

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики

Кафедра процесів, машин і обладнання в агроінженерії

Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису

**ПОЛІЩУК АНДРІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ**

УДК 631.361.022

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**Технології очищення горіхів від захисної оболонки**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

\_\_\_\_\_ А.О. Поліщук

**Керівник роботи**

Грабар І.Г.

Доктор технічних наук, професор

**Житомир – 2021**

## АНОТАЦІЯ

**Поліщук Андрій Олександрович Технології очищення горіхів від захисної оболонки – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.**

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2021.

Горіхоплідні є повноцінним джерелом білків, жирів, вітамінів та мінералів.

Переваги автоматизованого методу очистки горіхів є висока продуктивність при правильному підборі доступного обладнання. По наведеному прикладу виробничі потужності гарантують за робочий день вихід 640 кг цілих ядер горіхів.

Встановлення лінії для очистки та сортування волоських горіхів досить прибуткове виробництво враховуючи невеликі затрати на електричну енергію, що використовує відповідне обладнання. Однак наведені розрахунки приведені з врахуванням сезонності вищезгаданих робіт, оскільки ядра горіхів мають обмежений термін зберігання та краще зберігаються в природній оболонці.

*Ключові слова: аспіратор, бункер, вібросито, горіхокол, калібратор, конструкція, оболонка.*

## ANNOTATION

**Polishchuk Andrey Technologies for cleaning nuts from the protective shell.** – Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualification work for a master's degree in specialty 208 – Agricultura 1 Engineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2021.

Nuts are a complete source of protein, fat, vitamins and minerals.

The advantages of the automated method of cleaning nuts are high productivity with the right selection of available equipment. According to the given example, the production facilities guarantee the output of 640 kg of whole nut kernels per working day.

Establishing a line for cleaning and sorting walnuts is quite a profitable production given the low cost of electricity using the appropriate equipment. However, these calculations are based on the seasonality of the above works, as nut kernels have a limited shelf life and are better stored in the natural shell.

Keywords: aspirator, hopper, vibrating screen, nutcracker, calibrator, construction, shell.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	5
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЦІННОСТІ ГОРІХІВ .....	7
Висновок до розділу 1.....	11
РОЗДІЛ 2 ОГЛЯД МЕТОДІВ ОЧИЩЕННЯ ГОРІХІВ .....	12
Висновки до розділу 2 .....	19
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ЛІНІЇ ДЛЯ ОЧИСТКИ ТА СОРТУВАННЯ ГОРІХІВ .....	20
Висновок до розділу 3.....	22
ВИСНОВКИ.....	23
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	24
ДОДАТКИ.....	26

## ВСТУП

Собівартість продукції рослинництва, загалом та горіхів, зокрема є високою. В деякій мірі через вміст поживних речовин, що містять горіхоплідні. Одним із способів зниження собівартості кінцевої продукції є зменшення кількості ручної праці, зокрема за рахунок застосування відповідних механізмів.

Кількість та вартість підбраного обладнання, яке буде використовуватись на лінії з очищення захисної оболонки горіхів безпосередньо впливатиме на термін окупності. Вищенаведене обґрунтовує актуальність нашого дослідження.

**Мета і задачі дослідження.** Мета дослідження – підвищити продуктивність виробництва продукції з горіхоплідних за рахунок використання лінії з очищення захисної оболонки горіхів.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі задачі:

провести аналіз енергетичної цінності горіхів;

огляд методів очищення горіхів;

провести розрахунок лінії для очистки та сортування горіхів;

**Об'єкт дослідження:** елементи конструкції машини для лущення волоського горіху.

**Предмет дослідження:** зв'язок параметрів продуктивності обладнання лінії для очистки та сортування горіхів.

**Перелік публікацій автора за темою дослідження:**

1. Polishchuk Andriy, Polishchuk Roman Methods of processing nuts and obtaining high quality products. Intellectual archive. 2021. p. 2. URL: <http://www.intellectualarchive.com/?link=find#detail>

2. Polishchuk Andriy, Polishchuk Roman Energy value of nuts. Intellectual archive. 2021. p. 13. URL: <http://www.intellectualarchive.com/?link=find#detail>

**Практичне значення одержаних результатів.** Результати дослідження покликані вдосконалити процеси на лінії для очистки та сортування горіхів при малосерійному виробництві. На основі проведеного дослідження запропоновано встановлення лінії для очистки та сортування волоських горіхів продуктивністю 17,6 тон на місяць.

