамічна вантажопідйомність підшипника повинна бути:

$$C = 6,2 \cdot P, \quad (3.26)$$

$$C = 6,2 \cdot 4,23 = 26,25 \text{ кН.}$$

Приймаємо підшипник шариковий радіальний однорядний 211 ГОСТ 8338 – 75.

Визначаємо ресурс підшипника в мільйонах обертів:

$$L = \left( \frac{C}{P} \right)^p,$$

де  $p$  – показник, що залежить від типу підшипника, для шарикопідшипників  $p = 3$ .

$$L = \left( \frac{26,25}{4,23} \right)^3 = 238,4 \text{ млн.об.}$$

## 4 РОЗРОБКА ОПЕРАЦІЙНОЇ КАРТИ НА ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ

**Комплектування МТА.** Визначення складу агрегатів передбачає наступне: збір і узагальнення вихідних даних; підбір трактора і робочих машин в агрегат; вибір робочих передач; встановлення кількості складу машин в агрегаті; оцінка тягового розрахунку складу агрегату.

Для збирання картоплі використовуємо наступний МТА: трактор ЮМЗ – 6Л плюс картоплекопач КТН – 2Б. У зв'язку з тим, що КТН – 2Б навісна сільськогосподарська машина, то в агрегаті з трактором вона одна. Правильність комплектування МТА підтвердимо тяговими розрахунками.

Визначаємо тяговий опір навісного машинно-тракторного агрегату [14]:

$$R_a = R_{ам} + R_{апр} , \quad (4.1)$$

де  $R_{ам}$  – тяговий опір машини, кН;

$R_{апр}$  – приведені значення тягового опору, кН.

$$R_{ам} = k \cdot v + G_m \cdot (\lambda \cdot f + \rho) , \quad (4.2)$$

де  $k$  – питомий тяговий опір машини, кН/м;

$v$  – ширина захвату,  $v = 1,4$  м;

$G_m$  – вага машини,  $G_m = 7,3$  кН [14];

$f$  – коефіцієнт опору руху трактора,  $f = 0,18$  [14];

$\lambda$  - коефіцієнт усадки пневматичних шин,  $\lambda = 0,8$  [14];

$\rho$  - нахил поля,  $\rho = 0,02$ .

$$k = k_o \cdot \left[ 1 + (V_p - V_o) \cdot \frac{\Delta C}{100} \right] , \quad (4.3)$$

де  $k_o$  – питомий тяговий опір,  $k_o = 6,0$  кН/м [16];

$\Delta C$  – темп наростання питомого тягового опору в залежності від швидкості агрегату,  $\Delta C = 3$  [16];

$V_p$  – робоча швидкість,  $V_p = 5,3$  км/год., [16] - на четвертій передачі;

$V_o = 5$  км/год. [16].

$$k = 6,0 \cdot \left[ 1 + (5,3 - 5) \cdot \frac{3}{100} \right] = 6,056 \text{ кН/м.}$$

Отже, після визначення всіх складових формули визначаємо значення тягового опору машини.

$$R_{ам} = 6,056 \cdot 1,4 + (0,18 \cdot 0,8 + 0,02) \cdot 7,3 = 9,68 \text{ кН.}$$

Знаходимо значення приведенного тягового опору [14]:

$$R_{апр} = \frac{0,159 \cdot N_{ВВП} \cdot i_T \cdot \eta_M}{n \cdot r_k}, \quad (4.4)$$

де  $N_{ВВП}$  – потужність, що передається через ВВП трактора,  $N_{ВВП} = 7,5$  кВт [16];

$i_T$  – передаточне відношення трансмісії,  $i_T = 90,25$  [16];

$\eta_M$  – механічний коефіцієнт корисної дії,  $\eta_M = 0,804$  [16];

$n$  – частота обертання колінвала,  $n = 29,17 \text{ с}^{-1}$  [16];

$r_k$  – радіус кочення, м.

