

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет інженерно-технологічний**  
**Кафедра агроінжинірингу**

**До захисту**  
**Допускається**  
**Завідувач кафедри**

**Шуляк М.Л.**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти  
на тему: «Технічне забезпечення збирання кукурудзи на силос в умовах  
ННБК СНАУ»

Виконав:

\_\_\_\_\_

(підпис)

Дворник О.В.

(Прізвище, ініціали)

Група:

АІ 2202-1 с.т.

(Науковий) керівник:

\_\_\_\_\_

(підпис)

Харченко Ф.М.

(Прізвище, ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра агроінжинірингу

Ступінь вищої освіти «Бакалавр»

Спеціальність 208 Агроінженерія

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри**

**агроінжинірингу**

\_\_\_\_\_ Шуляк М.Л.

“ \_\_\_\_ ” вересня 2024 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

\_\_\_\_\_ Дворника Олександра Васильовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Технічне забезпечення збирання кукурудзи на силос в умовах ННБК СНАУ»

керівник роботи: Харченко Фаріда Магомедівна, к.т.н., доцент,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 202\_ року  
№ \_\_\_\_\_

2. Строк подання здобувачем роботи: “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2025 року.

3. Вихідні дані до роботи: виробничо-фінансові звіти з господарства за останні роки; довідникова література; посібники; наукові журнали з даної тематики; статті з наукових збірників; матеріали отримані під час проходження переддипломної практики; Інтернет джерела; методичні рекомендації для виконання проекту (роботи).

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):  
Вступ. 1. Аналіз господарської діяльності ННБК Сумського НАУ. 2. Технологічна частина. 3. Конструктивна розробка. Фронтальний навантажувач кормів. Загальні висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

- 1. Характеристика діяльності ННВК СНАУ
- 2. Результати розрахунку техніко-експлуатаційних показників
- 3. Операційно-технологічна карта на збирання кукурудзи на силос
- 4, 5, 6 Конструктивна розробка. (Загальний вигляд, складальне креслення та робочі креслення нестандартних деталей)

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання: “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_ вересня 2024 року

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Погоджено з керівником кваліфікаційної роботи
1	Обрання теми	до 10.09.2024 р.	
2	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	до 02.12.2024 р.	
3	Складання плану роботи	до 09.12.2024 р.	
4	Написання вступу	до 21.12.2024 р.	
5	Підготовка розділу 1 «Характеристика підприємства»	до 15.02.2025 р.	
6	Підготовка розділу 2 «Технологічна частина»	до 06.04.2025 р.	
7	Підготовка розділу 3 «Конструктивна частина»	до 26.04.2025 р.	
8	Написання загальних висновків	до 12.05.2025 р.	
9	Подання роботи на перевірку унікальності	до 17.05.2025 р.	
10	Подання роботи на рецензування	до 23.05.2025 р.	
11	Подання роботи до попереднього захисту	до 27.05.2025 р.	

**Здобувач вищої освіти**

\_\_\_\_\_

(підпис)

Дворника О. В.

(прізвище та ініціали)

**Керівник  
кваліфікаційної роботи**

\_\_\_\_\_

(підпис)

Харченко Ф.М.

(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

**Дворник Олександр Васильович** «Технічне забезпечення збирання кукурудзи на силос в умовах ННВК СНАУ».

Кваліфікаційна (бакалаврська) робота на здобуття ступеня бакалавра за спеціальністю 208 Агроінженерія. – Сумський національний аграрний університет. – Суми. - 2025, 58 с.

Кваліфікаційна (бакалаврська) робота складається з трьох розділів, вступу, загальних висновків, списку використаних джерел із 27 найменувань, додатків та графічної частини формату А1.

У кваліфікаційній роботі проаналізовано ННВК Сумського НАУ, яке має в обробітку майже 400 га землі та сад – 3 га. До повномасштабного вторгнення займалось тваринництвом, тримали ВРХ, коней. На землях вирощують як зернові так і овочево-баштанні. В технологічній частині описали про тваринницьку галузь, а саме використання кукурудзи як силосної культури та сировину для біогазових установок. Описали технологічну схему зберігання силосу в траншеях, також було наведено характеристику кормозбиральної техніки, її будову та технологічний процес. В роботі описано про приклади вирощування енергетичних культур, наведено динаміку зростання біогазових установок в Україні, приклад біогазового заводу. Техніко експлуатаційні розрахунки кормозбиральних комбайнів дають нам можливість використати ефективніший для виконання технологічної операції. Для зменшення навантаження на робітників, які працюють на тваринницьких комплексах, під час годівлі ВРХ запропоновано пристосування для навантаження силосу. Проведений аналіз серійних навантажувачів дозволив нам спроектувати власний навантажувач. Зроблені розрахунки розробленого пристрою та наведено гідравлічну схему приєднання навантажувача до трактора (його навіски).

**Ключові слова:** землекористування, тваринницька галузь, силос, корм для тварин, якісне подрібнення, сорти, траншеї, подрібнювальний барабан, консервант, подача силосної маси, датчик, відновлювальна енергетика, біогаз, установка, реактор, техніко-експлуатаційні показники, навантажувач силосу.

## ABSTRACT

**Dvornyk Oleksandr Vasylyovych** “Technical support for harvesting corn for silage in the conditions of the SNAU NNVK”.

Qualification (bachelor) work for obtaining a bachelor's degree in specialty 208 Agroengineering. – Sumy National Agrarian University. – Sumy. - 2025, 58 p.

Qualification (bachelor) work consists of three sections, an introduction, general conclusions, a list of sources used from 27 names, appendices and a graphic part of A1 format.

The qualification work analyzes the NNVK of the Sumy NAU, which has almost 400 hectares of land under cultivation and a garden of 3 hectares. Before the full-scale invasion, it was engaged in animal husbandry, kept cattle, horses. Both grain and vegetable crops are grown on the land. The technological part described the livestock industry, namely the use of corn as a silage crop and raw material for biogas plants. The technological scheme of storing silage in trenches was described, and the characteristics of forage harvesting equipment, its structure and technological process were also given. The work describes examples of growing energy crops, the dynamics of the growth of biogas plants in Ukraine, an example of a biogas plant. Technical and operational calculations of forage harvesters give us the opportunity to use more efficient for performing technological operations. To reduce the load on workers working on livestock complexes, during feeding cattle, a device for loading silage was proposed. The analysis of serial loaders allowed us to design our own loader. Calculations of the developed device were made and a hydraulic diagram of connecting the loader to the tractor (its hitch) is given.

Keywords: land use, livestock industry, silage, animal feed, high-quality grinding, varieties, trenches, grinding drum, preservative, silage feed, sensor, renewable energy, biogas, installation, reactor, technical and operational indicators, silo loader.

# ЗМІСТ

<b>ВСТУП.....</b>	<b>7</b>
<b>1. АНАЛІЗ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ННБК СУМСЬКОГО НАУ.....</b>	<b>10</b>
1.1. Розташування та напрямок.....	10
1.2. Землекористування та структура посівних площ.....	11
1.3. Склад і використання МТП господарства.....	12
1.4. Матеріальна база технічного обслуговування.....	14
1.5. Аналіз стану технічного обслуговування МТП.....	14
<b>2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....</b>	<b>16</b>
2.1. Кукурудза як силосна культура. ....	17
2.2. Кукурудза як матеріал для біогазу.....	34
2.3 Техніко-експлуатаційні розрахунки енергетичних засобів під час виконання операції.....	39
<b>3. КОНСТРУКТИВНА РОЗРОБКА</b>	
<b>Фронтальний навантажувач кормів.....</b>	<b>43</b>
3.1. Огляд навантажувачів для трактора.....	43
3.2. Розробка пристосування до навантажувача. ....	46
3.3. Інженерні розрахунки з'єднань та процесу різання рослинної маси....	48
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....</b>	<b>53</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>54</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>58</b>

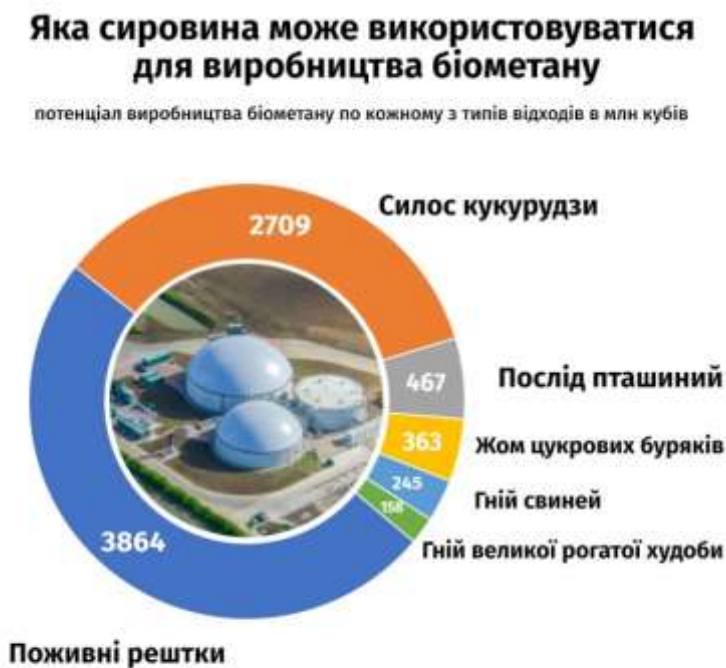
## ВСТУП



Якщо вже говорити про відновлення вітчизняного тваринництва, то потрібно подбати й про те, щоб це тваринництво мало якісні поживні корми. А отже, і про вирощування кукурудзи на силос, адже саме силос є одним з основних компонентів в раціоні травоїдної худоби [1].

На жаль, у деяких господарствах доводиться зустрічати практику вирощування кукурудзи на силос такого типу: сіють звичайний зерновий (максимум — зерно-силосний) гібрид, просто з більшою густотою висіву, вважаючи, що цього цілком достатньо для отримання якісного силосу. Насправді це велика помилка, а от як підійти до технології вирощування

кукурудзи на силос, щоб отримати максимальний результат за мінімальних витрат, ми дізнавалися у практиків та експертів [1].