**Структура та обсяг роботи.** Кваліфікаційна робота складається із вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 11 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 25 сторінок комп'ютерного тексту, містить 3 таблиці і 6 рисунків.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЦІННОСТІ ГОРІХІВ

Горіхи за вмістом поживних речовин можна віднести до натуральних біоконцентратів. Горіхи мають унікальний комплекс мікро- та макронутрієнтів ураховуючи низький вміст вологи. Вважається, що горіхи активізують розумову та фізичну діяльність, сприяють довголіттю, забезпечують енергетичним балансом організм людини. Результати новітніх досліджень про користь горіхів, отриманих у провідними науковцями світу, сприяє збільшенню обсягів використання горіхів.

Експерти з питань здорового харчування дійшли висновку, що самим корисним є волоський горіх. Дослідниками встановлено, що у волоських горіхах найвищий вміст поліненасичених жирних кислот в порівнянні з іншими видами горіхів, волоські горіхи також містять велику кількість антиоксидантів, поліфенолів та інших біологічно активних речовин.

Горіхи посідають особливу нішу серед збалансованих продуктів харчування. При цьому хімічний склад горіхоплідних значно варіюється в залежності від місця та умов вирощування, технології обробки, часу збирання врожаю, методів сушки, умов зберігання та ботанічних сортів [1].

Епідеміологічними дослідженнями доведено, що присутність горіхів в раціоні харчування надає захист від ішемічних хвороб серця. Особливими за своєю значимістю вченими вважаються ядра волоських горіхів. Дослідження показують, що вживання волоських горіхів в значній мірі впливає на зміну ліпопротеїнового профілю та зниження рівня холестерину у крові [2].

Горіхоплідні в своєму складі містять сахарозу, фруктозу, глюкозу, рафінозу, стахіозу та інозитол [3]. Також горіхоплідні у своєму складі можуть містити органічні кислоти, а саме, яблучну, лимонну, молочну та оцтову

кислоти. Жирнокислотний склад волоських горіхів представлено в переважній більшості неполярними ліпідами.

Хімічний склад різних горіхоплідних наведено в таблицях 1.1-1.2. Найбільша масова частка жиру міститься в макадамії, пекані, бразильському та волоському горіхах. В той же час вміст білка найбільший в мигдалі, кешью, фісташках та арахісі. Лідерами за вмістом вологи є мигдаль, пекан та арахіс.

Відповідно до фізіологічних потреб у поживних речовинах, добове вживання 100 г волоських горіхів дозволяє задовольняти потреби людини у жирах на 70-100 %, у білках на 20 %, у вітаміні Е на 15 %, у магнії та фосфорі на 40%, у калії на 15% [4]. Таким чином, важливою умовою забезпечення організму необхідними для життєдіяльності речовинами є щоденне споживання горіхоплідних.