Радіус кочення визначаємо за наступною формулою [16]:

$$\tau_k = \tau_o + \lambda_M \cdot h_M, \quad (4.5)$$

де  $\tau_o$  – радіус посадочного круга сталюго обода,  $\tau_o = 0,483$  м [16];

$\lambda_M$  – коефіцієнт усадки,  $\lambda_M = 0,8$  [14];

$h_M$  – висота поперечного профілю шини,  $h_M = 0,305$  м [14].

$$\tau_k = 0,483 + 0,305 \cdot 0,8 = 0,727 \text{ м.}$$

Визначивши всі складові, знаходимо  $R_{пр}$ :

$$R_{пр} = \frac{0,159 \cdot 7,5 \cdot 90,25 \cdot 0,804}{29,17 \cdot 0,727} = 4,52 \text{ кН.}$$

Визначаємо повний тяговий опір:

$$R_a = 9,68 + 4,52 = 14,2 \text{ кН.}$$

Знаходимо коефіцієнт використання сили тяги трактора за формулою [16]:

$$\eta = \frac{R_a}{P_{кр}^H - G_p}, \quad (4.6)$$

де  $P_{кр}^H$  - номінальне крюкове зусилля,  $P_{кр}^H = 15,7$  кН [14];

$G$  – вага трактора,  $G = 33,5$  кН [16].

$$\eta = \frac{14,2}{15,7 \cdot 33,5 \cdot 0,02} = 0,94.$$

**Розрахунок продуктивності агрегату.** Продуктивність машинно-тракторного агрегату залежить від конструктивних параметрів трактора і машини, а також від природних умов, режиму, організації виробництва.

Продуктивність агрегату за зміну підраховуємо за формулою [14]:

$$W_{зм} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_p,$$

де  $B_p$  – робоча ширина захвату,  $B_p = 1,4$  м;

$V_p$  – робоча швидкість,  $V_p = 5,3$  км/год.;

$T_p$  – чистий робочий час, год.

$$T_p = \frac{T_{зм} - (T_{техн} + T_{п.з.} + T_{пер} + T_{\phi})}{1 + \tau_{пов}}, \quad (4.7)$$

де  $T_{зм}$  – час зміни,  $T_{зм} = 10$  год. (лист );

$T_{техн}$  – час на технологічне обслуговування агрегату,  $T_{техн} = 10 \cdot t_o = 0,2$  год. [14];

$T_{п.з.}$  – час зупинок агрегату зв'язаний із підготовчо-заклучними операціями,  $T_{п.з.} = 0,3$  год. [14];

$T_{пер}$  – час на переїзди,  $T_{пер} = 0,25$  год. [14];

$T_{\phi}$  – час на зупинки по фізіологічних причинах, год. [14]

$$T_{\phi} = 0,04 \cdot T_{зм}, \quad (4.8)$$

$$T_{\phi} = 0,04 \cdot 10 = 0,4 \text{ год.}$$

$\tau_{пов}$  – коефіцієнт продовжності поворотів [14]:

$$\tau_{пов} = \frac{1 - \phi}{\phi}, \quad (4.9)$$

де  $\phi$  - коефіцієнт робочих ходів [14]:

$$\phi = \frac{L_p}{L_p + l_x}, \quad (4.10)$$

де  $L_p$  – середня робоча довжина гону, м;

$\ell_x$  - середня питома довжина холостого ходу, м.

Визначаємо значення  $L_p$  за формулою [14]:

$$L_p = L - 3E, \quad (4.11)$$

де  $L$  – довжина поля,  $L = 600$  м;

$E$  – мінімальна ширина поворотної смуги, м.

Значення мінімальної ширини поворотної смуги визначаємо з виразу [14]:

$$E = 3R + \ell, \quad (4.12)$$

де  $R$  – радіус повороту агрегату,  $R = 4$  м [16];

$\ell$  - кінематична довжина агрегату,  $\ell = 4,52$  м [16].

$$E = 3 \cdot 4 + 4,52 = 16,52 \text{ м.}$$

Визначимо кількість проходів агрегату при обробітці поворотної смуги за формулою [16]:

$$n_{\text{пр}} = \frac{E}{B_p}, \quad (4.13)$$

$$n_{\text{пр}} = \frac{16,52}{1,4} = 11,7.$$

Значення кількості проходів приймаємо рівним 12, тоді кінцеве значення ширини поворотної смуги буде рівним:

$$E = 12 \cdot 1,4 = 16,8 \text{ м.}$$

Маючи значення  $E$ , визначаємо  $L_p$ :

$$L_p = 600 - 2 \cdot 16,8 = 566,96 \text{ м.}$$

Знаходимо значення середньої питомої довжини холостого ходу на загоні [14]:

$$\ell_x = 6R + 2\ell, \quad (4.14)$$

$$\ell_x = 6 \cdot 4 + 2 \cdot 4,52 = 33,04 \text{ м.}$$

Підставляємо значення  $L_p$  і  $\ell_x$  у формулу (5.10) і визначаємо  $\varphi$ :

$$\varphi = \frac{566,96}{566,96 + 33,04} = 0,94.$$

Визначаємо значення коефіцієнта подовженості поворотів, підставивши

значення у формулу (5.9):

