

Міністерство освіти і науки України  
Луцький національний технічний університет  
Факультет транспорту та механічної інженерії  
Кафедра галузевого машинобудування

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

МОДЕРНІЗАЦІЯ МАШИНИ ДЛЯ ПІДБИРАННЯ  
РОСЛИННИХ МАТЕРІАЛІВ

спеціальність 133 Галузеве машинобудування

освітня програма Галузеве машинобудування

Виконав: здобувач вищої освіти  
Групи М-41  
**Бондар Богдан Миколайович**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник:  
доцент  
**Мартинюк Віктор Леонідович**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Кваліфікаційну роботу  
допущено до захисту  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.  
К.т.н., доцент  
Гарант освітньої програми:  
Пуць Віталій Степанович

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Луцьк – 2024 року

# ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет *транспорту та механічної інженерії*

Кафедра *галузевого машинобудування*

Ступінь вищої освіти: *бакалавр*

Галузь знань: *13 Механічна інж енерія*

Спеціальність: *133 Галузеве машинобудування*

Освітня програма: *«Галузеве машинобудування»*

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ *В. Пуць*

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

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

*Бондару Богдану Миколайовичу*

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи *«Модернізація машини для підбирання рослинних матеріалів»*

Керівник роботи: доцент, *Мартинюк Віктор Леонідович*

затверджені наказом закладу вищої освіти від «30» грудня 2023 р. № 481/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «18» червня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи *Технічна документація. Патентні матеріали. Технічні умови.*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити):

*Вступ. 1 Оглядова частина. Загальні відомості про історію та будову прес-підбирачів.*

*Аналіз конструкцій прес-підбирачів. 2 Проектна частина. Характеристики та опис*

*конструкції базової моделі. Технічна пропозиція. Розрахунки модернізованого механізму.*

*3. Рекомендації з експлуатації модернізованої техніки. Охорона праці. Висновки та*

*пропозиції. Перелік джерел посилання. Додатки.*

5. Перелік графічного матеріалу:

*1. Принципова схема рулонного прес-підбирача – 1 лист ф. А1*

*2. Кінематична схема рулонного прес-підбирача – 1 лист ф. А1*

*3. Функціональна схема роботи рулонного прес-підбирача – 1 лист ф. А1*

*4. Валець пресувальний – 1 лист ф. А1*

*5. Підшипниковий вузол – 1 лист ф. А1*

*6. Робочі кресленики деталей модернізованого пресувального механізму – 1 лист ф. А1*

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Мартинюк В.Л.,		
Розділ 2	Мартинюк В.Л.,		
Розділ 3	Мартинюк В.Л.,		

7. Дата видачі завдання «30» грудня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Обґрунтування теми. Вступ.</i>	<i>29.01.2024 р.</i>	
2.	<i>1 Оглядова частина</i>	<i>27.02.2024 р.</i>	
3.	<i>2 Проектна частина</i>	<i>10.05.2024 р.</i>	
4.	<i>3 Рекомендації з експлуатації модернізованої машини</i>	<i>24.05.2024 р.</i>	
5.	<i>Формування списку використаних джерел</i>	<i>28.05.2024 р.</i>	
6.	<i>Формування додатків</i>	<i>01.06.2024 р.</i>	
7.	<i>Оформлення пояснювальної записки та графічної частини</i>	<i>04.06.2024 р.</i>	
8.	<i>Нормоконтроль</i>	<i>12.06.2024 р.</i>	
9.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	<i>12.06.2024 р.</i>	
10.	<i>Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту</i>	<i>18.06.2024 р.</i>	

Здобувач вищої освіти

\_\_\_\_\_ (Бондар.Б.М.)  
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_ (Мартинюк В.Л.)  
(підпис) (прізвище, ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Бондар Б.М. Модернізація машини для підбирання рослинних матеріалів.  
Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Галузеве машинобудування» спеціальності 133 Галузеве машинобудування. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2024.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, трьох розділів, висновків і пропозицій, списку використаних джерел.

У випускній роботі бакалавра виконано розробку технічної пропозиції з удосконалення конструкції механізму пресування рулонного прес-підбирача.

Ключові слова: ТЮК, РУЛОН, ПРЕС-ПІДБИРАЧ, ПРЕСУВАЛЬНА КАМЕРА, МЕХАНІЗМ, ЦІЛЬНІСТЬ ПРЕСУВАННЯ.

## SUMMARY

Bondar B.M. Modernization of the machine for picking plant materials .  
Manuscript.

Qualification work of the bachelor of OP «Industrial Engineering» specialty 0715 Mechanics and Metal Trades. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2024.

The bachelor's thesis consists of an introduction, three sections, conclusions and suggestions, a list of sources used.

The bachelor's thesis includes the development of a technical proposal for improving the design of the mechanism for pressing density of the round hay-baler machine.

Keywords: BALE, ROLL, PRESS PICKUP, PRESSING CHAMBER, MECHANISM, PRESSING DENSITY.

					<i>КРБ 0002.00.00.00.000 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Бондар</i>			<i>Модернізація машини для підбирання рослинних матеріалів</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Мартинюк</i>				<i>Д</i>	<i>3</i>	<i>52</i>
<i>Реценз.</i>						<i>ЛНТУ, ФТМІ, каф. ГМ, ст. гр. М-41</i>		
<i>Н. контр.</i>		<i>Мартинюк</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Луць</i>						

# ЗМІСТ

ЗМІСТ .....	4
ВСТУП.....	5
1 ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА .....	6
1.1 Історія появи.....	6
1.2 Рулонний прес-підбирач.....	8
1.3 Прямокутний прес-підбирач.....	15
1.4 Зберігання тюків .....	19
1.5 Різниця між прямокутним та рулонним тюком .....	21
1.6 Втрати сухої маси .....	23
1.7 Недоліки підбирачів .....	25
1.8 Висновки до розділу 1 .....	27
2 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА .....	29
2.1 Огляд рулонного прес-підбирача .....	29
2.2 Опис деталі .....	32
2.3 Розрахунок модернізованого прес-підбирача.....	33
2.4 Висновки до розділу 2 .....	41
3 ЕКСПЛУАТАЦІЯ ПРЕС-ПІДБИРАЧА .....	42
3.1 Підготовка до роботи.....	42
3.2 Охорона праці під час роботи з прес-підбирачем .....	43
3.3 Переміщення та зберігання тюків .....	45
ВИСНОВКИ .....	47
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	48
ДОДАТКИ.....	50

					КРБ 0002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Актуальність теми. Розвиток галузевого машинобудування, який також спонукав розвиток сільськогосподарського обладнання, став результатом створення низки машин для збирання та післязбиральної обробки зерна, фруктів та овочів. Такі залишки, як солома та листя, традиційно мали невелику фінансову цінність, тому промисловість не розробила багато машин для використання цілих культур та залишків, натомість зосередившись на вилученні лише цінної частини врожаю, а залишки такі як солома, листя та гілки, залишалися на полі переважно невикористаними.

З кінця двадцятого століття з'явився попит на обладнання для збору та пакування соломи, трави та інших рослинних залишків через обмеження на спалювання залишків (через якість повітря) та використання систем обробітку ґрунту. Промисловість сільськогосподарського обладнання розробила таке обладнання як прес-підбирачі, для збирання залишків рослин, соломи та трав у круглі (рулонні) або квадратні (прямокутні) тюки набагато більшої щільності, ніж можна досягти звичайним укладанням матеріалу.

Прес-підбирач – головна техніка, що використовується в сільському господарстві при збиранні висушеного сіна, соломи, льону та інших трав.

Промислові прес-підбирачі також використовуються на підприємствах з переробки матеріалів, головним чином для пресування металу, пластику або паперу для транспортування.

Збирання, зберігання, транспортування та обробка можуть становити до 50% вартості тюка, тому розвиток та покращення всіх цих процесів є досить важливим питанням на сьогодні.

Метою роботи є ознайомлення з прес-підбирачами: їхньою будовою, принципом роботи, недоліками в роботі та вирішенням деяких з цих недоліків.

Об'єктом роботи є рулонні прес-підбирачі.

					КРБ 0002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА

## 1.1 Історія появи

До 19-го століття сіно косили вручну та зазвичай зберігали в копицях, використовуючи вила для згрібання та збору скошеної трави в купи оптимального розміру – ні надто великі, що створюють сприятливі умови для самозаймання, ні надто маленькі, що означатиме багато валків схильних до гниття (рис. 1.1). Ці копиці сіна піднімали більшість рослинних волокон над землею, дозволяючи повітрю та воді витікати, щоб трави могли висохнути та зберегти поживні речовини для годівлі худоби пізніше (рис. 1.2).



Рисунок 1.1 – Збирання сіна в полі, 1880 р. [1]

					КРБ 0002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.2 – Збирання сіна у великі копиці для зберігання, 1880 р. [2]

У 1860-х роках були розроблені перші механічні ріжучі пристрої; з яких виникли сучасні пристрої, включаючи механічні косарки та прес-підбирачі. У 1872 році Чарльз Візінгтон винайшов жатку, яка використовувала пристрій для зв'язування сіна в пучки; масово воно з'явилося в 1874 році завдяки Сайрусу Маккормікові [3]. У 1936 році Іннес винайшов автоматичний прес-підбирач, який зв'язував тюки шпагатом за допомогою вузлов'язальних апаратів снопов'язалки від John Deere; у 1938 році Едвін Нолт подав патент на вдосконалену версію, яка була більш надійною. [3]

Перший рулонний прес-підбирач був, ймовірно, винайдений наприкінці 19 століття, і був показаний у Парижі Пілтером (як показано Майклом Вільямсом у «Steam Power in Agriculture: Blandford», 1977). Це була портативна машина, призначена для використання з молотарками.