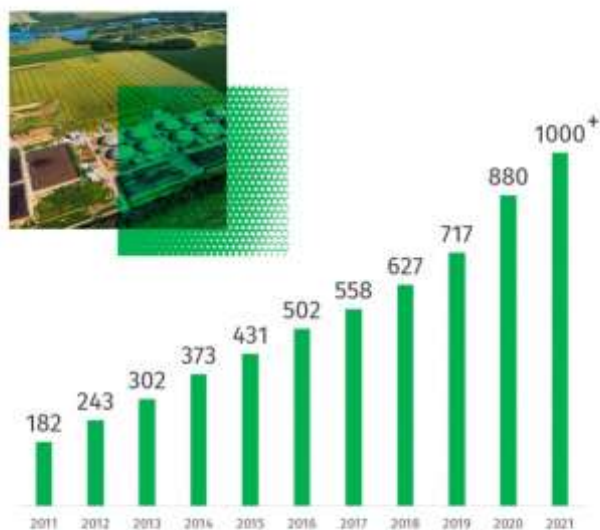


Джерело: Біоенергетична асоціація України

кукурудза займає одне з провідних місць серед кормових рослин, адже забезпечує сільськогосподарських тварин концентрованими кормами, силосом та зеленою масою. Ця культура цінна завдяки високому вмісту в зеленій масі вуглеводів та каротину. Силос із кукурудзи містить усі необхідні компоненти для годівлі тварин — крохмаль, сирий протеїн, білок, сирий жир тощо. Витрати на виробництво кормів із кукурудзяного силосу нижчі у порівнянні з

багаторічними травами. Тому деякі виробники як в Україні, так і за кордоном навіть відмовляються від вирощування люцерни на користь кукурудзи. Основними перевагами кукурудзяного силосу в цьому випадку є те, що процес його закладання у сховища є відносно швидким, а сам силос має більший вихід сухої речовини, енергії з гектара і стабільну якість [8].

#### Кількість біометанових заводів у країнах ЄС



Джерело: Біоенергетична асоціація України

Цивілізований світ змушений терміново переглядати свої енергетичні стратегії та шукати альтернативу поставкам енергоносіїв з Росії. Суттєву роль у цьому процесі можуть відіграти вуглецево-нейтральні гази, зокрема, біометан [3].

Україна з її потужною аграрною галуззю та газотранспортною системою має

значний потенціал для виробництва цього виду палива та його експорту в Євросоюз. Відновлювана енергетика (ВДЕ) – це не лише сонце та вітер. До ВДЕ належать також геотермальна енергія, гідроенергія, рідке та тверде біопаливо (біоетанол, біогаз, відходи деревини). Розглядаючи розвиток ВДЕ в Україні, варто звернути увагу на енергію з біологічних відходів. Згідно з даними IRENA, часта згенерованої електроенергії із біопалива у світі зростає, хоча все ще лишається у меншій частці, у порівнянні з енергією сонця та вітру. Біогаз – газ, який утворюється при розкладанні біомаси (твердих та рідких органічних решток) на звалищах, болотах, каналізації, та полігонах побутових відходів. Отриманий біогаз, після відповідної технологічної сепарації, перевершує природний газ за теплотворністю. Його використовують для опалення або для виробництва електрики. Він має велику перевагу у порівнянні з сонцем чи вітром – електростанції на біогазі можуть працювати за розкладом, швидко запускають свою роботу, і швидко

зупиняють. Це дає можливість використовувати їх для балансування напруги в електромережах [2].

Кукурудза для виробництва біогазу. Для виробництва біогазу з енергетичних культур, кукурудза як сировина має найбільше значення через високий потенціал урожайності. Вирощування й зберігання силосної кукурудзи технічно розвинене і широко оптимізовано. Як субстрат для виробництва біогазу вирощують спеціальні енергетичні гібриди кукурудзи з урожайністю сухої маси 18–25 т/га. Це орієнтовно становить 5300–9000 м<sup>3</sup>/га метану залежно від гібрида, умов вирощування та фази збирання кукурудзи. Крім того, виробництво біогазу з кукурудзи відзначається також найвищим рівнем скорочення викидів парникових газів і високою економією пального. Водночас широке використання кукурудзи як монокультури для виробництва біогазу негативно впливає на навколишнє середовище з боку втрати біорізноманіття, зменшення виробництва харчових продуктів і кормів, збільшення інтенсивності розвитку шкідливих організмів і використання елементів живлення [4].

# 1. АНАЛІЗ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ННБК Сумського НАУ

Сумський національний аграрний університет

---

## 1.1. Розташування та напрямок.



Сумський національний аграрний університет — це один з наймолодших закладів вищої освіти аграрного профілю України IV рівня акредитації розташований за адресою: 40021, вул. Герасима Кондратьєва, 160, м. Суми, 40021, Україна.

Матеріально-технічна база університету складається з 9 навчально-лабораторних приміщень загальною площею 105244 кв.м., майстерень для проведення лабораторно-практичних занять студентів інженерних спеціальностей, полігонів, споруд інженерно-технічного забезпечення, науково-дослідних підрозділів, сучасної актової зали на 450 місць.

Після проведення перерозподілу за напрямками підготовки загальна площа Сумського НАУ становить 364780 м<sup>2</sup>, у тому числі навчальна площа — 243185, площа навчально-допоміжних споруд — 121595 м<sup>2</sup>.

Зміцненню здоров'я студентів слугують стадіон «Колос», майданчики для літніх видів спорту з синтетичним покриттям, оздоровчо-

відновлювальний центр, зала для настільного тенісу, траса для змагань з біатлону. Є крита спортивна зала.

В університеті функціонують 19 наукових лабораторій. У 2018 році наказом №444 від 2 травня 2018 року в університеті створений перший в Україні Центр колективного користування науковим обладнанням з новітніх агротехнологій "Лабораторія екологічного землеробства та природкористування". У забезпеченні навчального процесу препаратами тваринного та рослинного походження задіяні віварій (860 м<sup>2</sup>) та селекційно-насіницький комплекс (скло в мет. каркасі — 10322 м<sup>3</sup>).

## 1.2. Землекористування та структура посівних площ

Земля в СНАУ використовується досить інтенсивно про що свідчать врожаї основних сільськогосподарських культур, висока продуктивність тваринництва. Успішне впровадження інтенсивних технологій зернових, технічних та овочевих культур примушують керівництво формувати оптимальну структуру посівних площ та раціонально використовувати кожний гектар землі. В підрозділах господарства встановлюються виробничі завдання по виходу продукції, розміри трудових, матеріальних витрат. В практичній роботі керівники підрозділів керують виробничою діяльністю колективів. Бригадири відповідають за своєчасне і точне виконання робіт, забезпечують раціональну організацію праці механізаторів та працівників, дотримання правил внутрішнього розпорядку трудової та технологічної дисципліни, правильного ведення первинного обліку і звітності.

Структура земельних ресурсів СНАУ представлена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

### Структура земельних площ

Найменування та вид використання землі	Площа, га
Загальна площа	424
Сільськогосподарські угіддя, в тому числі	
- рілля	399,6
- пасовища, сіножаті	1,4
Сад	3

Структуру посівних площ і врожайність с. -г культур за останні роки приведені в таблиці 1.2.

Найбільшу питому вагу в структурі посівних площ займає озима пшениця (76 га). Слід відмітити, господарство вирощує не тільки зернові а і інші (овочево-баштанні, картоплю, кормові) культури. Показники врожайності для 2021 року отримані достатньо високі для не дуже сприятливого клімату, особливо пшениця і кормові і ситосні культури.

Таблиця 1.2

**Структура посівних площ і врожайність основних с. -г культур  
(за 2021 рік)**

Культура	Га	Врожайність, ц/га
<b>Зернові та зернобобові культури</b>		
- пшениця озима	76	43,68
- ячмінь ярий	4	28,64
<b>Технічні та масляничні культури</b>		
- гречиця	4	11
- соняшник	283	25
<b>Картопля та овоче-баштанні культури</b>		
- картопля	1	130
- капуста	0,5	96,39
- буряки столові	0,4	300
<b>Кормові культури</b>		
- кукурудза на ситос	13	450,14
- багаторічні трави на сіно	30,9	40,0
- Однорічні трави	1,5,00	149,84

### 1.3. Склад і використання МТП господарства

Виробнича діяльність ННБК СНАУ не повністю забезпечена мобільними енергетичними засобами: тракторами та автомобілями; сільськогосподарськими машинами; стаціонарними енергетичними засобами (двигуном внутрішнього згорання і електродвигунами). Структура машино – тракторного парку приведена в таблиці 1.3; сільськогосподарські машини для рослинництва в таблиці 1.4; наявність автомашин приведена в таблиці 1.5.

Таблиця 1.3

## Склад тракторного парку

Марка тракторів	Ефективна потужність, кВт	Кількість, шт.	Сумарна ефективна потужність, кВт
Колісні:			
Т – 150К	165	3	495
МТЗ – 80/82	75	4	300
Т – 25М	25	3	75
Т – 16	25	1	25
ДТ – 75М	75	1	75
<b>Всього</b>	<b>365</b>	<b>12</b>	<b>970</b>

Таблиця 1.4

## Наявність автомашин в ННБК СНАУ

Марка автомашин	Потужність двигуна, кВт	Кількість автомашин, шт.	Сумарна потужність в кВт
ГАЗ – САЗ – 53Б	115	1	115
ЗИЛ – 130	150	1	150
КаМАЗ – 5410	210	2	420
ГАЗ 3302 ГАЗель	90	1	90
ГАЗ – 53А	80	1	80
<b>Всього</b>	<b>645</b>	<b>6</b>	<b>855</b>

Таблиця 1.5

## Наявність комбайнів, сільськогосподарських машин в ННБК СНАУ

Назва	Марка	Кількість
1	2	3
Зернозбиральні комбайни	ДОН – 1500А	1
Плуги	ПЛН – 5 – 35, (ПЛН – 3 – 35)	3 (2)
Борони	(БЗТС – 1,0)	36
	АГ -2,4	1
Культиватори	КПС – 4	2
Розкидачі мінеральних добрив	МВУ-0,5	1
Підживлювачі – оприскувачі	ОМ-630	1
	ОПШ – 300	1
Сівалки	СУПН-8	1
	СЗ – 3,6	1
	СЗ – 5,4	1
	СЗТ – 3,6	1
	СПП – 4,2	1
Жатки	ЖВП – 4,9	1
Косарки	КС – 2,1	1
Причепи тракторні	2ПТС – 4	2
	ПТС – 6	1

#### 1.4. Матеріальна база технічного обслуговування.

Для механічного обслуговування, поточного або аварійного ремонтів, до збирання, регулювання і зберігання сільськогосподарських машин функціонує ремонтна майстерня.

Таблиця 1.6.

#### Перелік основного обладнання майстерні

Назва обладнання	Марка	Кількість
Свердильний верстат	2Н118	1
Настільно – свердильний верстат	НС – 12А	1
Електрозварювальний апарат	ПСД – 300М	1
Компресорна установка	М – 155 – 2	1
Установка для миття	ОРГ – 4950	1

Таким чином з цієї таблиці видно що обладнання ремонтної майстерні не задовольняє потреби підприємства.

#### 1.5. Аналіз стану технічного обслуговування МТП

Технічне обслуговування, усунення несправностей машин, постановка їх на зберігання проводиться механізатором, який працював на машині, що становиться на зберігання. На жаль часто порушується графік проведення ТО або і зовсім не виконується, особливо в літній період, коли машини часто працюють без проведення ТО.

