

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

---

(назва освітнього ступеня)

на тему: Обґрунтування параметрів очисника капусти

---

---

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МСм-61  
спеціальності \_\_\_\_\_

133 Галузеве машинобудування

---

(шифр і назва спеціальності)

Філик В.Р.

---

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Сташків М.Я.

---

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Хомик Н.І.

---

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Гевко Р.Б.

---

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Цьонь О.П.

---

(підпис)

(прізвище та ініціали)





## РЕФЕРАТ

**Автор роботи** – Філик Віталій Ростиславович

**Тема роботи** – «Обґрунтування параметрів очисника капусти»

Робота виконана на кафедрі технічної механіки та сільськогосподарських машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

**Керівник роботи** – Сташків Микола Ярославович, кандидат технічних наук, доцент кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин.

**Структура роботи.** Робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань (33 найменування), 2 додатків. Загальний обсяг текстової частини – 73 сторінки, на яких є 7 таблиць, 26 рисунків. Додатки розміщені на 16 сторінках. Графічна частина складається з 7 аркушів формату А1.

### **Актуальність теми роботи**

Для безперебійного постачання населення, капусту необхідно зберігати 7 – 8 місяців у році. Перед закладкою на зберігання головки капусти очищають від сухого чи забрудненого верхнього листа. Видалення зеленого покривного листа знижує вміст нітратів на 20-30%.

При тривалому зберіганні капуста втрачає товарні якості і харчову цінність унаслідок поразки хворобами. Тому перед реалізацією капусти після тривалого зберігання необхідно провести очищення її головок від пошкодженого та ураженого хворобами покривного листа.

Для дрібних господарств, які складають основну частку від загальної кількості фермерських господарств України, доцільним є створення машини для післязбиральної та передреалізаційної підготовки капусти, яка б забезпечувала максимальну ефективність при мінімальних витратах, знижувала виробничі витрати і обслуговувалась тільки однією людиною.

### **Мета роботи**

Дослідження параметрів очисника головок капусти для підвищення його виробничої ефективності при мінімальних експлуатаційних витратах шляхом підвищення продуктивності за відсутності травмування матеріалу.

### **Завдання дипломної роботи магістра:**

- проаналізовано конструкції систем очищення капусти мобільних та стаціонарних машин;
- обґрунтовано конструкцію очисника капусти ОК-1;
- виконано розрахунок конструктивних, технологічних та кінематичних параметрів очисника капусти;
- виконано розрахунок приводу очисника капусти;
- виконано розрахунок на міцність рами та вала шнека очисника капусти;
- проаналізовано показники, які визначають ефективність роботи сільськогосподарських машин;
- розроблено імітаційну модель робочих органів очисника капусти;
- досліджено параметри взаємодії робочих органів очисника з головками капусти;
- розглянуто питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

### **Об'єкт, методи та джерела дослідження**

*Об'єкт дослідження.* Конструкція машини для очищення головок капусти.

*Предмет дослідження.* Технологічні, кінематичні, силові та розрахунки на міцність конструктивних елементів очисника капусти.

*Методи дослідження.* Теоретико-емпіричний, теорії міцності, графічний, порівняльний, комп'ютерного моделювання.

### **Наукова новизна отриманих результатів.**

Розроблено імітаційну модель очисника капусти, що дозволяє дослідити кінематичні та динамічні параметри взаємодії робочих органів очисника з головками капусти.

### **Практичне значення отриманих результатів.**

Запропонована конструкція очисника капусти забезпечує високу продуктивність очищення капусти без її пошкодження із забезпеченням необхідної міцності елементів очищувача.

**Апробація.** Участь у ІХ Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (Тернопіль, ТНТУ, 25-26 листопада 2020 року).

**Ключові слова:** очисник, шнек, капуста, технологічні, кінематичні та силові параметри, взаємодія, імітаційне моделювання.

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| ВСТУП .....  | 8  |
| 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА МАШИН ДЛЯ ЗАГОТІВЛІ КАПУСТИ.....                   | 10 |
| 1.1. Технологія та засоби збирання і післязбиральної обробки капусти ..... | 10 |
| 1.3. Вимоги до якості очищення капусти .....                               | 23 |
| 1.4. Фізико-механічні властивості капусти .....                            | 25 |
| 1.5. Обґрунтування теми дипломного .....                                   | 28 |
| 2. РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ<br>ОЧИСНИКА КАПУСТИ.....  | 30 |
| 2.1. Побудова конструктивно-технологічної схеми очисника капусти .....     | 30 |
| 2.2. Обґрунтування основних конструктивних параметрів машини.....          | 31 |
| 2.3. Розрахунок продуктивності очисника капусти .....                      | 36 |
| 2.4. Розрахунок споживаної потужності .....                                | 37 |
| 2.5. Розрахунок приводу очисника капусти.....                              | 40 |
| 2.6. Розрахунок вала шнека очисника капусти.....                           | 45 |
| 2.7. Розрахунок рами очисника капусти.....                                 | 49 |
| 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ.....                            | 53 |
| 3.1. Обґрунтування до побудови схеми машини.....                           | 53 |
| 3.2. Розробка та дослідження моделі <b>очисника капусти</b> .....          | 54 |
| 3.3. Дослідження міцності вала шнека .....                                 | 57 |
| 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ...61                  |    |
| 4.1. Безпека праці при експлуатації сільськогосподарських машин .....      | 61 |
| 4.2. Захист персоналу та навколишнього середовища.....                     | 64 |
| ВИСНОВКИ .....   | 69 |
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....  | 70 |
| ДОДАТКИ .....  | 73 |

## ВСТУП

Розвиток технології зберігання продукції рослинництва є одним з напрямків підвищення продуктивності сільськогосподарського виробництва.

Капуста - головна овочева культура за площею обробітку. Овочівники вирощують більше 100 видів капусти, найпоширеніша серед них – качанна (білокачанна, савойська, червонокачанна), кольорова, брюссельська, кольрабі і листові. Білокачанна капуста в споживанні населенням багатьох країн займає третє місце після хліба і картоплі [1].

Овочі - це цінний продукт харчування, де органічні і мінеральні речовини знаходяться в оптимальному співвідношенні, це джерела вітамінів, макро- і мікроелементів, цінного білка. Цінність полягає не тільки в поживних речовинах, але і в наявності в них некалорійних речовин, що мають велике значення для здоров'я людини. Вони багаті водою і баластними речовинами, нормалізують в організмі людини структуру живлення. Скорочення втрат при зберіганні сільськогосподарської продукції - один з основних резервів збільшення споживання картоплі і овочів на душу населення [1].

Враховуючи важливість овочів необхідно розширити межі сезону їх споживання протягом року. Овочу мають бути доступними не тільки у період їх дозрівання і заготівлі, але й в зимово-весняний період.

Національна норма споживання овочів для задоволення потреби людини у вуглеводах, рослинних білках, солях, кислотах, вітамінах і інших життєво важливих речовинах складає 100 кг в свіжому вигляді і 16,6 кг у вигляді консервантів. На капусту при цьому повинно припадати не менше 25%.

Продовжити терміни споживання овочів можна заходами з їх зберігання і переробки. Якість овочів визначається рядом причин: особливостями сорту, технологією їх вирощування, умовами вегетаційного періоду, збирання і зберігання.

Одна з причин високих втрат при зберіганні овочів – низька якість матеріалу, що закладається на зберігання. Тому для вирощування овочів,



призначених для зберігання, необхідний високий рівень агротехнічних заходів на ґрунтах, не заражених грибними і бактерійними хворобами, з достатнім внесенням добрив при дотриманні оптимального співвідношення між такими елементами як азот, фосфор і калій.

Внесення підвищених доз азотних добрив і надмірні поливи збільшують валовий урожай, але зумовлюють зниження якості, транспортабельності і лежкості продукції. З другої половини вегетації необхідно обмежити внесення азотних добрив і збільшити кількість фосфорних і особливо калійних, що сприяє кращому визріванню і збережаності овочів. В той же час необхідно скоротити поливи, а за 2-3 тижні до збирання їх припинити, оскільки поливи перед збиранням погіршують збережаність продукції. Все це забезпечить високу якість матеріалу, що закладається на зберігання.

Друга умова підвищення ефективності зберігання сільськогосподарської продукції – це проведення збирання, транспортування і закладки на рівні, який забезпечить мінімальну пошкодженість, оскільки пошкодження поверхні бульбоплодів, качанів, цибулин відкривають доступ шкідливим мікроорганізмам і їх внутрішнім тканинам, викликаючи захворювання [1].

Багато овочевих культур продовжують рости і до самих заморозків. Одна з найважливіших умов збереження овочів - своєчасне і організоване збирання врожаю і відбір продукції, придатної для тривалого зберігання.

# 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА МАШИН ДЛЯ ЗАГОТІВЛІ КАПУСТИ

## 1.1. Технологія та засоби збирання і післязбиральної обробки капусти

Збирання – найбільш працемістка операція при вирощуванні капусти. Знизити витрати можна за рахунок комплексної механізації збиральних робіт. Урожай ранньостиглої капусти збирають в декілька прийомів вибірково за допомогою широкозахватних транспортерів ТШП-25, ТН-12, ТПО-50 чи причіпної овочевої універсальної платформи ПОУ-2 і трактора Т-16М. Зрубування або зрізання капусти проводять вручну. Середня врожайність ранньостиглої капусти – 15...30 т/га.

Ранні сорти збираються вибірково – в 3-4 прийоми (по мірі формування качанів). Пізні сорти збирають в 1-2 прийоми при настанні стійкої холодної погоди.

Збирають капусту спеціалізованими машинами із використанням вибіркового, суцільного чи комбінованого способу.

Середньо- та пізньостиглі сорти капусти збирають комбайнами: однорядним МСК-1, дворядними МКП-2 і УКМ-2.

При суцільному збиранні середніх та пізніх сортів капусти качанної широко використовують машину УКМ-2 (рис. 1.1), яка складається з барабанів 7, різального апарату та вивантажувального елеватора, ходової частини 8 та приводного механізму, рами 10 та причіпного пристрою 13, гідросистеми та кабіни з органами керування.

Різальний апарат виконує зрізування капусти та передає качани на вивантажувальний елеватор. Складається різальний апарат із клавішів (ліфтерів) 1, рами 2, хитних рамок 3 і притискних барабанів 7.

При зрізуванні капусти притискні барабани підтримують головки та переміщують їх до елеватора. Притискні барабани складаються із двох конусних боковин з натягнутими еластичними стропами та вала.

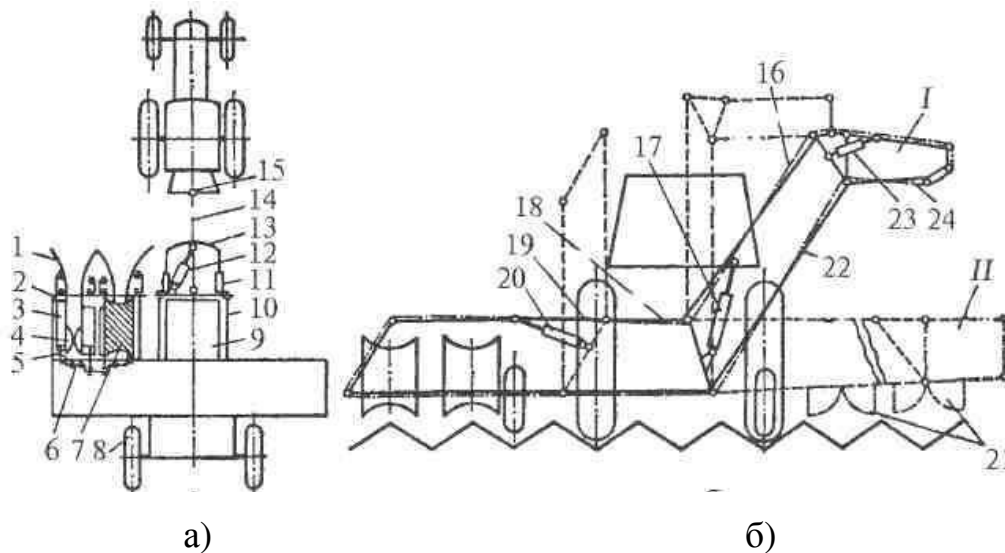


Рисунок 1.1 – Функціональна схема машини УКМ-2:

а – вигляд зверху; б – вигляд ззаду; I, II – відповідно піднята і опущена вивантажувальна частина елеватора; 1 – клавіші; 2 – рама зрізу вального апарата; 3 – хитна рама; 4 – ніж; 5 – шатун; 6 – колінчастий вал; 7 – притискний барабан; 8 – ходове колесо; 9 – робоче місце механізатора; 10 – рама; 11, 12, 17, 20 і 23 – гідроциліндри; 13 – причіпний пристрій; 14 – дишло; 15 – скоба трактора; 16 – похила рама; 18 – рама елеватора; 19 – рама приймальної частини елеватора; 20 – гідроциліндр; 21 – відкидні люки; 22 – днище; 24 – кінцева рама елеватора.

Клавіші (ліфтери) виготовлені із трубок круглого поперечного перерізу і шарнірно з'єднані з рамою різального апарату. Для запобігання заглиблювання носків ліфтерів у ґрунт у передній частині клавішей кріпляться опорні ліжі.

Ліфтери та ножі різального апарату закріплені на коливних рамках, які приводяться в рух шатунами 5 від колінчастого вала 6, що забезпечує здійснення коливальних рухів час роботи. Ножі різального апарату виготовлені у вигляді сегментів.

Робочий процес здійснюється таким чином. При переміщенні машини вздовж рядків капусти ліфтери 1 піднімають і спрямовують головки під притискні барабани 7, які вирівнюють і утримують їх.

Ножі 4 зрізують головки капусти за рахунок коливальних рухів. Барабани переміщують головки капусти до похилої секції (положення I) вивантажувального елеватора, який завантажує їх у транспортний засіб.

Якщо головки капусти укладають у валки, то похилу і кінцеву частини елеватора встановлюють горизонтально (положення II).

Агрегатують машину із тракторами класу 1,4. Робоча швидкість агрегату - 2,5 км/год, а продуктивність - 0,3 га/год.

Комбайн УКМ-2Л (рис. 1.2) складається із зрізу вального апарату, двопотокового елеватора, листовідокремлювача, транспортера контролю, вала-відбійника, технологічного майданчика, лотка скочувального і лотка скочувального заднього, коліс ходових, приводу, рами основної, гідросистеми автономної, гідросистеми з приводом від валу відбору потужності трактора, сигналізації, місця оператора.

Технологічний процес збирання капусти здійснюється таким чином. Агрегат рухається по вже зібраній частині поля. Клавіші зрізувального апарату піднімають і направляють качани капусти під притискні барабани, які вирівнюють і фіксують качани. Зафіксовані качани зрізуються сегментними ножами, розташованими під притискними барабанами, і направляються в приймальну частину вивантажного елеватора.

З приймальної частини качани транспортуються на похилу ділянку елеватора. При русі полотна з капустою вгору качани під дією своєї ваги провалюються у вікно люка і попадають на листовідокремлювач.

При переміщенні качанів по валах листовідокремлювача відбувається захоплення вільного і частково закріпленого на качані листя валами, які обертаються назустріч один одному, і скидання їх на поле.

З листковідділювача очищені головки капусти потрапляють на полотно транспортера контролю. На транспортері контролю підсобні робітники проводять вибраковування капусти і видалення вільного листя.



Рисунок 1.2 – Капустозбиральний комбайн УКМ-2Л

Потім головки капусти направляються валом-відбійником по скочувальному лотку в другий канал полотна елеватора, де вони підхоплюються лопатями полотна, транспортуються на похилу ділянку вивантажувального елеватора і подаються в кузов транспортного засобу.

При способі збирання із зрізуванням качанів і укладанням їх у валок на полі, технологічний процес виконується аналогічно попередньому варіанту, за винятком руху полотна транспортера контролю, яке повинен відбуватися в протилежну сторону. В цьому випадку капуста з листковідділювача поступає на полотно транспортера контролю, з якого качани поступають на лоток скочувальний задній, а потім на поле на капустяний лист, що впав з листковідділювача. Технічну характеристику комбайна УКМ-2Л подано в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика комбайна УКМ-2Л

| Тип машини                                    | напівначіпна          |
|---|-----------------------|
| Продуктивність за 1 годину основного часу, га | до 0,3                |
| Робоча швидкість, км/ч                        | 2-4                   |
| Транспортна швидкість, км/ч                   | до 15                 |
| Ширина міжрядь, см                            | 70                    |
| Число прибираних рядків, шт                   | 2                     |
| Габаритні розміри, мм:                        |                       |
| у робочому положенні                          | 5600×(5900-6850)×3550 |
| у транспортному положенні                     | 5600×3100×3880        |
| Дорожній проясвіт, мм                         | 300                   |
| Кількість обслуговуючого персоналу, люд.:     | 2-4                   |
| тракторист                                    | 1                     |
| оператор                                      | 1                     |
| робітники на очищенні                         | 0-2                   |
| Маса машини, кг                               | 3350                  |

Однорядковий капустозбиральний комбайн ККП-1 (рис. 1.3) призначений для збирання капусти качанної на міжряддях 70 см, на рівних і профільованих поверхнях з доопрацюванням качанів в процесі збирання до товарного вигляду і вантаженням в контейнери або в кузов автомобіля, що рухається паралельно агрегату. Комбайн проводить відбракування

нестандартних дрібних качанів. Часткове доопрацювання качанів проводиться оператором.

Управління всіма технологічними процесами збирання (рух по рядку, піднімання, опускання зрізаючого апарату вивантажувальним транспортером) здійснюється трактористом за допомогою пульта, встановленого в кабіні трактора. Технічна характеристика комбайна подана в табл. 1.2.



Рисунок 1.3 – Капустозбиральний комбайн ККП-1

Таблиця 1.2 – Технічна характеристика капустозбирального комбайна ККП-1

| Тип агрегату   | напівначіпний |
|--|---------------|
| Агрегування з трактором, кл.                             | 1,4           |
| Кількість збираних рядів, шт.                            | 1             |
| Робоча швидкість руху, км/ч                              | 4–6           |
| Продуктивність за 1 год, га/год основного часу, не менше | 0,21          |
| Питома витрата палива, кг/гектар, не більше              | 0,72          |
| Повнота збирання %, не менше                             | 97            |
| Маса, кг   | 2000          |

Італійський причіпний однорядний капустозбиральний комбайн RPD (рис. 1.4) обладнаний системою із зрізаючою головою із зубчатим диском, що безперервно обертається, що підтримує його в чистому вигляді і оберігає продукцію від забруднення.

Дві транспортерні стрічки переміщують продукцію на робочий стіл, де вона очищається, укладається в ящики або поступає в бункер або причіп.

Висота зрізу головки капусти контролюється електронним сенсором, який розташовано біля зрізаючого диска, що дозволяє збирати врожай практично при будь-якому стані ґрунту (висока вологість, нерівність рельєфу).

Машина може працювати і на замульчованому ґрунті, що сприяє зниженню витрат робочої сили і поліпшенню умов роботи.

Капуста повинна бути не більше 25см в діаметрі, вага 4-5кг.



Рисунок 1.4 – Капустозбиральний комбайн RPD (Італія)



Капустозбиральний комбайн Asa-Lift МК – 1000 (рис. 1.5) начіпний, однорядний, контейнерного або елеваторного типу (Данія).



Рисунок 1.5 – Капустозбиральний комбайн Asa-Lift МК – 1000 (Данія)

Приймальна частина комбайна складається з наступних вузлів: приймальні торпеди, що подають приймальні ремені, дискові ножі, що обертаються, для зрізування качана, плоский транспортер PVC і підтримуючий еластичний транспортер. Привід всіх вузлів механічний від ВВП трактора, начіпка, приймальний голчатий транспортер (ширина 50 см) з поролоновим направляючим барабаном, інспекційний стіл (ширина 63 см і довжина 2,0 м) з поролоновим направляючим барабаном. Платформа для робітників - інспекторів на 2 робочих місця. Майданчик на 2 контейнери. Опорні колеса 400/60-15,5. Агрегатується з тракторами МТЗ – 1221.