Таблиця 1.1 Склад поживних речовин в горіхоплідних

<b>Горіхоплідні</b>	<b>Масова частка жиру, %</b>	<b>Масова частка білку, %</b>	<b>Масова частка вологи, %</b>	<b>Масова частка цукру, %</b>	<b>Масова частка золи, %</b>
Мигдаль	40,4-47,5	18,5-20,1	8,9-9,5	2,0-2,3	2,4-2,7
Бразильський горіх	62,7-71,4	11,9-14,8	2,9-3,3	0,5-0,8	3,0-3,5
Кешью	39,7-48,3	17,3-19,5	4,4-4,9	3,7-4,2	2,5-3,1
Фундук	58,2-64,5	13,1-15,4	3,9-4,2	1,4-3,6	2,0-2,4
Макадамія	61,2-68,9	6,4-9,3	1,9-2,3	1,0-2,2	1,1-1,3
Пекан	64,2-66,7	6,5-8,0	7,0-7,5	1,3-1,9	1,6-2,0
Кедровий горіх	58,7-65,5	11,1-14,7	1,3-1,7	1,2-2,1	2,2-2,7
Фісташки	43,1-50,2	17,8-20,6	4,4-5,9	1,1-2,2	2,8-3,5
Волоський горіх	60,3-74,5	12,2-16,7	2,7-4,4	2,1-3,8	1,8-2,1
Арахіс	40,9-45,8	19,6-22,8	6,3-7,8	0,3-1,5	1,4-1,9

Таблиця 1.2 Хімічний склад горіхоплідних

Мінеральні речовини	Мигдаль	Бразильський горіх	Кешью	Фундук	Макадамія	Пекан	Кедровий горіх	Фісташки	Волоський горіх	Арахіс
Алюміній	0,4-0,5	1,5-1,7	0,1	0,4-0,5	1,4-1,6	0,3-0,5	1,3-1,5	1,3-1,5	1,1-1,2	1,3-1,5
Кальцій	248,0-324,0	138,0-234,0	33,0-45,0	157,0-195,0	83,0-94,0	66,0-74,0	13,0-22,0	97,0-113,0	87,0-89,0	76,0-92,0
Мідь	0,1-0,2	1,5-1,7	2,1-2,2	1,1-1,6	0,7-0,8	0,5-0,6	1,2-1,4	0,7-1,2	1,1-1,4	1,1-1,2
Залізо	2,2-4,9	2,4-2,5	6,3-8,1	3,4-4,9	3,5-3,7	2,3-2,5	5,5-6,3	3,7-4,1	2,0-2,5	4,7-5,0
Магній	220,0-253,0	347,0-392,0	265,0-294,0	162,0-177,0	125,0-133,0	119,0-130,0	236,0-263,0	118,0-122,0	124,0-170,0	154,0-179,0
Марганець	1,8-1,9	1,3-2,5	1,2-1,6	4,1-5,8	3,9-4,1	2,8-3,1	7,9-10,2	2,2-3,8	2,5-2,9	1,7-1,9
Фосфор	451,0-493,0	583,0-648,0	482,0-533,0	303,0-355,0	178,0-195,0	251,0-293,0	537,0-608,0	455,0-498,0	315,0-333,0	349,0-375,0
Калій	672,0-739,0	483,0-524,0	562,0-647,0	681,0-735,0	348,0-374,0	385,0-412,0	518,0-649,0	985,0-1034,0	316,0-473,0	673,0-715,0
Натрій	5,7-9,4	2,4-3,7	11,5-15,9	3,1-3,3	4,3-5,2	0,1-0,2	1,8-2,2	0,9-1,3	6,9-7,8	17,5-22,6
Цинк	2,0-2,3	4,0-4,3	5,6-5,8	1,9-2,5	1,2-1,4	0,3-0,5	5,8-6,7	2,3-2,8	2,4-2,6	3,0-3,2

Також волоські горіхи служать джерелом вітаміну Е, який в свою чергу є природним антиоксидантом. Вітамін Е – жиророзчинний антиоксидант фенольної природи [5]. Причому загальний вміст речовин фенольної групи у волоському горіху складає 0,9-1,1 мг/г. Однак волоські горіхи містять ще 16 складових поліфенолів, з яких 14 є ефективними антиоксидантами [6].