#### Висновки і задачі кваліфікаційної роботи.

Аналізуючи показники господарчої діяльності і стан механізації вирощування зернових та кормових культур можна зробити висновок, що вирощування цих культур в господарстві придбало інтенсивний характер.

Але виявлено погіршення якості обробітку ґрунту, а також якість внесення добрив, як мінеральних, так і органічних. Також в господарстві погано організована підготовку техніки до польових робіт і системи догляду за посівами. Причина полягає в тому, що підрозділу не вистачає коштів на запасні запчастини і на паливо – мастильні матеріали. Основною задачею

дипломного проектування по даному підприємству є розробка механізації технологічних процесів вирощування зернових культур з врахуванням досягнень науки і техніки при одночасному забезпеченні безпеки життєдіяльності при виробництві. Це дасть можливість підвищити якість обробітку ґрунту, зменшити агротехнічні строки і домогтися значно кращих результатів.

## 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.



Тваринницька галузь в нашій державі була і буде вагомим складовим аграрного сектору та економічного зростання України. Дана галузь нашої держави є вагомим складовим експорту продукції для економічного та сталого розвитку. Через військові дії багато господарств в нашій частині України втратили майже

25% поголів'я тварин, як великої рогатої худоби так і свиней та птиці.

Головною складовою для відновлення вітчизняної галузі тваринництво є якісна кормова база, якісні поживні корми.

Саме такими кормами для тваринництва є кукурудза на силос, яку вирощують в малих площах в господарствах. Використання такого корму є майже основним складовим корму худоби.

Багато господарств нашої області використовують для силосування звичайну кукурудзу яка призначена для збирання на зерно, а не для силосу, але посів такої кукурудзи відбувається з більшою кількістю на метрі, тобто більша густина. Для використання кукурудзи на корм необхідно сіяти тільки ті сорти які призначені для силосування.

Починати процес заготівлі силосу необхідно з початку сівби, а саме якісного посівного матеріалу, вибір гібрида призначеного для скошування зеленої маси. Такі гібриди мають рослини високої висоти, необхідну для тварин кількість поживних речовин (з доброю перетравленістю). Фахівці в заготівлі силосу рекомендують використовувати такі гібриди насіння кукурудзи які мають у своєму складі низький вміст лігніну. Так наприклад

присутні на ринку сорти кукурудзи мають стебла з 10, а то і з 15-ма листками. Отже для силосування рекомендують вибирати гібриди які мають велику врожайність зеленої маси; високу енергетичну цінність та перетравлюваність та так звану ремонтантність.

Також для вибору насіння кукурудзи необхідно враховувати зону вирощування; повинні бути сприятливі ґрунтово-кліматичні умови, якщо такі умови неможливі то вибирають ранньостиглі сорти (гібриди). Нехтування такими умовами призводить до отримання низької урожайності.

Так в джерелах науковці рекомендують в південних регіонах використовувати сорти (гібриди) середньо та пізно стиглі (ФАО 400....500), для північного степу та лісостепу рекомендують використовувати середньостиглі гібриди (ФАО 350....400), а для регіону де достатньо вологи використовувати середньо ранні або пізні сорти (ФАО 270...340).

Так для нашої Поліської зони для отримання якісного силосу та з високим врожаєм рекомендують використовувати гібриди ранньо стиглі (ФАО 190....250). Гібриди зі швидким типом енергії забезпечують тварин швидкодоступною енергією, яка міститься в крохмалі. Ці гібриди спеціально призначені для господарств, в раціоні яких від 40 до 70% кукурудзи. Вони також використовуються, щоб забезпечити потреби тварин у період енергетичного дефіциту та підвищити рівень білка в молоці. Типовий раціон для годівлі молочних корів має містити збалансовану частку кормів, отриманих з люцерни та сумішей кормових трав. Це значно посилює структуру раціону. Щоб уникнути ризику появи ацидозу, потрібно уважно слідкувати за іншими джерелами крохмалю в раціоні. Відгодовування м'ясної худоби такими гібридами кукурудзи на силос дає змогу швидко збільшити доступну енергію кормів [1].

## **2.1. Кукурудза як силосна культура.**

Силос кукурудзи є цінним кормом для тварин, має в своєму складі каротин. Вживання такого корму дає можливість отримати більший надій

молока, а в м'ясистих порід ВРХ відбувається краще нарощування м'язової тканини. Силосування качанів відбувається у восковій, або молочно восковій стиглості.

Збирання кукурудзи на силос є завершальним етапом вирощування даної культури, але для отримання високих врожаїв необхідно: в залежно від сорту чи гібриду, які визначають показник стиглості, необхідно контролювати оптимальні строки посіву та норму висіву; для якісного корму немало важливий фактор є контроль норми внесення засобів захисту рослини та гербіцидів, щоб зменшити кількість токсинів в зеленому корму (силосі). На завершальному етапі необхідно контролювати технологічний процес від скошення за завантаження в кагати.

На практиці в багатьох господарствах починають збирати кукурудзу, а саме силосну, тоді коли рослина знаходиться в молочно-восковій, або початок воскової стиглості (рис. 2.1). Весь період формування (вирощування) врожаю кукурудзи на силос складає 180 днів, за цей час рослина входить у відповідну фазу та набирає вологості. Тому в багатьох господарствах, як свідчить практика, вирощують на одному полі по декілька сортів з різним періодом вегетації.



Рис. 2.1. Стадії розвитку кукурудзи.

Джерело <https://www.agronom.com.ua/problemy-zumovleni-vnesennyam-gerbitsydiv-na-kukurudzi/>

Обладнання для збирання кукурудзи на силос потрібно щоб було налаштовано для якісного подрібнення, а саме довжина подрібнених стебел потрібна бути максимум 3 сантиметри (при умові молочно воскової стиглості) та до 8 мм при збиранні в восковій стиглості. Висота зрізування повинна становити мінімум 40 см (від поверхні ґрунту), або по розташуванню листка (сухого).

Для отримання гарного силосного корму необхідно щоб був вибраний для посіву силосний гібрид, переваги такого сорту (гібриду) висока врожайність при високій харчовій ціності (використання тільки для молочного стада ВРХ для підвищення надоїв). Такі сорти мають більшу кількість листочків, в порівнянні з зерною кукурудзою, та в свою при більшій кількості листків вони ще ширші, приблизно на 6 сантиметри. Силосні гібриди (сорти) мають: високу інтенсивність росту (швидке нарощування стебельної та листової маси); високу врожайність (велика кількість качанів (з вмістом борошністого зерна) та листя (така кількість листків дозволяє покращити молочну продуктивність стада)); кращу перетравлюваність; високий показник зберігання, зберігаючи ідеальні показники (гібриди краще дозрівають маючи високий рівень вологості 60%); витривалість стебел великим вітрам (маючи оптимальну висоту розташування кукурудзяних качанів). Отже основною перевагою багатьох гібридів силосної кукурудзи є зберігання тривале зберігаючи вологу та свій зелений колір.

Комбайн під час збирання повинен бути повністю підготовлений для виконання технологічної операції, а саме налаштовані та наточені ножі (дивись рисунок нижче); пристрій для розпилювання консерванту (силосна закваска) повинен добре розпиляти її по всій вхідній зеленій масі. Швидкість руху під час збирання силосозбиральним агрегатом повинна становити 10...12 кілометрів за годину, скошування повинно бути таким щоб маса яка скошується поступала безперервно, без втрат.

Силосування, незалежно чи в курганах, чи то в силосних ямах, або навіть в полімерних рукавах повинно відбуватись під контролем постійно спеціалістами, які несуть відповідальність за контроль, керування усіх робочих процесів. Контроль стану силосування та якості (структуру) зеленої маси необхідно контролювати протягом всього періоду, вологість повинна становити в межах 64..65% (з максимально допустимим відхиленням в 4%).

Для абсорбування рідини яка буде витікати з силосу, та збереження її, необхідно на дно де буде відбуватись силосування закласти так звану солом'яну подушку (насіпана солома товщиною до 30см).



Рис. 2.2. Технологічна схема зберігання силосу в траншеях.

Джерело [9]. <http://milkua.info/uk/post/zagotivla-grubih-kormiv-planuvanna-i-upravlinna-procesom>

Для силосування в траншеях (рис. 2.2) рекомендовано попередньо стінки вкрити плівкою з міцного матеріалу товщиною 160 мікрон. Висота на яку насипається в траншеї зелена маса повинна становити не більше 30

сантиметрів, при умові трамбування важкими енергетичними засобами. Маючи об'єм зеленої силосної маси що потрапляє на траншею можна розрахувати масу транспортного засобу, який необхідно для його утрамбування (причём масою 30 тон привезений за 1 годину : 3 отримуємо 10 тон). Як правило після завершення фінального трамбування, виїзду енергетичних машин з траншеї, (яке необхідно проводити кілька годин всього, а не трамбувати всю ніч) проводять укриття спочатку тонкою плавкою, необхідною умовою є повне закриття по краям. Потім наступна плівка вкладається більш товстіша, її функція захист від ультрафіолету та інших пошкоджень, в тому числі механічні. Деякі господарства для кращого збереження плівки використовують що сітку, яка також допомагає захистити силосну масу.

В багатьох господарствах нашої області використовують як вітчизняні так і закордонні, серед яких:

■ Claas Jaguar (моделі 820; 840; 860 та 880) (рис. 2.3). Даний агрегат з агрегатуванні з силосною жаткою має ширину захвату від 3 до 8 а то і більше метрів, в залежності від жатки.



Рис. 2.3. Комбайн та його подрібнювальний апарат. Джерело [10]:

<https://ats.in.ua/products/claas-jaguar-870-830/88>

Даний агрегат має: живильний апарат; подрібнюючий барабан; прискорювач; силосопровід та інші елементи. Силосна маса потрапляючи до живильного апарату 1 подрібнюється при допомозі барабана 2 потрапляє до прискорювача і вилітає в причіп.

Живильні вальці (рис. 2.4) являють собою два підпресовуючі вальці, при допомозі яких відбувається подача підпресованої маси до подрібнювального барабану (рис. 2.5).

Запатентована технологія та розташування ножів дають можливість барабану економно використовувати енергію різання, приклад норець. Подрібнюючий барабан має ширину 750 мм та має можливість випускатись заводом трьох конфігурацій: V20; V24 або V28. Різниця таких конфігурацій полягає в умовах використання, а саме для використання під час сінажу, потім друга конфігурація – можливе використання для трав, або кукурудзи. Різниця останніх полягає в можливості короткого або довгого різання. Технічна характеристика барабанів наведена на рисунку 2.6. [10].

Дані кукурудзозбиральні комбайни обладнані пристосуванням для заточки ножів, яким оператор має можливість керувати з кабіни. Протирізальна пластина при допомозі спеціальних датчиків підводиться до барабана тим самим дуже точно відбувається заточення ножів. Таке заточування повинно проводитись при спрацюванні кромки ножів, а не по тривалості роботи.