Маловаговий капустозбиральний комбайн МКК-1 (рис. 1.6), розроблений в Чуваській ГСХА, призначений для механізованого суцільного збирання качанової капусти в товарному виді середніх і пізніх сортів з одночасним завантаженням в транспорт, що йде поряд. Технічна характеристика комбайна МКК-1 подана в таблиці 1.3.

Комбайн напівначіпний, агрегатується з тракторами тягового класу 1,4. Привод робочих органів здійснюється від заднього валу відбору потужності трактора.



Рисунок 1.6 – Капустозбиральний комбайн МКК-1

Таблиця 1.3 – Технічна характеристика комбайна МКК-1

|   |             |
|---|-------------|
| Продуктивність за 1 годину основного часу, га | 0,19 – 0,35 |
| Робоча швидкість, м/с                         | 0,8 – 1,5   |
| Число збираних рядків                         | 1           |
| Повнота збирання, %                           | не менше 98 |
| Кількість обслуговуючого персоналу, люд.      | 1           |
| Маса, кг                                      | 800         |

Основними робочими органами (вузлами) є: ріжучий апарат з листовідокремлювачем, перебиральний транспортер-обрізувальник, елеватор, майданчик технологічний, опорні колеса, привод.

При роботі трактор з комбайном рухаються по прибраній частині поля, направляючи ріжучий апарат по рядку капусти.

Ліфтери ріжучого апарату направляють качани капусти під притискний транспортер, де здійснюється їх вирівнювання, фіксація і зрізування. Далі зрізані качани та вільне листя прямує виносним і притискним транспортерами на перебиральний транспортер-обрізувальник.

На перебиральному транспортері качани піддаються інспекції. Робочий відбирає головки з довгими качанами і розетковим листям, вставляє їх в отвори в настилі транспортера-обрізувальника, в якому вони в подальшому повторно обрізаються при зустрічі з пасивним ножом. В результаті розеткове листя відділяється від качанів, а зрізані качани скочуються по лотку на землю.

Далі качани і листя поступають на елеватор, де листя знову відділяється від качанів, а товарні качани подаються в кузов транспортного засобу або контейнери.

Управління технологічними процесами збирання здійснюється трактористом з кабіни трактора, а постійність тиску під копіюючими лижами ріжучого апарату підтримується механічно.

Перевагами пропонованого комбайна, в порівнянні з відомими аналогами, є висока технологічна надійність і підвищена продуктивність, отримання товарної продукції високої якості за рахунок нового принципу роботи, простота конструкції і мала металоємність.

Капуста білокачанна не має стану глибокого фізіологічного спокою. До моменту збирання врожаю верхівкова брунька, якій належить регулююча роль у всіх процесах розвитку, знаходиться у вегетативному стані. Для завершення диференціації верхівкової бруньки качани необхідно зберігати при зниженій температурі. Поки диференціація не завершиться (період вимушеного спокою), качани за сприятливих умов зберігаються добре, але після закінчення цього періоду відбуваються втрати продукції. Цьому сприяє пробудження верхівкової бруньки і завершення процесу підготовки до репродуктивного розвитку. Тривалість періоду спокою і здатність до зберігання (лежкість) капусти залежать від сортових особливостей.

Зібрану і відсортовану капусту для кращого охолодження складають в тимчасові бурти шириною до 1,5 м і вкривають шаром (15–20 см) соломи. Транспортують качани до місця зберігання з 1 – 3 розетковим листям, що запобігає пошкодженню качанів.

Перед закладанням на зберігання качани очищають від сухого, забрудненого верхнього листя. Зачищати капусту дочиста в цей період не можна: прилегле листя стійкіше до хвороб і захищають внутрішню частину качана. Але не слід залишати розеткове листя: вони забивають просвіти між качанами. Це зменшує шпаруватість штабелю, утрудняє повітрообмін, викликає запотівання, запарювання продукції і приводить до великих втрат. Перед закладанням на тривале зберігання ретельно відбраковують качани з механічними пошкодженнями, а також уражені шкідниками і хворобами. На тривале зберігання закладають качани середнього розміру, оскільки зняття шару листя у дрібних качанів при зачистці після зберігання приводить до втрати 5 – 7% маси, а крупні качани розтріскуються при зберіганні.

Перед реалізацією і закладкою на зберігання капусту розділяють на групи за якістю залежно від наявності дефектів (сортуння) і за розміром (калібрування). Сортуння та калібрування проводять на роликкових перебиральних машинах типу УДК – 30, які обертають переміщувані качани, що дозволяє краще їх оглядати і видаляти дефектні екземпляри.

До винаходу машини для автоматичного очищення капусти від непридатних покривних листів, процес доочищення капусти був високозатратним, із великим застосуванням ручної праці.

Доочисник капусти німецької фірми NOSMA спеціально сконструйовано для дбайливого і ретельного очищення капусти (біло- і червонокочанної), що зберігається перед її реалізацією на ринку. Очисні машини NOSMA (рис. 1.7) німецького виробництва забезпечують повністю автоматичне очищення капусти.

Після зрізування головок (вручну або механізовано) качани капусти потрапляють в машину. За допомогою двох профільованих валів, що обертаються, качани приводяться в обертання і пересуваються в очисному пристрої. Вали повністю покриті спеціальним полімерним матеріалом, так що качани не можуть механічно ушкодитися, знаходячись всередині машини. Доочисник капусти NOSMA працює на 100 % без травмування качанів.



Рисунок 1.7 – Технологічні лінії NOSMA для доочищення качанів капусти

Швидкість обертання валів регулюється вручну. Відстань між валами регулюється за допомогою рукоятки на зовнішній стороні машини так, щоб воно відповідало величині качанів. Для маленьких качанів вали стоять ближче один до одного, а для великих – більше віддалені один від одного.

Над валами знаходиться канал подачі повітря з дюзами, які можуть бути індивідуально настроєні для здування погано прилеглого листя. По внутрішніх сторонах машини знаходяться прогумовані похилі планки, кут нахилу яких легко міняється. Вони служать для оптимального проведення качанів через

машину. Абсолютне збереження продукції стало можливе завдяки гумовому покриттю валів і похилих планок.

Якість доочищення качанів капусти від некондиційного покривного листя очисною машиною фірми NOSMA показано на рис. 1.8.



а)



б)

Рис. 1.8. Зовнішній вигляд качанів капусти:

а – до обробки;

б – після обробки машинами NOSMA.

Технічна характеристика машини NOSMA СС-2620 подана в табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Технічна характеристика машини NOSMA СС-2620

|  |                                  |
|--|----------------------------------|
| Розміри, мм                              | 2620×790×2535                    |
| Потужність нагнітаючого вентилятора, кВт | 7,5                              |
| Потужність підйомного двигуна, кВт       | 1,5                              |
| Число сопел-дюз, шт.                     | від 8 до 10                      |
| Швидкість подачі капусти, м/хв.          | 0-12 (регулюється безступінчато) |
| Продуктивність, т/год                    | до 10                            |

### 1.3. Вимоги до якості очищення капусти

Зібраний урожай капусти повинен відповідати ГОСТ 1724 – 85 [8].

Головки капусти повинні бути свіжі, здорові та чисті, повністю сформовані та цілі, типової форми і забарвлення, без пошкоджень сільськогосподарськими шкідниками. Допускаються качани з 2 – 4 не щільно прилеглими лисками. Довжина качана над головою капусти не більше 3,0 см.

Кількість качанів з механічними пошкодженнями не більше двох верхніх листків в бічній і нижній частині не обмежується. Кількість качанів з сухим забрудненням, механічними пошкодженнями на глибину не більше п'яти листів, із зарубкою головки і качана повинна складати в сукупності не більше 5,0% від загальної маси. Не допускається наявність качанів із значними механічними пошкодженнями.

Мінімальна маса очищених качанів ранньостиглих сортів капусти в південних областях України (Миколаївській, Одеській, Херсонській, Закарпатській) до 15 червня, в решті областей до 1 липня повинна бути не менше 0,3 кг, а після зазначених термінів у всіх областях – не менше 0,4 кг.

Маса качанів капусти середньостиглих і пізньостиглих сортів повинна бути не менше 0,8 кг, а капусти, що реалізовується після зимового зберігання з 1 лютого — не менше 0,6 кг.

Качани повинні бути очищені до щільно облягаючого зеленого або білого листя з довжиною качана (над головою) не більше 3 см. За домовленістю між сторонами при перевезеннях капусти для зимового зберігання допускається наявність головок з двома-трьома нещільно прилеглим зеленим листям і подовженим качаном.

При перевезеннях влітку в партії капусти допускається наявність качанів з облягаючим зав'язим листям (без пожовтіння), а в осінньо-зимовий період — із злегка підмороженим (до чотирьох облягаючих чи прикриваючих листків).

Для зимового зберігання і переробки використовують капусту середньо-пізніх і пізньостиглих сортів. У партії капусти всіх термінів дозрівання

допускається наявність качанів з сухим забрудненням, механічними пошкодженнями на глибину трьох облягаючих листів, із зарубкою головки качана (не більше 5% від загальної маси).

Качани ранньостиглої капусти повинні бути повністю сформованими, нормальної щільності. Средньопізня і пізньостигла капуста повинна мати щільний або середньощільний, але не пухкий качан. Нестандартними вважаються тріснуті качани. Якщо качан має декілька дефектів (захворювання, пошкодження), враховують один найбільш істотний з них. Масу нещільно прилеглого листа визначають при аналізі і відносять до відходів. Масу подовжених качанів на головках (більше 3 см) також зараховують у відходи. У партії свіжої капусти не допускається наявність качанів з механічними пошкодженнями глибше трьох облягаючих листів, а також тріснутих, пророслих, гнилих, запарених, підморожених листків, із сторонніми запахами і смаком, викликаними умовами вирощування, зберігання і транспортування.

Якість білокачанної капусти визначають на основі аналізу середнього зразка, який відбирають від кожної партії. З партії до 100 місць відбирають не менше трьох одиниць упаковки. Якщо в партії більше 100 місць, на кожних 50 місць понад 100 додатково беруть по одній одиниці упаковки. Під час прийому капусти без тари середній зразок складається з окремих вибірок, узятих з різних шарів.

На кожну тонну понад 5000 кг відбирають додатково 5 кг. Середній зразок розбирають і аналізують за всіма показниками стандарту. При аналізі до нестандартної продукції відносять (понад встановлені ГОСТом кількості) качани менше вказаної маси, пророслі, тріснуті, пухкі для середньопізньої і пізньостиглої капусти; качани, уражені точковим некрозом, з пергаментністю внутрішнього листа (сухий прошарок усередині).

До відходів відносять пророслі з квітковими стеблами, сильно уражені точковим некрозом, повністю промороженні, запарені, гnilі, з живими личинками і їх екскрементами між листками качани, а також качани пізньостиглої капусти, що не сформувалися. Транспортують ранню і



средньопізну капусту в ящиках ємкістю не більше 40 кг (ГОСТ 13359—73, ГОСТ 17812-72) і в контейнерах. Допускається перевезення средньопізньої і пізньої капусти без тари (насіпом на чистій підстилці). У зимовий час капусту перевозять в ящиках, контейнерах, мішках і кульках з обов'язковим укриттям для захисту від низьких температур.

#### 1.4. Фізико-механічні властивості капусти

Капуста відрізняється великою різноманітністю сортів. Налічують близько п'ятдесяти сортів тільки білокачанної капусти.

Основні геометричні і механічні характеристики чотирьох найбільш поширених сортів білокачанної капусти: раннього – Номер перший, середньостиглий – Слава, средньопізнього – Амагер і пізнього – Московська пізня, отримані за даними [20], подано в табл. 1.5 та табл. 1.6.

Середні значення основних розмірів рослин: ширина розетки  $B$ , діаметрів головки  $D$  і качана  $d$ , висоти рослин  $H$ , висоти розташування качана  $h$ , довжини безлистової  $l_1$  та листової  $l_2$  частин качана (рис. 1.11), що визначають параметри робочих органів капустозбиральної машини, подано в табл. 1,5. Проте навіть у одного сорту фактичні значення розмірів в період збирання варіюють в широких межах. Так, наприклад, маса товарного качана коливається в межах 0,36– 2,48 кг (сорт Номер перший) та 0,63–7,59 кг (сорт Московська пізня).

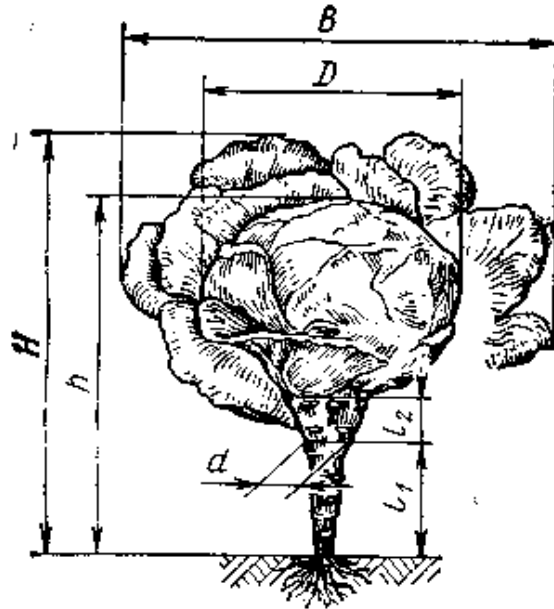


Рис. 1.9. Розміри рослини капусти

Таблиця 1.5 – Основні розмірні показники білокачанної капусти

| Сорт                | Разміри, см |          |         |        |       |                |                | Маса<br>ГОЛОВКИ,<br>кг |
|---------------------|-------------|----------|---------|--------|-------|----------------|----------------|------------------------|
|                     | B           | D        | d       | H      | h     | l <sub>1</sub> | l <sub>2</sub> |                        |
| Номер перший        | 43±13       | 16 + 5,1 | 3,0±0,7 | 25±6,7 | 22 ±6 | 11,2±3,5       | 4,9±2,4        | 1,5±0,7                |
| Слава               | 64±21       | 20±4,2   | 4,1±2,1 | 31±13  | 26+9  | 9,4±2,6        | 5,2±0,8        | 2,8 + 2,0              |
| Амагер              | 75±14       | 21±3,5   | 4,8±0,9 | 35±9   | 30±8  | 12,0 + 2,7     | 5,0 + 0,6      | 2,5±1,1                |
| Московська<br>пізня | 80±22       | 23±6,1   | 4,7±1,6 | 38±10  | 34±10 | 14,4±3,1       | 6,7±2,5        | 4,3±3,3                |

Залежно від сорту і ступеня зрілості об'ємна (насіпна) щільність товарних качанів коливається в межах 320 – 450 кг/м<sup>3</sup>; у качанів з невідокремленим розетковим листям вона зазвичай не перевищує 300 кг/м<sup>3</sup>. Об'ємна щільність неподрібненого розеткового листя 145 кг/м<sup>3</sup>, а при подрібненні вона збільшується до 230 кг/м<sup>3</sup>. Від загальної маси рослини маса товарного качана в середньому складає 63,0%, розеткового листя – 30,5%, зовнішнього качана – 4,8% і кореневої частини – 1,7 %.

Допустима висота падіння качанів 0,5 м. При механізованому прибиранні капусти тертя робочих органів машини спостерігається головним чином по зовнішньому листю і качану. Коефіцієнти тертя руху листя і качану по різних поверхнях, визначені при тиску 0,6 кПа і швидкості руху 1,8–2,0 м/с, приведені в табл. 1.6.

Таблиця 1.6 – Значення коефіцієнтів тертя руху рослин

| Елементи рослини    | Вологість, % | Поверхня тертя    |                 |               |                |
|---------------------|--------------|-------------------|-----------------|---------------|----------------|
|                     |              | нефарбована сталь | фарбована сталь | технічна гума | соснова фанера |
| Лицевий бік листя   | 90           | 0,30              | 0,53            | 0,53          | 0,38           |
| Зворотній бік листя | 90           | 0,39              | 0,54            | 0,41          | 0,22           |
| Качан               | 91           | 0,30              | 0,33            | 0,47          | 0,29           |

Зусилля витягання рослин з ґрунту залежить від їх розмірів, а також від вологості і твердості ґрунту. Як правило, міцність качана перевищує зусилля, необхідне для висмикування рослини з ґрунту. У сорту Номер перший міцність складає в середньому 765 Н, у сорту Московська пізня – 900 Н. Середні значення зусилля витягання рослин капусти з ґрунту подано в табл. 1.7.

Таблиця 1.7 – Зусилля, необхідне для витягання рослин капусти з ґрунту

| Сорт             | Вологість ґрунту, % | Твердість ґрунту, МПа | Зусилля висмикування, Н |             |            |
|------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------|-------------|------------|
|                  |                     |                       | середнє                 | максимальне | мінімальне |
| Номер перший     | 18,8                | 0,57                  | 170                     | 250         | 100        |
|                  | 21,5                | 1,2                   | 300                     | 400         | 170        |
|                  | 12,9                | 1,65                  | 380                     | 500         | 270        |
| Слава            | 22,0                | 0,55                  | 490                     | 730         | 280        |
|                  | 28,0                | 0,59                  | 280                     | 440         | 150        |
|                  | 21,8                | 0,94                  | 330                     | 620         | 170        |
| Амагер           | 22,8                | 1,25                  | 250                     | 380         | 130        |
|                  | 27,3                | 1,38                  | 310                     | 460         | 180        |
|                  | 21,8                | 1,33                  | 340                     | 490         | 220        |
| Московська пізня | 28,2                | 0,32                  | 390                     | 600         | 250        |
|                  | 29,9                | 0,44                  | 460                     | 620         | 250        |
|                  | 21,9                | 1,21                  | 950                     | 1400        | 510        |

## 1.5. Обґрунтування теми дипломного проекту

Для безперебійного постачання населення, капусту необхідно зберігати 7 – 8 місяців у році. Протягом цього часу в ній відбуваються складні біохімічні і фізіологічні зміни, які в тому або іншому ступені впливають на харчові якості.

Перед закладкою на зберігання качани очищають від сухого, забрудненого верхнього листя. Зачищати капусту начисто в цей період не можна, бо прилегле листя стійкіше до хвороб і захищає внутрішню частину качана. Але не слід залишати розеткове листя: воно забиває просвіти між качанами, що зменшує шпаруватість штабелю, ускладнює повітрообмін, викликає запотівання, запарювання продукції і приводить до великих втрат.

Для очищення качанів капусти від покривного листя, їх сортування та калібрування застосовують спеціальну машину УДК-30, яка забезпечує високу продуктивність та достатню якість процесу підготовки капусти до зберігання.

При зберіганні капуста часто втрачає товарні якості і харчову цінність унаслідок поразки хворобами – сірою гниллю, судинним бактеріозом, мокрою бактерійною гниллю і чорною плямистістю листя.

Перед реалізацією на ринку капусти після тривалого зберігання необхідно провести очищення її качанів від пошкодженого та ураженого хворобами покривного листя. Крім цього видалення зеленого покривного листя і качанів знижує вміст нітратів на 20-30%.

У крупних господарствах-виробниках овочів застосування сучасної системи землеробства і новітніх машин забезпечує середню врожайність більше 500 ц/га і високий рівень рентабельності. В таких господарствах доцільно для післязбиральної обробки застосовувати лінію УДК-30.

В дрібних господарствах, які складають основну частку від загальної кількості фермерських господарств України має місце низький рівень врожайності капусти. Це обумовлено як суб'єктивними (низька кваліфікація кадрів) так і об'єктивними чинниками.

До об'єктивних чинників слід віднести відсутність вітчизняної техніки сучасного рівня, що забезпечує необхідні параметри рослинництва. Придбання лінії УДК-30 для післязбиральної обробки капусти перед зберіганням для таких незначних об'ємів продукції економічно недоцільно, а орендування такої лінії приводить до підвищення ринкової ціни на капусту. Сучасна техніка для овочівництва, що постачається країнами ЄС, має високу вартість, а тому недоступна дрібним виробникам.

Тому доцільним є створення машини для післязбиральної та передреалізаційної підготовки капусти, яка б забезпечувала максимальну ефективність при мінімальних витратах, знижувала виробничі витрати і вимагала участі тільки однієї людини.