					КРБ 0002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.2 Рулонний прес-підбирач

Найпоширенішим типом прес-підбирача в промислово розвинутих країнах сьогодні є рулонний прес-підбирач (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Рулонний прес-підбирач Krone створює циліндричний тюк [4]

Перший рулонний прес-підбирач був створений компанією Umto Luebben приблизно в 1910 році (рис. 1.4), починаючи з 1947 року, Allis-Chalmers представила Roto-Baler. Компанія АС продала майже 70 000 одиниць до кінця виробництва в 1960 році. [5]



Рисунок 1.4 – Перший рулонний прес-підбирач створений компанією Umto Luebben, 1910 р. [6]

					КРБ 0002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Наступне важливе нововведення почалося в 1965 році, коли аспірант Університету штату Айова Вергіл Хавердінк звернувся до Веслі Ф. Бучеле, професора сільськогосподарської інженерії, шукаючи тему дослідження для магістерської дисертації. Протягом наступного року Бучеле та Хавердінк розробили нову конструкцію для великого рулонного прес-підбирача, завершеного та випробуваного в 1966 році, який згодом отримав назву великий рулонний прес-підбирач Бучеле-Хавердінка. Великі рулонні тюки мали приблизно 1,5 метра у діаметрі, 2 метри у довжину та важили близько 270 кілограмів, а після висихання – близько 80 кг/м<sup>3</sup>. [7][9] Дизайн рекламувався як «китовий тюк», і Університет штату Айова пояснював інноваційний дизайн наступним чином:

«У 1960-х роках фермери були врятовані від важкої роботи, пов'язаної з перекиданням тюків сіна, коли професор сільськогосподарської техніки штату Айова Веслі Бучеле та група студентів-дослідників винайшли прес-підбирач, який виробляв великі рулонні тюки, які можна було переміщати трактором. Прес-підбирач став переважаючою машиною для обробки рослинних матеріалів у Сполучених Штатах.» [8]

Влітку 1969 року з'явився австралійський прес-підбирач Econ Fodder Roller, конструкція якого створювала рулонний тюк вагою 135 кг. У вересні того ж року компанія Hawkbilt з Вінтона, штат Айова, зв'язалася з доктором Бучеле щодо його конструкції, а потім виготовила великий рулонний прес-підбирач, який пресував сіно, розкладене у валок, і почала виробництво великих рулонних прес-підбирачів. у 1970 р. [9]

У 1972 році Гарі Вермеєр з Пелли, штат Айова, розробив і виготовив рулонний прес-підбирач на основі дизайну AC Roto-Baler, і компанія Vermeer почала продавати свою модель 605 – перший сучасний рулонний прес-підбирач (рис. 1.5). Дизайн Вермеєра використовував ремені для ущільнення сіна в циліндричну форму, як це видно сьогодні. [10]

					КРБ 0002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.5 – Рулонний прес-підбирач компанії Vermeer, 1972 р. [10]

На початку 1980-х років співпраця між компаніями Walterscheid і Vermeer призвела до перших ефективних застосувань шарнірів рівних кутових швидкостей у прес-підбирачах, а пізніше в інших сільськогосподарських машинах. Через великий крутний момент, необхідний для такого обладнання, в основному використовуються подвійні карданні шарніри. Колишньому інженеру Walterscheid Мартіну Брауну приписують «винахід» такого використання для універсальних шарнірів.

До 1975 року п'ятнадцять американських і канадських компаній виробляли великі рулонні прес-підбирачі (рис. 1.6). [9]



Рисунок 1.6 – Лінія виробництва прес-підбирачів, 1946 р. [11]

					КРБ 0002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Рулонний прес-підбирач (рис. 1.7) виробляє тюки циліндричної форми (або рулонні тюки). Конструкція має ефект «солом'яної покрівлі», який стійкий до негоди. Принцип роботи рулонного прес-підбирача: трава згортається всередині прес-підбирача за допомогою прогумованих ременів, фіксованих роликів або їх комбінації. Пресувальна камера має форму барабана – це дозволяє більш щільніше спресувати матеріал в рулоні. Після накопичення необхідної кількості матеріалу у камері пресування, подача припиняється і барабан разом із рулоном робить холості обороти, під час яких завдяки дії відцентрової сили маса додатково ущільнюється. У кінці обертання подається шпагат для обв'язування рулону за спіраллю, а в'язальний пристрій зв'язує його міцними вузлами. Коли тюк сформований і загорнутий, він викидається з пресувальної камери. Деякі рулонні прес-підбирачі мають гідравлічні виштовхувачі, тоді як інші покладаються на обертання тюка, щоб викотити його з камери. Після того, як тюк викидається з прес-підбирача, задні двері камери зачиняються, і машина починає рухатися вперед, забираючи новий матеріал, поки не буде готовий наступний тюк. [12]

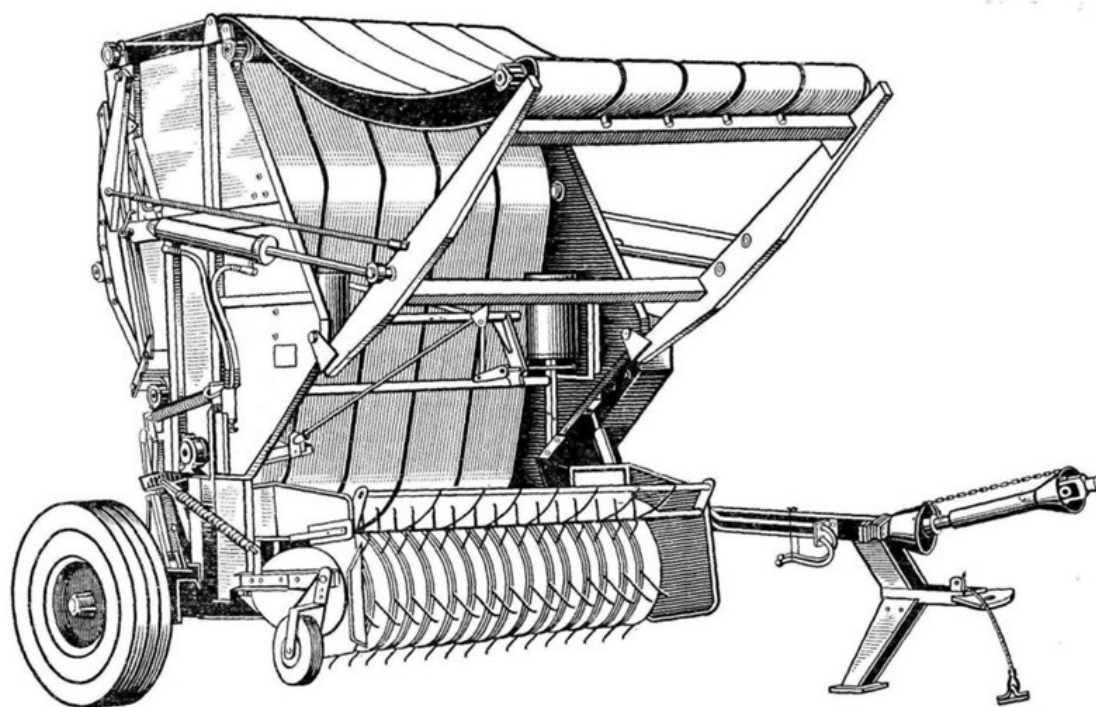


Рисунок 1.7 – Рулонний прес-підбирач ПРП-1,6А

					КРБ 0002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Рулон можна додатково обгортати у плівку або сітку, і таким чином він якісно зберігатиметься до 2 років навіть на відкритих майданчиках. Але враховуючи те, що рулони сіна мають масу від 200 до 750 кг, під час навантаження, готування та роздавання кормів худобі виникає потреба у застосуванні спеціальних пристроїв чи обладнання щоб переносити їх або подрібнювати. Великі рулонні прес-підбирачі зі змінною камерою зазвичай виготовляють тюки діаметром від 120 до 180 см і шириною до 150 см. Тюки можуть важити від 500 до 1000 кг залежно від розміру, матеріалу та вмісту вологи. Звичайні сучасні малі рулонні прес-підбирачі виробляють тюки діаметром від 51 до 56 см і шириною від 52 до 71 см, як правило вагою 18 до 25 кг. [4]

Рулонні прес-підбирачі бувають двох видів. Ті, що мають камеру фіксованого розміру, використовують ролики з фіксованим положенням (рис. 1.8 а), а ті, що мають камеру змінного розміру, використовують гнучкі гумові ремені (рис. 1.8 б). Фіксована камера робить тюки з м'якою серцевиною. Тюк з м'якою серцевиною є «дихаючим», тобто пористість є достатньою для продовження висихання тюка, коли його залишають у полі. Розмір тюка відповідає розміру пресувальної камери. У змінній камері серія пружин і висувних важелів забезпечує формування щільного тюка від серцевини до окружності. Змінна камера виготовляє тюки з жорсткою серцевиною яка є більш щільнішою. Оператор встановлює діаметр тюка та цільову масу для досягнення необхідної щільності. Після формування тюка рух вперед машини та надходження матеріалу припиняється. Шпагат або сітка обмотується навколо тюка за допомогою рухомого кронштейна. Після того, як сітка охопила тюк достатньо разів, щоб підтримувати форму, нитки шпагату або сітки розрізаються. Сітка покриває більшу частину поверхні тюка, запобігаючи втраті матеріалу та легко зберігаючи форму тюка. [4]