Для додавання різних добавок до силосу використовується на комбайні спеціальний бак (рис. 2.7). Даний бак має об'єм 375 літри, має можливість зручного заповнення та миття. На баку є зручна прозора трубка, яка показує кількість рідини всередині. В залежності від необхідної кількості рідини можливе дозування від 30 до 400 літрів на годину. Електронна система «SEBIS» дозволяє чітко контролювати дозу розпилення (від 0,5 до 2 літрів на тону), та по закінченню рідини інформує оператора комбайна про закінчення рівня рідини в баці.



Рис. 2.7. Бак для консерванту

Для додавання до силосу молочнокислих бактерій на комбайні використовується бак білого кольору «Actisiler 20» ємністю 20 літрів. Вищеописана електронна система «СЕВІС» контролює дозування опціонально, а саме має можливість виливати концентрований розчин в межах 200...7500 мл/годину, так і при збільшенні пропускної можливості барабану подавати – 10...30 мл/тону.

Всі вищеописані системи мають можливість працювати як по одинці так і одночасно вдвох.

Для збирання кукурудзи на силос енергетичний засіб JAGUAR має можливість комплектації приставками (жатками) «ORBIS» або «RU 450» (рис. 2.8.). Робоча ширина першої приставки складає 4,5 м; 6,0 м та 7,5м. Дана модель жаток випускається також для низькорослих рослин, така жатка має модель «ORBIS 600 SD». Крім вищеописаної переваги дана жатка себе добре показує як при нормальній врожайності так і при високій, все це відбувається за рахунок встановлених на жатці великих дисків.

В жатках «RU 450» є трьохступінчаста схема розстановки дисків, яка дозволяє подавати рівномірно силосну (зелену рослинну) масу. Використання таких дисків та ножів забезпечує на полі рівну стерню.

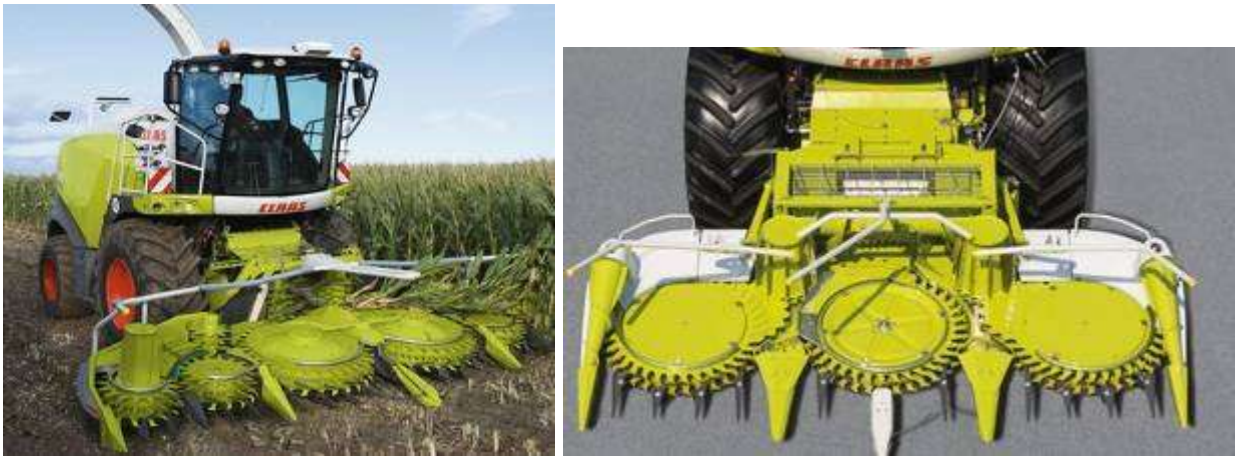


Рис. 2.8. Силосозбиральний комбайн JAGUAR з приставками

Для якісного подрібнення кукурудзяної силосної маси на енергетичних засобах Jaguar встановлено систему Multi Crop Cracker зернодробарку (подрібнювач), яка дозволяє якісно подрібнювати силосну масу, розрізаючи на кусочки від 3,5 мм до 12 мм. Для біогазового обладнання такі маленькі кусочки краще. На практиці має широке розповсюдження на комбайнах CLAAS зернову дробарку Multi Crop Cracker яка виконана в двох модифікаціях MCC «Clasic L» та MCC «Clasic M». Всі ці дробарки обладнані вальцями з пилоподібним профілем та мають діаметри великий (MCC «Clasic Large» - 250 мм) і середній (MCC «Clasic Medium» - 196 мм). Новітня дробарка яка встановлена від компанії CLAAS на комбайнах JAGUAR дозволяє більш якісно подрібнити зелену (силосну масу). Multi Crop Cracker має модифікацію «MAX». Дані вальці дробарки мають на одному валу по черзі розташовані сementи в кількості 15 штук, як маленьких так і великих. Така конструкція дозволяє збільшити на 10% ділянок тертя в дробарці.

Датчики (детектори) каміння та металу «STOP ROCK.» дозволяють підвищити надійність живильного апарату та зберегти подрібнюючий апарат зупинивши його. Налаштування даного детектору відбувається при допомозі «CEBIS».

■ Джон дир. комбайни John Deere моделі (серії 7-ї; 8-ї та навіть 9-ї) 7300 (8000; 9500i; 9500 Pro; 9700; 9800\*\*) з кукурудзяними жатками 300plus чи 400plus (рис. 2.9 та 2.10).



Рис. 2.9. Модельний ряд комбайнів John Deere.

Кормозбиральний комбайн John Deere 8-ї серії моделей (8200; 8300; 8400 та 8500) має діаметр подрібнювального барабану «DuraDrum» 668 мм, який забезпечує довжину різання стебел від 3 до 26 мм. Даний комбайн обладнаний безступінчастою зміною довжини різання стебел кукурудзи, а завдяки запатентованій технології від Джон Дір «KernelStar» можлива зміна різних комбінацій (установки ножів) подрібнювального барабану забезпечить як заготівлю корму для тварин так і для біогазового обладнання (рис. 2.11) [11].

В залежності від вимог господарства комбайни, їх подрібнювальний барабан, може бути наступної комплектації: 40 ножів; 48 ножів; 56 ножів та навіть 64. Така можливість використання великої кількості ножів дає змогу збільшити пропускну здатність та знизити енерговитрати на подрібнення.

В кормозбиральних комбайн John Deere встановлено так званий зерновий пристрій (процесор) «KernelStar», а в новітніх серіях і пристрій «KernelStar 2». При допомозі даного пристрою (рис. 2.12), а саме дисків косих, відбувається краще подрібнення зерна в силосному комбайні, що в свою чергу краще для більшого виділення з маси крохмалю, яке призведе до покращення кормових властивостей силосу. Даний пристрій (процесор) показав себе добре на різанні як на 3 мм так і на 26 мм.



Рис. 2.12 Зерновий пристрій (процесор)

Даний пристрій має диски діаметром 240 мм, що підвищує якість різки в межах від 3 до 26 мм. Краще подрібнений корм дозволяє максимально розкритися зерну кукурудзи для збільшення корисної харчової цінності силосної маси. Все це добре впливає як на надой молока так і на виробництво біогазу.

Наступний елемент комбайна який дозволяє проводити точний аналіз корму це датчик John Deere «HarvestLab» (рис. 2.13). Встановлення такого датчика дозволяє автоматично визначати в урожаї що збирається вміст сухої речовини, тим самим в реальному часі змінювати довжину різки. Все це необхідно для якісного зберігання силосу під час ущільнення. Маючи такий датчик керівник має інформацію про склад скошеної рослинної маси яка буде закладається в бурти, в подальшому планувати раціон для годівлі враховуючи необхідність додавання кормових добавок.



Рис. 2.13. Датчик вологості HarvestLab

Як і попередній описаний комбайн JAGUAR від фірми CLAAS так і в комбайні John Deere для внесення, під час збирання силосу консервантів, є своя система «ADS Twin Line» (рис. 2.14). Вона складається з двох баків на 30 та 360 літрів та форсунок.



Легкий для читання дисплей

Бак із концентратом 30 л

Задній бак на 360 л

Рис. 2.14. Система для внесення консервантів у кормозбиральних комбайнах

Дозуючі форсунки для рідини розміщено на силосопроводі для зручного доступу, і ви можете вибрати фіксовану або регульовану норму внесення залежно від вологості або даних про склад, отриманих від датчика HarvestLab. Два баки дозволяють вносити дві різних речовини одночасно або по черзі. Наприклад, під час скошування трави кислота може подаватися з одного бака у вологу масу, щоб запобігти утворенню плісняви, а потім на сухих ділянках можна вносити мікробіальний інокулянт для кращої ферментації [11].

■ Комбайн для збирання кукурудзи на силос «Марал-190», (німецького виробництва) «MARAL-125 E281» в агрегуванні з роторною жаткою «CHAMPION 3000» фірми KEMPER (рис. 2.15).



Рис. 2.15. Комбайн для збирання кукурудзи на силос з жаткою

■ Комбайн Дон-680 (нова модель DON 680M). У лінійці кормозбиральної техніки компанії Ростсільмаш (Rostselmash) відзначити варто насамперед комбайн DON 680M (рис. 2.16).



Рис. 2.15. Силосозбиральний агрегат фірми Rostselmash

■ Силосозбиральні комбайни КСК-100А та новітній КСК-600 Гомсельмаш (рис. 2.16);



Рис. 2.16. Силосозбиральний агрегат з жаткою

Для внесення консервантів, в силосну масу, на вищеписаних комбайнах КСК можливе установлення пристрою «УВК-Ф-1». При допомозі даного пристрою є можливість вносити консерванти (хімічні), тим самим підвищуючи якість кукурудзяного силосу. Висота зрізу кукурудзи (стебел) становить максимум 10 см; вологість зрізаної силосної маси в цілому повинна становити 60...70%, при довжині подрібнення стебел 18..28 мм

■ Набір пристосувань (напівнавісних) для заготовки кормів К-Г- 6 виробництва (рис. 2.17) ВО «Гомсільмаш» (Білорусь) до енергетичного засобу «Полісся» моделей 2U280, або 2U250. Даний виробник випускає моделі силосозбиральних комплексів: жатка КПК-3000 та енергетичний засіб «Полісся FH-40», або КПК-3000А+«Полісся FH-40» з доподрібнюючим

пристроєм зерна кукурудзи; та з пристроєм для внесення, в подрібнювальну камеру, консерванту.