За прототип взято принцип роботи лінії NOSMA німецького виробництва, у якій качани капусти очищаються від покривного листа за рахунок переміщення по двох профільованих валах, що обертаються, за рахунок чого качани приводяться в обертання і пересуваються в очисному пристрої (рис. 1.12).



Рис. 1.10. Принцип роботи очисного пристрою пропонованої машини

## **2. РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОЧИСНИКА КАПУСТИ**

### **2.1. Побудова конструктивно-технологічної схеми очисника капусти**

Конструйований очисник головок капусти працюватиме автоматизовано, ретельно і без пошкоджень очищаючи качани капусти від некондиційного покрівельного листа перед її реалізацією на ринку.

Технологічний процес очищення головок капусти від покрівельного листа проходить наступним чином (рис. 2.1).

Після зрізування головок (вручну або механізовано) качани капусти за допомогою подаючого транспортера потрапляють в машину, яка складається з рами 1, очисного пристрою 2, приводу 3 очисного пристрою (ланцюгова передача) та захисних щитків і направляючих планок (на рисунку непоказані).

Попадаючи між двох профільованих валів, що обертаються в одному напрямку, качани приводяться в обертання і пересуваються вздовж валів очисного пристрою за рахунок профільної гвинтової навивки. Профільна навивка валів покрита спеціальною гумою, що запобігає механічному ушкодженню качанів, які знаходяться всередині машини.

Швидкість обертання валів регулюється вручну. Відстань між валами регулюється за допомогою рукоятки на зовнішній стороні машини так, щоб воно відповідало величині качанів. Для маленьких качанів вали стоять ближче один до одного, а для великих – більше віддалені один від одного.

По внутрішніх сторонах машини знаходяться прогумовані похилі планки, кут нахилу яких можна легко змінювати. Вони служать для оптимального проведення качанів через машину.

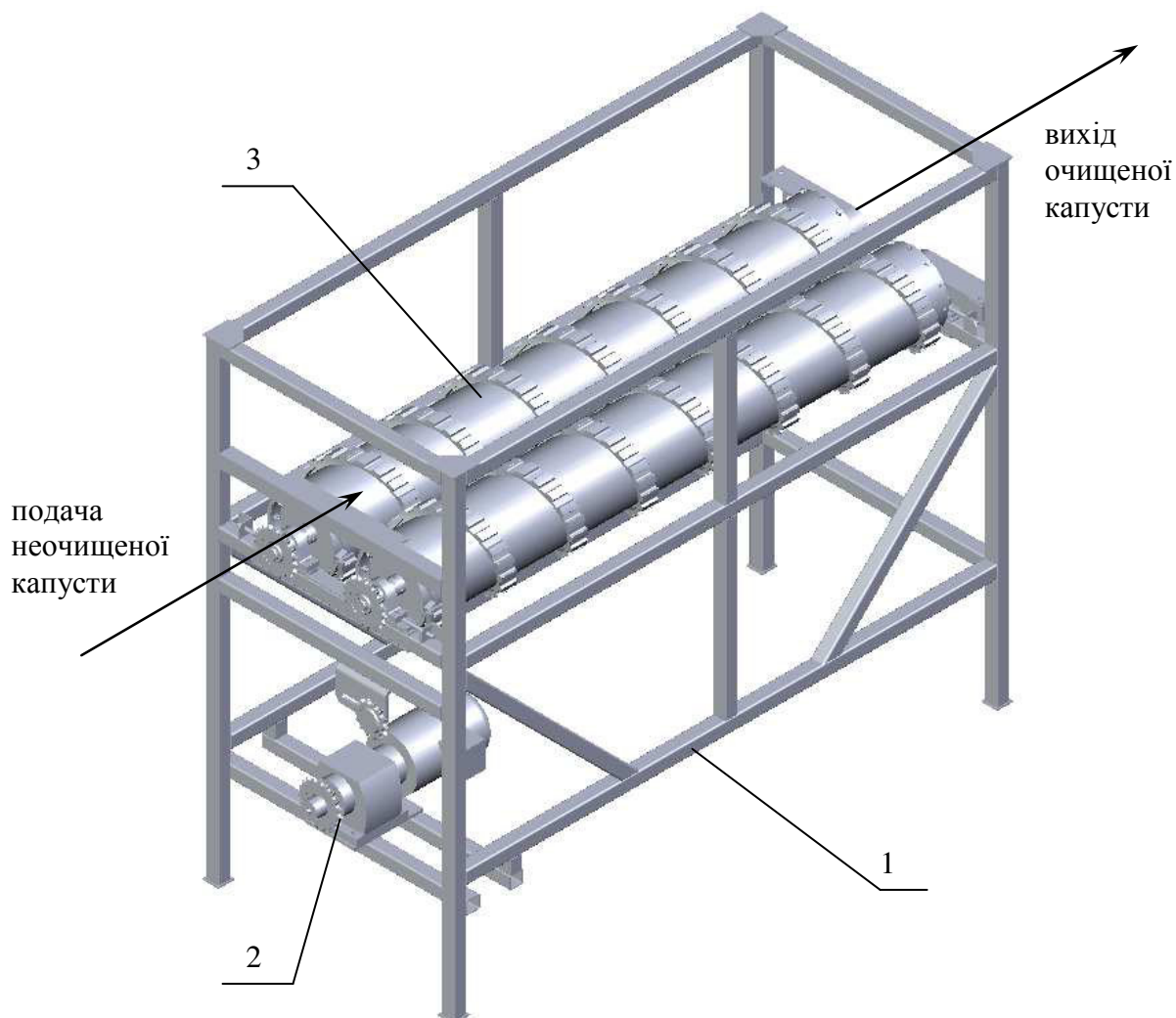


Рисунок 2.1 – Конструктивно – технологічна схеми очисника капусти:

1 – рама; 2 – привод; 3 – очисний пристрій.

## 2.2. Обґрунтування основних конструктивних параметрів машини

Листовідокремлювачі призначені для виділення з вороху вільного листя. При технології збирання всього біологічного врожаю листовідокремлювачі встановлюють на лінії післязбиральної обробки, при збиранні в товарному вигляді – на комбайні.

В основному застосовують два види листовідокремлювачів: валкові (шнекові) і штифтові (пальчасті).

Шнековий листовідокремлювач подібний до вирівнюючих шнеків і відрізняється від них напрямом обертання (у зоні зазору між шнеками вектор їх колової швидкості направлений вниз) і конструктивними параметрами.

Основними конструктивними параметрами листовідокремлювача є довжина та діаметр профільованих валів (шнеків), осьова відстань між парою валів, крок та кут підйому профільної навивки на валу. Всі ці параметри залежать від геометричних розмірів качана капусти.

А. Р. Шумер [8] рекомендує для визначення діаметру очисних шнеків (см) в залежності від діаметру качана капусти (мм) використовувати рівняння:

$$(f - 2\sqrt{8})R_{ш}R_{к} + (1 + f\sqrt{8})R_{к}\sqrt{R_{ш}R_{к}} - (1 + f\sqrt{8})R_{ш}\sqrt{R_{ш}R_{к}} - fR_{ш}^2 = 0, \quad (2.1)$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя качана капусти по поверхні шнека (табл. 1.6);

$R_{ш}$  – радіус шнека, см;

$R_{к}$  – радіус качана (табл. 1.5), мм.

Із таблиці 1.5 приймаємо максимальний діаметр качана капусти  $D_{к} = 230$  мм, а із таблиці 1.6 – середнє значення коефіцієнта тертя качана капусти по технічній гумі  $f = 0.47$ .

Розв'язуючи рівняння (2.1) відносно радіуса шнека отримаємо  $R_{ш} \approx 165$  мм (відповідно діаметр шнека  $D_{ш} = 330$  мм).

Крок  $t$  гвинтової лінії профільної навивки визначають з умови мінімально допустимого кута  $\beta$  нахилу гвинтової лінії:

$$\beta = \arctg \frac{t}{\pi D_{cp}} \leq \frac{\pi}{2} - \varphi, \quad (2.2)$$

де  $D_{cp}$  – діаметр шнека по середній лінії витка, мм. Приймаємо  $D_{cp} \approx D_{ш}$ ;

$\varphi$  – кут тертя качана по шнеку.



Кут тертя качана по шнеку визначаємо із залежності

$$\varphi = \operatorname{tg} f = \operatorname{tg} 0.47 \approx 25^\circ,$$

отже, кут нахилу гвинтової лінії профільної навивки не повинен перевищувати

$$\beta \leq \frac{\pi}{2} - \varphi = \frac{180}{2} - 25 = 65^\circ.$$

Графічно залежність кута нахилу гвинтової лінії профільної навивки від її кроку показано на рис. 2.2.

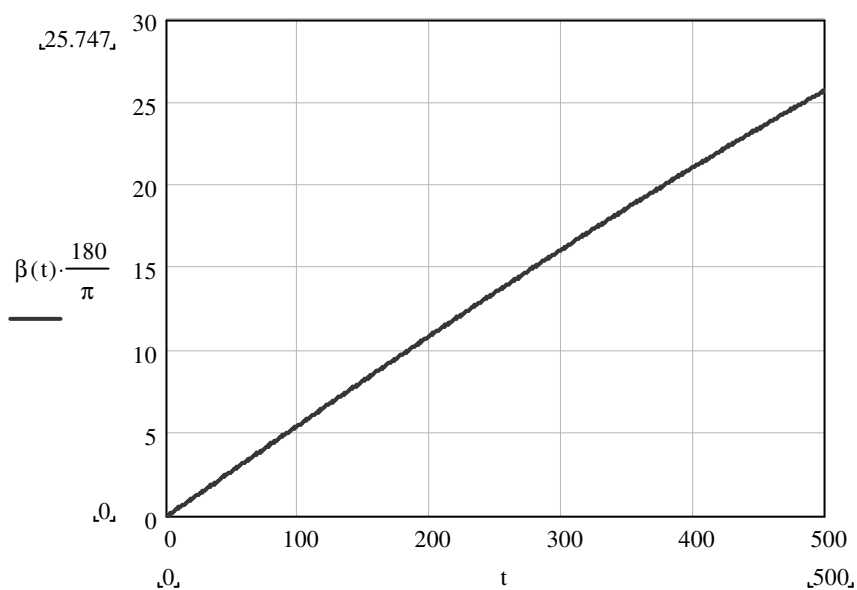


Рисунок 2.2 – Залежність кута нахилу гвинтової лінії профільної навивки від її кроку

Для забезпечення вільного переміщення головки капусти вздовж очисного валка, крок гвинтової лінії профільної навивки повинен бути дещо більшим від максимального діаметра качана  $D_K = 230$  мм.

Приймаємо осьовий крок гвинтової лінії профільної навивки  $t = 270$  мм, якому відповідає кут нахилу гвинтової лінії профільної навивки  $\beta = 15^\circ$ .

Нормальний крок гвинтової лінії профільної навивки становитиме

$$t_n = t \cdot \cos \beta = 270 \cdot \cos 15^\circ \approx 260 \text{ мм.}$$

Оскільки якість очищення качана капусти залежить від співвідношення розмірів качана, діаметру шнеків і відстані між шнеками, то І.Ф. Савченко пропонує нижню (опорну) поверхню качанів різних розмірів і форми розглядати у вигляді сімейства парабол (рис. 2.3):

$$y = a \cdot x^2 + b, \quad (2.3)$$

де  $a$  – коефіцієнт, що враховує форму і розміри качанів;

$b$  – коефіцієнт, що враховує зміщення поверхні щодо осі абсцис.

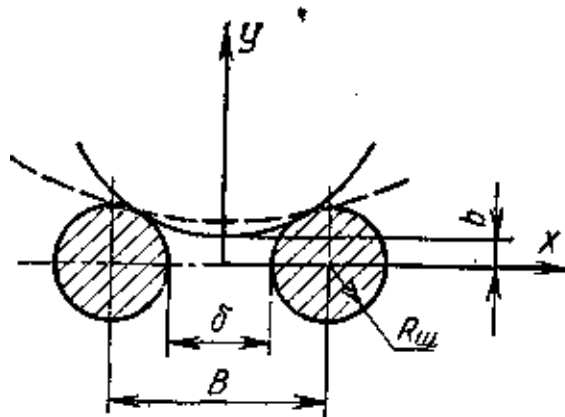


Рисунок 2.3 – Схема до визначення параметрів шнекового очисника

Рівняння кола перетину шнеків

$$(x - B)^2 + y^2 = R_{ш}^2, \quad (2.4)$$

де  $B$  – відстань між шнеками.

При сумісному розв'язку рівнянь (2.3) і (2.4) отримаємо

$$x^4 + x^2(1 + 2ab)/a^2 - x2B/a^2 + (B^2 + b^2 - R_{ш}^2)/a^2 = 0, \quad (2.5)$$

На підставі рівняння (2.5) можуть бути отримані залежності між зазором  $\delta$  і коефіцієнтом  $a$  при різних значеннях  $B$ . Критерієм якісної роботи очисного механізму є ступінь постійності параметра  $b$  при зміні коефіцієнта  $a$ . У зв'язку з тим, що  $R_{ш}$  процесі роботи є величиною постійною, а коефіцієнт  $a$  – змінною

функцією діаметру качана, І.Ф. Савченко пропонує змінювати відстань  $B$  між шнеками за допомогою автоматичного пристрою, що відстежуватиме діаметр качанів.

З іншого боку діаметр  $D_{ш}$  і зазор  $\delta$  між шнеками вибирають з умови захоплення листя та інших домішок (бур'яни, дрібні нерозвинені качани та ін.) і відсутності захоплення стандартних качанів:

$$\frac{D_k \cos \varphi - \delta}{1 - \cos \varphi} \geq D_{ш} \geq \frac{d_{п} \cos \varphi - \delta}{1 - \cos \varphi}, \quad (2.6)$$

де  $D_k$  – мінімальний діаметр стандартного качана (згідно ГОСТ 1724–67 мінімальній масі качана 0,8 кг відповідає  $D_k = 115$  мм);

$d_{п}$  – максимальна товщина домішок, що виділяються.

Із лівої частини рівняння (2.6) визначаємо максимальний зазор між шнеками

$$\delta \leq D_k \cos \varphi - D_{ш} (1 - \cos \varphi) = 115 \cos 15^\circ - 330 (1 - \cos 15^\circ) \approx 70 \text{ мм.}$$

Мінімальний зазор між шнеками приймаємо 10 мм.

Максимальна міжосьова відстань між очисними валами (шнеками)

$$B = 2R_{ш} + \delta = D_{ш} + \delta = 330 + 70 = 400 \text{ мм.}$$

Зважаючи на те, що для якісного очищення вороху від домішок довжина прямопоточної гірки повинна бути  $L \geq 1.85$  м [8, с. 141], приймаємо довжину очисних валів (шnekів)  $L=2000$  мм.

### 2.3. Розрахунок продуктивності очисника капусти

Оскільки стандартної методики визначення продуктивності очисника капусти не існує, то розрахунок пропускної здатності листовідокремлювача виконаємо з наступних міркувань.

Вважаємо, що одночасно на очисних валках знаходяться декілька качанів капусти з відстанню між ними, яка рівна половині діаметра качана.

Тоді кількість качанів капусти, що одночасно очищаються від покривного листа на валках довжиною  $L$  буде

$$N = \frac{L}{D_k + D_k/2} = \frac{2000}{230 + 230/2} = \frac{2000}{345} \approx 6.$$

Продуктивність очисника капусти можна визначити із наступного співвідношення

$$W = \frac{m_k \cdot N \cdot V_o}{L}, \quad (2.7)$$

де  $m_k$  - маса качана капусти, кг. З табл. 1.5 приймаємо  $m_k = 3$  кг.

$V_o$  - швидкість руху капусти по довжині очисного валка, м/с.

Відомо, що на капустозбиральному комбайні МСК-1 швидкість збігання витків середніх шнеків чотиришнекового листовідокремлювача становить 0,84 м/с, а крайніх – 0,42 м/с [8, с. 230], завдяки чому забезпечується надійніше захоплення домішок з вороху. У німецькій очисній лінії NOSMA швидкість подачі капусти становить 12 м/хв. або 0,2 м/с (див. табл. 1.4).

Виходячи з цього, приймаємо осьову швидкість руху капусти  $V_o = 0.3$  м/с.

Тоді продуктивність очисника капусти пропонованої конструкції

$$W = \frac{3 \cdot 6 \cdot 0.3}{2} \approx 2.7 \text{ кг/с} = 10,7 \text{ т/год.}$$

## 2.4. Розрахунок споживаної потужності

Потужність, яку споживатиме очисник головок капусти пропонованої конструкції визначимо за формулою

$$P = M \cdot \omega, \quad (2.8)$$

де  $M$  – крутний момент, необхідний для приводу валів очисника, Н м;  
 $\omega$  – кутова швидкість обертання валів, рад/с:

$$\omega = 2\pi \cdot n, \quad (2.9)$$

де  $n$  - частота обертання валів очисника капусти, об/с.

Необхідну частоту обертання валів очисника капусти можна визначити із умови забезпечення необхідної осьової швидкості руху головок капусти вздовж валів листовідокремлювача.

Осьова швидкість руху при відомому куті нахилу гвинтової лінії профільної навивки визначатиметься залежністю

$$V_o = V_t \cdot \operatorname{tg}\beta, \quad (2.10)$$

де  $V_t$  – колова швидкість руху точки на гвинтовій лінії навивки шнека, м/с:

$$V_t = \omega \cdot R_{III} = 2\pi \cdot n \cdot \frac{D_{III}}{2}. \quad (2.11)$$

З формул (2.10) та (2.11) визначимо необхідну частоту обертання валів:

$$n = \frac{V_o}{\pi \cdot n \cdot D_{III} \cdot \operatorname{tg}\beta}; \quad (2.12)$$

$$n = \frac{18}{\pi \cdot 0.330 \cdot \operatorname{tg}15} \approx 65 \text{ об/хв.}$$

Потужність при роботі очисника головок капусти затрачатиметься на обертання двох шнеків, обертання качана капусти, який знаходиться між валами, для відділення покривного листа та переміщення качана вздовж валів.

Момент, необхідний для приводу одного шнека визначається виразом:

$$M_{ш} = I \cdot \varepsilon, \quad (2.13)$$

де  $\varepsilon$  - кутове прискорення шнека, рад/с<sup>2</sup>;

$I$  – осьовий момент інерції обертання шнека, кг·м<sup>2</sup>.

Осьовий момент інерції обертання шнека визначаємо як осьовий момент інерції тонкостінного циліндра довжиною  $L$ , радіусом  $D_{ш}/2$  та масою  $m = 121$  кг (див. лист ДРМ 19-313.03.00 СК):

$$I = \frac{1}{2} m \left( \frac{D_{ш}}{2} \right)^2 + \frac{1}{12} m_{ш} L^2, \quad (2.14)$$

$$I = \frac{1}{2} 121 \left( \frac{330}{2} \right)^2 + \frac{1}{12} 121 \cdot 2000^2 = 41.63 \cdot 10^6 \text{ кг} \cdot \text{мм}^2 = 41,63 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Кутове прискорення шнека визначаємо як  $\varepsilon = \omega/t$ , вважаючи, що час розгону шнека від спокою до необхідної кутової швидкості становить  $t=5$ с.

Тоді момент, необхідний для приводу одного шнека за формулою (2.12)

$$M_{ш} = I \cdot g \cdot \frac{\omega}{t} = I \cdot g \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60 \cdot t} = \frac{41.63 \cdot 9.81 \cdot 2 \cdot 3.14 \cdot 65}{60 \cdot 5} = 56.5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Зусилля, яке забезпечує обертання головки капусти визначаємо із розрахункової схем на рис. 2.4.