					<i>КРБ 0002.00.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

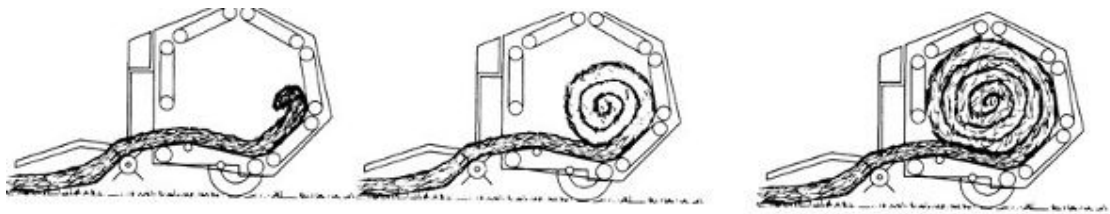


Рисунок 1.8 (а) – Фіксований розмір пресувальної камери [4]

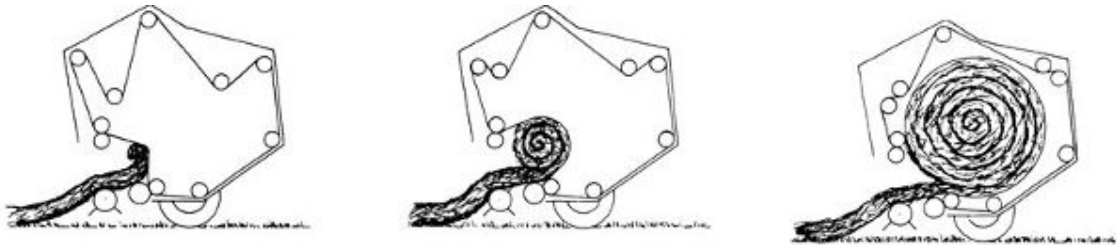


Рисунок 1.8 (б) – Змінний розмір пресувальної камери [4]

Великі рулонні прес-підбирачі зі змінною камерою зазвичай виготовляють тюки діаметром від 1,2 до 1,8 м і шириною до 1,5 м, вагою від 500 до 1000 кг, залежно від розміру, матеріалу та вмісту вологи. Типова щільність рулонного тюка коливається від  $140 \text{ кг/м}^3$  до  $180 \text{ кг/м}^3$ .

Якщо оцінювати загальні технічні особливості машини, рулонні прес-підбирачі надійніші, оскільки мають менше рухомих елементів, а враховуючи особливість формування рулонів – менш енергоємні.

Рулонні прес-підбирачі також ефективно використовують для підбирання підготовленої до транспортування висушеної льонотрести (рис. 1.9).



Рисунок 1.9 – Рулонний тюк з льону [13]

					<i>КРБ 0002.00.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Під час підбирання льонотрести із застосуванням рулонних прес-підбирачів можна зіткнутися з деякими проблемами, зокрема з тим, що стебла перетираються, переплутуються та скручуються внаслідок проковзування пасів на приводних барабанах, що призводить до перекошування стебел у рулоні. Крім того, відбувається перевитрата в'язального матеріалу; нерівномірна щільність маси у рулоні пошкоджує й переущільнює серцевину рулону, що погіршує процес сушіння та зберігання рулонів; намотування стебел льону на обертові робочі органи. [14]

На рисунку 1.10 показано типові вимоги до потужності валу відбору потужностей (ВВП) для рулонного прес-підбирача John Deere 535 при продуктивності матеріалу 16,1 т/год (РАМІ, 1992) [15]. Миттєва потужність, зафіксована трактором, наноситься на графік відносно ваги тюка, щоб показати збільшення споживаної потужності під час формування кожного тюка. Криві являють собою середнє значення вимірних даних ВВП із сильними коливаннями від 5 до 8 кВт без навантаження до максимуму 32 кВт для повнорозмірних тюків. Споживана потужність ВВП сильно залежить від кількості матеріалу (т/год). Вимоги до потужності при швидкості 11,5 км/год становили близько 8 кВт, коли тюк досяг повного розміру. Хоча вимоги до максимальної потужності не перевищували 38 кВт, була потрібна додаткова потужність для інших польових умов, таких як м'які та горбисті поля. Для повного використання потужності прес-підбирача виробник запропонував трактор потужністю 56 кВт (75 к.с.). [4]

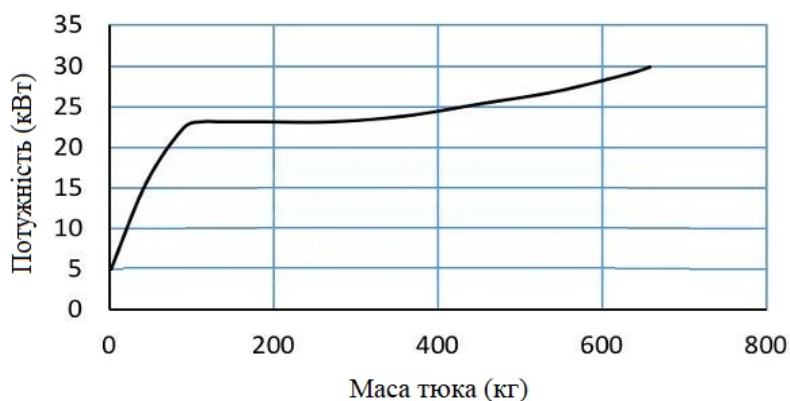


Рисунок 1.10 – Вимірjana потужність формування рулонних тюків. Нанесені на графік дані взято зі звіту РАМІ 677 (РАМІ, 1992) [15]

					КРБ 0002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 1.3 Прямокутний прес-підбирач

Прямокутні прес-підбирачі відрізняються від рулонних прес-підбирачів формою тюків та принципом роботи, який має багато відмінностей (рис. 1.11).



Рисунок 1.11 – Прямокутний прес-підбирач Claas [4]

Якщо у рулонних прес-підбирачів формування рулону відбувається внаслідок обертального руху, то у прямокутних – внаслідок зворотньо-поступального руху поршня у пресувальній камері, а довжина, ширина і висота тюків регулюється переміщенням стінок камери. Дехто із виробників дотримується думки, що заготівлю кормів у рулонах доцільніше використовувати для великих господарств, а для дрібних – краще у прямокутних тюках. Проте на практиці доведено, що застосування прямокутних прес-підбирачів ефективне як у малих, так і у великих господарствах. Навіть під час роботи на малих площах їхня ефективність є досить відчутною порівняно із ручним підбиранням рослинної маси вилами та граблями. [14]

У 1932 році Ann Arbor (Mich.) Agricultural Co. вперше запровадила прес-підбирач, який збирав валки прямо з поля та дозволяв формувати з них прямокутні тюки. На жаль, модель вимагала трьох людей, щоб керувати машиною: одна

					КРБ 0002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

керувала трактором, а двоє сиділи на сидіннях, прикріплених до жолоба для тюків, де їм доводилося пильно подавати та зв'язувати дроти (рис. 1.12).



Рисунок 1.12 – Прямокутний прес підбирач компанії Ann Arbor (Mich.) Agricultural Co 1932 р. [16]

У 1978 році компанія Hesston представила перший великий прямокутний прес-підбирач, здатний ущільнювати сіно у великі прямокутні тюки, які було легше транспортувати, можна було складати та покривати брезентом у полі (щоб захистити їх від дощу) або завантажувати на вантажівки чи контейнери для транспортування чи експорту (рис. 1.13)



Рисунок 1.13 – Прес-підбирач компанії Hesston, 1978 р. [17]

					<b>КРБ 0002.00.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Залежно від прес-підбирача, прямокутні тюки можуть важити від 450 кг до 1000 кг з розмірами 0,91 м × 0,91 м × 2,74 м або 0,91 м × 1,22 м × 2,74 м (проти 410 кг та 0,91 або 1,22 м у рулонного тюка). Окрім великих прямокутних тюків, також виготовляють й менші прямокутні тюки. Колись це була найпоширеніша форма для тюків, але сьогодні вже менш поширена. В основному ці тюки використовуються на невеликих площах, де велике обладнання є недоцільним, або для невеликих операцій, наприклад для годування коней, де менші тюки значно простіше використовувати в порівнянні з великими. Розмір кожного такого тюка приблизно 36 см × 46 см × 86 см – 102 см. Малі прямокутні тюки достатньо легкі, щоб їх могла підняти одна людина, приблизно від 20 до 27 кг, залежно від матеріалу та прикладеного тиску. Багато прес-підбирачів мають регульований тиск у прес-камері та довжину тюка, тому можна виготовляти коротші та менш щільні тюки для зручності використання. [12]

На рисунку 1.14 показано принцип роботи прямокутного прес-підбирача. Щоб сформувати тюк, матеріал, який потрібно пресувати, піднімають зубцями на катушці прес-підбирача. Потім цей матеріал подають в камеру формування, де утворюється «пласт» сіна перед тим, як виштовхнути його на траєкторію плунжера. Комбінований плунжер і ніж рухаються вперед і назад у передній частині цієї камери, при цьому ніж закриває двері в пресувальну камеру під час руху назад. Плунжер і ніж прикріплені до важкого асиметричного маховика, щоб забезпечити додаткову силу під час упаковки тюків. Кожне обертання занурює матеріал, коли він надходить у пресувальну камеру. Зворотньо-поступальний плунжер стискає матеріал (сила від 200 до 750 кілоньютонів залежно від моделі), поступово утворюючи тюк. Процес подачі матеріалу в пресувальну камеру та його пресування повторюється до формування тюка. Щільність тюка визначається регулюванням підпружинених або гідравлічних верхніх і нижніх натяжних планок пресувальної камери. Вимірювальний пристрій – зазвичай колесо з шипами, яке обертається завдяки тюкам, що з'являються – вимірює кількість матеріалу, який стискається, і на відповідній довжині запускає вузлов'язувачі, які обертають шпагат навколо тюка

					<i>КРБ 0002.00.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

та зав'язують його. Коли формується наступний тюк, зв'язаний тюк випихається з задньої частини камери пресування, де він може або впасти на землю, або бути відправлений у причіп, що буксирується за прес-підбирачем. [12]