$$\tau_{\text{пов}} = \frac{1 - 0,94}{0,94} = 0,064.$$

Визначивши  $\tau_{\text{пов}}$ , знаходимо значення чистого робочого часу, підставивши складові у вираз (5.7):

$$T_p = \frac{10 - (0,2 + 0,3 + 0,25 + 0,3)}{1 + 0,064} = 8,32 \text{ год.}$$

Отже, продуктивність буде дорівнювати:

$$W_{\text{зм}} = 0,1 \cdot 1,4 \cdot 5,3 \cdot 8,32 = 6,17 \text{ га / зм.}$$

Розрахунок затрат праці і витрат на одиницю продукції

Визначаємо затрати праці [16]:

$$z_p = \frac{m \cdot T_{\text{зм}}}{W_{\text{зм}}}, \quad (4.15)$$

де  $m$  – кількість робочих, які обслуговують агрегат,  $m = 1$ .

$$z_p = \frac{1 \cdot 10}{6,17} = 1,62 \frac{\text{люд.} \cdot \text{год.}}{\text{га}}.$$

Визначаємо витрату палива на одиницю виконаної роботи [16]:

$$g_{\text{га}} = \frac{G_{\text{тр}} \cdot T_p + G_{\text{тх}} \cdot T_x + G_{\text{то}} \cdot T_o}{W_{\text{зм}}}, \quad (4.16)$$

де  $G_{\text{тр}}$ ,  $G_{\text{тх}}$ ,  $G_{\text{то}}$  – відповідно середні значення годинної витрати палива (кг/год.) при робочому ході, на холостих поворотах і переїздах і під час зупинок агрегату з робочим двигуном:  $G_{\text{тр}} = 10,5$  кг/год.,  $G_{\text{тх}} = 6,6$  кг/год.,  $G_{\text{то}} = 1,3$  кг/год. [16];

$T_x$  – час на повороти і переїзди, год.

$$T_x = T_{\text{пер}} + T_{\text{пов}}, \quad (4.17)$$

де  $T_{\text{пов}}$  – час затрачений на повороти при виконанні операції, год.

$$T_{\text{пов}} = \tau_{\text{пов}} \cdot T_p, \quad (4.18)$$

$$T_{\text{пов}} = 0,064 \cdot 8,32 = 0,53 \text{ год.}$$

Отже, час на повороти і переїзди буде рівний:

$$T_x = 0,25 + 0,53 = 0,78 \text{ год.}$$

Знайдемо значення тривалості зупинок агрегату в загоні з працюючим двигуном [16]:

$$T_o = T_{п.з.} + T_{\phi} + T_{то}, \quad (4.19)$$

де  $T_{то}$  – час на ТО агрегату,  $T_{то} = 0,2$  год. [16]:

$$T_o = 0,3 + 0,4 + 0,2 = 0,9 \text{ год.}$$

Підставивши всі складові рівняння (5.16) знаходимо значення витрати палива:

$$g_{га} = \frac{10,5 \cdot 8,32 + 6,6 \cdot 0,78 + 1,3 \cdot 0,9}{6,17} = 15,18 \text{ кг/га.}$$

### Висновки

1. Розроблена операційно-технологічна карта дозволяє збирати картоплю в стислі агротехнічні строки з найкращою якістю.

2. Працювати на агрегаті доцільно на четвертій передачі, для якої коефіцієнт використання сили тяги трактора найбільший  $\xi = 0,94$ .

## ВИСНОВКИ

1. Основним напрямком поліпшення роботи машин для збирання картоплі є введення в конструкцію активних робочих органів, які більш інтенсивніше розпушують підкопаний шар ґрунту з бульбами і відділяють домішки від бульб.

2. Розроблена конструкція картоплекопача, яка дозволяє більш інтенсивніше проводити сепарацію підкопаного вороху. Визначені основні параметри розробленої конструкції копача і основні режими його роботи.

3. Продуктивність розробленого картоплекопача виросла майже в 1,6 рази в порівнянні з серійним копачем КТН-2В аналогічного класу. Визначені основні технологічні показники процесу збирання картоплі розробленою машиною і кінематичні показники агрегату.

4. Розроблена операційно-технологічна карта збирання картоплі удосконаленим копачем.

5. Розроблені заходи по безпечній експлуатації розробленого картоплекопача.