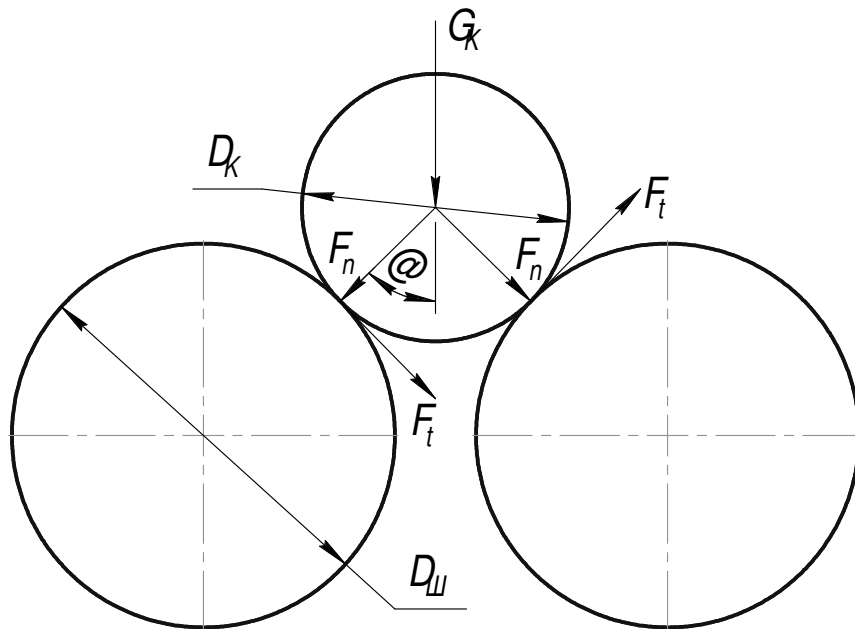


Рисунок 2.4 – Розрахункова схема для визначення зусилля обертання качана капусти

Колове зусилля на шнеку буде рівним силі тертя між поверхнею шнека та качаном капусти

$$F_t = F_n \cdot f = G_k \cos \alpha \cdot f = m_k \cdot g \cdot \cos \alpha \cdot f ,$$

$$F_t = 3 \cdot 9.81 \cdot \cos 45 \cdot 0.47 \approx 9.8 \text{ Н.}$$

Крутний момент, що створюватиме ці зусилля:

$$M_1 = 2F_t \frac{D_{\text{ш}}}{2} \text{ Н} = 2 \cdot 9.8 \frac{0.330}{2} 6 = 19.4 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Зусилля, необхідне для переміщення качана капусти вздовж шнека визначимо з наступних міркувань.

Робота, необхідна для переміщення одного качана капусти без врахування проковзування визначатиметься добутком осьової сили на довжину переміщення

$$A = F_o \cdot L = F_t \cdot \text{tg} \beta \cdot L. \quad (2.15)$$

З іншого боку, осьова сила повинна бути більшою сили тертя:

$$F_o \geq G_k \cdot f = m_k \cdot g \cdot f. \quad (2.16)$$

Враховуючи, що  $F_t = 2M_2/D_{ш}$  із рівнянь (2.15) та (2.16) отримаємо вираз для визначення крутного моменту, необхідного для переміщення  $N$  качанів капусти по спіральній навивці шнека

$$M_2 = \frac{m_k \cdot g \cdot f \cdot D_{ш}}{2 \operatorname{tg} \beta} N = \frac{3 \cdot 9.81 \cdot 0.47 \cdot 0.33}{2 \operatorname{tg} 15} 6 = 51 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

За формулою (2.8) визначаємо загальну потужність, необхідну для приводу очисника капусти

$$P = M \cdot \omega = (2M_{ш} + M_1 + M_2) \cdot 2\pi \cdot n = (2 \cdot 56.5 + 19.4 + 51) \cdot 2\pi \cdot 65/60 \approx 1248 \text{ Вт}.$$

Отже, споживана потужність очисника капусти становить  $P=1.25$  кВт.

## 2.5. Розрахунок приводу очисника капусти

Вихідними даними для розрахунку є колова швидкість вала ведучої зірочки  $\omega_1 = 2\pi \cdot n = 2 \cdot 3.14 \cdot 65 = 6.77$  рад/с та потужність на валу  $P=1.25$  кВт.

Приймаємо, що конструктивно привід очисника капусти складатиметься з мотор-редуктора, який забезпечуватиме необхідну потужність та колову швидкість обертання та ланцюгової передачі, яка передаватиме крутний момент від вала мотор-редуктора до зірочок валів очисника капусти.



Співісно-циліндричні мотор-редуктори мають високий ККД, високу надійність і тривалий термін служби у важких умовах роботи. Комплектується електродвигунами потужністю від 0,09 кВт до 45 кВт з крутним моментом від 35 Н·м до 5500 Н·м і передавальним відношенням від 5:1 до 450:1.

Вибираємо співісно-циліндричний мотор-редуктор Standart 33 - 90L/4 [31] потужністю 1,5 кВт, з частотою обертання вихідного вала 66 об/хв та максимальним крутним моментом 217 Н·м. Вага мотор-редуктора – 43 кг.

Ланцюгові передачі знаходять широке застосування в різних підйомних і транспортуючих пристроях. Застосування ланцюгових передач спрощує конструкцію вузлів машин, підвищує їх надійність і продуктивність.

Переваги ланцюгових передач:

1. Можливість передачі руху на достатньо великі відстані (до 8 м).
2. Можливість передачі руху декільком валам від одного ланцюга.
3. Відсутність проковзування і висока стабільність передавального відношення при меншому поперечному навантаженні на вали та їх опори.
4. Відносно високий ККД (0,96-0,98 при достатньому змащуванні).

Недоліки ланцюгових передач:

1. Підвищена шумність і вібрація при роботі внаслідок коливання швидкості руху ланцюга і динамічних навантажень, що виникають при цьому.
2. Інтенсивне зношування шарнірів ланцюга внаслідок ударної взаємодії із западиною зірочки, через тертя ковзання в самому шарнірі і складності забезпечення змащування.
3. Витягування ланцюга (збільшення кроку між шарнірами ланок) внаслідок зношування шарнірів і подовження пластин.
4. Порівняно висока вартість.

Враховуючи, що необхідну частоту обертання забезпечуватиме мотор-редуктор, то передаточне число ланцюгової передачі  $u=1$ .

Враховуючи невелику швидкість руху ланцюга приймаємо кількість зубів ведучої зірочки  $Z_1 = 19$ .

Визначаємо параметри ланцюга.

Крок ланцюга визначаємо за формулою:

$$t \geq 280 \cdot \sqrt[3]{\frac{P \cdot K_3}{Z_1 \cdot \omega \cdot [P] \cdot m_p}}, \quad (2.17)$$

де  $m_p$  – рядність ланцюга ( $m_p = 1$  - ланцюг однорядний);

$[P]$  – допустимий тиск для роликів ланцюгів, приймаємо  $[P] = 20 \text{ Н/мм}^2$ .

$K_3$  – коефіцієнт навантаження ланцюгової передачі:

$$K_3 = K_d \cdot K_a \cdot K_n \cdot K_p \cdot K_c \cdot K_n, \quad (2.18)$$

де  $K_d$  – динамічний коефіцієнт. При рівномірному навантаженні,  $K_d = 1$ ;

$K_a$  – враховує вплив міжосьової відстані. При  $A_{ц} = (30 - 50) \cdot t$ ,  $K_a = 1$ ;

$K_n$  – враховує вплив кута нахилу передачі. При нахилі до  $60^\circ$   $K_n = 1$ ;

$K_p$  – враховує спосіб регулювання натягу ланцюга,  $K_p = 1,25$  (натягування ланцюга натяжним роликом);

$K_n$  – враховує тривалість роботи при однозмінній роботі,  $K_n = 1$ ;

$K_c$  – враховує спосіб змащування. Змащування періодичне,  $K_c = 1,5$ .

За формулою (2.18) одержуємо:

$$K_3 = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1,5 \cdot 1 = 1,875.$$

Тоді за формулою (2.17) з врахуванням (2.9) крок ланцюга:

$$t \geq 280 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,25 \cdot 1,875}{19 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 66 \cdot 20 \cdot 1}} = 12,7 \text{ мм.}$$

Вибираємо ланцюг з кроком  $t = 15,875$  мм. Розміри ланцюга: внутрішній діаметр втулки  $d = 5,08$  мм; довжина втулки  $B = 13,95$  мм; відстань між внутрішніми пластинками  $B_{вн} = 9,65$  мм; довжина з'єднувального валика  $l = 23,2$  мм; навантаження  $Q = 23$  кН; маса одного метра ланцюга  $q = 3,73$  кг.

Швидкість ланцюга визначаємо за формулою:

$$V = \frac{Z_1 \cdot t \cdot n_3}{60 \cdot 10^3}, \quad (2.19)$$

$$V = \frac{19 \cdot 15,875 \cdot 66}{60000} = \frac{56700}{60000} = 0,33 \text{ м/с.}$$

Із-за малої швидкості кількість ударів ланцюга у перетині не перевіряємо.

Визначимо питоме зусилля, яке діє на ланцюг:

$$P_y = \frac{P}{\gamma}, \quad (2.20)$$

$$P_y = \frac{1,25 \cdot 10^3}{0,95} = 1,3 \text{ кН.}$$

Розраховуємо середній тиск у шарнірі:

$$P = \frac{P_y \cdot K_3}{F}, \quad (2.21)$$

де  $F$  – проекція опорної поверхні шарніра,  $F = B \cdot d = 27,5 \cdot 9,55 = 263 \text{ мм}^2$ .

Підставляємо значення у формулу і отримуємо

$$P = \frac{1,3 \cdot 1,875}{263} = 9,3 \text{ Н/мм}^2.$$

Зусилля від прогинання ланцюга розраховуємо за формулою:

$$P_f = K_f \cdot q \cdot g \cdot A, \quad (2.22)$$

де  $K_f$  – коефіцієнт, що враховує розміщення передачі,  $K_f = 1,5$ ;

$A$  – міжосьова відстань,  $A = (30-50) \cdot t$ ,  $A = (30-50) \cdot 15,875 = 475-789 \text{ мм.}$

Приймаємо  $A=750$  мм.

Тоді

$$P_f = 1,5 \cdot 3,73 \cdot 9,81 \cdot 750 = 4,2 \text{ Н.}$$

Зусилля від відцентрової сили визначаємо за формулою

$$P_v = g \cdot V^2, \quad (2.23)$$

$$P_v = 3,73 \cdot 0,33^2 = 1,2 \text{ Н.}$$

що дуже мало порівняно з  $P_y$ .

Коефіцієнт запасу міцності визначаємо за формулою:

$$n = \frac{Q}{(k_d \cdot P_y) + P_f}, \quad (2.24)$$

$$n = \frac{23000}{(1 \cdot 1300) + 4,2} = 17,6.$$

Силу тиску на вал визначаємо за формулою:

$$R_y = P_y + 2 \cdot P_f, \quad (2.25)$$

$$R_y = 1300 + 2 \cdot 4,2 \approx 1310 \text{ Н.}$$

Отже, приймаємо привідний роликівий однорядний ланцюг з кроком  $t = 15,875$  мм: ланцюг ПР – 15,875 – 2300 ГОСТ 10947 – 64.

Міжосьова відстань між приводною та веденими зірочками - 750 мм, відстань між зірочками шнеків регулюється у діапазоні 340-400 мм, провисання ланцюга компенсується натяжним роликом, встановленим на відстані 380 мм від осі приводної зірочки (рис. 2.5)

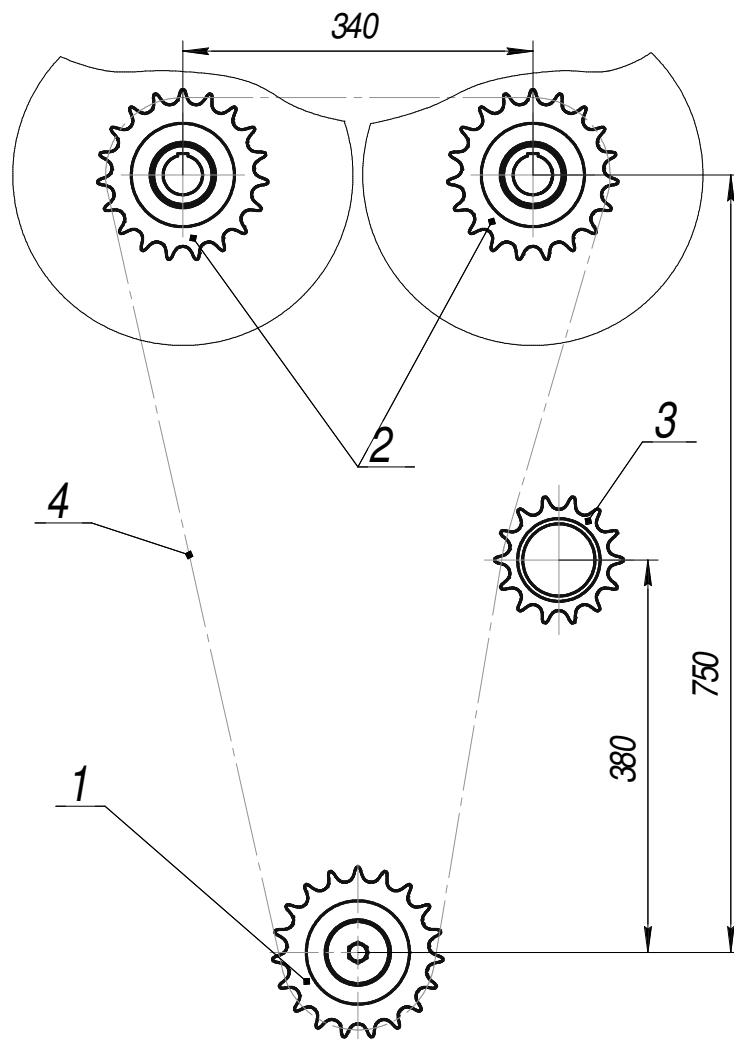


Рисунок 2.5 – Схема приводу очисника головок капусти:

1 – приводна зірочка; 2 – ведені зірочки; 3 – натяжний ролик; 4 – ланцюг.

## 2.6. Розрахунок вала шнека очисника капусти

Оскільки робоча довжина шнека 2000 мм, то конструктивно приймаємо відстань між опорами шнека 2080 мм, відстань від приводної зірочки до опори – 60 мм (див. лист ДРМ 19-313.03.00 СК).

На вал діятиме приводний момент  $M_{пр} = 217 \text{ Н}\cdot\text{м}$  (див. пункт 2.5) та сила натягу ланцюга  $F_{пр} = 1310 \text{ Н}$  (див. формулу 2.25).

По всій довжині вала шнека діятиме рівномірно розподілене зусилля  $q_{ш}$  від ваги шнека та технологічного матеріалу й рівномірно розподілений крутний момент  $m_{ш}$ , які визначатимуться залежностями (див. пункти 2.3 та 2.4):

$$q_{ш} = \frac{(m + m_k \cdot N) \cdot g}{2.08} = \frac{(121 + 3 \cdot 6) \cdot 9.81}{2.08} = 651 \text{ Н/м};$$

$$m_{ш} = \frac{M_{ш} + M_1 + M_2}{2.08} = \frac{56.5 + 19.4 + 51}{2.08} \approx 61 \text{ (Н·м)/м}.$$

Оською силою від переміщення капусти нехтуємо як надто малою.

Розрахункова схема вала шнека очисника капусти подана на рис. 2.6.

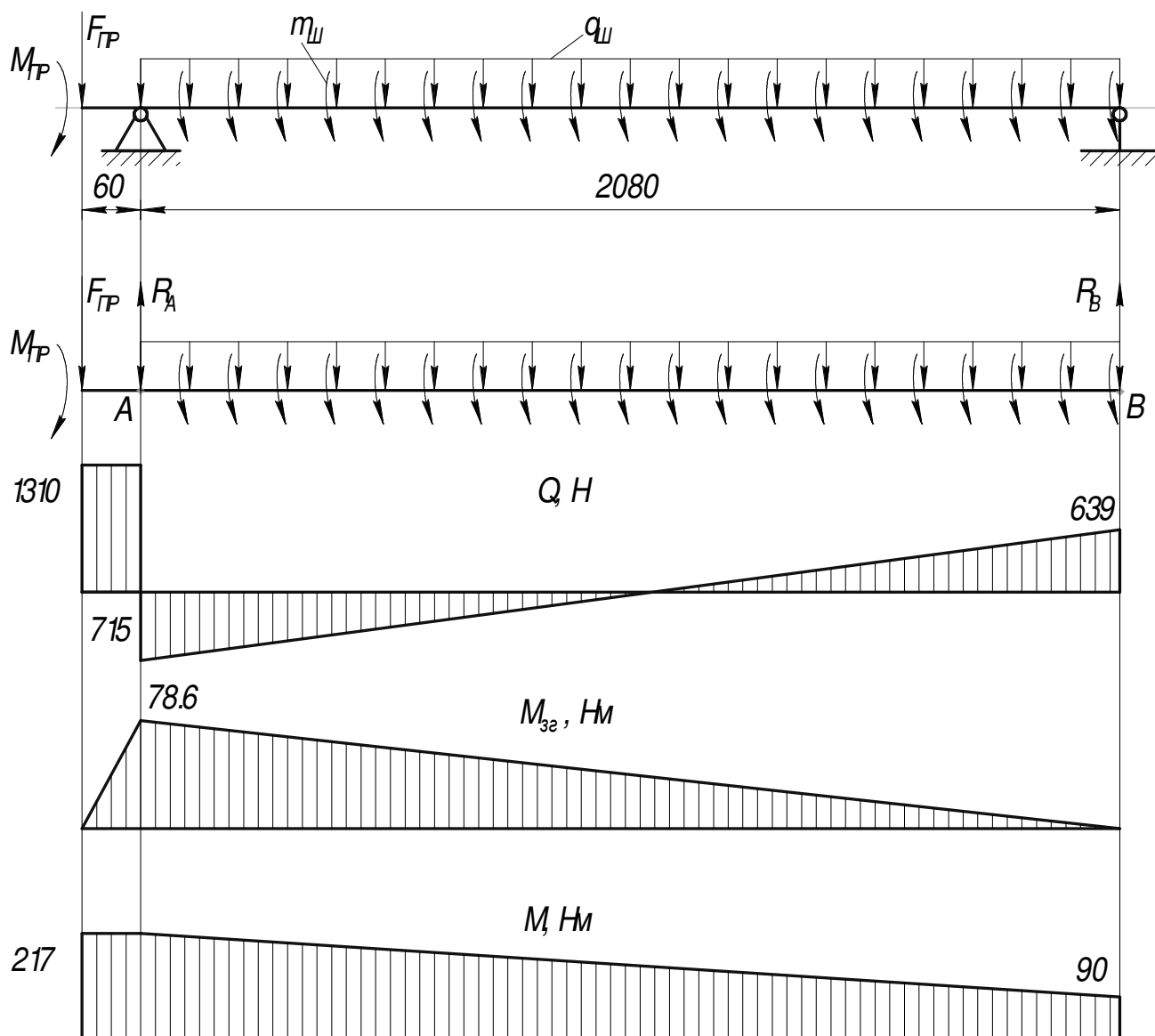


Рисунок 2.6 – Розрахункова схема та епюри навантажень вала шнека очисника

Розрахунок вала шнека проводимо у наступній послідовності.

Визначаємо реакції в опорах вала. Оскільки поздовжніх сил на розрахунковій схемі не буде, то така схема є статично визначеною і невідомі реакції в опорах можна визначити із рівнянь статики:

$$\sum Y = 0: \quad F_{np} - R_A + q_{ш} \cdot 2.08 - R_B = 0;$$

$$\sum M_B = 0: \quad F_{np}(0.06 + 2.08) - R_A \cdot 2.08 + q_{ш} \frac{2.08^2}{2} = 0.$$

Із другого рівняння:

$$R_A = \frac{F_{np}(0.06 + 2.08) + q_{ш} \frac{2.08^2}{2}}{2.08} = \frac{1310 \cdot (0.06 + 2.08) + 651 \frac{2.08^2}{2}}{2.08} = 2025 \text{ Н.}$$

З першого рівняння:

$$R_B = F_{np} - R_A + q_{ш} \cdot 2.08 = 1310 - 2025 + 651 \cdot 2.08 = 639 \text{ Н.}$$

Будуємо епюри поперечних сил.

На лівій ділянці балки:  $Q = F_{np} = 1310 \text{ Н.}$

В точці А:  $Q = F_{np} - R_A = 1310 - 2025 = -715 \text{ Н.}$

В точці В:  $Q = R_B = 639 \text{ Н.}$

Будуємо епюри згинальних моментів.