Рис. 2.17. Енергетичний засіб та комплект полу причіпного обладнання для заготівлі кормів

■ Кормозбиральні причіпні (напівначіпні) комбайни закордонного виробництва (рис. 2.18): Feraboli; SILO 80 В (фірма SIP); Kayhan Ertuğrul KE 125; двохрядний причіпний комбайн фірми Çelikel модель «ALPTURKA MC-S1»;



Рис. 2.18. Причіпні (напівначіпні) комбайни закордонного виробництва

■ Причіпна сільськогосподарська машина в агрегуванні КПП-2,4 (рис. 2.19) та комплекс УЗС «ПОЛІСНЯ-250» з комбайном (прстроєм) ПКК-Ф-90.



Рис. 2.19. Причіпна сільськогосподарська машина для збирання сільськогосподарських культур на силос

■ Самохідний кормозбиральний комбайн білоруської фірми «Гомсельмаш» RSM 1401 (рис. 2.20).



Рис. 2.20. Кормозбиральний комбайн RSM 1401

Причіпний Комбайн для збирання кормів (причіпний) КДП-3000 FT40 (рис. 2.21). Має ширину захоплення 3 метри, та агрегатується з тракторами 2...4 класу тяги. Має висоту зрізу для товстостебельних культур – 120 мм. Встановлений радіально-дисковий подрібнювальний апарат має 4 вальці та 12 ножів (максимальна кількість яка можлива). Дана конструкція подрібнювача дозволяє довжину різання робити від 5 мм до 48 мм. Встановлення 3 ножів дає довжину різки 20/36/48 мм; при встановленні шести ножів довжина різки складає 10/18/24 мм та максимальна кількість ножів дає довжину різки 5/9/12 мм.



Рис. 2.21. Причіпний комбайн КДП-3000

Білоруська фірма «ГОМСЕЛЬМАШ» (GOMSELMASH) представлена на ринку заготівлі кормів наступними самохідними машинами: «FS-3000»; «FS80 PRO» та «FS650».

Комплекс «FS-3000» (К-Г-6) для заготівлі (скошування) кукурудзи на силос складається з машини MS-280 та адаптера (жатки) КПК-3000.

## **2.2. Кукурудза як матеріал для біогазу.**

Відновлювальна енергетика за останні роки все більше набуває поширення в Україні. Сонце, вітер, гідроенергетика, різні види палива (як тверді так і рідкі), крім цих відновлювальних джерел енергії в Україні також набуває розвитку отримання енергії з біологічних відходів. З проаналізованих Інтернет джерел можна сказати що отримання енергії з біопалива виростає, хоть і в малій кількості в порівнянні з енергією вітру та сонця (рис. 2.23).

В сільському господарстві все більше набирає популярності вирощування енергетичних культур, на прикладі кукурудзи. Дана культура має великий вихід метану в порівнянні з використанням тваринницького відходу. Крім кукурудзи можливе використання в біореакторах і інших культур таких як: цукровий буряк, або сорго; злакові або бобові, але як показує практика найбільше вихід газу дає використання в реакторах силосу з кукурудзи.

Біогаз – газ, який утворюється при розкладанні біомаси (твердих та рідких органічних решток) на звалищах, болотах, каналізації, та полігонах побутових відходів. Отриманий біогаз, після відповідної технологічної сепарації, перевершує природний газ за теплотворністю. Його використовують для опалення або для виробництва електрики. Він має велику перевагу у порівнянні з сонцем чи вітром – електростанції на біогазі можуть працювати за розкладом, швидко запускають свою роботу, і швидко зупиняють. Це дає можливість використовувати їх для балансування напруги в електромережах [2].

Так в роботі 4 автором наведено показники впливу норми висіву на врожайність зеленої та сухої маси кукурудзи на силос, що в подальшому впливає на вихід біогазу. Так описано що під час збільшення посіву насіння кукурудзи на силос на площі 1 га на 30 тисяч штук, а саме з 90 до 120 тисяч штук насінин, зменшується врожайність на 13...26,7%. Зменшення відбувається по врожайності як листочків так і стебел з качанами. Наведено автором оптимальні норми посіву для деяких сортів. Оптимальна врожайність кукурудзи на силос, під час згущених посівів, дасть добрий вихід біогазу.

Рис. 2.23. Біогазові установки в Україні [2].

Більшість заводів для виробництва біогазу, як в Україні так і в світі, використовують матеріал кукурудзи (силос) як основний матеріал для бродіння, його частка складає майже 60%.

В роботі 5 авторами описано вплив елементів технології вирощування кукурудзи на силос, ґрунтово-кліматичних умов, збиральних робіт (їх строків) на якість силосу. Так авторами описано як вплинуло на хімічний склад зеленої маси зміна строків збирання гібридів кукурудзи. Використання отриманих даних які описано в роботі [5] дасть можливість більш якісно використовувати зібрану силосну масу під час виробництва біогазу.

Як бачимо з вищенаведених графіків, та проаналізувавши безліч Інтернет джерел можемо з впевненістю сказати що вирощування кукурудзи на силос є більш перспективною для Українських фермерів. Використання сировини такої як силос з кукурудзи дає нам можливість отримувати найбільший вихід біогазу в установках для виробництва газу.

Поживні рештки після збирання зернових та технічних культур можуть стати одним з варіантів заміщення кукурудзи разом із міжсезонними покривними культурами. «Покривні культури стають головним джерелом сировини для біогазових установок. Їх вирощують між двома річними, основними культурами, що дає змогу не лише отримати додатковий прибуток, а й зменшити потребу у хімічних добривах під них та покращити стан ґрунтів. Адже покривні культури після переробки та метанізації повертаються у ґрунт у вигляді органічних добрив, що значно покращує його агрохімічні властивості та родючість», — говорить Петро Кучерук [6].

В наш час для одна з основних енергетичних культур що використовується для біогазу є кукурудза. Вирощування даної культури широко розвинено, використовуються під час вирощування спеціальні гібриди, так звані енергетичні сорти, використання яких дає можливість отримувати високі врожаї, які дають по 20...30 тон з гектара сухої маси. Якщо перевести врожай в отримані показники газу в реакторі то вони становлять 6000 – 9000 м<sup>3</sup>/га, в залежності від сорту, погодних умов та періоду збирання кукурудзи.



Біометановий завод у Великобританії, працює на залишках їжі, гної та фітомасі  
ДЖЕРЕЛО: WELTES BIOPOWER

Рис. 2.24. Приклад біогазового заводу

Але при всіх перерахованих перевагах такого альтернативного виду палива є і суттєві недоліки, а саме: вирощування кукурудзи як монокультури впливає суттєво на навколишнє середовище; під час вирощування кукурудзи збільшується вміст шкідливих організмів в ґрунті і збільшується поглинання такою культурою елементів живлення. Тому під час вирощування кукурудзи на силос необхідно щоб було збалансоване та раціональне внесення мінеральних добрив. Таке внесення повинно бути враховано в залежності від регіону та типу ґрунту. На практиці доведено що під час вирощування кукурудзи на силос витрачається більше азоту, фосфору та калію в порівнянні з вирощуванням кукурудзи на зерно. Внесення добрив відбувається при передпосівному обробітку та інших операціях. Так зменшення внесення добрив призводить до зменшення врожайності маси та сухої речовини. Для деяких сортів норма внесення мінеральних добрив становила 100:80:80 (N:P:K).

Сучасна біогазова установка складається (рис. 2.25) з: приймального відділення, самого метантеку (біореактора), газгольдер (ємність для збору біогазу) та збірника дигестату (відходи переробки реактора).

Отже використання біогазових установок для господарств чи підприємств має ряд переваг, а саме: економія коштів (за рахунок свого палива та електроенергії); економія на купівлі добрив (використання своїх біодобрив призведе до збільшення врожайності с.г культур); можливість продажу палива та газу державі; зменшене надходження в нижні шари ґрунту гною призведе до зменшення забруднення річок та водойм і саме головне набагато зменшиться використання в господарстві хімічних добрив.

Лідерами виробництва кормозбиральної техніки залишаються великі закордонні фірми Claas, Krone (Німеччина), John Deere, Case IH, New Holland (США), Kuhn (Франція), Lely (Нідерланди), Rostselmash (Росія), Poettinger (Австрія), Kverneland, Taarup (Данія) та ін. Можна побачити у деякого з українських фермерів комбайни «Єнісей» (їх випускає Красноярський завод комбайнів) і кормо-збиральний варіант комбайна «Палессе», який випускає білоруський «Гомсільмаш». Нібито моделей такої техніки багато, та потреба у ній ще більша. З урахуванням високого ступеня фізичного й морального зношування наявного парку кормо-збиральних комбайнів в обсязі більш ніж 60%, можна говорити про значний потенціал ринку кормозбиральних комбайнів в Україні [12].

### **2.3. Техніко-експлуатаційні розрахунки енергетичних засобів під час виконання операції.**

Виконання техніко-експлуатаційних розрахунків нами було проведено згідно відомих методик по визначенню: продуктивності енергетичного засобу, його витрати палива та інших показників при виконанні операції по скошуванні кукурудзи на силос.

Використавши джерела [14, 15, 16, 17, 18] ми розраховували наступні показники:

- ширини захвату силосозбирального агрегату (маючи значення конструктивної ширини жатки та коефіцієнта використання даної ширини) використали формулу 2.1

$$B_p = \zeta_B B_k, \quad (2.1)$$

- робоча швидкість розраховувалась на формулою 2.2. Під час розрахунку були використані значення: радіуса коліс, частоти обертання колінчастого валу та показник буксування коліс з ґрунтом.

$$g_p = 0,377 \frac{r_k n_d}{i_T} (1 - \delta / 100), \quad (2.2)$$

- для розрахунку робочого часу, який був витрачений на виконання операції нами було використано формулу 2.3.

$$T_p = \tau T_{зм}, \quad (2.3)$$

Для розрахунку вищенаведеної формули нами використовувались дані: час роботи (або зміни) повний та коефіцієнт використання такого часу, в якому було враховано особливості операції. Згідно довідникової літератури він становив від 0,55 до 0,60, в залежності від зони виконання операції (степ, лісостеп чи полісся).