Останні дослідження показують, що основним фактором який впливає на зміну вмісту природних антиоксидантів у горіхах температура зберігання. Як приклад при зберіганні протягом пів року горіхів в морозильній камері за температури -18 °С вміст антиоксидантів фактично не змінюється, в той же час зберігання в умовах охолодження за температури 2-4 °С спричиняє зменшення вмісту антиоксидантів до 10-15 % від їх вмісту в абсолютно свіжій продукції, а зберігання за температури 20 °С спостерігається зменшення вмісту антиоксидантів у 2-4 рази протягом вищезгаданого періоду.

### **Висновок до розділу 1**

На мою думку вищенаведені дані є підтвердженням, що горіхоплідні є джерелом повноцінного білка, жирів, вітамінів та мінералів. З безлічі горіхів волоські горіхи мають найвищий вміст жиру і поліненасичених жирних кислот, а також містять оптимальне співвідношення омега-6 та омега-3 жирних кислот. Тому механізація процесів обробки та очистки горіхів на сьогоднішній день доволі актуальна.

## РОЗДІЛ 2

### ОГЛЯД МЕТОДІВ ОЧИЩЕННЯ ГОРІХІВ

Вибір придатних для зберігання волоських горіхів є основою.

Для просушування та зберігання ядер потрібно проводити сортування від неякісних горіхів. При виборі якісних горіхів керуються такими параметрами:

- усі горіхи мають бути стандартного розміру, зі світлою та чистою оболонкою. Слід уникати плодів, які повністю або частково покриті залишками засохлої шкірки;
- пересохлі і вже непридатні для споживання горіхи при струшуванні видають звук;
- тріщини, сколки та інші види пошкоджень шкаралупи відносять до браку, тому що такі плоди часто містять біологічні складові у якості комах, що шукають джерело поживних речовин;
- волоські горіхи мають бути певної ваги, занадто легкі плоди в більшості випадків бувають порожніми.

В господарських цілях вважають за краще купувати вже очищені волоські горіхи, так як це заощаджує час на їх обробці і дає можливість візуально оцінити якість продукту.

Якісні ядра обирають, спираючись на певні вимоги а саме цілі ядерця, оскільки у подрібнених горіхах може бути замаскований торішній урожай.

Серед методів очистки горіхів розрізняють наступні здебільшого ручні методи:

#### 1. Механічний метод

Щоб дістатися до ядер, користуються ножем із твердим лезом або будь-яким іншими інструментами, що мають плоский та тонкий край. Для очищення заводиться вістря між двома півкулями основи горіха, після чого при

прикладається зусилля. Як результат невеликого зусилля половинки шкаралупи розходяться і відкривається доступ до сировинної частини горіха. Даний підхід доречний не для всіх видів горіхів, дикі сорти міцніші і для їхнього розламу слід вдаватися до іншого методу.

Більшу ефективність в умовах невеликих обсягів має розкол шкаралупи за допомогою удару молотком. Такі дії здатні легко справитися з роговою оболонкою, але й мало дисперсних часток від нього чимало. Основний мінус полягає в тому, що одним ударом можна пошкодити не тільки зовнішню оболонку, а й ядереця, після чого залишки будуть перешкоджати.

Оптимальний підхід, що потребує фізичного впливу, є метод очищення за допомогою спеціальних ручних інструментів, які в народі називають лускунчиками. За своєю будовою представляють металеві щипці, які мають зазубрини, в які вкладається горіх, після чого ручки пристосування зводяться. Характерний хрускіт свідчить про успішне руйнування оболонки після чого щипці розкриваються, і випадає ядро горіха з мінімальними ушкодженнями. При використанні цього методу на виході отримуємо велику кількість заготовок, не вдаючись до великих фізичних витрат і без ризику пошкодження ядра.

## 2. Термічний метод

За температурного впливу горіхова шкаралупа стає більш податливою, завдяки чому до цього методу вдаються найчастіше. Реалізація цього методу проводиться за температури до 200°C, протягом 10 хвилин. При умові збільшення часу або температури, з них почнуть виділятися олії, що призводить псування продукції.