В точці А:  $M_{зг} = F_{np} \cdot 0.06 = 1310 \cdot 0.06 = 78,6 \text{ Н}\cdot\text{м.}$

Лівише точки А та точці В  $M_{зг} = 0 \text{ Н}\cdot\text{м.}$

Будуємо епюри крутних моментів.

В точці А:  $M = M_{np} = 217 \text{ Н}\cdot\text{м.}$

В точці В:  $M = M_{np} - m_{ш} \cdot 2,08 = 217 - 61 \cdot 2,08 \approx 90 \text{ Н}\cdot\text{м.}$

Епюри сил, що діють на вал шнека очисника капусти подано на рис. 2.6.

Найбільш навантаженим є перетин вала в точці А.

Нормальні напруження в точці А визначатимуться залежністю:

$$\sigma = \frac{M_{з2} \cdot y}{I_x}, \quad (2.26)$$

де  $I_x$  – осьовий момент інерції поперечного перетину вала шнека, м<sup>4</sup>;

$y$  – відстань до крайньої точки поперечного перетину вала, м.

Дотичні напруження в точці А визначатимуться залежністю:

$$\tau = \frac{Q}{A} + \frac{M \cdot y}{I_p}, \quad (2.27)$$

де  $A$  – площа поперечного перетину вала шнека, м<sup>2</sup>;

$I_p$  – полярний момент інерції вала шнека, м<sup>4</sup>.

Еквівалентні напруження у перетині вала шнека визначаємо за четвертою умовою міцності

$$\sigma_{EKB} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}, \quad (2.28)$$

Вал шнека виконано у вигляді пустотілого циліндра, для якого геометричні характеристики визначатимуться залежностями:

$$\begin{aligned} I_x &= \frac{\pi D_B^4}{64} - \frac{\pi d_B^4}{64}; \\ I_p &= \frac{\pi D_B^4}{32} - \frac{\pi d_B^4}{32}; \\ A &= \frac{\pi D_B^4}{4} - \frac{\pi d_B^4}{4}, \end{aligned} \quad (2.29)$$

де  $D_B$  - зовнішній діаметр вала, м;

$d_B$  - внутрішній діаметр вала шнека, м. Внутрішній діаметр вала становить 44 мм (див. лист ДР 09-099.03.03).



Вал виготовлено із сталі 20 з допустимими нормальними напруженнями  $[\sigma] = 190$  МПа та допустимими дотичними напруженнями  $[\tau] = 110$  МПа.

Вважаючи, що  $y = D_B/2$  та підставляючи у формули (2.26) – (2.29) значення отриманих раніше параметрів, отримаємо  $D_B = 51,4$  мм.

Приймаємо зовнішній діаметр вала  $D_B = 60$  мм.

Максимальні еквівалентні напруження при такому діаметрі вала:

$$I_x = \frac{\pi 60^4}{64} - \frac{\pi 44^4}{64} = 152900 \text{ мм}^4;$$

$$I_p = \frac{\pi 60^4}{32} - \frac{\pi 44^4}{32} = 305800 \text{ мм}^4;$$

$$A = \frac{\pi 60^4}{4} - \frac{\pi 44^4}{4} = 537 \text{ мм}^2;$$

$$\sigma = \frac{78,6 \cdot 10^3 \cdot 60/2}{152900} = 21,7 \text{ МПа};$$

$$\tau = \frac{1310}{537} + \frac{217 \cdot 10^3 \cdot 60/2}{305800} = 31,5 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{EKB} = \sqrt{21,7^2 + 4 \cdot 31,5^2} = 66,7 \text{ МПа} < [\sigma] = 190 \text{ МПа}.$$

Коефіцієнт запасу міцності становить  $[\sigma]/\sigma_{EKB} = 190/66,7 = 2,85$ .

## 2.7. Розрахунок рами очисника капусти

Розрахунок рами очисника капусти проводимо при дії наступних зовнішніх зусиль:

- реакції в опорах валів зліва  $R_A = 2025$  Н та  $M_{3z} = 78,6$  Н·м;
- реакції в опорах валів справа  $R_B = 639$  Н;

– зусилля від ваги мотор-редуктора  $P_M = m_M \cdot g = 43 \cdot 9,81 = 422 \text{ Н}$ .

Розрахунок проводимо за допомогою програми «Lira». Для цього в модулі програми створюємо кінцевоелементну модель рами (рис. 2.7).

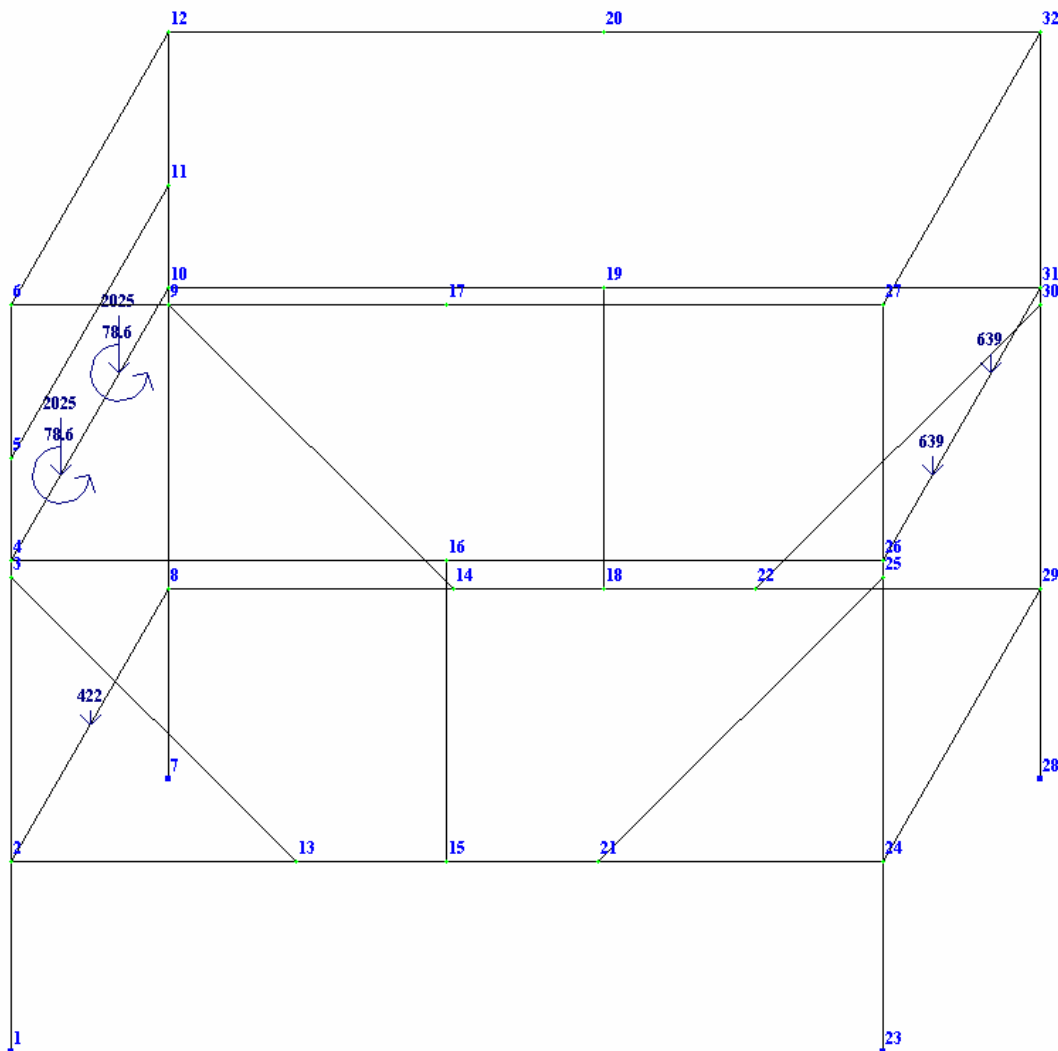


Рисунок 2.7 – Розрахункова схема рами очисника капусти

Задаємо жорсткості елементів, умови закріплення (защемлення вузлів 1, 7, 23 та 28) та навантаження на елементи рами. Проводимо розрахунок.

Епюри зусиль найбільш навантаженого елемента рами (елемент з вузлами 4-10) подано на рис. 2.8).

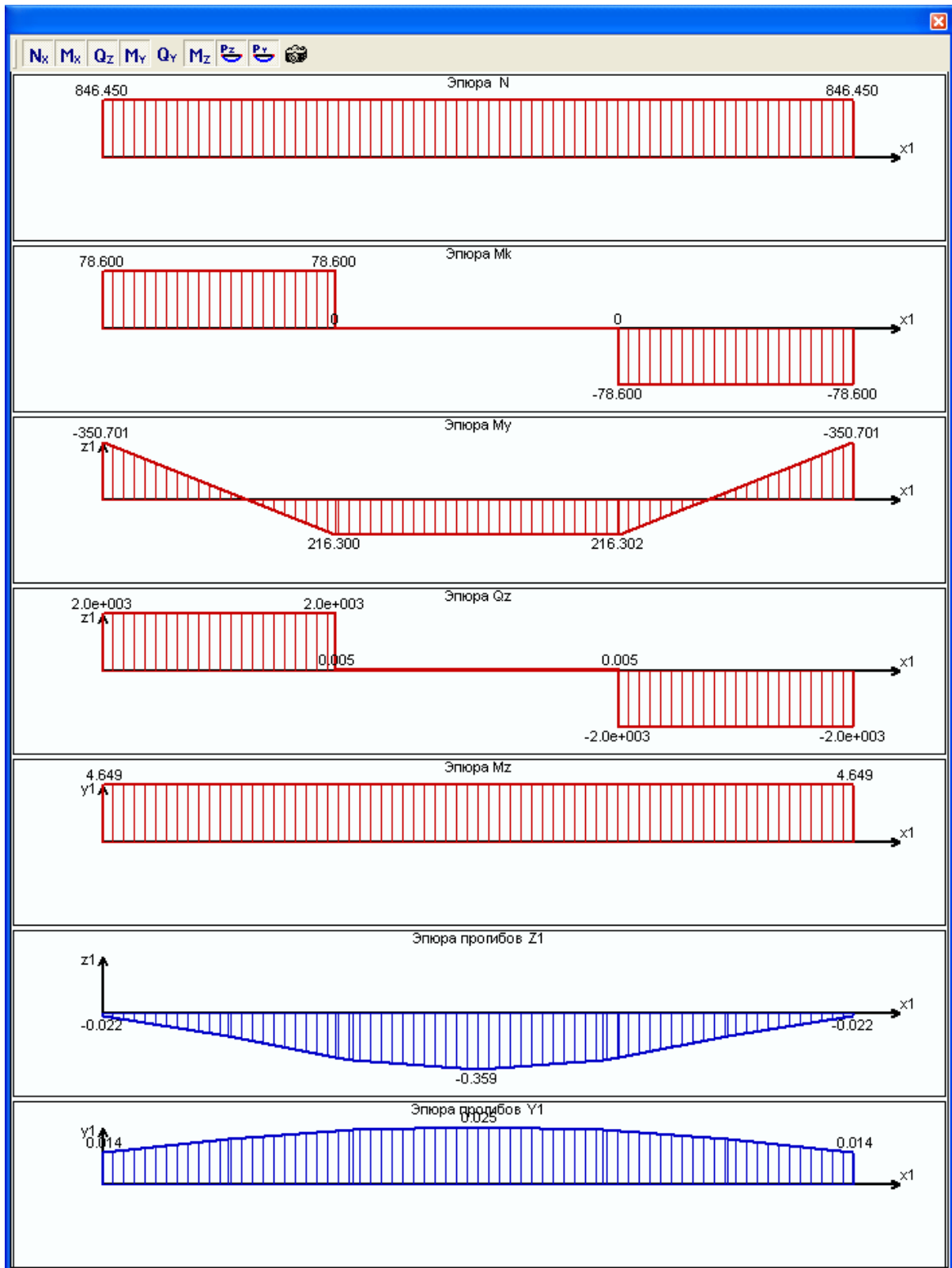


Рисунок 2.8 Епюри навантажень та переміщень елемента рами очисника капусти

Проводимо підбір поперечного перетину найбільш навантаженого елемента рами очисника капусти за умови забезпечення заданої жорсткості.

Приймаємо поперечний перетин всіх елементів рами  $50 \times 50 \times 3$  мм.

Задаємо отримані значення внутрішніх зусиль в модулі програми Лира-КС (конструктор сечений) і розраховуємо еквівалентні напруження за енергетичною теорією міцності. Результати розрахунку подані на рис. 2.9.

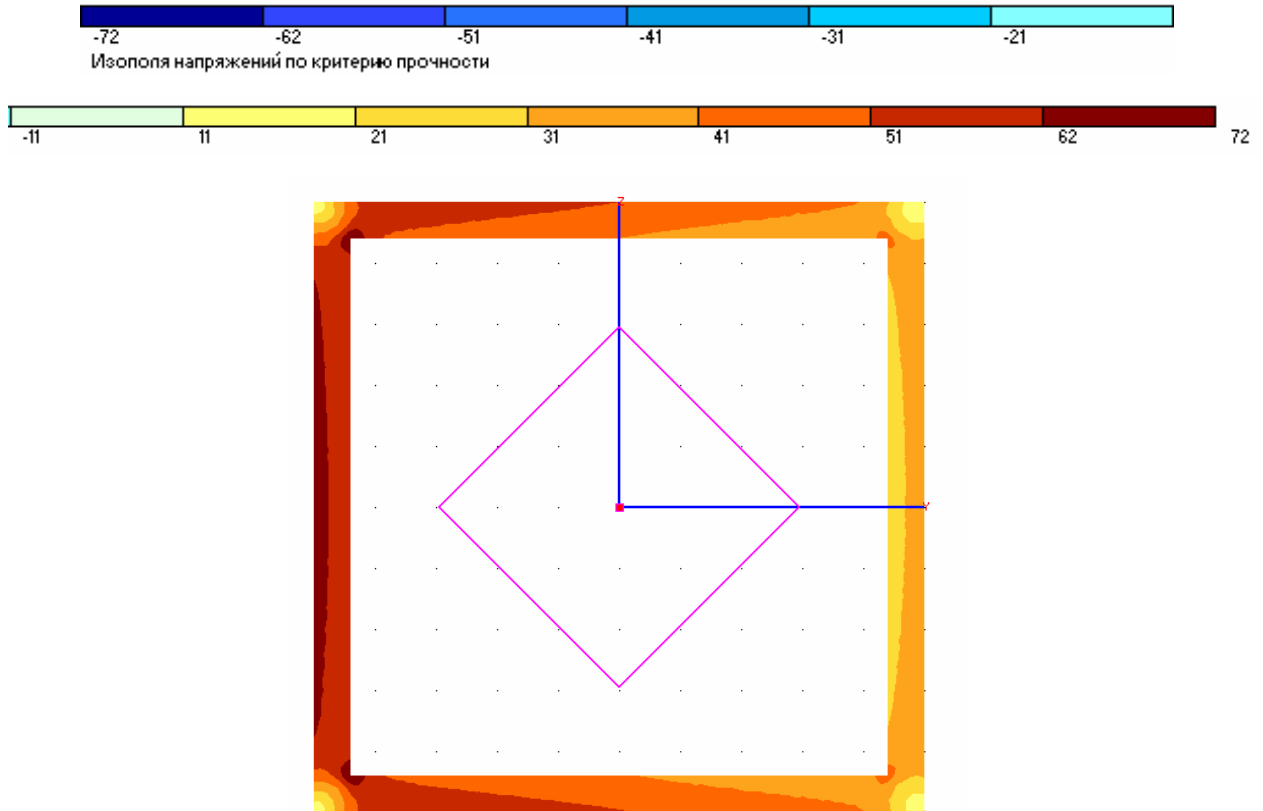


Рисунок 2.9 – Результати розрахунку напружень в найбільш навантаженому елементі рами очисника капусти

Максимальні еквівалентні напруження в поперечному перетині квадратного профілю становлять 72 МПа.

### 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ

#### 3.1. Обґрунтування до побудови схеми машини

При конструюванні будь-якої машини важливим питанням є дослідження параметрів взаємодії робочих органів машини з об'єктом обробки.

Сучасне програмне забезпечення інженерного аналізу технічних систем дозволяє провести такі дослідження з віртуальними об'єктами, створеними в межах імітаційної моделі процесу їх взаємодії.

Для створення CAD – моделі робочих органів очисника капусти та безпосередньо головки капусти застосовуємо програмний комплекс SolidWorks, який є найбільш поширеним засобом твердотільного моделювання.

Загальний вигляд CAD – моделі шнека очисника капусти та головки капусти показано на рис. 3.1.

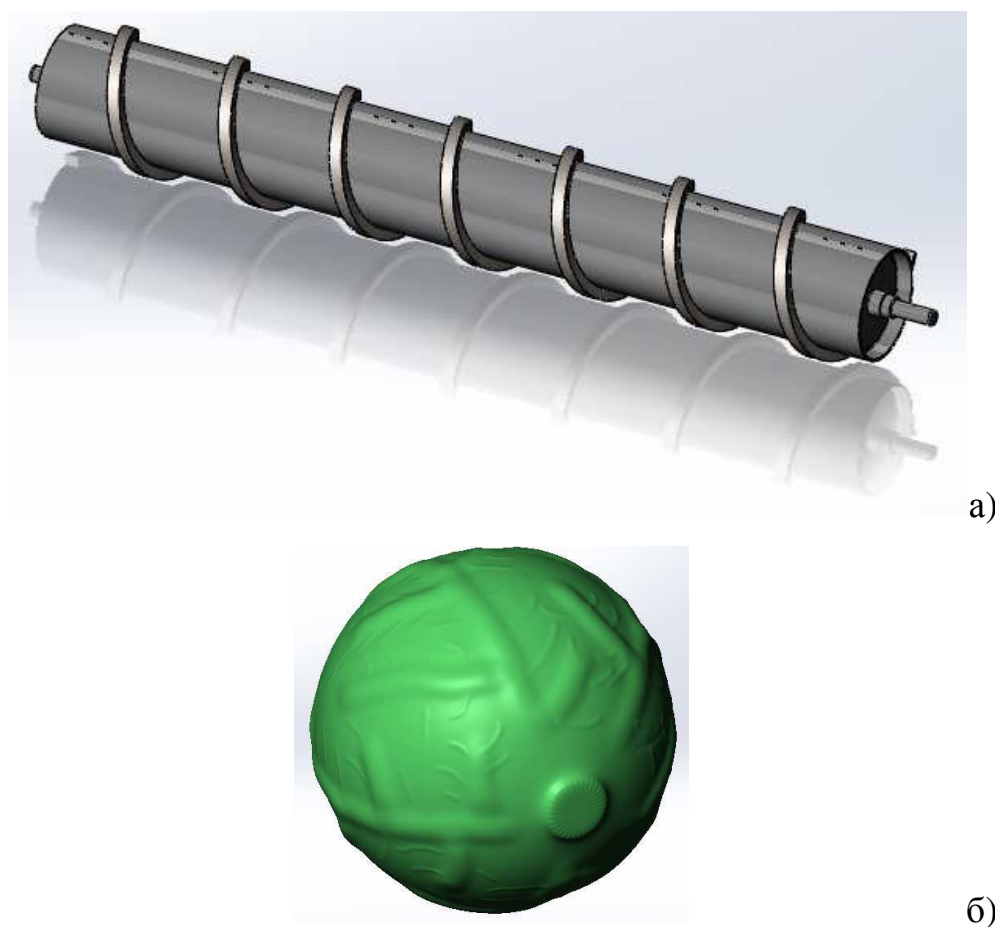


Рисунок 3.1. CAD – модель шнека очисника капусти (а) та головки капусти (б)

### 3.2. Розробка та дослідження моделі очисника капусти

Для створення імітаційної моделі взаємодії головок капусти з обичайкою та навивкою шнека очисника капусти використаємо модуль Motion програмного комплексу SolidWorks. При створенні імітаційної моделі компонуємо об'єкт дослідження з CAD – моделей шнека очисника капусти та головки капусти та задаємо контакти твердих тіл у контактних групах «голівка – голівка», «голівка – обичайка» та «голівка – навивка».