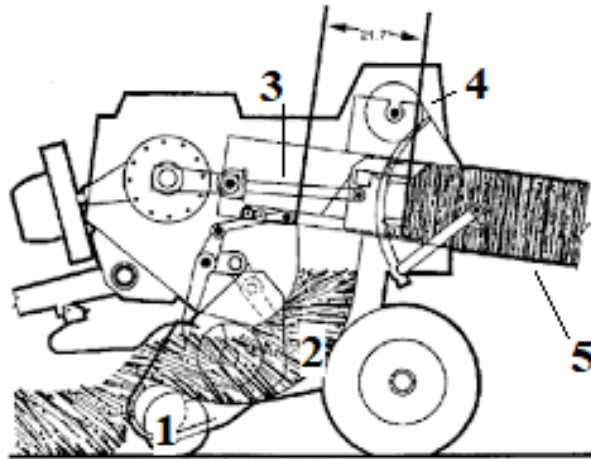


Рисунок 1.14 – Схема роботи прямокутного прес-підбирача 1 – матеріал піднімають зубцями на катушці прес-підбирача; 2 – матеріал подається в камеру формування; 3 – пресувальна камера, де матеріал спресовується плунжером; 4 – вимірювальний пристрій; 5 – задня частина камери

Якщо використовується причіп, тюк може бути піднятий вручну з камери працівником, який укладає тюки на причіп, або тюк може бути проштовхнутий у причіп за допомогою механізму на прес-підбирачі, зазвичай або паралельними високошвидкісними приводними пасами або механічною рукою, які закидають тюк. Причіп має високі стінки зліва, справа та ззаду, а також коротку стінку з передньої сторони, щоб подавати тюки всередину. Цей процес триває до тих пір, поки є матеріал для тюкування та шпагат для його зв'язування. [12]

Для прямокутних прес-підбирачів властиве якісне підбирання матеріалу з поверхні поля, надійне зав'язування вузлів, а також потреба мінімальної потужності для приведення у рух робочих органів за збільшення продуктивності. Оскільки машини мають вищу продуктивність, то це призводить до зменшення питомих експлуатаційних затрат на виконання процесу (в тому ж числі і витрату палива), а отже, забезпечує більшу економічну ефективність виконання процесу. Оскільки

					КРБ 0002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вага тюків регулюється в межах 15 – 80 кг, то потреби у застосуванні спеціальних машин для роздавання кормів худобі практично немає, а тюки компактно складають у місцях зберігання і можуть навіть бути використані як тимчасова огорожа для худоби. [14]

На рисунку 1.15 показано графік миттєвих потреб у потужності для прямокутного прес-підбирача (РАМІ, 1990). Вимоги до пікової потужності є результатом дії плунжера. У середньому врожаї люцерни, середня споживана потужність коливалася від 23 до 30 кВт, тоді як миттєва пікова споживана потужність становила 110 кВт. Середня потреба в потужності для буксирування прямокутного прес-підбирача в полі коливалася від 5 до 8 кВт і досягала максимуму 20 кВт на м'яких або горбистих полях. Для повного використання потужності прес-підбирача РАМІ (1990) рекомендує трактор з мінімальною потужністю 68 кВт (90 к.с.). У гористих умовах знадобиться трактор із потужністю 83 кВт (110 к.с.). [4]

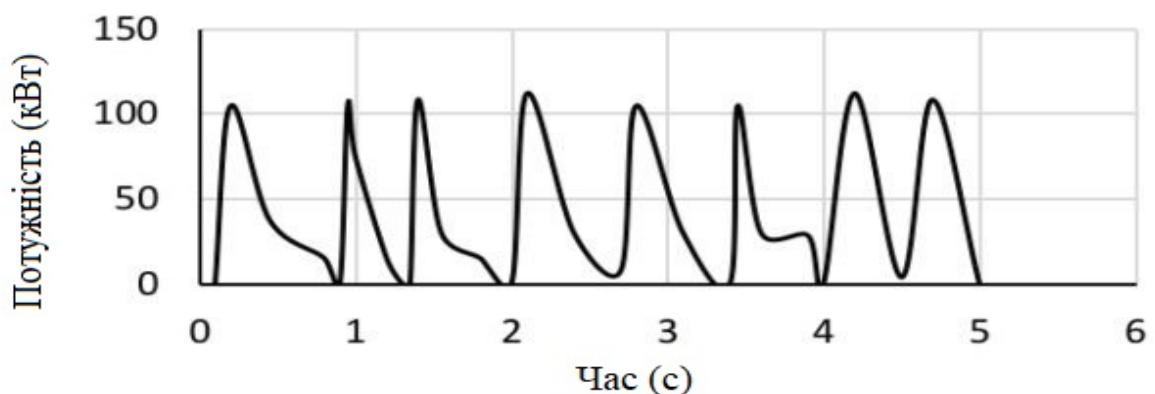


Рисунок 1.15 – Експериментальний графік потужності прямокутного прес-підбирача. Нанесені на графік дані взято зі звіту РАМІ 628 (РАМІ, 1990) [18]

#### 1.4 Зберігання тюків

Після того, як тюки виготовлені, їх необхідно вивезти з поля, перш ніж землю можна буде підготувати до наступного врожаю. Трактори та навантажувачі, обладнані захватними пристроями, підбирають і завантажують тюки на причіп для транспортування з поля. Потім тюки складають поруч із полем або на складі за

					КРБ 0002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

допомогою трактора чи навантажувача. Рекомендовано розміщувати тюки на твердій, сухій, рівній землі яка має бути відкритою та добре провітрюваною, подалі від електричних стовпів. Ділянка має бути подалі від будь-якої потенційної пожежної небезпеки та джерел займання з хорошим під'їздом до дороги, щоб тюки можна було безпечно транспортувати. Має бути достатній простір, щоб дати тракторам, причепам та іншим транспортним засобам достатньо місця для маневру.

На рисунку 1.16 показано правильне складання прямокутних і рулонних тюків із широкою основою, яка звужується, коли стіс стає вище.



Рисунок 1.16 – Приклад складання тюків [4]

Максимальна висота не повинна перевищувати 1,5 ширини основи. Як правило, рекомендується складати не більше 10 тюків на твердих поверхнях і 8 тюків на м'яких поверхнях. Прямокутні тюки слід укладати зі зміщенням кожного ряду відносно ряду нижче, щоб між ними не було суцільного проміжку. Рулонні тюки укладаються в піраміду з меншою кількістю тюків у кожному напрямку, ніж у нижньому шарі. Зовнішні рулонні тюки потребують упорів біля кожного з них в нижньому шарі, щоб запобігти їх розкочуванню. Як і у випадку з прямокутними тюками, рулонні тюки слід укладати, щоб закрити проміжок між двома тюками під ним.

Після складання, вага кожного тюка стає проблемою для стабільності стосу. Вага великого тюка може коливатися від 300 кг до понад 500 кг. Тюки у верхній частині тиснуть на нижні тюки, викликаючи їх повільну деформацію. Ступінь деформації залежить від щільності тюків і вмісту вологи, а також від часу, протягом якого вони залишаються в стосі. Тюк чи рулон нижчої щільності та більшої

					<b>КРБ 0002.00.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вологості має тенденцію деформуватися більше, ніж тюки чи рулони вищої щільності та менш вологі. [4]

### 1.5 Різниця між прямокутним та рулонним тюком

Обираючи марку рулонного чи прямокутного прес-підбирача, слід чітко усвідомлювати функції, які будуть покладені на машину під час її використання. Для соломи більш придатні прямокутні прес-підбирачі, а для вологої трав'яної маси – рулонні. Але цей розподіл є досить умовний, оскільки на практиці обидва типи прес-підбирачів можуть мати спільне застосування. Проте під час підбирання стрічок льону та конопель, а також стеблової частини кукурудзи (після відривання качанів), все ж частіше використовують рулонні підбирачі, які за своєю функціональною конструкцією є більш придатними для цього. Звісно, що простір кузова автомобіля або причепа ефективніше заповнювати саме прямокутниками. Також їх зручніше укласти на зберігання у сховищах. Проте рулони під час завантаження легше перекичувати з місця на місце завдяки їхній формі (навіть із застосуванням лише ручної сили, без допомоги спеціальних технічних пристроїв).

Аналізуючи параметри технічних характеристик, нескладно помітити, що продуктивність рулонної технології, порівняно із прямокутною, у 1,5 – 2,0 рази вища. Проведені незалежні порівняльні випробування відзначили можливість заміни звичайним рулонним прес-підбирачем трьох прямокутних, а великогабаритним, із функцією попереднього подрібнення й ущільнення маси – п'яти. А це означає можливість швидшого підбирання скошеної маси з поля, а отже, збереження її якості і поживності. [14]

Раніше (10 – 20 років тому) більшу популярність та вищий попит у аграріїв мали прес-підбирачі прямокутного типу, які характеризувалися простотою конструкції і зручністю у роботі. Але останнім часом ця тенденція змінюється у бік зростання інтересу до рулонних прес-підбирачів. Головна причина такої зацікавленості – універсальність цього типу машин.

					<i>КРБ 0002.00.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час вибору прес-підбирача для великого господарства слід звертати увагу на такі його параметри, як потужність гідравлічних пристроїв, параметри готової продукції на виході, можливість адаптації для роботи в нестандартних умовах, продуктивність формування тюків чи рулонів для певної сировини, тривалість безперервної роботи, а також на особливості матеріалів, з якими працюватиме машина, виробничо-господарські умови (довжина поля, рельєф місцевості, тип матеріалу тощо). [14]

Для захисту робочих органів від потрапляння сторонніх предметів (металобрухт, деревина, сміття тощо) прес-підбирачі обладнані спеціальними захисними пристроями, а деякі із них навіть мають контейнер для накопичення сторонніх предметів, які потрапили до машини із сіном або соломою. Усі прес-підбирачі мають захист від переповнення, який спрацьовує на основі сигналу датчика на верхній стінці пресувальної камери. [14]

Різниця в щільності тюків пояснюється логічно. Рулонний тюк загалом менш щільний порівняно з прямокутним, але рулонний тюк зазвичай м'якший у середині завдяки методу пресування. Прямокутні тюки мають однакову щільність по всьому тюку і можуть досягати приблизно 700-1000 кг на м<sup>3</sup>. Рулонні тюки вважаються легшими, вони вміщують набагато менше матеріалу, приблизно 500-700 кг на м<sup>3</sup>.