## 3. Автоматизований метод

Цей метод використовується в промислових масштабах та має високу продуктивність. Для даного методу використовують як цілий комплекс устаткування як машина для луцення, калібратор, вібросито та аспіраційна

колона, так і окремо за допомогою машини для луцення з подальшою ручною переробкою.

Машина для луцення волоського горіху К 100 - це устаткування для переробки в промислових масштабах волоського горіха. Завдяки конусному принципу розколу устаткування забезпечує чітку роботу з максимальним виходом цілого ядра і підходить для переробки волоського горіха будь-якого розміру [7].



Рис.2.1 Машина для луцення волоського горіху К 100

Дана модель ідеально підходить для використання в своїх цілях середніх та великих підприємств, для яких важливий якісний результат, а саме цілісність ядра, а не лише швидкість роботи.

Переваги: має кращий тип розколу – конусний; економія часу – може працювати без попереднього калібрування горіха; високий вихід цілого ядра – до 80%; легкість в управлінні; присутнє регулювання зазору між плитами розколу, що дозволяє підлаштовувати горіхокол під потрібний розмір волоського горіха безпосередньо під час роботи; висока продуктивність переробка до 100 кг волоського горіха за годину.

Принцип роботи: горіх засипається в бункер, потім горіх запускається. За допомогою вібраційної платформи горіх подається в подрібнюючий механізм. Конусні плити стискаються і шкаралупа горіха тріскається, а ядро залишається цілим. Після розколу залишки горіхів пересипаються у відсік для вивантаження.

Недоліки: після колки, ядра горіхів виникає необхідність додатково проводити очистку від шкаралупи та перегородок на спеціальних сортувальних лініях або за допомогою інструментів для доколу.

Призначення калібратора сортування нечищеного горіха на фракції певного розміру від маленького до великого для подальшої якісної та рентабельної переробки горіха на промислових пристосуваннях, що потребують попереднього калібрування горіха[8].



Рис. 2.2 Лінійний калібратор горіхів

Зазори в калібраторі між валами можна регулювати самостійно, залежно від розміру горіха (від 8 мм до 60 мм), під лаштування під будь-який сорт горіха - волоський горіх, фундук, мигдаль і т.д.

Продуктивність до 150 кг/год

Кількість фракцій 2-5

Потужність двигуна 0,37 кВт

Аспіраційна колона призначена для сортування та відсіву шкаралупи, перегоронок, пилу та сміття від ядра волоського горіха. Аспіратор оснащений регулятором, який контролює потік повітря, що дозволяє легко перебудувати технологічний процес під зернові культури, насіння, бобові[9].



Рис. 2.3 Апіраційна колона

Продуктивність до 100 кг/год

Потужність двигуна 0,55 кВт

Вібросито призначене для сортування ядра волоського горіха за фракціями (розмірами) - половинки, четвертинки, восьмушки ядра та крихту. Вібросито застосовується для якісного та швидкого сортування горіха у великих обсягах[10].





Рис. 2.4 Вібросито для сортування ядра горіха

Продуктивність до 200 кг/год

Розміри отворів 11, 16, 20/45 мм (виробник може змінювати розмір товарів на вимогу замовника)

Потужність двигуна 0,55 кВт

Приблизні розрахунки продуктивності обладнання:

Продуктивність промислової лінії до 100 кг/год. При нормованому 8-годинному робочому дні, обладнання здатне переробити до 800 кг горіха (калібрування, колка, сортування горіха).

Для обслуговування кожної з установок потрібний лише один оператор. Важливо розуміти, що лінія знизить витрати на найм сортувальників(зменшення ручної праці), проте повністю відмовитися від ручного перебирання не можна. Оптимальна кількість персоналу для безперервної та якісної роботи обладнання: 5-10 осіб кількість залежатиме від приміщення та досвіду робітників.