- маючи значення часу для підготовчих робіт (підготовка до переїзду, (початок та кінець виконання операції); отримання наряду); під час роботи пов'язаної з обслуговуванням агрегату (під налаштування на полі, проведення технологічних регулювань, перевірки якості виконання операції за перший прохід); час який витрачений оператором для особистих потреб та маючи значення коефіцієнтів: повороту, технічного обслуговування та холостих ходів (переїздів по полю) нами було прораховано (за формулою 2.4) так званий чистий час роботи енергетичного засобу.

$$T_p = \frac{T_{зм} - (T_{пз} + T_{обс} + T_{воп})}{1 + \tau_{пов} + \tau_{то} + \tau_{пер}}. \quad (2.4)$$

Для визначення описаних в формулі 2.4 коефіцієнтів нами було використано значення: час затрачений на один поворот (розворот); довжину

всього гону під час виконання операції; час затрачений на зупинку (завантаження консервантом ємності); продуктивність нашого силосозбирального агрегату за одну годину основної роботи; час який затрачений на переїзд та відстань на яку переїзали, робоча швидкість під час виконання операцій та відповідно площа ділянки, поля на якому виконувалась технологічна операція. Всі вищеописані показники були розраховані за формулами 2.5; 2.6 та 2.7.

$$\tau_{\text{пов}} = t_{\text{пов}} \frac{g_p}{3,6L_p} \quad (2.5)$$

$$\tau_{\text{ТО}} = t_{\text{ТО}} \frac{W_{\Gamma} U_{\text{в}}}{60V \rho \psi}, \quad (2.6)$$

$$\tau_{\text{пер}} = \left( t_{\text{ин}} + \frac{l_{\text{пер}}}{g_{\text{пер}}} \right) \frac{W_{\Gamma} n_{\text{агр}}}{F_{\text{ср}}}, \quad (2.7)$$

Маючи значення продуктивності агрегату, його маси та інших показників визначаємо коефіцієнт завантаження двигуна та його фактичну потужність за нижченаведеними формулами.

$$\xi_{N_e} = N_e / N_{eH}$$

$$N_e = \frac{[R_a + G(f + i)] g_p}{3,6 \eta_{\text{мг}} \eta_{\text{д}}}$$

Для визначення швидкості (теоретичної) агрегату нами було використано формулу 2.8.

$$V_p = V_T \left( 1 - \frac{\delta}{100} \right). \quad (2.8)$$

- витрату палива ми визначаємо за формулою 2.9.

$$g_{\text{га}} = \frac{G_{\text{п.3м}}}{W_{\text{3м}}} = \frac{G_{\text{пр}} T_p + G_{\text{пк}} T_{\text{пов}} + G_{\text{пз}} T_{\text{зуп}}}{W_{\text{3м}}} \quad (2.9)$$

При розрахунку формули 2.9 було враховано витрату палива під час виконання операції  $G_{пр}$  (так званого робочого ходу при навантаженні двигуна); при виконанні холостих переїздів кормозбирального енергетичного засобу (рух по поворотних та розворотних смугах, заїзд на поле та виїзд) та витрату палива під час тимчасової зупинки агрегату, при умові що двигун працює  $G_{пх}$ ,  $G_{пз}$ .

Відповідно час для виконання всіх вищеописаних робіт розраховуємо за формулами 2.10; 2.11 та 2.12.

Час для холостих робіт (повороти, заїзди та переїзди)

$$T_{пов} = \tau_{пов} T_p \quad (2.10)$$

Час на тимчасові зупинки

$$T_{зуп} = T_{то} + T_{воп} + 0,5T_{што} \quad (2.11)$$

Час на так зване технічне обслуговування енергетичного засобу та жатки.

$$T_{то} = \tau_{то} T_p \quad (2.12)$$

Для розрахунку вищенаведених формул нами було написано програму для роботи в табличному процесорі Microsoft Office Excel. Де було наведено таблицю з вихідними даними та в командному рядку написано формулу для розрахунку того чи іншого показника, використовуючи дані ячеек з вихідними параметрами.

Для скошування кукурудзи на силос було використано енергетичні засоби (комбайни) Е-281 (або МАРЛ 125) та CLAAS JAGUAR з кукурудзяними жатками.

Результати розрахунку та методика наведені в додатку пояснювальної записки та на аркуш 2 графічної частини.

Основні порівняльні техніко-експлуатаційні показники роботи двох силосозбиральних комбайнів наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку техніко експлуатаційних показників.

Показники	Од. виміру	Марал-125	Jaguar 980
Продуктивність за 1 год основного часу:			
- по зрізаній масі, $\omega^{\#}$	т/год	108	288
- по зібраній площі, $\omega^{\#}$	га/год	2,4	6,4
Робоча довжина гону,	м	725,2	725,2
Кількість загінок, $n_s$		16	9,3
Площа обкосів і прокосів, $F_o$	га	12,78	17,96
Довжина поворотів,	м	11202,88	6249,76
Кількість завантажених транспортних засобів,		562,5	562,5
Орієнтовна кількість змін,		7,9 (8)	2,9 (3)
Коефіцієнт використання час,		0,055	0,096
Продуктивність за 1 год змінного часу:			
- по зібраній масі,	$\frac{т}{год}$	5,9 <sub>4</sub>	27,6 <sub>5</sub>
- по зібраній площі,	$\frac{га}{год}$	0,13 <sub>2</sub>	0,614 <sub>4</sub>
Погектарна витрата палива,	кг/га	22,5	33,6
Питома енергоємність,	Дж/га	93,6 · 10 <sup>7</sup>	139,9 · 10 <sup>7</sup>
Загальна довжина робочих ходів, $L_p$	м	333333,33	111111,11
Загальна довжина холостих ходів, $L_x$	м	11972,8 <sub>8</sub>	7019,7 <sub>6</sub>
Коефіцієнт, $\varphi$		0,96	0,94

### 3. КОНСТРУКТИВНА РОЗРОБКА.

#### Фронтальний навантажувач кормів.

Для навантаження силосу з кагатів використовуються навантажувачі силосу. З проаналізованих нами Інтернет джерел можемо сказати що їх безліч, як по конструкційним можливостям так і по вартості.

#### 3.1. Огляд навантажувачів для трактора.

Так на ринку фронтальних навантажувачів присутні як вітчизняні так і зарубіжні виробники даного обладнання.

Компанія «Агротек» маючи в своєму складі професіоналів на власному заводі випускає вітчизняне обладнання для фронтальних навантажувачів. Дана компанія розташована в м. Запоріжжя та випускає

наступне обладнання для навантаження кормів: захвати для силосу в рулонах та в кагатах (рис. 3.1)



Рис. 3.1. Захвати до фронтального обладнання  
Джерело <https://general-machines.ua/>

Наступний вітчизняний виробник багатофункціонального обладнання (причіпного, або навісного) «А.ТОМ». Дана торгова марка випускає пристосування до тракторів, різних телескопічних навантажувачів різних моделей: відвали для переміщення силосу, крокодили для захвату тюків; різачки та захвати для силосу (різною вантажопідйомністю (1,6м<sup>3</sup>; 2,0 м<sup>3</sup>) рис. 3.2.

Матеріал для обладнання використовують цільні листи сталі S355. Для захвату використовують міцні масивні зуби, які мають термічну обробку, дозволяють оптимізувати процес навантаження та переміщення корму. Все це заощаджує час та збільшує продуктивність в цілому.

Обладнання даного виробника зручне в використанні дозволяє оператору сидівши в кабіні машини ефективно виконувати роботу, тим самим економивши час та витрати палива.

Також на ринку України притутні і інші виробники обладнання, а саме фірми:

-- ЕЛВОРТИ (Elvorti) – фронтальний навантажувач «FORTIS» (Фортіс), модель 1600 (вантажопідйомність 1600 кг);

-- «Metal fach» модель T229-D15 – призначений для приєднання до трактора та навішування на нього обладнання для виконання навантажувально-розвантажувальних робіт;

-- «Сальськсільмаш» випускає наступне навісне обладнання до трактора ПБМ-800-5; ПКУ 0,8-8 та ПБМ-800-0 та інше;

-- «БОРЕКС» випускає моделі 2274; 2271, які мають вантажопідйомність від 800 кг до 1000 кг, та піднімають вантаж на висоту до 4,5 метрів;

-- «Агріс» випускає моделі: НТ-4М та НТ-2000, вантажопідйомністю до 2 тон. Обладнання навішується фронтально на трактор;

-- Dellif - має моделі Baby 500; Base 1600; Maxi 1000 та модель Strong 1800 з максимальною вантажопідйомністю 1800 кг. Робоча ширина такого обладнання складає від 1,8 метрів (в моделі "Dellif" Baby-500) до 2 метрів (в моделях Base 1600 та Maxi 1000);

-- "Maximum" модель 2000Pro, відповідно з вантажопідйомністю 2 тони;

-- "Stoll" (моделі Classic Line CL 855 P; Profi Line FZ 10 та Robust FZ);

-- "BeroMet" (модель BM 1244);

-- "SunfloroMash" (модель SunPower MAX 1200 та Strong);

-- "Альфа" модель НТШ-1600PRO "Атлант";

-- "Hydramet TUR" модель - Basic 1200;

-- "Агрікомаш" ПБМ-1200 (вантажопідйомність до 1,2м<sup>3</sup> та шириною ковша 2 метри);

-- "Hydrometal" модель АТ-30 з вантажопідйомністю 1600 кг та висотою підйому 3,7 м.

### **3.2. Розробка пристосування до навантажувача.**

Для розвантажувально, навантажувальних робіт в нашому тракторному парку є навісний навантажувач від вищезгаданої компанії «Агроклуб».

Навантажувач (фронтальний) КУН «General» модель XL (рис. 3.3) кріпиться до спереди при допомозі тяг, які в свою чергу під рамою трактора

кріпляться при допомозі стягуючих гвинтів до задньої осі. Все це кріплення, забезпечує жорсткість конструкції, дозволяє переміщати навантаження, яке буде піднімати обладнання, зміщувати в центр трактора.



Рис. 3.3. Навантажувач (фронтальний) КУН «General» модель XL

Для відрізання та навантаження силосної маси нам запропоновано конструкцію ковша ножа рис. 3.4.

Запропонований пристрій, ковш-різак 4, складається з самого навісного обладнання на трактор, яке кріпиться при допомозі стійки 3 до трактора та до гідросистеми приєднуються шланги 1, по схемі яка зображена на рис. 3.5

Для підняття та вивантаження використовуються гідроциліндри системи 6, загальна схема гідросистеми зображена на рис. 3.5, яка приводиться від гідронасосу, що розташований на тракторі.

Загальне складальне креслення розташоване на аркуші графічної частини, ковш-різак складається з: балки, рами, ножів відрізних (розташовані справа та зліва, і мають загострені нижні кромки), кронштейнів, пальців, загострених зубів (в кількості 11 штук), та гідроциліндрів. Загострені зубці допомагають краще та глибше заходити в силосну масу.

Рама кріпиться трактора з правої та лівої сторони до трактора при допомозі стоек 3, опускання та піднімання рами відбувається при допомозі гідроциліндрів 5, які працюють подвійним способом. На кінці рами навішується Для керування такими гідроциліндрами в кабіні оператора є рукоятки, які здійснюють керування гідро розподільником трактора.

Вся гідравлічна система трактора (рис. 3.5) виконує багато функцій, а саме піднімає та опускає фронтальну навіску, при допомозі гідроциліндрів 5 працює ковш-різак 4 (відбувається його перекидання для вивантаження маси) та опускає ніж 7 для відрізання порції силосної маси. Для якісної роботи гідросистеми використовується спеціальна мінеральна олія МГЕ-46В яка призначена для гідросистеми, де відбувається циркуляція масла в системі. Для зберігання рідини (мінеральної олії) використовується бак гідросистеми (рис. 3.5). Під час переміщення оператором рукоятки в кабіні так зване «ПЛАВАЮЧЕ» положення відбувається витікання рідини (оливи) в бак гідросистеми, а сама рама навантажувача опускається.