6. Економічна ефективність розробленого проекту становить 17,2 грн/га, а річний економічний ефект при впровадженні розробки в господарстві на площі 60 га становить 1032 грн. Затрати праці при цьому знижуються на 0,84 люд.-год/га. Затрати на модернізацію окупаються на протязі першого року експлуатації картоплекопача. При цьому підвищується якість збирання картоплі.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кононученко В.В., Каліцький П.Ф., Шарапа М.Г. Основні напрямки ресурсозбереження при вирощуванні картоплі // Агроінком, № 2-3, 2007.- с. 18 – 21.
2. Антошин В. З., Козирів С. Н. Карти технологічного налаштування ґрунтообробних та посівних МТА.- К.: Вища школа., 2001. – 152 с.
3. Механізація захисту рослин: Довідник/ Велицький А. К., Лисів В. І. Та ін. – Львів.: Агрико, 2012. - 223 с.
4. Кобець А.С., Шемавн'юв В.І. Характеристики міцності кормових коренеплодів //Вісник аграрної науки, № 8, 1995. – с. 93 – 96.
5. Пилипенко Л.А., Тактаєв Б.А. Нематодостійкі сорти. Селекція та впровадження в виробництво //Захист рослин.-2007, листопад. – с. 17 – 18.
6. Немченко І. Проблеми збільшення виробництва та поліпшення якості картоплі на Україні //Сільські обрії.- № 11 – 12, 2004. – с. 5 – 9.
7. Машиновикористання в землеробстві /В.Ю. Ільченко, Ю.П. Нагірний, П.А. Джолос та ін.; За ред. В.Ю. Ільченка, Ю.П. Нагірного. – К.: Урожай, 2006. – 384с.
8. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві /В.Ю. Ільченко, В.П. Карасьов, А.С. Лімонт та ін.; За ред. В.Ю. Ільченка. –К.: Урожай, 2003. 224с.
9. Типові норми виробітку і витрачання палива на механізовані польові роботи. /Держагропром України. – К.: Урожай, 2001. – 472 с.
10. Дусанюк В.А., Кравченко І.Є. Визначення техніко-експлуатаційних показників роботи машинно-тракторних агрегатів. Методичні вказівки по виконанню лабораторної роботи. ВДСГІ, 2008. – 30 с.
11. Н.С. Красніченко. Довідник конструктора по сільськогосподарським машинам. -К.: Урожай, 2009. – 154 с.

12. Панченко А.М. Теорія і розрахунок сільськогосподарських машин. Дніпропетровськ: ДДАУ, 2002. 395 с.
13. А.С. Кобець. Основи теорії робочих органів сільськогосподарських машин. Дніпропетровськ : 2009. 65 с.
14. Операційна технологія вирощування зернових культур. Довідник. /В.Ф.Сайко, М.В.Сокоренко, Д.А.Димкович та ін.; За ред. В.Ф.Сайко. – К.: Урожай, 2010. – 312 с.
15. Гарькавий А.Д., Томчук В.В., Кравченко І.Є., Кондратюк Д.Г., Спірін А.В. Визначення номінального і граничного значення рушійної сили агрегату. Методичні рекомендації по виконанню лабораторно-практичної роботи. ВДСГІ, 2009. –5с.
17. Гарькавий А.Д., Кондратюк Д.Г., Спірін А.В., Кравченко І.Є. Складання операційно-технологічних карт виконання механізованих сільськогосподарських робіт. Методичні рекомендації по виконанню лабораторно-практичної роботи. ВДСГІ, 2009. – 5с.
18. Гарькавий А.Д., Томчук В.В., Кондратюк Д.Г. Визначення технічно обґрунтованих норм виробітку та витрат палива. Методичні рекомендації по виконанню лабораторно-практичної роботи. ВДСГІ, 2009. – 16 с.
19. Гарькавий А.Д., Кондратюк Д.Г., І.Є. Кравченко, Спірін А.В., В.В. Томчук Розрахунок техніко-економічних показників роботи машинно-тракторних агрегатів. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи. ВДСГІ, 2012. – 5 с.
20. Кобець А.С. Основи теорії робочих органів сільськогосподарських машин/ Дніпропетровськ, 2009. – 204 с.
21. Машиновикористання в землеробстві /За редакцією В.Ю.Ільченка і Ю.П.Нагірного. – Київ, “Урожай”, 2006.- 382 с.
22. Діденко Н.К. Експлуатація машинно-тракторного парка. Київ,: «Вища школа», 2007. – 392 с.

23. Зіневич Л., Кучко А., Щербенко О. Картоплярство: реалії сьогодення //Пропозиція, № 4, 2006 р.- с. 22 – 23.
24. Молоцький М., Погорілий С. Енергозберігаюча технологія вирощування картоплі // Пропозиція, № 5, 2007 р. – с. 20 – 22.