Альтернативним варіантом є електричний горіхокол Оптима 1 – це середньо габаритне пристосування для коління горіха в домашніх умовах або у виробничих масштабах. Гнучкі налаштування горіхоколу дають можливість швидко адаптуватися під колку волоського горіха, фундука та мигдалю.



Рис.2.5 Електричний горіхокол Оптима 1

Застосовується електричний горіхокол Оптима 1 при необхідності максимально швидко розколоти невеликі партії горіха. Дана модель горіхокола виготовлена спеціально в компактних габаритах для зручної роботи як удома, так і на виробництві. Працює горіхокол за валковим принципом розколу.

Переваги: потужність двигуна всього 180 Вт; універсальність – застосовується для горіхів будь-якого калібру від 0,5 см до 5 см; швидка адаптація може бути перебудований під розмір горіха в ході роботи; простота роботи - принцип дії елементарний; обслуговування горіхоколу не примхливе та не потребує високої кваліфікації.

Недоліки: вихід цілих ядер до 60%, аналогічно попередньому пристосуванню виникає необхідність додатково проводити очистку від шкаралупи та перегоронок.

Принцип роботи горіхокола дуже простий: обладнання потрібно налаштувати під розмір горіха, запустити двигун і засипати горіх. Шкаралупа горіха розколюється при обертанні валу із зазорами, що захопили горіх і притискають його до металевої куліси всередині механізму. При повороті валу горіх розколюється і висипається у ємність. Зазори на валу горіхоколу виточені таким чином, щоб обережно луштити шкаралупу і не зачіпати ядро.

## **Висновки до розділу 2**

Для вибору методу колки горіхів керуються наступними факторами: об'єм продукції, що необхідно переробити, допустимий відсоток виходу цілих ядер, кількість робітників та розміри наявного приміщення. Дрібні партії горіхів зазвичай переробляються ручним методом з перевагою, що відсоток виходу цілого ядра досить високий. Великі партії доцільно переробляти автоматизованим методом при умові допуску браку у вигляді 20-40% пошкоджених ядер горіхів. Перевагою цього методу є висока продуктивність при правильному підборі доступного в продажі обладнання можна розрахувати виробничі потужності від 50 до 200 кг/год. По наведеному прикладі в роботі виробничі потужності гарантують за робочий день вихід 640 кг цілих товарних ядер горіхів.

## РОЗДІЛ 3

### РОЗРАХУНОК ЛІНІЇ ДЛЯ ОЧИСТКИ ТА СОРТУВАННЯ ГОРІХІВ

Найкращий результат серед автоматизованих методів за високим відсотком виходу цілого ядра при попередньому аналізі демонструють машини для лущення волоського горіху К 100. Подача горіхів до робочого органу реалізована через вібростіл по направляючих. Дозування подачі виконується за допомогою вала з штифтами. Принцип дії робочого органу полягає в стисканні горіха між двома площинами. Привід пластини виконаний кривошипно-шатунним механізмом який перетворює обертання через ремінну передачу в поступальні рухи прижимної пластини.

Для наглядності принципу роботи даного механізму в системі проектування SolidWorks нами було відтворено конструкцію робочого органу даної машини для лущення (рис. 3.1) та в вищезгаданій системі проведено розрахунки на втому та міцність.