Для комплектування даного обладнання з енергетичним засобом необхідно все розташувати на рівному майданчику (бажано з тверди покриттям); для кращого входження в отвори та потім переміщення пальців по отворах необхідно зробити змащення пластичним мастилом на прикладі СОЛІДО Ж-2. Дотримання вимог під час збирання, правил експлуатації та щоденного обслуговування запорука довгого терміну служби.

Експлуатація енергетичного засобу під час виконання роботи з фронтальним навантажувачем потребує: тиск в передніх колесах повинен бути в межах  $3,1 \dots 3,2 \text{ кг/см}^3$ , а задніх в межах  $1 \text{ кг/см}^3$ .

### **3.3. Інженерні розрахунки з'єднань та процесу різання рослинної маси.**

Інженерні розрахунки болтових з'єднань (та пальця «загостреного зуба» поз. 8, деталі на складальному кресленні) та процесу різання силосної маси проводять за відповідними методиками та за заздалегідь написаними методиками відповідних науковців.

Всі розрахунки проведені за допомогою формул що наведені нижче для визначення різьбового з'єднання на розтяг та зріз.

Для розрахунку максимального навантаження на болт, яке може бути використано зробимо розрахунок за формулою:

$$F_{розр} = F_0' + F_{роб}.$$

Розрахунок на розтяг та стиск металевого з'єднання зробимо за наступною формулою:

$$\lambda = \frac{Fl}{EA},$$

Маючи значення діаметра шайби, та висоту в мм, вибравши з довідникової літератури значення модуля пружності для нашої шайби він становить  $G_{ш} = 0,83 \cdot 10^5 \text{ МПа}$  ми розрахуємо так званий коефіцієнт стиснення (придатливості) за формулою:

$$C_{ш} = \frac{5,5d_{ш}^3}{G_{ш}h_{ш}^4},$$

Для розрахунку болтового з'єднання ми скористаємось рисунком 3.6

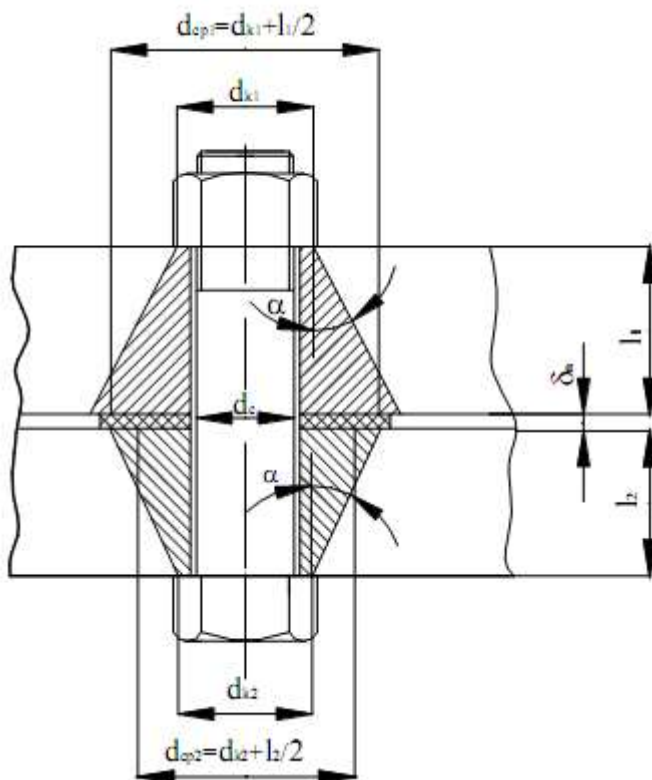


Рис. 3.6. Схема для проведення розрахунків болтового з'єднання.

Для розрахунку інших параметрів нам необхідно знати наступні дані:

- площа стику деталей, що передає попереднє і залишкове затягування  $A_{cm}$ ;
- залишковий тиск у стику, допустимий після додавання зовнішнього навантаження (тиск  $P_{зал}$ , що розкриває стик);
- кількість різбових стрижнів, що забезпечують затягування стику деталей  $z$ ;
- робоче зусилля на різбове з'єднання - зовнішнє навантаження  $F_{роб}$ .

Також для розрахунку інших параметрів нами було використано Інтернет джерело де при допомозі сайту <https://structuralcentral.com/tools/steel-connection> нам в он-лайн режимі було прораховано міцність сталевих з'єднань (рис. 3.7, 3,8).

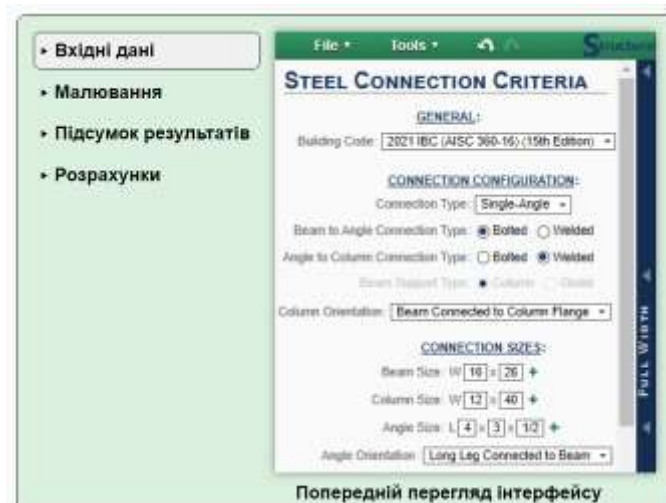


Рис. 3.7. Он-лайн програма для розрахунку на міцність елементів

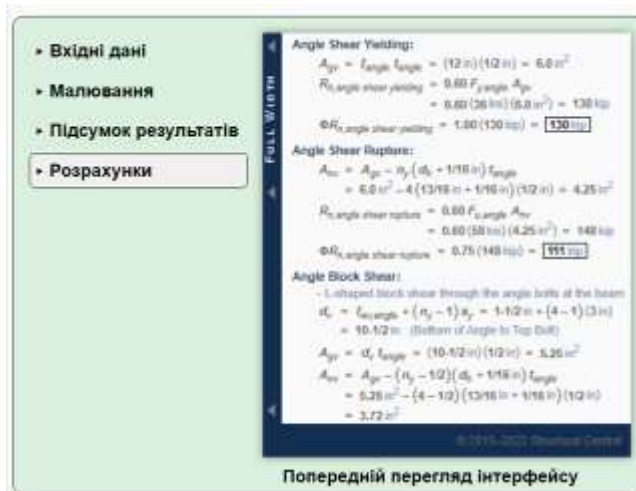
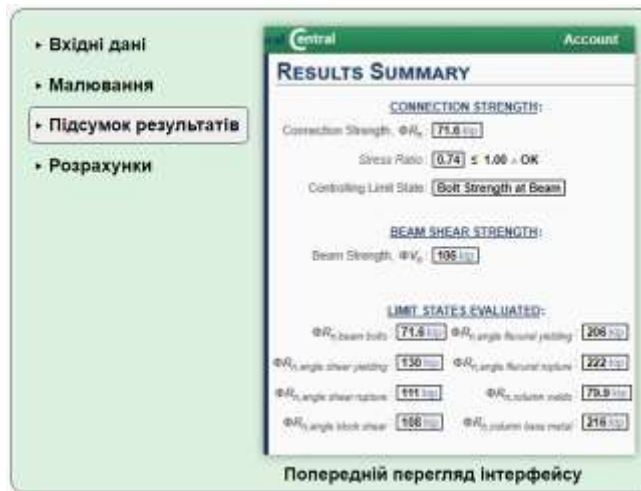


Рис. 3.8. Он-лайн результат розрахунку на міцність елементів

Для розрахунку (болтового з'єднання) нами було використано вищенаведений сайт, але в налаштуванні вибираємо вихідні дані: болт та їх кількість, і за наведеною методикою вище проводимо розрахунки.

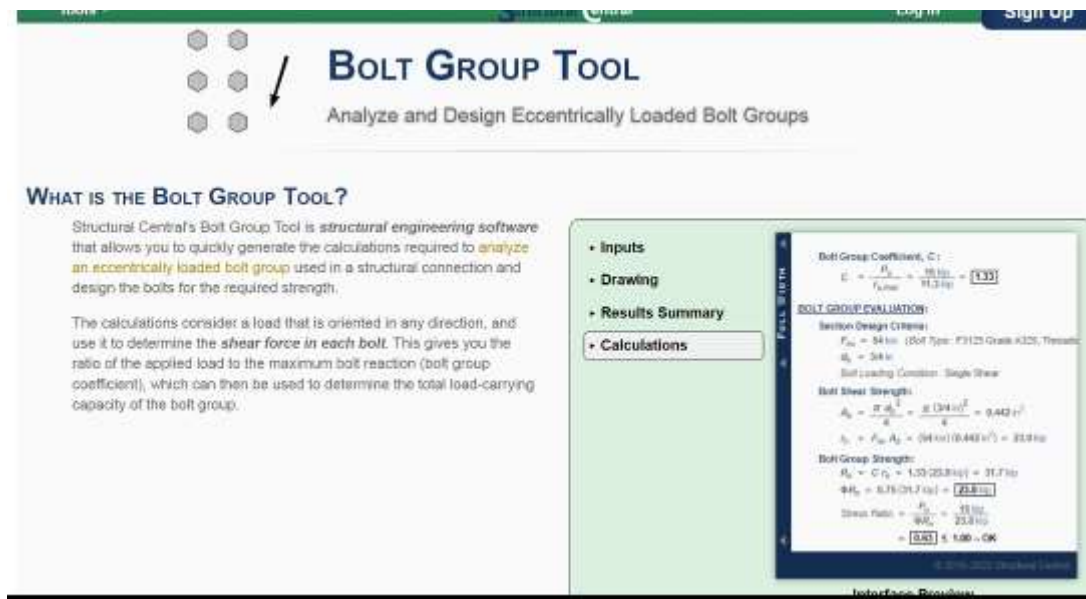


Рис. 3.9. Он-лайн ресурс для розрахунку болтів

Процес відрізання порції силосної маси відбувається за принципом нормального різання, для проведення таких розрахунків використаємо нижче наведені формули.