Загальний вигляд об'єкту імітаційного моделювання показано на рис. 3.2.

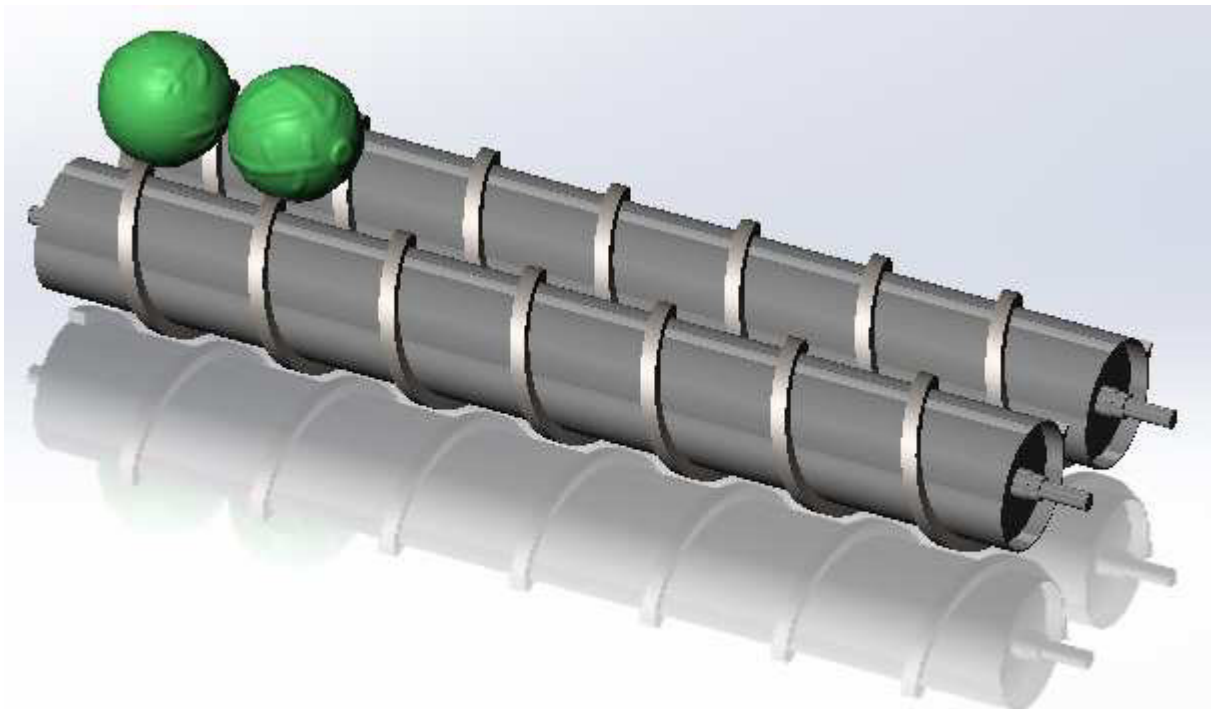


Рисунок 3.2 – Імітаційна модель шнека очисника капусти

Задаємо обертовий двигун з частотою обертання 65 об/хв. (див. п. 2.4) та запускаємо розрахунок у режимі «Аналіз руху». За результатами розрахунку у модулі Motion можна отримати велику кількість різноманітних параметрів моделі. Для аналізу взаємодії головки капусти з шнеком очисника капусти активуємо деякі динамічні та кінематичні параметри взаємодії.

На рис. 3.3 показано зусилля, що діють на голівку капусти від навивок шнеків очисника. Як бачимо з рис. 3.3 найбільше контактне зусилля 54 Н виникає у момент попадання головки на шнек.

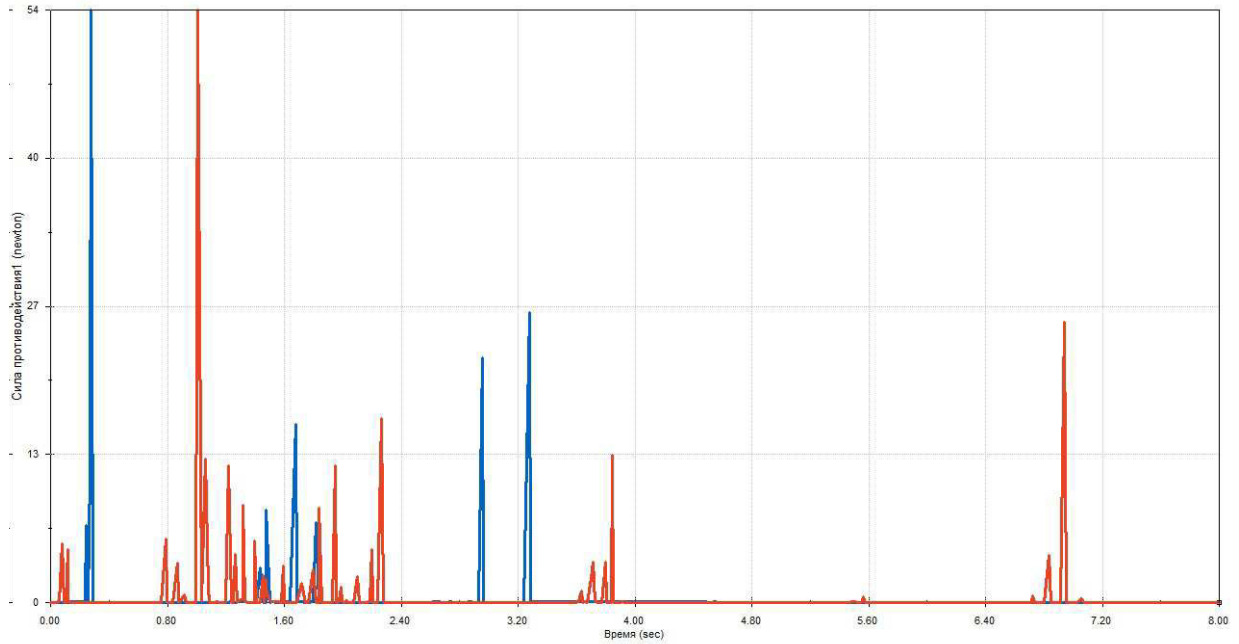


Рисунок 3.3 – Епюра сил при контакті головки капусти з навивками шнека

На рис. 3.4 показана епюра кутового переміщення головки капусти при русі між шнеками очисника капусти.

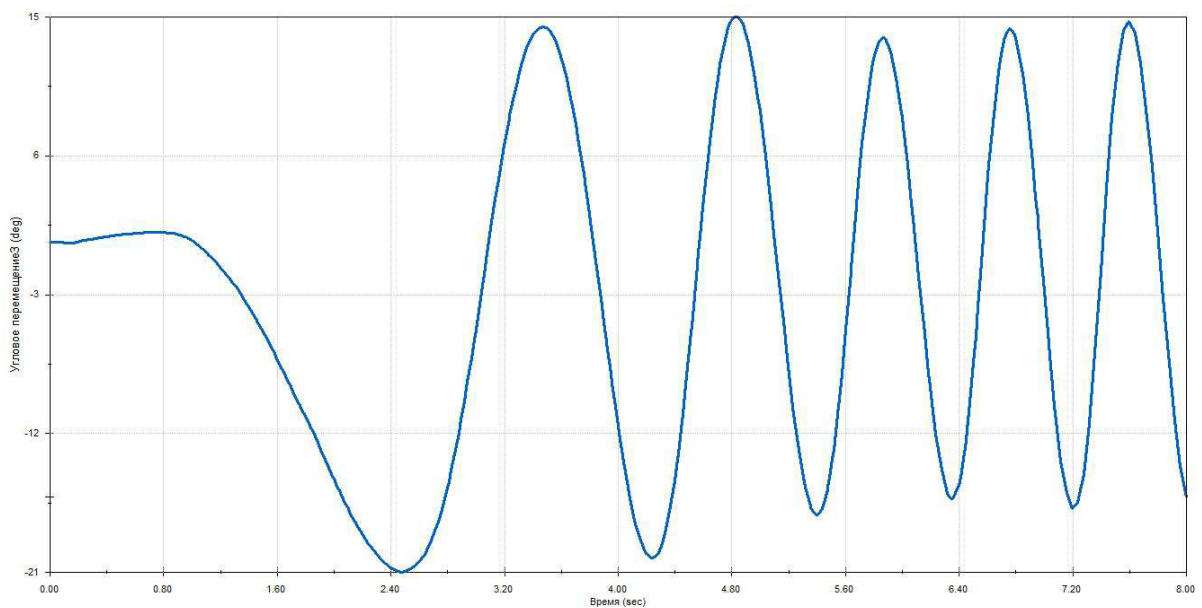


Рисунок 3.4 – Епюра кутового переміщення головки капуста

Із рис. 3.4 бачимо, що кутове переміщення головки капусти здійснюється за синусоїдальним законом і складає  $\approx 15^\circ$  в обидва боки від початкового (нульового) положення.

На рис. 3.5 показано епюру поступальної швидкості головки капусти вздовж шнеків очисника капусти.

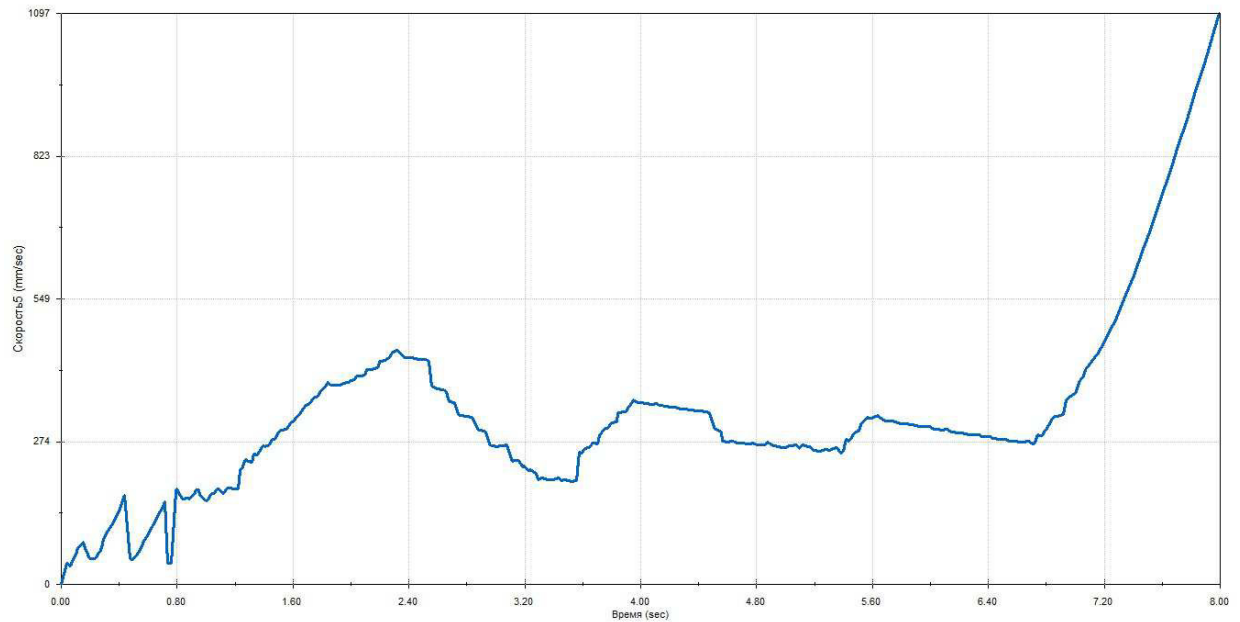


Рисунок 3.5 – Епюра поступальної швидкості головки капусти

На рис. 3.6 показано епюру прискорення головки капусти вздовж шнеків очисника капусти.

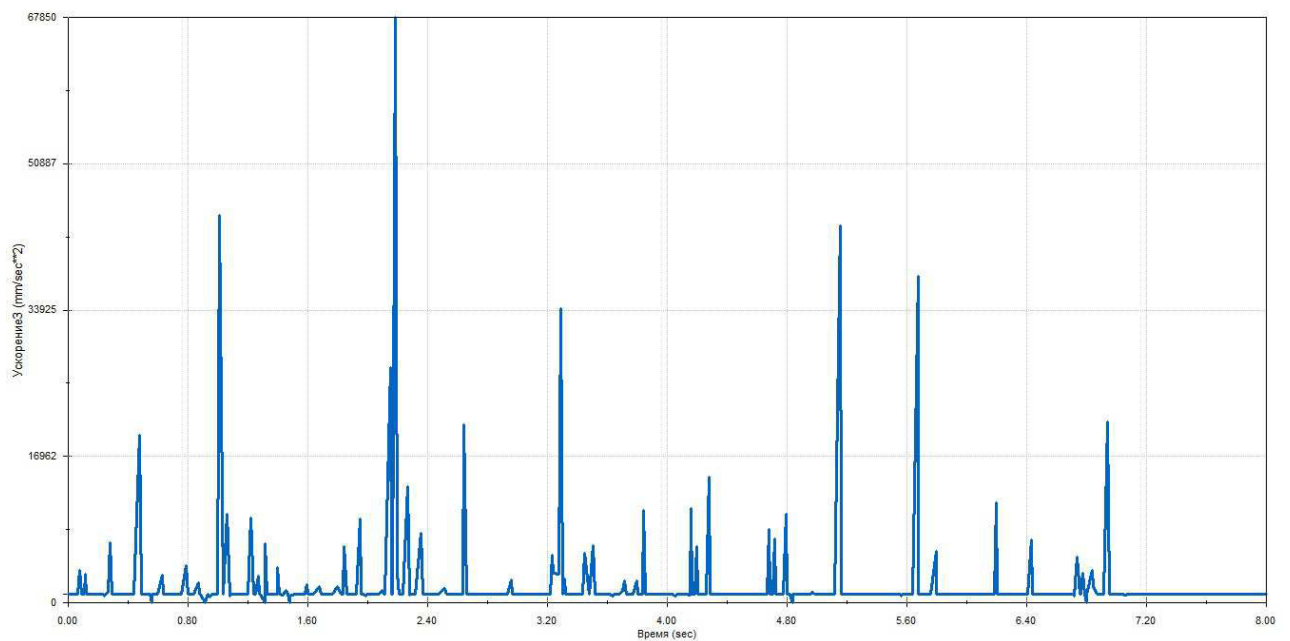


Рисунок 3.6 – Епюра прискорення головки капусти

Максимальне значення поступальної швидкості руху головки капусти  $\approx 440$  мм/с спостерігається на  $\approx 2,2$  с. Загальний час руху головки капусти по шнеку очисника становить  $\approx 7$  с. Різке зростання швидкості головки капусти після 7 с відповідає вільному падінню головки після сходження з очисника.



### 3.3. Дослідження міцності вала шнека

Проведемо аналіз напружено-деформованого стану (НДС) шнека очисника капусти від зовнішнього навантаження, що діє на нього.

За допомогою системи тривимірного моделювання SolidWorks створюємо твердотільну модель шнека (рис. 3.7). На рисунку обичайка шнека показана напівпрозорою.

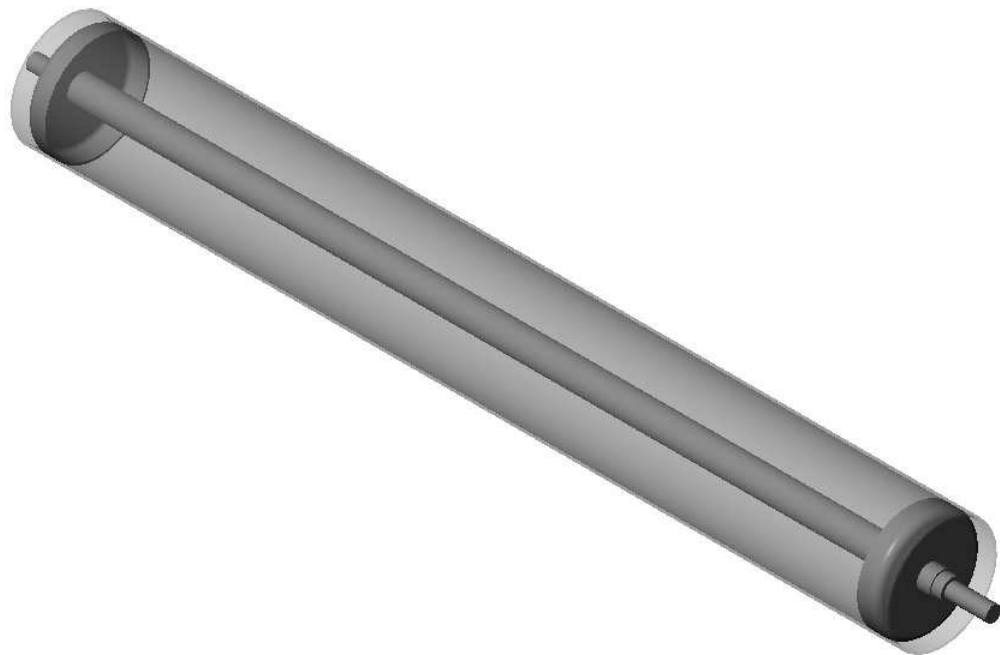
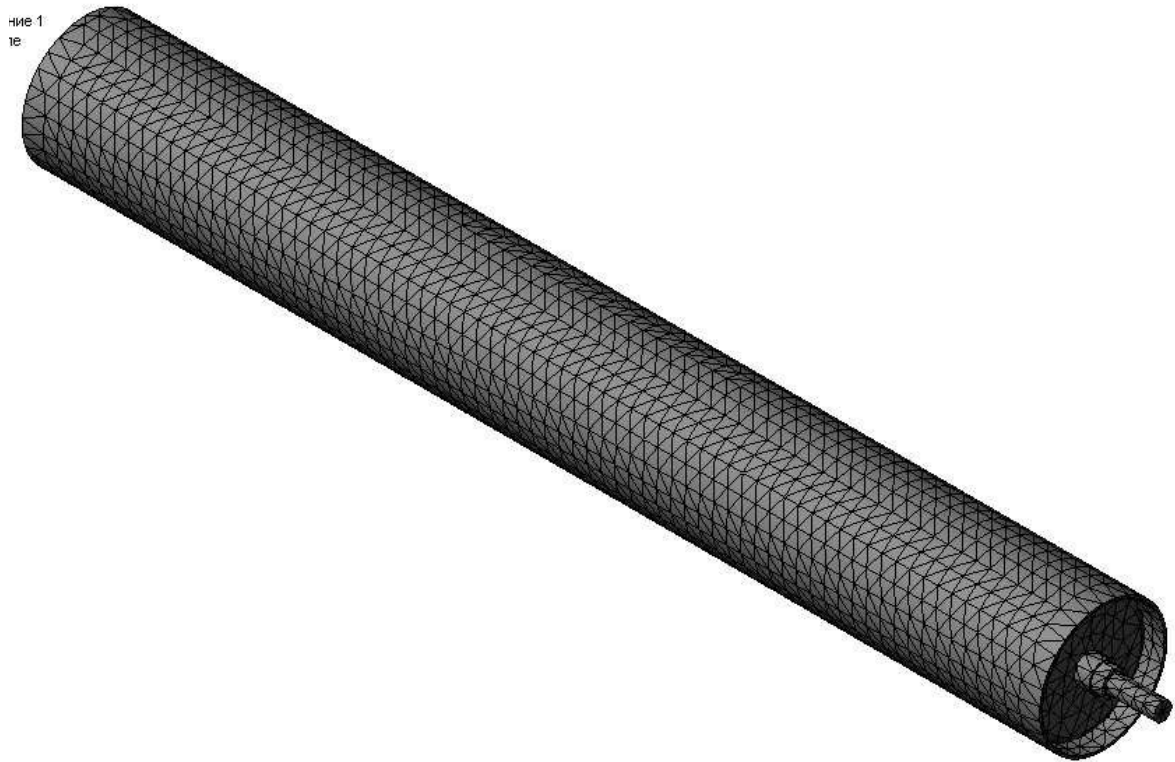


Рисунок 3.7 – Твердотільна модель шнека очисника капусти

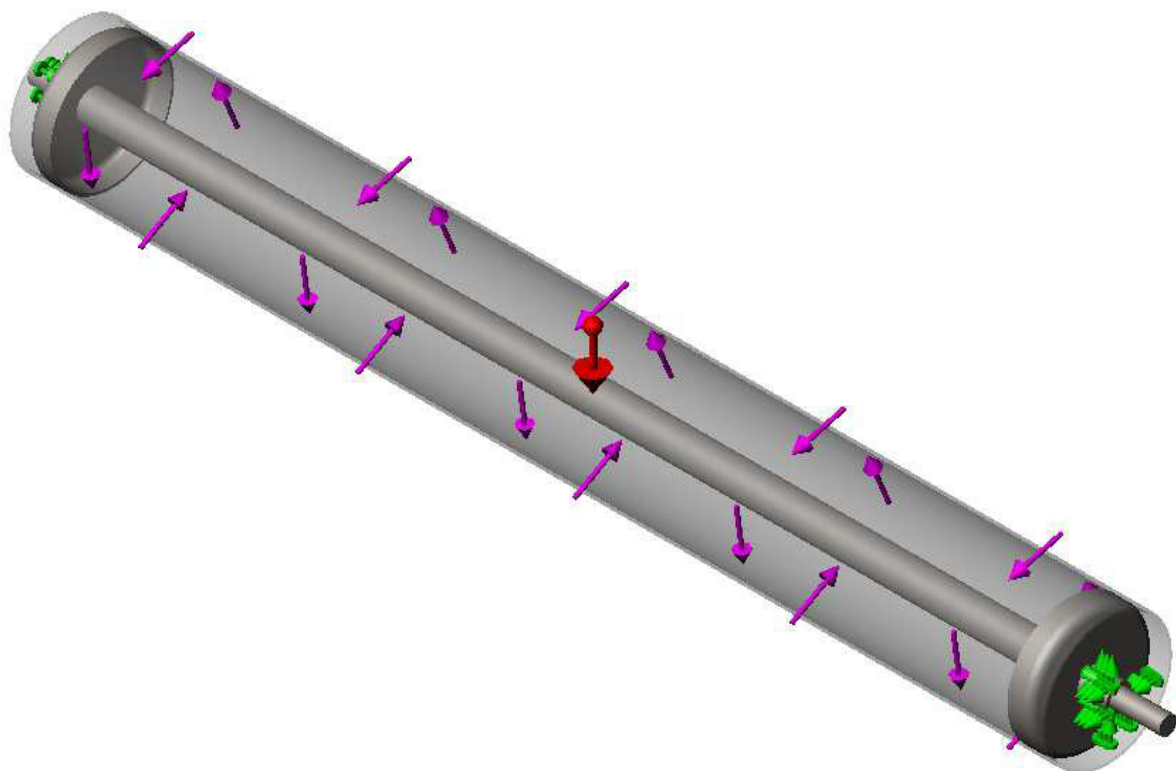
За допомогою модуля кінцевоелементного аналізу CosmosWorks системи тривимірного моделювання SolidWorks проводимо аналіз напружено-деформівного стану шнека у наступній послідовності.