Прямокутні тюки є хорошим вибором для гнучкої роботи, оскільки їх розмір можна легко регулювати за допомогою прес-підбирача. Тим не менш, є деякі обставини, де переваги форми рулонного тюка можуть принести більше переваг, ніж форма прямокутного тюка. Ці обставини здебільшого виникають у сільськогосподарських роботах, де є потреба в легшій техніці, і де менш щільна структура тюка є перевагою. Одним із прикладів є пресування попередньо висушеного сіна, де рулонний тюк дозволяє сіну висохнути під час зберігання. [14]

Рулонам віддають перевагу у вологих регіонах, оскільки вони можуть пропускати дощ завдяки своїй формі. Прямокутним тюкам віддають перевагу в сухих регіонах. Менші ферми, як правило, використовують рулонні прес-підбирачі, а великі ферми використовують великі прямокутні прес-підбирачі. У таблиці 1.1

					<i>КРБ 0002.00.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

наведено деякі характеристики тюків виготовлених прес-підбирачами, що працюють на фермах.

Таблиця 1.1 Стандартні розміри тюків

Форма тюків	Розміри (ширина × глибина × довжина для прямокутника; діаметр × глибина для рулонного) (мм)	Вага (кг)
Малий прямокутник	356 × 457 × 914 мм	24
Великий прямокутник	914 × 1219 × 2438 мм	435
Малий рулонний	1219 × 1219 мм	228
Великий рулонний	1829 × 1829 мм	769

## 1.6 Втрати сухої маси

Вміст вологи під час пресування відіграє важливу роль у кількості втрат сухої маси, які можуть статися під час пресування та пізніше під час зберігання. Для люцерни, рекомендований вміст вологи для пресування становить менше 30% і для зберігання менше 15% - 20%; однак для тривалого зберігання кращим є нижчий вміст вологи від 10% до 12%. Прямокутні тюки, як правило, втрачають менше вологи, ніж рулонні тюки, але незалежно від форми, важливо робити тюки якомога ближче до цільової вологості. [4]

Втрати можуть бути механічними та мікробними. Механічні втрати здебільшого виникають під час роботи з тюками, наприклад під час складання або транспортуванні. Деяке фізичне видалення також може мати місце через змивання дощем. Крім того, вуглеводи у свіжозрізаній зеленій біомасі можуть розпадатися до CO<sup>2</sup>, воду та тепло.

Найбільш поширена втрата сухої маси пов'язана з діяльністю мікроорганізмів, що спричиняє погіршення якості рослинного матеріалу та втрату сухої маси. Ріст мікробів безпосередньо залежить від вмісту вологи. Сухий матеріал адсорбує вологу від дощу та стає середовищем для розвитку цвілі. Покриття (рис. 1.17) та тривалість зберігання впливають на втрати сухої

маси (табл. 1.2). Наприклад, втрата сухої речовини з незакритого тюка на землі може становити від 5% до 20% протягом 9 місяців зберігання. Якщо термін зберігання збільшується до 12-18 місяців, втрати сухої маси можуть зрости до 20-35% від маси тюків. Зберігання тюків під дахом обмежить втрати до 2-5%. Дослідження показують, що немає великої різниці між втратою сухої маси для рулонних тюків і прямокутних тюків при зберіганні в подібних умовах. [4]



Рисунок 1.17 – Один із способів зберігання тюків – накривання плівкою [19]

Діапазон втрат сухої маси впливає з відмінностей у кліматі, типі культур і початковому вмісті вологи в матеріалі. Тим не менш, ці цифри підходять для прийняття рішення про тип системи зберігання, який слід вибрати для тюків. З точки зору капітальних витрат, зберігання на землі є найдешевшим, а зберігання в закритому сараї – найдорожчим.

Таблиця 1.2 Втрати залежно від способу зберігання

Метод зберігання		Період зберігання	
		Від 0 до 9 місяців	Від 12 до 18 місяців
На землі	Накритий плівкою	5–9 %	10–15 %
	Відкритий	5–20 %	20–35 %
Піднятий	Накритий плівкою	2–4 %	5–10 %
	Відкритий	3–15 %	12–35 %
Під дахом	Повністю закритий	~2 %	2–5 %
	Відкриті сторони будівлі	2–5 %	3–10 %

## 1.7 Недоліки підбирачів

Переваги і недоліки прес-підбирачів вказують на потребу їх постійного вдосконалення задля підвищення щільності пресування, зниження маси пресів, підвищення загального технічного рівня за показниками надійності, можливості автоматизації та зручності налаштування й обслуговування.

При виборі прес-підбирача слід звернути увагу на наявність потенційних слабких місць конструкції конкретної моделі. Мова не про якісь технічні огріхи, а наприклад, підвищений ризик забивання чи наявність якогось електронного рішення, котре може погано працювати за складних умов і потребуватиме неодмінного виїзду сервісного фахівця на поле.

Найважливіше під час догляду за прес-підбирачем – це контроль синхронізації механізмів, насамперед, системи подачі маси, вузлов'язачів, зубців камери попереднього пресування тощо. Більшість таких процедур може здійснюватися самостійно, силами технічних фахівців господарства, проте якщо йдеться про підготовку агрегату перед сезоном, то краще один раз викликати представника сервісної організації. Порушення синхронізації хоча б одного елемента конструкції гарантовано призведе до зупинки та навіть поломки агрегату. Також слід регулярно перевіряти натягнення ланцюгів та ременів роликів.

Однією із найпоширеніших помилок під час експлуатації прес-підбирачів є неправильний підбір потужності трактора. У господарствах нерідко орієнтуються на рекомендовані мінімальні цифри, зазначені в технічних характеристиках моделі (табл. 1.3)

Таблиця 1.3 Вимоги до потужності деяких рулонних підбирачів John Deere [20]

Модель	Необхідна потужність (к.с)
450E	55 к.с
460R	65 к.с
560R	75 к.с
560R MegaWide	125 к.с

По-перше, слід зважити на втрати потужності при подачі на ВВП трактора, а, по-друге, більш високе споживання потужності при збиранні рослинної маси з високою вологістю. Виходячи з цього, варто підібрати трактор із запасом потужності приблизно на 30-40 кінських сил вищим від рекомендованих мінімальних показників. Інакше продуктивність машини різко знизиться, а сам підбирач почне неякісно збирати масу, що в результаті може призвести до поломки.

Також потрібно не забувати й про особливості рельєфу полів, адже на горбах та видолинках машина потребуватиме різної потужності трактора.

Ще одна проблема, що виникає під час експлуатації прес-підбирачів і спричинена людським фактором: застрягання маси (рис. 1.18). Для того, щоб запобігти подібним проблемам, рекомендується встановити спеціальні датчики в пресувальній камері, що контролюють рівномірність подачі рослинної маси, її вологість та інші характеристики.



Рисунок 1.18 – Застрягання соломи в прес-підбирачі [21]

Нормальна робота машини залежить також від якості вузлов'язачів. Вони повинні бути посиленими та подвійними, щоб витримати якомога більше навантаження (рис. 1.19).

					КРБ 0002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26



Рисунок 1.19 – Погано зав’язаний тюк, який розсипався після виходу з підбирача

Якщо ми ведемо мову про потужні високопродуктивні прес-підбирачі, то повинні враховувати, що вони мають доволі велику масу. Тому їх може бути складно експлуатувати на вологому ґрунті (а така потреба може виникати), та на полях, що мають нерівний рельєф. Задля вирішення цієї проблеми деякі виробники пропонують оснащення своїх моделей додатковою віссю, що дає змогу полегшити навантаження на ґрунт, знизити ущільнення та підвищити прохідність прес-підбирача, агрегатованого з трактором.

### 1.8 Висновки до розділу 1

В цьому розділі дипломної роботи було розглянуто історію розвитку рулонних та прямокутних прес підбирачів, їхню будову та принцип роботи.

Сформовані основні відмінності між рулонними та прямокутними прес-підбирачами та тюками, які вони виробляють.

Було показано відмінності між тюками рулонної та прямокутної форми, а також методами їхнього зберігання від впливу навколишнього середовища

					<i>КРБ 0002.00.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Було виділено основні проблеми прес-підбирачів які можуть виникнути під час їхньої експлуатації:

- вимоги до потужності трактора;
- застрягання матеріалу в підбирачі;
- мала щільність пресування матеріалу;
- якість вузлов'язального апарату.

Всі ці проблеми є досить важливими та потребують постійного огляду та модернізації, бо впливають на якість виготовлення тюків а також їх подальше зберігання та використання.