Формула для розрахунку показника	Результат розрахунку
$P_{кр} = P_{різ} + T_1 + T_2 \cdot \cos\alpha,$	$P_{кр} = 15,5 + 6,4 + 6,4 \cdot 0,95 = 28 \text{ кН.}$
$P_{різ} = q_{он} \cdot l,$	$P_{різ} = 5 \cdot 3,1 = 15,5 \text{ кН.}$
$T_1 = P_{обж} \cdot f,$	$T_1 \approx T_2 = 6,7 \cdot 0,95 = 6,4 \text{ кН.}$
$T_2 = N \cdot f,$	

Зроблені розрахунки загостреного зуба (пальця) на міцність показали що дотична напруга в металі не перевищує допустиму граничну напругу (згідно довідникових даних). Згідно розрахунків, при діаметрі 40 мм, навантаження на зріз буде становити 60 МПа (згідно довідника), а розрахункові дані ми отримали

Умова міцності на зріз має вигляд:

$$\tau_{\max} = (4 \cdot F) / (\pi \cdot d^2) \leq [\tau];$$

$$\tau_{\max} = (4 \cdot 28 \cdot 10^3) / (3,14 \cdot 16 \cdot 10^{-4}) = 11,2 \text{ МПа.}$$

Дотична напруга в пальці не перевищує допустимої напруги ( $\tau_{\max} \leq [\tau]$ ), тому міцність пальця на зріз забезпечена.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проведений аналіз ННВК Сумського НАУ показав, що має в обробітку 399 га землі; достатній парк машин (як тракторів так і сільськогосподарських машин) для обробітку ґрунту та вирощування як зернових так і овочево-баштанних культур.

Вирощування досліджувальної культури є складовою як тваринницької галузі так і відновлювальної енергетики. Нами було проаналізовано та описано технологію збирання силосу та його заготівлю. Для виконання процесу збирання використовуються як вітчизняні так і закордонні машини, які бувають як самохідні так і причіпні. Описано використання досліджувальної культури як елемент альтернативної енергетики, на наведено приклад біогазового заводу (устаткування). Зроблені техніко-експлуатаційні розрахунки показали ефективність використання енергетичного засобу (комбайна) CLAAS JAGUAR з кукурудзяною жаткою в порівнянні з Е-281 (МАРАЛ 125). Так як перший засіб має кращі показники по продуктивності (27,6 т/га); кількості змін (три) та витраті палива 33,6 кг/га.

Для зменшення навантаження на працівників, які працюють в тваринницьких фермах (комплексах) нами запропоновано зробити пристрій для навантаження кормів з траншей чи кагатів. Проведений аналіз серійних навантажувачів дозволив нам розробити власний пристрій, який кріпиться до передньої частини серійного навантажувача (фронтального) КУН фірми «General» модель XL. Розроблена гідравлічна схема для його приєднання до навіски трактора та зроблені розрахунки на міцність з'єднань (болтових та зварних). Використання Інтернет джерел дозволило при допомозі онлайн програм сирого прорахувати вищенаведені розрахунки.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Басанець О. SuperAgronom.com. Головний сайт агрономів. URL: <https://superagronom.com/articles/455-kukurudza-na-silos-tehnologiyi-viroschuvannya-ta-zbirannya-viznachennya-suhoyi-rechovini> (дата звернення: 31.01.2025).
2. Мостова М. Сфера біогазу в Україні: великі перспективи та реальність. Коаліція «Енергетичний перехід». Аналітика. 09.04.2020. URL: <https://energytransition.in.ua/sfera-biohazu-v-ukraini-velyki-perspektyvy-ta-realnist/> (дата звернення: 03.02.2025).
3. Топалов М. "Зелений" газ з відходів: коли біометан допоможе Україні стати енергонезалежною. <https://epravda.com.ua/>. 06.10.2022. URL: <https://epravda.com.ua/publications/2022/10/6/692287/> (дата звернення: 03.02.2025).
4. Грабовський М. Б. Продуктивність кукурудзи на силос та вихід біогазу залежно від густоти стояння рослин / М. Б. Грабовський // Наукові горизонти. – 2019. – № 7 (80). – С. 15–21.
5. Palamarchuk, V., Krychkovskiy, V., & Skakun, M. (2024). Study of the efficiency of growing maize for silage for processing into biogas and digestate. *Scientific Horizons*, 27(1), 54-61. <https://doi.org/10.48077/scihor1.2024.54>.
6. Злакові силоси — перспектива для виробництва біогазу. <https://propozitsiya.com/ua>. Головна / Статті / Агробізнес / Злакові силоси — перспектива для виробництва біогазу. 17.10.2022. URL: <https://propozitsiya.com/ua/zlakovi-sylosy-perspektyva-dlya-vyrobnytva-biogazu> (дата звернення: 03.02.2025).
7. Кукурудза для виробництва біогазу. <https://agro-business.com.ua/>. Журнал “Агробізнес Сьогодні”. Статті/Агрономія Сьогодні. 06.07.2020. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiiia-sohodni/item/18103-kukurudza-dlia-vyrobnytstva-biohazu.html> (дата звернення: 03.02.2025).

8. Капустіна К. Кукурудза на силос від А до Я: усе про гібриди та технологію. <https://www.lnz.com.ua/>. Головна/Новини. 02.12.2020. URL: <https://www.lnz.com.ua/news/kukurudza-na-silos-vid-a-do-a-use-pro-gibridi-ta-tehnologiiu> (дата звернення: 04.02.2025).

9. Арутюнов А. Заготівля грубих кормів: планування і управління процесом. Журнал «Молоко і ферма». [Http://milku.info/uk](http://milku.info/uk). Головна /Управління та економіка. 11.03.2021. URL: <http://milku.info/uk/post/zagotivla-grubih-kormiv-planuvanna-i-upravlinna-procesom> (дата звернення: 04.02.2025).

10. CLAAS JAGUAR 870-830. <https://ats.in.ua/about>. ТОВ «Агротехсоюз». Головна /Сільгосптехніка CLAAS/ Кормозбиральні комбайни CLAAS JAGUAR 870-830. URL: [https://ats.in.ua/products/claas-jaguar-870-830/88#tab\\_6](https://ats.in.ua/products/claas-jaguar-870-830/88#tab_6) (дата звернення: 04.02.2025).

11. Кормозбиральний комбайн John Deere. Сайт <https://agrotek.ua/>. Головна /Каталог/Кормозбиральне обладнання/Кормозбиральні комбайни John Deere. URL: <https://agrotek.ua/upload/catalog/items/2/2e9920c8f37c4c2cc4e4c9a581ad.pdf> (дата звернення: 04.02.2025).

12. Борзненко В. Парк кормозаготівельного періоду. Журнал «Агробізнес Сьогодні». <https://agro-business.com.ua/>. Статті/ Механізація АПК. 17.06.2013. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/980-park-kormozahotivelnoho-periodu.html> (дата звернення: 05.02.2025).

13. 5.4. СИЛОСОЗБИРАЛЬНІ МАШИНИ / Д. Войтюк та ін. <https://vukladach.pp.ua/> Науково-методичний центр вищої та фахової передвищої освіти. Сільськогосподарські машини/Електронний посібник/ 5. Машини для заготівлі кормів. URL: <https://vukladach.pp.ua/MyWeb/manual/agroinjenerija/Agricultural%20machinery/5/5.4.htm> (дата звернення: 06.02.2025).

14. Експлуатація машин і обладнання. Навчальний посібник для здобувачів вищої освіти аграрних технікумів і коледжів денної і заочної форми навчання зі спеціальності 208 Агроінженерія. [Електронний ресурс] // Вінницький НАУ. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: [https://lad.vnau.com.ua/storage/metod\\_vkazivkb.pdf](https://lad.vnau.com.ua/storage/metod_vkazivkb.pdf).

15. Практикум з машиновикористання в рослинництві / А.С. Лімонт, І.І. Мельник, А.С. Малиновський та ін. За ред. І.І. Мельник. К.: Кондор, 2014. 282 с.

16. Експлуатація машин і обладнання: навч. посіб. / М.А. Ружицький, В.І. Рябець, В.М. Кіяшко та ін. – Київ : Аграрна освіта, 2018

17. Лімонт А. С. та ін. Практикум з машиновикористання в рослинництві. – Київ: Кондор, 2004.

18. Експлуатація машин і обладнання: навчально-методичний комплекс за ред. І.М. Бендери / [І.М. Бендера, В.П. Грубий, П.І. Роздорожнюк та ін.]. – Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин Я.І., 2013. – 576 с.

19. Барило К. Кормозбиральні комбайни на ринку України: що придбати до парку техніки. Сайт Traktorist.ua. Головна / Статті. 02.05.2018. URL: <https://traktorist.ua/articles/442-kormozbiralni-kombayni-na-rinku-ukrayini-scho-pridbati-do-parku-tehniki> (дата звернення: 10.06.2025).

20. Ярошко М. Правила заготівлі силосу. Журнал “Агробізнес Сьогодні”. <https://agro-business.com.ua/>. Головна / Статті / Сучасне тваринництво /. 21.03.2019. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/suchasne-tvarinnnytstvo/item/13319-pravy-la-zahotivli-sylosu.html> (дата звернення: 10.06.2025).

21. Михайло Травецький: про тонкощі заготівлі силосу високої якості. Сайт <https://www.lnz.com.ua/>. Головна / Новини. 15.10.2020. URL: <https://www.lnz.com.ua/news/mihajlo-traveckij-pro-tonkosi-zagotivli-silosu-visokoi-akosti> (дата звернення: 10.06.2025).

22. Хорішко В., Кулик М., Жуков В. Технологія заготівлі силосу в курганах та буртах. «Агроном» - журнал про сучасне вирощування

сільськогосподарських культур. Сайт <https://www.agronom.com.ua/>. Головна / Публікації / Кормовиробництво. 30.08.2016. URL: <https://www.agronom.com.ua/tehnologiya-zagotivli-sylosu-v-kurganah-ta-burtah/> (дата звернення: 10.06.2025).

23. Wang, Wenxuan & Sun, Wei & Li, Hui & Li, Xiaokang & Yuan, Yongwei. (2025). Design and Experiment of a Single-Disk Silage Corn Harvester. *Agriculture*. 15. 751. 10.3390/agriculture15070751.

24. Abilzhanuly, Tokhtar & Abilzhanov, Daniyar & Khamitov, Nurakhmet & Seipataliyev, Olzhas & Karaivanov, Dimitar & Kosherbay, Dauren. (2025). The Development of a Forage Harvester Ensuring Two-Level Mowing of Tall Stalk Forage. *Applied Sciences*. 15. 5559. 10.3390/app15105559.

25. Despal, Despal & Hidayah, & D, Lubis. (2017). Tropical lowland maize silage quality from different age of harvesting for dairy cattle Despal 1).

26. Gordon, F.. (2016). The effect of system of silage harvesting and feeding on milk production. *Grass and Forage Science*. 41. 209 - 219. 10.1111/j.1365-2494.1986.tb01806.x.

27. Sen, Arup Ratan & Pighetti, Gina & Eckelkamp, Dr. (2021). Harvesting Corn Silage: Importance of Moisture and Some Tools You Can Use.

## **ДОДАТКИ**