Створюємо сітку кінцевих елементів на 3D-моделі вала (рис. 3.8, а).

Задаємо умови закріплення кінців вала шнека та навантаження на шнек – крутний момент  $M=127 \text{ Н}\cdot\text{м}$  та власну вагу шнека (рис. 3.8, б).



а)



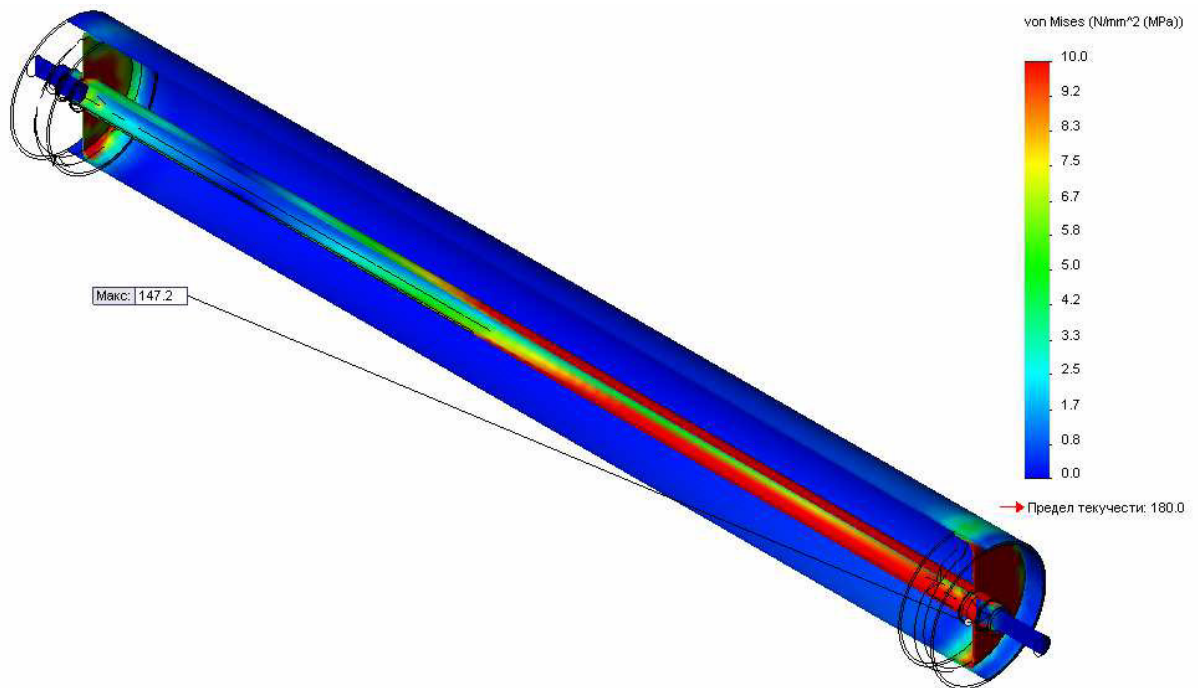
б)

Рисунок 3.8 – Моделювання шнека очисника капусти:

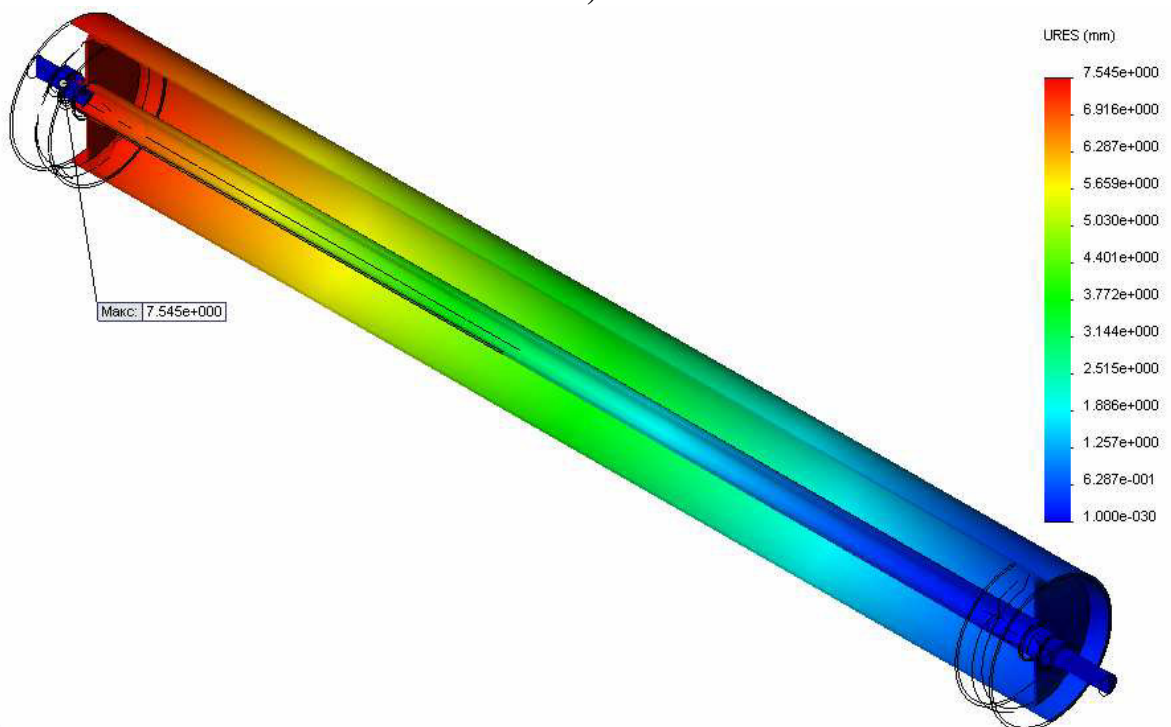
а – сітка кінцевих елементів;

б – умови закріплення та навантаження.

Результати розрахунку напружено-деформованого стану шнека очисника капусти за допомогою модуля кінцевоелементного аналізу CosmosWorks системи тривимірного моделювання SolidWorks подано на рис. 3.9.



а)



б)

Рисунок 3.9 – Результати розрахунку НДС шнека очисника капусти:  
а - напруження, МПа (за теорією Фон Мізеса); б – деформація шнека, мм.

Максимальні напруження від зовнішнього навантаження спостерігаються в поперечному перетині цапфи вала шнека очисника капусти  $\approx 147$  МПа. Максимальна лінійна деформація вала становить  $\approx 7,55$  мм, що при довжині вала шнека 2080 мм складає кут закручування

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{7.55}{2080} \approx 0.2^\circ.$$

Аналіз НДС шнека очисника капусти показує, що середній коефіцієнт запасу міцності вала шнека становить  $\approx 3$ . Максимальний коефіцієнт запасу міцності спостерігається в обичайці шнека  $\approx 1000$ , а мінімальний коефіцієнт запасу міцності має цапфа вала – 1,2 (рис. 3.10).

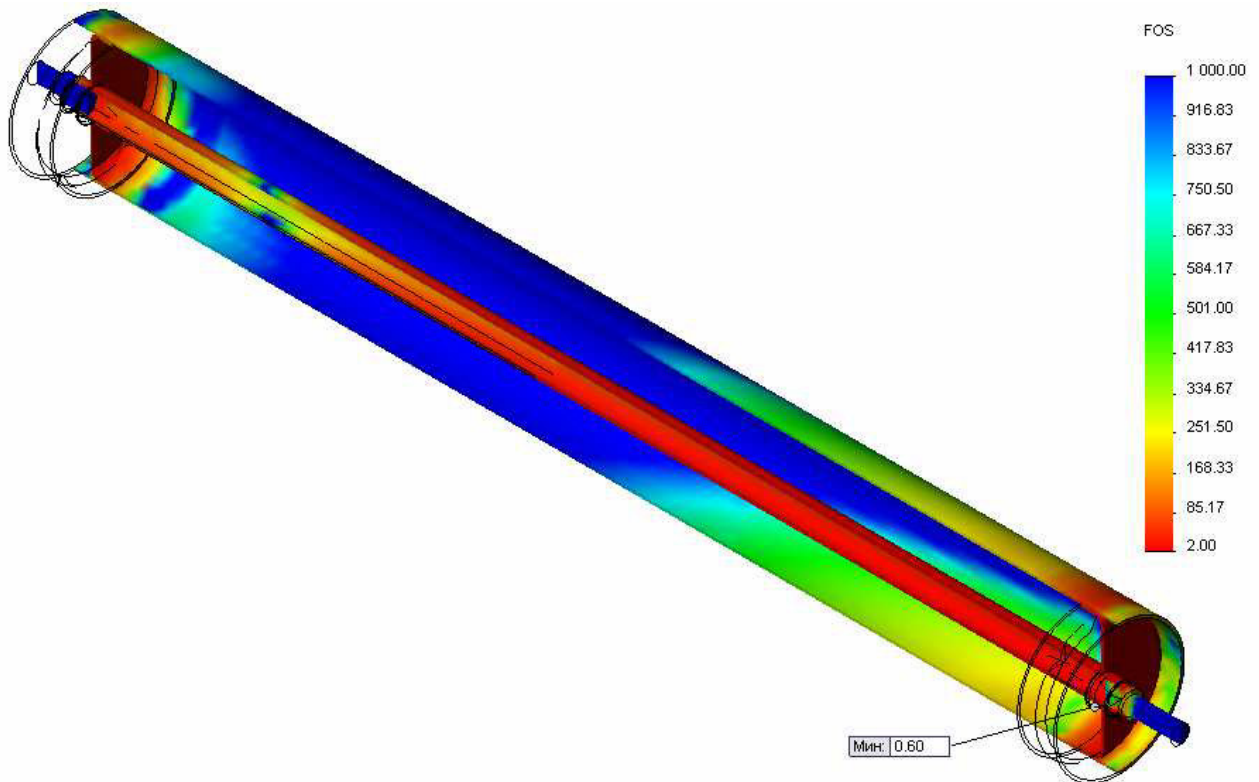


Рисунок 3.10 – Розподіл коефіцієнтів запасу міцності для шнека очисника капусти

## **4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **4.1. Безпека праці при експлуатації сільськогосподарських машин**

Особливістю конструкцій і умов експлуатації більшості сільськогосподарських машин є неможливість застосування огорожень для їх робочих органів. У більшості випадків сільськогосподарські машини працюють під відкритим небом, технологічні операції виконують у запиленому повітрі або при високій температурі, обслуговуючий персонал зазнає впливу вібрації і напрузі при виконанні робіт, що негативно впливає на здоров'я працівників. Тому при конструюванні сільськогосподарських машин велику увагу приділяють питанням зручності їх обслуговування, зменшення затрат енергії обслуговуючого персоналу і навантаженості роботи, впровадження здорових умов праці.

Зручність обслуговування машини забезпечується визначеним розміщенням вузлів і механізмів, вільним доступом до них при їх ремонті і експлуатації; швидкознімними та відкидними огорожуючими пристроями, які підлягають частому огляду. У машинах необхідним є облаштування відповідного робочого місця обслуговуючого персоналу для забезпечення нешкідливих і комфортних умов роботи; у машинах із складною системою управління у відповідних місцях наносять надписи і встановлюють таблички.

Полегшення фізичної праці при управлінні машиною досягається застосуванням гідравліки у найбільш трудомістких і часто застосовуваних механізмах регулювання, що сприяє зменшенню необхідного зусилля на важіль регулювання.

Зменшення напруження при роботі досягається застосуванням автоматичних вимикачів або сигналізаторів, що контролюють правильність функціонування робочих органів і механізмів, які попереджують про перевантаження або про не функціонування деяких робочих органів.

Сигналізаторами оснащуються робочі органи, які найбільш часто перестають функціонувати - шнеки, транспортери, бітери. Застосовуються також копіри рельєфу поля, які забезпечують постійне положення робочих органів машини відносно поля, а також інші автоматично діючі пристрої для регулювання робочих процесів і водіння агрегату сільськогосподарської машини.

Безпека обслуговування сільськогосподарських машин досягається надійним закріпленням і огороженням передаточних механізмів, карданних, ланцюгових, пасових і зубчастих передач, з якими може контактувати обслуговуючий персонал під час роботи.

На машинах, у місцях, доступних для огляду, наносять надписи і таблички із основними вимогами техніки безпеки, виробничої санітарії і пожежної безпеки.

Габарити сільськогосподарських машин у транспортному положенні вибирають із умов забезпечення безпечного і зручного проїзду дорогами, під лініями електропередач і дорожніми спорудами.

Керівництво і відповідальність за організацію роботи з охорони праці в області технічного обслуговування машинно-тракторного парку покладається в господарствах на головного інженера, на пунктах технічного обслуговування, і ділянках на безпосередніх керівників цими підрозділами.

Особи, відповідальні за техніку безпеки в області організації технічного обслуговування (інженери по експлуатації, механік, бригадири, майстри й інші керівники), зобов'язані:

- не допускати перевірку тракторів, комбайнів і самохідних машин, що знаходяться в русі;
- не допускати до роботи на пересувних засобах технічного обслуговування, металообробних верстатах, електрогазозварювальних, ковальських й інших робіт осіб, що не мають відповідних чи посвідчень інших документів;
- стежити за справним станом пересувних засобів технічного обслуговування й устаткування, що знаходиться на стаціонарному пункті

технічного обслуговування, а також за наявністю і справністю всіх передбачених правилами техніки безпеки запобіжних пристроїв, огорожень і індивідуальних засобів захисту, що забезпечують безпечні умови праці на відповідному ділянці роботи;

- визначати маршрути проходження пересувних засобів технічного обслуговування до місця роботи;
- вимагати дотримання колгоспниками (робітниками) і обличчями, що працюють за трудовим договором чи угодою, правил і інструкцій з техніки безпеки, строго стежити за застосуванням безпечних методів праці і використанням усіх наявних запобіжних і захисних засобів;

Усі робітники, що надходять на роботу, повинні пройти вступний інструктаж, інструктаж на робочому місці, а потім через кожні шістьох місяців роботи періодичний інструктаж. Робітники, зайняті на особливо небезпечних і шкідливих роботах (електрогазоварювальні, ковальські, зарядка акумуляторів і ін.), періодичний інструктаж проходять через три місяці.

Велику роль у зниженні виробничого травматизму грає пропаганда безпечних методів ведення робіт. Тому керівництво пункту технічного обслуговування зобов'язано організувати куточок з техніки безпеки.

Куточок по техніці безпеки організується в спеціальному чи приміщенні безпосередньо в основному відділенні майстерні пункту технічного обслуговування. Ділянка куточка доцільно відокремити декоративною стінкою зі склоблоків висотою приблизно 2,6 м. Куточок повинний відповідати вимогам естетики. Його необхідно постачити аптечкою для надання першої медичної допомоги, столом і стільцями. Тут же повинні бути виставлені зразки захисних окулярів, світлофільтрів, респіраторів і інших індивідуальних засобів захисту. Варто також представити для порівняння справний і несправний інструмент. Тематика ілюстрацій і експозиції стендів повинні відбивати безпечні прийоми праці при технічному обслуговуванні і ремонті сільськогосподарської техніки, а також спеціальні види робіт, виконувані на пункті технічного обслуговування.

## 4.2. Захист персоналу та навколишнього середовища

Безпека життєдіяльності (БЖД) – це наука, що вивчає теоретичні основи взаємодії людини з навколишнім середовищем і способи забезпечення безпеки її життя і діяльності в середовищі існування й умовах сучасного виробництва.

Головною задачею науки про безпеку життєдіяльності є забезпечення комфортних умов існування людини на всіх стадіях її життєвого циклу і нормативно припустимих рівнів впливу негативних факторів на людину і природне середовище. В діалектичному аспекті стан навколишнього середовища, яке включає атмосферу, літосферу та гідросферу, фауну, флору, тобто біосферу Землі (виключаючи вплив людини) повинен характеризуватися т. н. «динамічною рівновагою». Таке положення (динамічна рівновага) визначає поступовий природно логічний розвиток, логічно обумовлену еволюцію біосфери, яка диктується об'єктивними законами її розвитку.

Аналіз сумісного розвитку біосфери та людства на протязі історично значного часу показує, що ці природні об'єктивні закони розвитку біосфери підлягають впливу діяльності людини, яка прогресивно інтенсифікується.

Діяльність є необхідною умовою існування людини і людського суспільства. Форми діяльності різноманітні. Вони включають інтелектуальні, прикладні і духовні процеси, що протікають у виробничій, науковій, суспільній, культурній, у побуті, і інших сферах життя людини.

Праця – є вищою формою діяльності людини. Тому, на думку філософів, найадекватнішим визначенням людини є «людина діюча» – Homo agens.

Досвід еволюції людства свідчить, що його будь-яка діяльність є потенційно небезпечною. Модель процесу діяльності людини в найбільш загальному вигляді можна представити узагальненою системою, яка складається з двох взаємозалежних елементів: «людина» і «середовище її існування» (рис. 4.1). Задачею рівноважного існування системи «людина – середовище існування» є досягнення наступних двох цілей.