					<i>КРБ 0002.00.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

## 2 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

### 2.1 Огляд рулонного прес-підбирача

Розглянемо для прикладу схему (рис. 2.1) роботи стандартного рулонного прес-підбирача зі змінною пресувальною камерою:

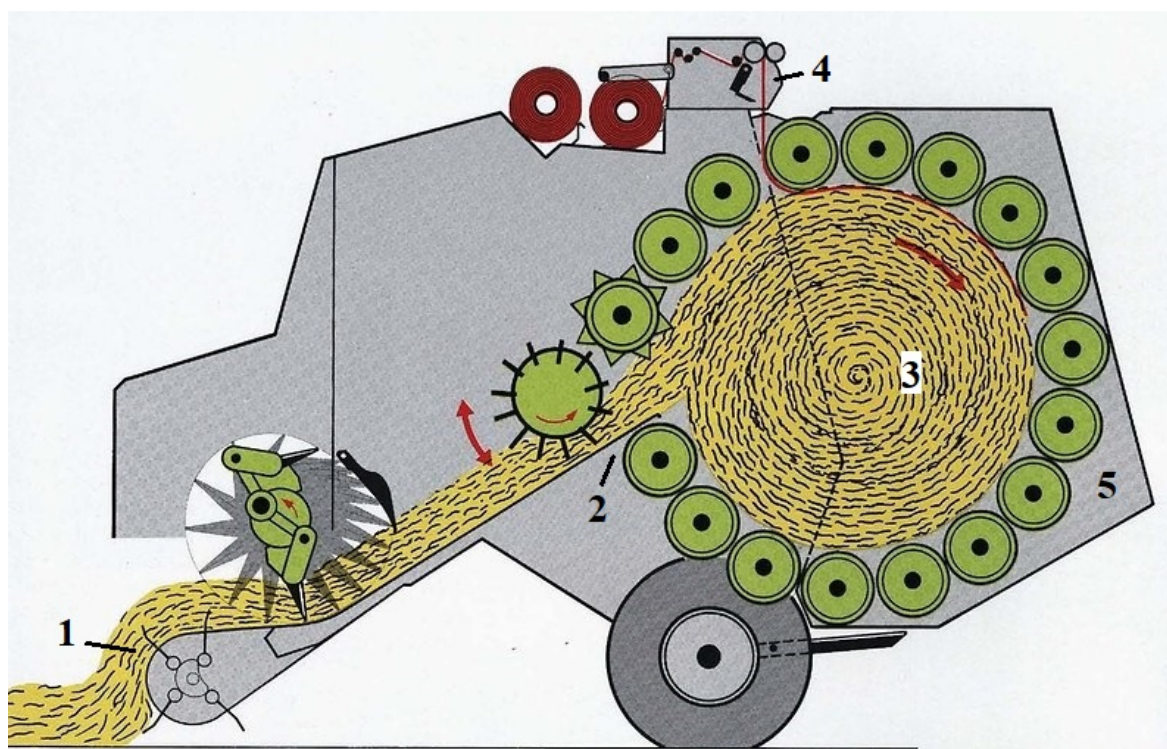


Рисунок 2.1 – Схема роботи рулонного прес-підбирача 1 – матеріал піднімають зубцями на котушці прес-підбирача; 2 – матеріал подається до пресувальної камери; 3 – пресувальна камера; 4 – обмотувальний шпагат; 5 – задні двері камери які піднімаються щоб викинути готовий тюк з підбирача

В цій дипломній роботі буде розглянута модернізація подачі матеріалу до пресувальної камери рулонного прес-підбирача на основі базової моделі ПРП-1,6А.

ПРП-1,6А призначений для підбору соломи та сіна й пресування їх у тюки циліндричної форми масою до 500 кг та щільністю від 100 до 180 кг/м<sup>3</sup> з одночасною обв'язкою шпагатом, що агрегується з тракторами класу тяги 1,4.

										КРБ 0002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
											29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Наведемо повну схему (рис. 2.2) роботи рулонного прес-підбирача ПРП-1,6А:

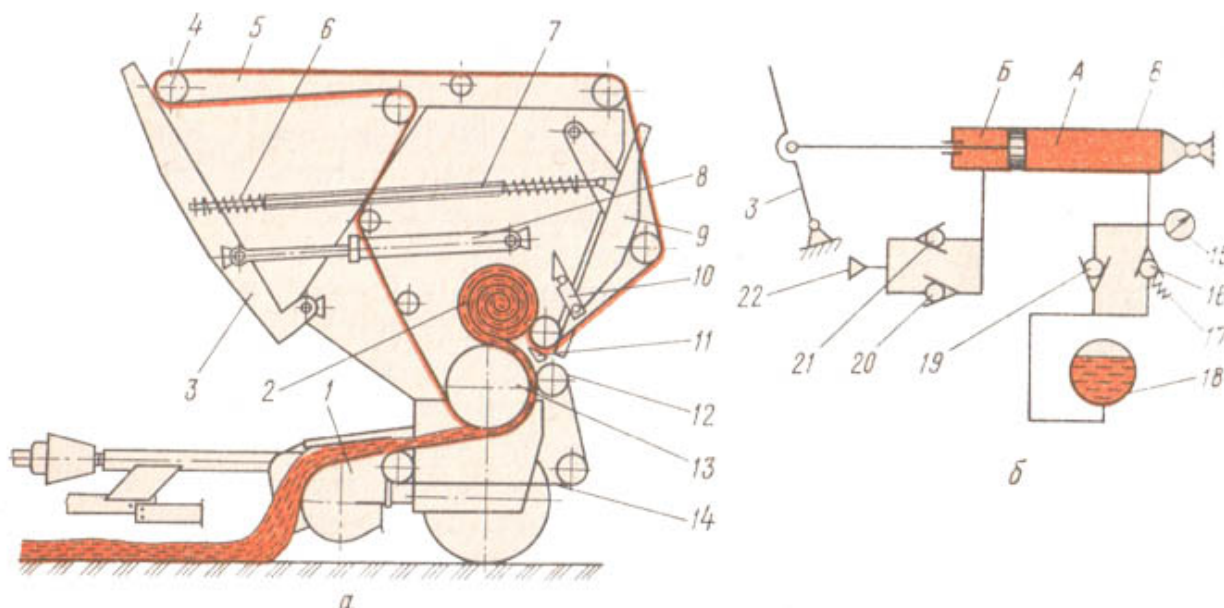


Рисунок 2.2 – Схема роботи прес-підбирача ПРП-1,6А

А – схема роботи; Б – схема гідравлічної системи; 1 – підбирач; 2 – петля; 3 – рамка; 4 – валик; 5 – пресуючий ремінь; 6 – пружина; 7 – штанга; 8 – гідроциліндр; 9 – клапан; 10 – клямка; 11 – відсікач; 12 – рухливий валик; 13 – барабан; 14 – транспортер; 15 – манометр; 16 – зливний клапан; 17 – пружина зливного клапана, що регулюється; 18 – пневмогідроакумулятор; 19 – зворотний клапан; 20 та 21 – клапани затвора; 22 – гідролінія подачі олії від гідросистеми трактора; А і Б – порожнини гідроциліндра

Головні складові прес-підбирача: ходова частина барабанного типу, що подає стрічковий транспортер, пресувальна камера, механізм приводу обмотувального апарату та системи сигналізації. Пресувальна камера, де формується циліндричний рулон, складається з боковин та п'яти пресуючих плоских ременів 5 (рис. 2.2 а), які натягуються гідроциліндрами 8, закріпленими на боковинах.

Пресуючі ремені приводяться в дію від гладкого барабана 13. Ззаду камери розташований клапан 9, що утримується в закритому положенні засувками 10, а

					КРБ 0002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

спереду - рухома рамка 3. Обмотуючий апарат складається з правої та лівої касет для шпагату, голки, механізму обрізання шпагату.

При русі агрегату вздовж валка, пружинні пальці підбирача 1 підбирають сіно або соломку і подають їх на стрічку транспортера 14. Далі маса переміщається між стрічками транспортера і барабаном 13, де попередньо стискається і ущільнюється, а потім закручується в зоні петлі 2.

У міру формування рулону розмір петлі збільшується за рахунок повороту (по ходу годинної стрілки) рамки 3. При цьому вона долає опір пружини 6 і масла, що витісняється з порожнини А гідроциліндра 8 через зливний клапан 16 пневмогідроакумулятора 18. Коли рулон досягне заданого діаметра, включається обмотуючий апарат. Спочатку автоматично подається звуковий сигнал і надалі обмотування відбувається при зупиненому агрегаті. Після цього звільняють клямки 10, клапан 9 повертається під дією пружин 6, і рулон викидається пресуючими ременями на землю.

Рамка 3 повертається у вихідне положення гідроциліндром 8, що переміщується під дією тиску масла, що надходить з пневмогідроакумулятора 18 через зворотний клапан 19.

При цьому золотник гідророзподільника трактора знаходиться в положенні «плаваюче» і масло з порожнини Б гідроциліндра витісняється в бак гідросистеми трактора через клапан 20 затвору лінії 22 надходить у порожнину гідроциліндра 8 через клапан 21 затвора.

Щільність пресування регулюють зміною стиску пружини 17 зливного клапана 16, обертаючи його маховик. При максимальній щільності пресування тиск масла, контрольований манометром 15, не повинен перевищувати 5 МПа. Кількість олії в пневмогідроакумуляторі повинна знаходитися в межах 23...24 л, а тиск повітря -0,6 ... 0,8 МПа. Діаметр рулону регулюють поворотом сектора включення апарату, що обмотує. При повороті по ходу годинникової стрілки діаметр рулону зменшується, при повороті у зворотний бік збільшується.

					КРБ 0002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.2 Опис деталі

Для покращення щільності пресування та задля покращення проходження матеріалу до середини пресувальної камери, пропонується встановлення додаткового пресувального вальця. Конструкція розташована всередині пресу й приводиться в дію стрічковим конвеєром.

Валець складається з валу, який закріплений за допомогою підшипників, які в свою чергу розміщені в корпусі та додатково зафіксовані стопорним кільцем.

Було обрано підшипники кулькові радіальні однорядні з двома ущільненнями з широким внутрішнім кільцем сферичною зовнішньою поверхнею зовнішнього кільця з настановним гвинтом у внутрішньому кільці серії 480207 за ГОСТ 24850-81, з параметрами  $d \times D \times B = 35 \times 72 \times 20$  мм.

Підшипник закріплюється у корпусі, який прикріплено до рами прес-підбирача зсередини (рис. 2.3).