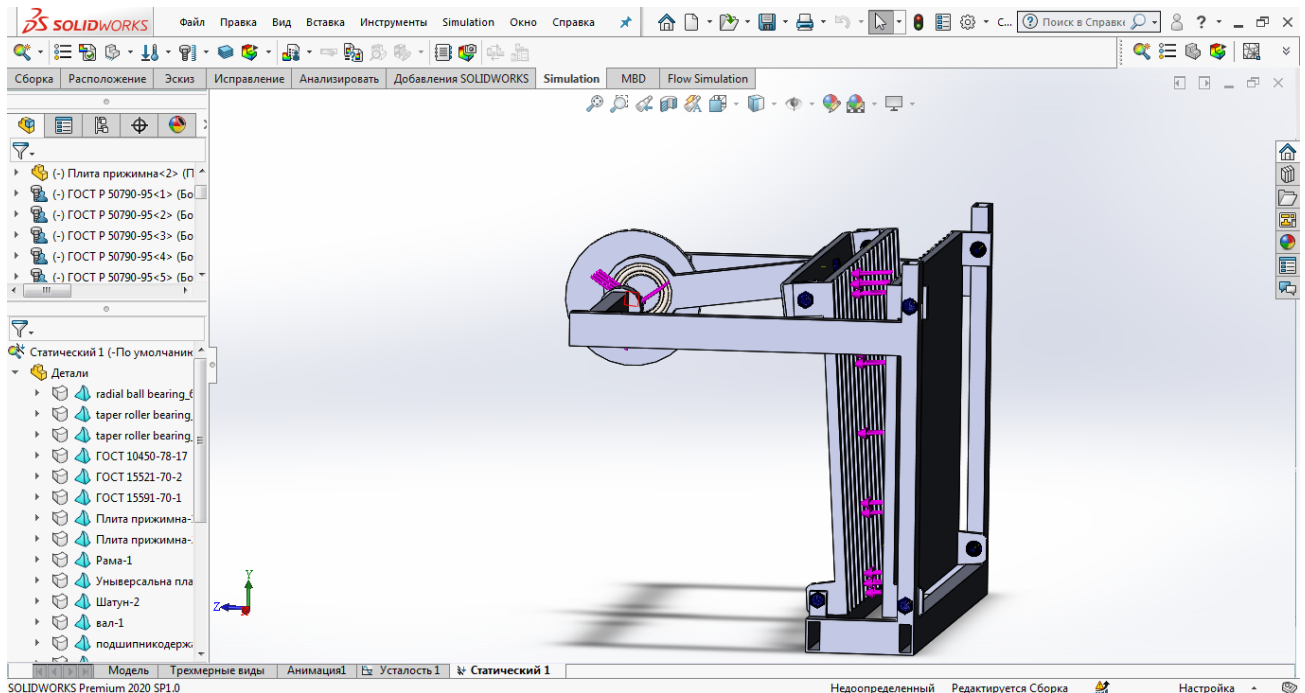


Рис. 3.1 Робочий орган машини для лущення в системі SolidWorks

Проведемо техніко-економічний розрахунок. Причому розрахунок пропонується для варіанту з застосуванням машини для лущення волоського горіху, лінійного калібратора горіхів, вібросити для сортування ядер волоського горіха та аспіраційної колони. Розрахунок виконаємо в табличній формі.

Таблиця 3.1. Техніко-економічні показники лінії з очистки горіхів

Елемент чи параметр лінії	Розм.	Значення для одиниці	Кількість	Загальне значення
Лінійний калібратор горіхів	грн	33400	1	33400
Машина для лущення волоського горіху К 100	грн	72400	1	72400
Аспіраційна колона	грн	33200	1	33200
Вібросито для сортування ядра волоського горіха	грн	43000	1	43000
Загальна потужність споживачів електричної енергії лінії	Вт	2020	1	2020
Електромонтажні та налагоджувальні роботи	грн	1000	4	4000
Вартість комплексу електрофурнітури	грн	7300	1	7300
Інші витрати	грн			25000
Загальна вартість лінії	грн			218300
Місячна продуктивність лінії	тон	17,6		17,6
Термін повернення капіталовкладень	роки			4,9 років

Проведений техніко-економічний аналіз доводить, що для лінії по переробці волоського горіха при збереженні тарифу на електричну енергію та сталому окладі оплати праці термін окупності – 4,9 роки.