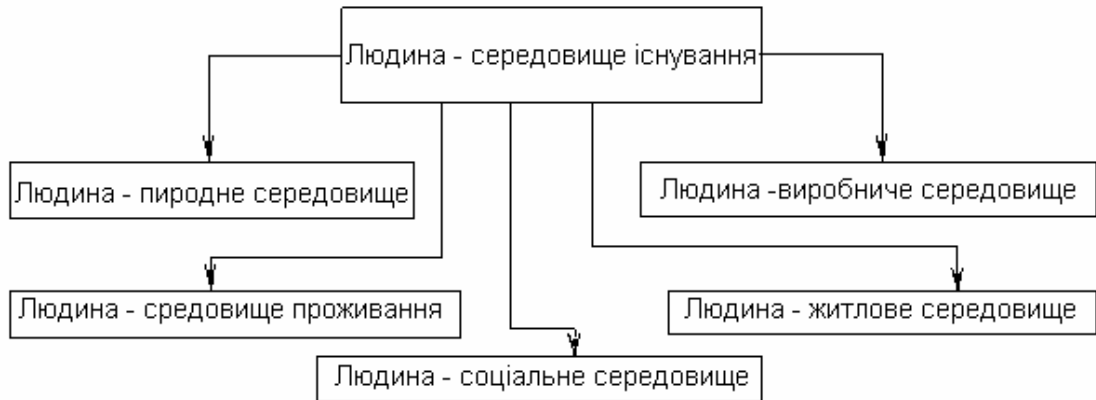


Рисунок 4.1 – Структурна схема системи «людина – середовище існування»

Перша ціль полягає в забезпеченні позитивного ефекту в плані підвищення продуктивності праці і, як наслідок – комфортності життя людини.

Друга ціль полягає у виключенні небажаних наслідків діяльності людини на навколишнє середовище і здоров'я сьогоденного і майбутнього поколінь.

До основних негативних наслідків діяльності людини відносяться такі: збиток здоров'ю і життю людини, пожежі, аварії, катастрофи, тобто явища, що вносять елемент порушення в динамічну рівновагу стану системи «людина – середовище існування». Унаслідок цього негативні явища, що виникають у розглянутій системі в результаті діяльності людини чи природних процесів, що протікають у середовищі існування, називаються небезпеками.

Безпека – це стан системи «людина – середовище існування» при якому з визначеною імовірністю виключається прояв небезпек.

Забезпечення комфортних умов діяльності і відпочинку створює передумови для прояви найвищої працездатності людини. При цьому формування, вибір і визначення комфортних умов (параметрів і організації виробничого, природного, соціального середовища, середовища проживання) діяльності і відпочинку повинні ґрунтуватися на знанні закономірностей взаємозв'язків системи «людина – середовище існування», фізіології людини, його психологічного стану і функціональних можливостей. У результаті реалізації такого підходу забезпечується зменшення травматизму і захворюваності людей, зменшення кількості небезпек чи зниження їх рівня.

Таким чином, забезпечення безпеки і нешкідливості праці, ефективного відпочинку, з дотриманням вимог екології, природних процесів розвитку біосфери буде забезпечувати збереження життя і здоров'я не тільки людини, але і біосфери Землі, а значить і людства в цілому.

Зниження ступеня небезпеки і шкідливості негативних факторів середовища існування, зменшення їхньої кількості, виконується на основі інформації, яка одержується в процесі ідентифікації (розпізнавання) цих негативних факторів і забезпечується доцільним вибором і застосуванням конкретних ефективних захисних методів і засобів.

Виходячи з цього, комплексною науковою задачею БЖД є теоретичний аналіз, розробка методів ідентифікації і кількісної оцінки негативних факторів, які генеруються складовими середовища існування.

При цьому пріоритетним напрямком є рішення задач БЖД на етапі проектування предметів праці, діяльності людини, а також прогнозування природних явищ, які можуть викликати аварії, катастрофи, надзвичайні ситуації. Наукові задачі БЖД не обмежуються перерахованими аспектами. До них відносяться також наступні напрями:

- комплексна оцінка багатфакторного впливу негативних факторів середовища існування на працездатність і здоров'я людини;
- визначення параметрів комфортних умов праці і відпочинку;
- розробка і реалізація нових методів і засобів захисту людини і навколишнього середовища від дії негативних факторів;
- моделювання надзвичайних ситуацій.

Практичні задачі БЖД полягають у розробці і створенні нових принципів і засобів захисту людини і природного середовища від впливу негативних факторів.

Виходячи з цього, об'єктом вивчення БЖД є комплекс явищ і процесів у системі «людина – середовище існування», що негативно впливають на людину і природне середовище (в глобальному масштабі – на біосферу Землі).

З метою аналізу взаємозв'язків у якості складових узагальненої системи «людина – середовище існування», виділяються наступні основні підсистеми:

«Людина – природне середовище». Причому, поняття «природне середовище» містить у собі флору і фауну, мікро- і макроорганізми, що являють собою біосферу Землі;

«Людина – виробниче середовище». У цю підсистему, у свою чергу входять такі системи як «людина – машина», «людина – робоча зона»;

«Людина – середовище проживання» («людина – міське середовище» чи «людина – сільське середовище»);

«Людина – житлове середовище» («людина – побутове середовище»);

«Людина – соціальне середовище». Ця підсистема охоплює практичні взаємозв'язки людини в усіх перерахованих вище підсистемах.

У процесі еволюції людини сформувалася також підсистема «виробниче середовище – природне середовище», яка називається техносферою. Практично ця підсистема сформувалася внаслідок предметної діяльності людини, що сполучена з виникненням нових негативних факторів різного рівня інтенсивності, які діють як на людину, так і на природне середовище – біосферу Землі. Унаслідок цього область техносфери, поширюючись на атмосферу, гідросферу і літосферу, робить свій негативний вплив як на фауну, так і на флору Землі вносить елемент порушення в динамічний рівноважний стан системи «людина – середовище існування».

Таким чином, техносфера являє собою локалізовану область біосфери, яка сформувалася в результаті діяльності людини в регіонах розміщення великих міст і промислових об'єктів. Фізико-хімічні та біологічні характеристики техносфери відрізняються від природних характеристик біосфери, наприклад, підвищеним рівнем теплових випромінювань, підвищеною запиленістю, загазованістю повітря, підвищеним рівнем енергетичних випромінювань, підвищеним рівнем шуму і вібрації, зниженою концентрацією або відсутністю природних мікроорганізмів, присутністю модифікованих або нових вірусів, бактерій і т.п.

Виходячи зі структури й існуючих взаємозв'язків системи «людина – середовище існування» впливає, що наука «Безпека життєдіяльності» вивчає негативні фактори, їхній вплив на людину і навколишнє, виробниче, побутове, міське середовище, як в умовах повсякденного життя, так і при виникненні надзвичайних ситуацій техногенного і природного походження.

Реалізація цілей і рішення задач безпеки життєдіяльності включає наступні основні етапи наукової і практичної діяльності людини:

- ідентифікація негативних факторів і опис зон їх впливу на біосферу Землі. На цьому етапі досліджується комплексний вплив негативних факторів техносфери і негативний вплив її окремих складових – підприємств, машин, приладів і т.п. Ідентифікації підлягають як реальні, так і потенційні небезпеки, що повинні виявлятися на етапі проектування при аналізі технологічних і виробничих процесів промислових об'єктів;

- розробка і реалізація ефективних систем попередження і методів захисту від небезпек. Такі системи і методи повинні розроблятися і закладатися для технічної реалізації на етапі проектування об'єктів предметної діяльності людини. Вони повинні бути невід'ємною частиною процесу створення об'єкта будь-якої складності;

- розробка і реалізація, створення, підготовка і утримування у належному технічному стані засобів для ліквідації наслідків реалізації небезпек;

- організація навчання населення питанням забезпечення безпеки життєдіяльності в реальних ситуаціях;

- підготовки фахівців із забезпечення безпеки життєдіяльності.

Основними методами, що застосовуються для рішення задач у БЖД, є моделювання, спостереження, експеримент, математична статистика, аналіз, прогнозування. Завдяки такому підходу до вирішення поставлених задач забезпечується вибір оптимальних форм діяльності людини, організації праці, відпочинку, професійного добору, заснованих на медико-біологічних, технічних, ергономічних, суспільно-правових і наукових основах.

## ВИСНОВКИ

Перед реалізацією капусти на ринку після тривалого зберігання, необхідно провести очищення її головок від пошкодженого та ураженого хворобами покривного листя. Крім цього, видалення зеленого покривного листя і качана знижує вміст нітратів на 20-30%.

Запропоновано конструкцію машини для післязбиральної та передреалізаційної підготовки капусти, яка забезпечує повністю автоматичне чищення капусти, максимальну ефективність при мінімальних витратах, знижує виробничі витрати і вимагає участі тільки однієї людини.

Після зрізування головок (вручну або механізовано) качани капусти потрапляють в машину. За допомогою двох профільованих валів, що обертаються, качани приводяться в обертання і пересуваються в очисному пристрої. Вали повністю покриті спеціальним полімерним матеріалом, так що качани не можуть механічно ушкодитися, знаходячись всередині машини. Доочисник капусти працює на 100 % без травмування качанів капусти.

Швидкість обертання валів регулюється вручну. Відстань між валами регулюється за допомогою ручки на зовнішній стороні машини так, щоб вона відповідала розмірам головок капусти. Для маленьких головок вали встановлюють ближче один до одного, а для великих – далі один від одного.

По внутрішніх сторонах машини знаходяться прогумовані похилі планки, кут нахилу яких легко міняється. Вони служать для оптимального проведення качанів через машину. Абсолютне збереження продукції стало можливе завдяки гумовому покриттю валів і похилих планок.

За результатами досліджень розробленої імітаційної моделі взаємодії головок капусти з шнеками очисника встановлено, що максимальне зусилля контакту не перевищує 55 Н.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Агробиологические основы производства, хранения и переработки продукции растениеводства.- М.: КолосС, 2003. – 728 с.
2. Беляев Н. М. Сопротивление материалов. – М.: Наука, 1976. – 608 с.
3. Войтюк Д.Г., Гаврилук Г.Р. Сільськогосподарські машини. – К.: Урожай, 1994. – 446 с.
4. Гайченко В.А. Основи безпеки життєдіяльності людини. – К.: МАУП, 2002. – 232с.
5. Гевко Р.Б. Розробка конструкції шнека з еластичною гвинтовою поверхнею та результати її експериментальних досліджень / Р.Б. Гевко, С.З. Залуцький // Вісник інженерної академії України. – К.: 2015. – № 1. – С. 242-247.
6. ГОСТ 1724 – 85 «Капуста белокочанная свежая заготавливаемая и поставляемая». Технические условия. Fresh white head cabbage for supply and delivery. Specifications. – 8 с.
7. Данилевский В.В. Справочник молодого машиностроителя. – М.: Высшая школа, 1973. – 647 с.
8. Диденко Н.Ф. Машины для уборки овощей / Н.Ф. Диденко, В.А. Хвостов, В.П. Медведев. – М.: Машиностроение, 1984. – 320 с.
9. Довідник з охорони праці в сільському господарстві / За ред. С.Д. Лахмана. – Київ: Урожай, 1990. – 396 с.
10. Ільків В.М. Моделювання карданної передачі / В.М. Ільків, В.Р. Філик, М.Я. Сташків // Матеріали ІХ Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» – Тернопіль: ТНТУ, 2020. – С. 130 –131.
11. Карпенко А.Н., Халанский В.М. Сельскохозяйственные машины. – М.: Колос, 1983. – 495 с.
12. Манжесов В.И., Попов И.А., Щедрин Д.С. Технология хранения растениеводческой продукции. – М.: КолосС, 2005. – 392 с.

13. Основы проектирования и расчет сельскохозйственных машин / Под ред. проф. Ермольева Ю.И. – М.: Машиностроение, 2006. – 344 с.
14. Підгурський М., Сташків М. Розвиток наскрізних тріщин в гнutoзварних тонкостінних елементах коробчастого профілю // Вісник ТДТУ, 2006. – Т. 11. – № 4. – С. 78 – 86.
15. Попович П. Уніфікація дослідження напружено-деформованого стану несучих конструктивних систем / П. Попович, М. Сташків, Т. Довбуш // Вісник ТНТУ — Тернопіль : ТНТУ, 2015. – Том 78. – № 2. – С. 153-163.
16. Попович П.В. Моделювання експлуатаційної навантаженості несучих систем розкидачів добрив типу ПРТ–10 / П.В. Попович, М.Я. Сташків, Т.А. Довбуш // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка «Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва» – Харків: ХНТУСГ, 2014. - Вип. 151 - С. 367-372.
17. Примак І. Д. Екологічні проблеми землеробства / І. Д. Примак, Ю. П. Манько, Н. М. Рідей та ін. / За ред. І. Д. Примака. – К.: Центр учбової літератури, 2010. – 456 с.
18. Резников Л.А., Ещенко В.Т., Дьяченко Г.Н. Основы проектирования и расчет сельскохозйственных машин. – М.: Агропромиздат, 1991.–543 с.
19. Рибак Т.І., Попович П.В., Сташків М.Я. Концепція пошукового конструювання мобільної техніки в АПК // Загальнодержавний міжвідомчий наук.-техн. зб. «Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин». – Вип. 39. – Кіровоград: КНТУ, 2009. – С. 40-47.
20. Рослинництво: Підручник / О.І. Зінченко, В.Н. Салатенко, М.А. Білоножко; За ред.. О.І. Зінченка. – К Аграрна освіта, 2001. – 591 с.
21. Сельскохозйственные и мелиоративные машины / Под ред. Г.Е. Листопада. – М.: Агропромиздат, 1986. – 688 с.
22. Сельскохозйственные машины / В.П. Капустин, Ю.Е. Глазков. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006. – 104 с.

23. Сисолін П.В. Методи проектування сільськогосподарських машин для полеводства. – К.: Темплан, 1993. – 152 с.
24. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. – Т.1. Машини для рільництва. – К.: Урожай, 2001. – 384 с.
25. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3 т. / Под ред. Анурьева В.И. – М.: Машиностроение, 1979.
26. Сташків М. Визначення КІН для кутової наскрізної тріщини у тонкостінному стержні прямокутного профілю при дії згинального моменту // Вісник ТДТУ, 2003. – Т.8. – №3. – С. 32 – 38.
27. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин / Под ред. Е.С. Босого. – М.: Машиностроение, 1978. – 568 с.
28. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин / Под ред. Е.С. Босого. – М.: Машиностроение, 1978. – 568 с.
29. Тихонов, Н. И. Кирьяков, А. В. Обоснование оптимальных параметров шнекового листоотделителя / Н.И. Тихонов, А.В. Кирьяков // Техника в сельском хозяйстве. 1996. - №1 - С. 29-30.
30. Физико-механические свойства растений, почв и удобрений / Б.А. Воронюк, А.И. Пьянков, Л.В. Мильцева. – М.: Колос, 1970. – 421 с.
31. Хвостов, В. А., Рейнгарт, Э. С., Колчин, Н. Н. Справочник конструктора машин для уборки и послеуборочной обработки овощей и корнеплодов / В.А. Хвостов, Э.С. Рейнгарт, Н.Н. Колчин. М., 1998 - 200 с.
32. Хомик Н.І. Методичний посібник до виконання дипломної роботи для здобуття освітнього ступеня «магістр» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 133 Галузеве машинобудування з орієнтацією на спеціалізацію «Машини сільськогосподарського виробництва» / Н.І. Хомик, М.Я. Сташків, В.П. Олексюк. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2018. – 164 с.
33. Чернавский С.А. Проектирование механических передач. – М.: Машиностроение, 1976. – 608 с.



## **ДОДАТКИ**

## Додаток А

### Технічна характеристика мотор-редуктора

#### Standart 33 - 90L/4



| $P_1$<br>[kW] | $n_2$<br>[min <sup>-1</sup> ] | $M_2$<br>[Nm] | $f_B$ | $i_{ges}$ | $F_R$<br>[kN] | $F_A$<br>[kN] | $F_{R VL}$<br>[kN] | $F_{A VL}$<br>[kN] | Типорозмер  | G<br>[Kg] |
|---------------|-------------------------------|---------------|-------|-----------|---------------|---------------|--------------------|--------------------|-------------|-----------|
|               | 624                           | 17            | 2.8   | 2.26      | 1230          | 1980          | 1560               | 3310               |             |           |
| 1.50          | 16                            | 918           | 0.8   | 89.63     | 7530          | 9000          | 12630              | 12000              | 330 -90L/4  | -55       |
|               | 18                            | 814           | 0.9   | 79.63     | 8150          | 9000          | 12400              | 12000              |             |           |
|               | 20                            | 731           | 1.0   | 71.29     | 8570          | 9000          | 12140              | 12000              |             |           |
|               | 22                            | 657           | 1.1   | 64.24     | 8880          | 9000          | 11870              | 12000              |             |           |
|               | 24                            | 597           | 1.2   | 58.20     | 9110          | 9000          | 11630              | 12000              |             |           |
|               | 25                            | 573           | 1.2   | 55.78     | 9190          | 9000          | -11630             | 12000              | 33 -90L/4   | -43       |
|               | 29                            | 494           | 1.4   | 48.50     | 9440          | 9000          | 11260              | 12000              |             |           |
|               | 33                            | 434           | 1.6   | 42.68     | 9600          | 9000          | 10920              | 12000              |             |           |
|               | 37                            | 387           | 1.7   | 37.93     | 9670          | 9000          | 10610              | 12000              |             |           |
|               | 41                            | 349           | 1.7   | 33.95     | 9440          | 9000          | 10340              | 12000              |             |           |
|               | 46                            | 311           | 1.7   | 30.56     | 9180          | 9000          | 10040              | 12000              |             |           |
|               | 50                            | 286           | 1.7   | 27.74     | 8980          | 9000          | 9820               | 12000              |             |           |
|               | 56                            | 256           | 1.7   | 25.22     | 8710          | 9000          | 9520               | 12000              |             |           |
|               | 61                            | 235           | 1.7   | 23.09     | 8510          | 9000          | 9290               | 12000              |             |           |
|               | 66                            | 217           | 1.7   | 21.15     | 8340          | 9000          | 9090               | 12000              |             |           |
|               | 73                            | 196           | 1.7   | 19.40     | 8110          | 9000          | 8840               | 12000              |             |           |
|               | 27                            | 531           | 0.8   | 51.46     | 6250          | 7650          | 9520               | 9000               | 30 V -90L/4 | -38       |
|               | -30                           | 478           | 0.8   | 47.68     | 6540          | 7650          | 9330               | 9000               | 30 -90L/4   | -35       |
|               | 33                            | 434           | 0.9   | 42.68     | 6750          | 7650          | 9140               | 9000               |             |           |
|               | 37                            | 387           | 0.9   | 38.45     | 6940          | 7650          | 8930               | 9000               |             |           |
| 40            | 358                           | 1.1           | 34.91 | 7050      | 7650          | 8730          | 9000               |                    |             |           |
| 44            | 326                           | 1.2           | 31.84 | 7150      | 7650          | 8540          | 9000               |                    |             |           |
| 48            | 298                           | 1.3           | 29.22 | 7240      | 7650          | 8360          | 9000               |                    |             |           |
| 52            | 275                           | 1.5           | 26.92 | 7300      | 7650          | 8210          | 9000               |                    |             |           |
| 57            | 251                           | 1.5           | 24.89 | 7360      | 7650          | 8000          | 9000               |                    |             |           |
| 61            | 235                           | 1.5           | 23.08 | 7220      | 7650          | 7850          | 9000               |                    |             |           |
| 66            | 217                           | 1.5           | 21.46 | 7080      | 7650          | 7690          | 9000               |                    |             |           |
| 66            | 217                           | 1.8           | 21.28 | 7140      | 7650          | 7740          | 9000               |                    |             |           |
| 71            | 202                           | 1.5           | 20.00 | 6950      | 7650          | 7550          | 9000               |                    |             |           |
| 75            | 191                           | 2.1           | 18.85 | 6910      | 7650          | 7480          | 9000               |                    |             |           |
| 84            | 171                           | 2.3           | 16.87 | 6670      | 7650          | 7240          | 9000               |                    |             |           |
| 93            | 154                           | 2.2           | 15.20 | 6500      | 7650          | 7030          | 9000               |                    |             |           |
| 103           | 139                           | 2.7           | 13.80 | 6320      | 7650          | 6850          | 9000               |                    |             |           |