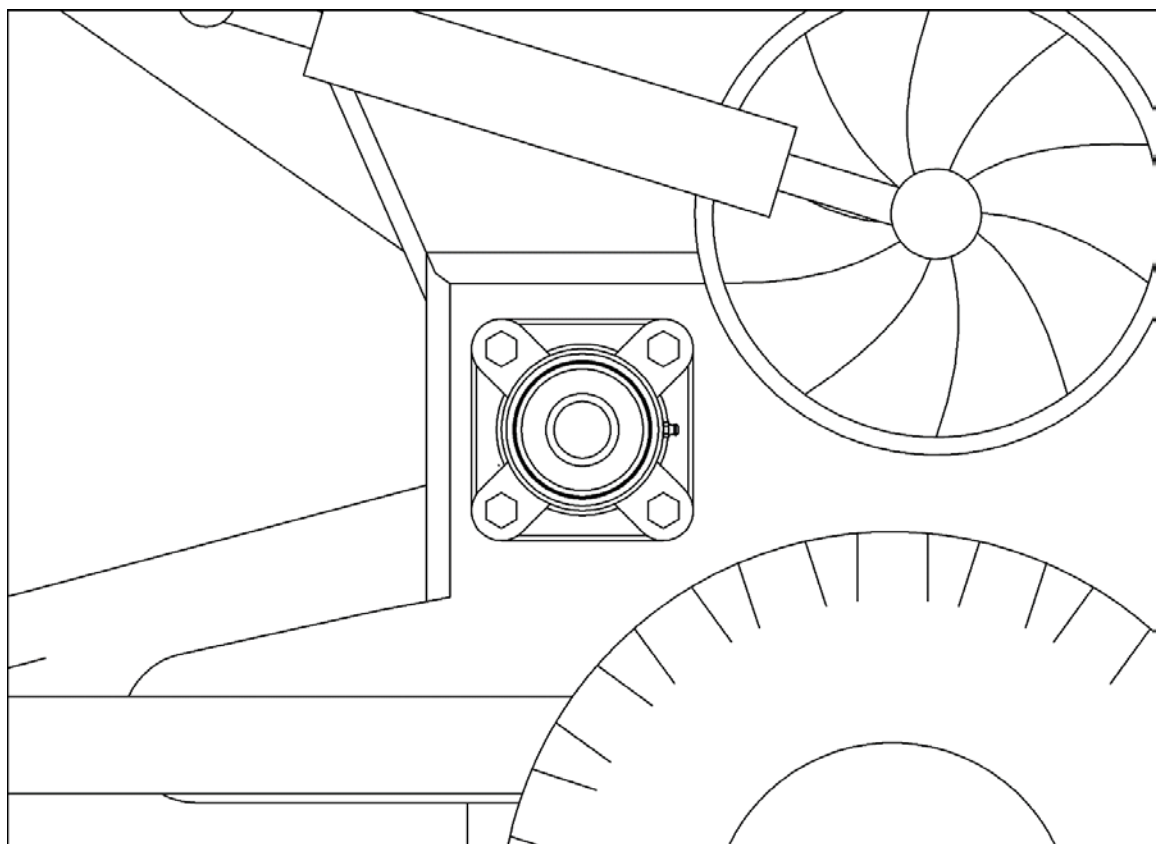


Рисунок 2.3 – Розміщення корпусу підшипника на прес-підбирачі

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ 0002.00.00.00.000 ПЗ

Арк.

32

Для виготовлення вала вибираємо сталь 45 за ГОСТ 1050; термообробка - поліпшення, твердість 260...280 НВ.

Довжина валу – 1490 мм. Діаметр основи – 100 мм. З обох боків валу приварюється деталь на якій буде розміщено підшипники. Діаметр основи деталі – 90 мм. Діаметр відрізка деталі на якому розміщено підшипник дорівнює 35 мм.

Діаметр відрізка деталі для упору підшипнику:

$$d \approx d_g + 3 \cdot r = 35 + 3 \cdot 2 = 41 \text{ мм},$$

де  $r = 2$  мм – розмір фаски підшипника

Приймаємо діаметр наступного відрізка валу за ГОСТ 6636,  $d = 42$  мм.

## 2.3 Розрахунок модернізованого прес-підбирача

### 2.3.1. Швидкість обробки поля

Розпочнімо розрахунок з важливої характеристики прес-підбирача – швидкості обробки поля. Навідміну від щільності пресування, яка впливає на якість тюків, цей параметр визначає швидкість обробки землі (площа за одиницю часу). Швидкість обробки залежить від двох складових: швидкості прес-підбирача та ширини його захвату. З швидкістю підбирача все досить просто. Чим швидше рухається підбирач – тим швидше буде сформовано тюк (проте треба враховувати, що чим швидший підбирач – тим більші у нього вимоги до потужності трактора) а значить швидше буде оброблено поле. З шириною захвату трішки складніше, адже її підбирають в залежності від специфіки роботи, розмірів поля а також вміння оператора.

Швидкість обробки поля визначається за формулою [4]:

$$C_a = \frac{SWE_f}{10}, \quad (2.1)$$

де  $C_a$  = швидкість обробки поля (га/год);

$S$  = середня швидкість техніки під час роботи (км/год);

$W$  = ширина захвату (м);

					КРБ 0002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$E_f$  = ККД підбирача (таблиця 2.1).

Швидкість техніки  $S$  може коливатися від 5 до 10 км/год (табл. 2.1), проте є деякі марки які можуть рухатися й трохи швидше (зазвичай це рулонні прес-підбирачі). Цей діапазон залежить від мінливості польових умов, що впливає на швидкість руху обладнання.

Ширина захвату  $W$  – це ширина, на якій працює підбирач. Вона може бути ширшою або вужчою залежно від конструкції та того як підбирач використовується в полі, а також від досвіду та навичок оператора.

ККД підбирача  $E_f$  (табл. 2.1) — відношення продуктивності прес-підбирача в польових умовах до теоретичної максимальної продуктивності. Ефективність роботи в полі пояснюється невикористанням теоретичної робочої ширини техніки, втратою часу через недостатню кваліфікацію оператора, частими зупинками через умови роботи на полі чи від якості зібраного матеріалу. Поїздки до поля та назад, капітальний ремонт, профілактичне технічне обслуговування та щоденне технічне обслуговування не враховуються в розрахунках продуктивності.

Таблиця 2.1 Діапазон і середні значення ККД та швидкості для прес-підбирачів [4]

Тип техніки	ККД		Швидкість	
	Діапазон (%)	Середнє (%)	Діапазон (км/г)	Середнє (км/г)
Малий прямокутний підбирач	60–85	75	4,0–10,0	6,5
Великий прямокутний підбирач	70–90	80	6,5–13,0	8,0
Рулонний підбирач	55–75	65	5,0–13,0	8,0

ККД не є постійною величиною для конкретної техніки, а змінюється залежно від розміру та форми поля, режиму роботи на полі, урожайності, вологості матеріалу та інших умов. Більшість втрат часу в полі пов'язано з обертанням і холостим ходом, часом обробки матеріалів, очищенням засміченого обладнання, регулюванням машини, змащенням і дозаправкою. Рулонні прес-підбирачі мають нижчу ефективність, ніж прямокутні, оскільки форма рулонного тюка робить обробку, транспортування та зберігання менш ефективними порівняно з прямокутним тюком.

Тепер підставимо необхідні значення у формулу 2.1. Середня швидкість  $S$  базової моделі прес-підбирача становить  $9 \text{ км/год}$ , а ширина захвату  $W = 1,6 \text{ м}$ . Середнє значення коефіцієнта ККД  $E_f$  для рулонних прес-підбирачів становить  $65\%$ . Підставивши всі ці значення у формулу 2.1 отримуємо:

$$C_a = \frac{9 \times 1,6 \times 6,5}{10} = 9,36 \text{ га/год}$$

Відповідно швидкість обробки поля  $C_a = 9,36 \text{ га/год}$ .

### 2.3.2. Продуктивність

Продуктивність – це загальна маса матеріалу, що тюкується за годину, і розраховується за допомогою швидкості обробки поля і врожайності поля [4]:

$$C_m = C_a Y, \quad (2.2)$$

де  $C_m$  = продуктивність ( $m/год$ );

$C_a$  = швидкість обробки поля ( $га/год$ );

$Y$  = середня врожайність поля ( $m/га$ ).

Врожайність поля  $Y$  це кількість матеріалу, яку зрізають і залишають на полі для подальшого збирання та пресування. Для сільськогосподарських культур зазвичай не більше  $50\%$  надземної частини рослини зрізають і пресують. На практиці, врожайність може становити лише  $25\text{--}40\%$  від загальної частини врожаю. Решту,  $60\text{--}75\%$ , залишають у полі з метою збереження ґрунту. Збирання більшого

					<b>КРБ 0002.00.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відсотка може також зібрати небажаний бруд і сторонні предмети разом з необхідним матеріалом, що може негативно вплинути на весь подальший процес.

Для прикладу, візьмемо що урожайність  $Y$  цього поля дорівнює 10 т/га сіна. Підставивши швидкість обробки поля  $C_a = 9,36$  у формулу 2.2 отримуємо:

$$C_m = 9,36 \times 10 = 93,6 \text{ т/год}$$

Продуктивність прес-підбирача  $C_m = 93,6 \text{ т/год}$ .

### 2.3.3. Вимоги потужності для рулонного прес-підбирача

Щільність тюка, якої можна досягти, залежить від технічних характеристик підбирача (розмір та продуктивність) і механічної енергії, яку можна подати до прес-підбирача.