### **Висновок до розділу 3**

Встановлення лінії для очистки та сортування волоських горіхів досить прибуткове виробництво враховуючи невеликі затрати на електричну енергію, що використовує відповідне обладнання. Однак наведені розрахунки приведені з врахуванням сезонності вищезгаданих робіт, оскільки ядра горіхів мають обмежений термін зберігання та краще зберігаються в природній оболонці.

## ВИСНОВКИ

Наведені в роботі дані є підтвердженням, що горіхоплідні є збалансованим джерелом білків, жирів, вітамінів та мінералів. Серед інших горіхів волоські горіхи мають високий вміст жирів і поліненасичених жирних кислот, а також оптимальні за співвідношенням омега-6 та омега-3 жирних кислот.

Типовими вимогами для вибору методу колки горіхів є: відсоток виходу цілих ядер, об'єм, що необхідно переробити та кількість робітників. Невеликі партії горіхів переробляються в більшості випадків ручним методом з високим відсотком виходу цілого ядра. Великі партії переробляють автоматизованим методом за умов виходу 20-40% пошкоджених ядер горіхів, що можливо реалізувати за нижчою ціною. Переваги автоматизованого методу є висока продуктивність при правильному підборі доступного обладнання. По наведеному прикладу виробничі потужності гарантують за робочий день вихід 640 кг цілих ядер горіхів.

Незважаючи на високу вартість обладнання монтаж лінії для очистки та сортування волоських горіхів гарантує прибуткове виробництво враховуючи свою енергоощадність. Зокрема приведені розрахунки з врахуванням сезонності вищезгаданих робіт внаслідок того, що ядра горіхів краще зберігаються в природній оболонці.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Tomaino, A. Antioxidant activity and phenolic profile of pistachio (*Pistacia vera* L., variety Bronte) seeds and skins / A. Tomaino [et al.] // *Biochimie*. – 2010. – Vol. 92, № 9. – P. 1115–1122.
2. Venkatachalam, M. Chemical Composition of Selected Edible Nut Seeds / M. Venkatachalam, S. K. Sathe // *J. Agric. Food Chem.* – 2006. – Vol. 54, № 13. – P. 4705–4714.
3. Walnut (*Juglans regia* L.): genetic resources, chemistry, by-products / M. L. Martínez [et al.] // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. – 2010. – Vol. 90, № 12. – P. 1959–1967.
4. Сесикашвили, О. Ш. Орехи. Свойства. Переработка. Использование / О. Ш. Сесикашвили, С. В. Зверев, И. О. Берулава. – Кутаиси : Издательство государственного университета Акакия Церетели, 2014. – 243 с.
5. 160. Amaral, J. S. Vitamin E Composition of Walnuts (*Juglans regia* L.): A 3-Year Comparative Study of Different Cultivars / J. S. Amaral [et al.] // *J. Agric. Food Chem.* – 2005. – Vol. 53, № 13. – P. 5467–5472.
6. Anjum, S. Antioxidant and Antiproliferative Activity of Walnut Extract (*Juglans regia* L.) Processed by Different Methods and Identification of Compounds Using GC/MS and LC/MS Technique / S. Anjum [et al.] // *Journal of Food Processing and Preservation*. – 2016
7. Машина для лущення волоського горіху К 100  
<https://orehovod.com.ua/product/orehokol-promyshlennyi-k-100>
8. Лінійний калібратор горіхів  
<https://orehovod.com.ua/product/kalibrator-gretskogo-oreha>
9. Апіраційна колона <https://orehovod.com.ua/product/aspiratsionnaia-kolona-s-vibropodachei-dlia-gretskogo-oreha>



10. Вібросито для сортування ядра волоського горіха  
<https://orehovod.com.ua/product/vibrosito-dlia-sortirovki-iadra-gretskogo-oreha-200-kg-ch>

11. Електричний горіхокол Оптима 1  
<https://orehovod.com.ua/product/orehokol-optima-1>