Для рулонних прес-підбирачів ASABE Engineering Practice EP 496 (ASABE Standards, 2015b) рекомендує оцінювати робочу потужність за формулою [4]:

$$P_{op} = a + bW + cF_w, \quad (2.3)$$

де  $P_{op}$  = потужність, необхідна для роботи рулонного прес-підбирача ( $\kappa Bm$ );

$W$  = робоча ширина прес-підбирача ( $m$ );

$F_w$  = швидкість подачі матеріалу, волога маса ( $m/год$ );

$a, b$  і  $c$  = параметри, специфічні для підбирача (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 Типові значення для формули 2.3, отримані з ASAE D497 (ASABE Standards, 2015a)

Тип підбирача	$a$ ( $\kappa Bm$ )	$b$ ( $\kappa Bm/m$ )*	$c$ ( $\kappa Bm \cdot год$ )
Малий прямокутний	2,0	0	1,0
Великий прямокутний	4,0	0	1,3
Великий рулонний, змінна камера	4,0	0	1,1
Великий рулонний, фіксована камера	2,5	0	1,8

Порівнюючи вимоги до потужності, було виявлено що для прес-підбирача зі змінною камерою потрібна середня потужність 10,2 *кВт* у порівнянні з прес-підбирачем із фіксованою камерою, для якого потрібна середня потужність 13,3 *кВт*. Крім того, необхідна пікова потужність була значно меншою для камери змінної (14,5 *кВт*) порівняно з камерою фіксованою (37,5 *кВт*). Це означає, що для роботи прес-підбирача з фіксованою камерою зазвичай потрібен набагато потужніший трактор. Для гнучкої роботи з точки зору розміру та щільності тюків, рулонний прес-підбирач із гнучкою камерою є найкращим варіантом.

У цій роботі ми розглядаємо рулонний прес-підбирач який має змінну камеру, тому значення *a*, *b* і *c* дорівнюють  $a = 4$  (*кВт*),  $b = 0$  (*кВт /м*) та  $c = 1,1$  (*кВт\*год*) відповідно. Ширина захвату  $W = 1,6$  м., а швидкість подачі матеріалу  $F_w = 25,2$  *т/год*. Підставляємо значення у формулу 2.3:

$$P_{op} = 4 + (0 \times 1,6) + (1,1 \times 25,2) = 31,72 \text{ кВт}$$

Потужність, необхідна для роботи рулонного прес-підбирача  $P_{op} = 31,72$  *кВт*.

#### 2.3.4. Додаткова вимога до потужності для транспортування підбирача

Не менш важливою при виборі прес-підбирача, є додаткова потужність для буксирування прес-підбирача. Потужність, необхідну від приводу трактора для буксирування прес-підбирача, необхідно заздалегіть визначити ще до вибору прес-підбирача, щоб уникнути проблем на полі.

Спочатку визначається сила тяги трактора [4]:

$$D = r m g / 1000 , \tag{2.4}$$

де *D* = сила тяги трактора (*кН*);

*r* = коефіцієнт опору руху;

*m* = загальна маса підбирача та матеріалу всередині (*кг*);

*g* = прискорення вільного падіння = 9,81 *м/с<sup>2</sup>*.

Опір руху – це додаткова сила опору, яка має бути включена до обчислення необхідної потужності. Значення опору руху залежить від розмірів коліс підбирача,

тиску в шинах, типу ґрунту та вологості ґрунту. Стандартні значення для коефіцієнту опору руху визначені в ASAE S296 (Стандарти ASABE, 2018).

Значення  $r$  можна знайти за допомогою формули (Стандарти ASABE, 2015a) [4]:

$$r = \frac{1}{B_n} + 0,04 + \frac{0,5sl}{\sqrt{B_n}}, \quad (2.5)$$

де  $B_n$  = коефіцієнт якості поверхні (табл. 2.3);

$sl$  = десяткове значення, що кількісно показує пробуксовку коліс трактора(табл. 2.3).

Таблиця 2.3 Значення коефіцієнта якості поверхні  $B_n$ , та пробуксовку  $sl$  для різних поверхонь, по яких рухається техніка (Стандарти ASABE, 2015a).

Поверхня	$B_n$	$sl$
Твердий бетон	80	0,04–0,08
Твердий ґрунт	55	0,08–0,10
Розорений ґрунт	40	0,11–0,13
М'який ґрунт	20	0,14–0,16

Трактор працює на м'якій ґрунтовій поверхні із невеликим пробуксируванням, тому  $B_n = 20$  та  $sl = 0,15$ :

$$r = \frac{1}{20} + 0,04 + \frac{0,5 \times 0,15}{\sqrt{20}} = 0,1067$$

Далі знаходимо вагу підбирача разом з рулоном в ньому. Середня маса рулону для становить 500 кг. А маса самого прес-підбирача – 1880 кг.

Тоді загальна маса підбирача:

$$m = 500 + 1880 = 2380 \text{ кг.}$$

					КРБ 0002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тепер щоб знайти силу тяги  $D$  підставимо значення  $r = 0,1067$ ,  $m = 2380$  кг та  $g = 9.81$  м/с<sup>2</sup> у формулу 2.4:

$$D = (0,1067 \times 2380 \times 9,81) / 1000 = 2,5 \text{ кН.}$$

Враховуючи швидкість  $S$  і силу тяги  $D$ , потужність розраховується за формулою [4]:

$$P_d = \frac{DS}{3.6}, \quad (2.6)$$

де  $P_d$  = потужність трактора (кВт);

$D$  = сила тяги (кН);

$S$  = середня швидкість руху прес-підбирача (км/год).

Данне значення є приблизним, адже необхідна потужність може коливатися в певному діапазоні значень, в залежності від умов на полі чи вологості матеріалу (чим вологіший матеріал – тим більше потужності потрібно використовувати). Саме тому краще обирати трактор з трохи більшою потужністю або підбирач з трохи меншими вимогами до неї, для забезпечення запасу потужності який може знадобитися через цю мінливість використання енергії в залежності від умов роботи.

Підставимо  $D = 2,5$  кН та  $S = 9$  км/год у формулу 2.6:

$$P_d = \frac{2,5 \times 9}{3,6} = 6,25 \text{ кВт}$$

В результаті додаткова потужність трактора  $P_d$  необхідна для буксирування прес-підбирача становить 6,25 кВт

### 2.3.5. Щільність пресування

Однією з найголовніших характеристик будь-якого прес-підбирача є щільність пресування, яка впливає на загальну якість тюка незалежно від його форми. Було доведено що висока щільність дозволяє значно краще зберігати поживні цінності для подальшого використання, особливо в тваринництві у якості корму. Також цей параметр впливає на зручність транспортування. Будь яка техніка

					КРБ 0002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

має максимально допустиме навантаження та розміри, а добре спресовані тюки дозволяють мінімізувати транспортні витрати завдяки можливості вмістити більше матеріалу.

Щільність пресування обчислюється як відношення маси тюку до його об'єму [4]:

$$\rho = \frac{M}{V}, \quad (2.7)$$

де  $\rho$  = щільність пресування ( $\text{кг}/\text{м}^3$ );

$M$  = маса рулону ( $\text{кг}$ );

$V$  = об'єм рулону ( $\text{м}^3$ ).

Щільність рулонів зазвичай становить від 140 до 240  $\text{кг}/\text{м}^3$  залежно від типу матеріалу та тиску, який використовується під час їхнього формування. Створення щільного тюка вимагає відповідної потужності для формування та потужності для його подальшого транспортування. Для енергетичних застосувань щільні тюки зазвичай транспортують до гранулювальної установки, де їх спочатку подрібнюють а потім ущільнюють у ще більш щільні гранули.

Об'єм рулону знаходимо за формулою:

$$V = \pi r^2 L, \quad (2.8)$$

де  $L$  = довжина рулону ( $\text{м}$ );

$r^2$  = радіус рулону ( $\text{м}$ ).

Довжина рулону становить 1,4 м. а діаметр 1,5 м. Так як для формули нам необхідний радіус, ми отримуємо  $r = 0,75$  м. Тепер підставимо всі значення у формулу 2.8:

$$V = 3,14 \times 0,75^2 \times 1,4 = 2,47 \text{ м}^3$$

Вже відомо масу тюка та його об'єм, тому можемо одразу порахувати щільність пресування, де  $M = 500$  кг. та  $V = 2,47$   $\text{м}^3$ :

$$\rho = \frac{500}{2,47} = 202 \text{ кг}^3$$

В результаті отримуємо щільність  $\rho = 202$   $\text{кг}^3$ .

					КРБ 0002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.4 Висновки до розділу 2

В данному розділі дипломної роботи було розглянуто рулонний прес-підбирач ПРП-1,6А, який було взято за базову модель для покращення. Було оглянуто його характеристики, будову та принцип роботи.

Була подана ідея для покращення рулонного прес-підбирача, у вигляді встановлення додаткового вальця пресування, який повинен покращити якість подачі матеріалу до камери пресування завдяки додатковому спресуванню матеріалу після його піднімання.

Під час обчислення було виділено та обчислено основні характеристики прес-підбирача, такі як:

- Швидкість обробки поля;
- Продуктивність;
- Енергетичні вимоги для рулонних прес-підбирачів;
- Вимоги до енергії для приводу трактора;
- Щільність пресування.

Обчислення щільності пресування модернізованого прес-підбирача показало, що данне покращення збільшує щільність пресування  $\rho = 202 \text{ кг}^3$ , у порівнянні з базовою моделлю, де  $\rho_{max} = 180 \text{ кг}^3$ .

					КРБ 0002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 3 ЕКСПЛУАТАЦІЯ ПРЕС-ПІДБИРАЧА

### 3.1 Підготовка до роботи

Перед початком сезону збору, необхідно провести ретельний технічний огляд прес-підбирача а також трактора, до якого буде причіплений цей підбирач (рис. 3.1). Цей огляд необхідний щоб запобігти можливим поломкам, які в свою чергу можуть призвести до затримок в роботі а також можуть завдати значної шкоди як матеріалу так і робітникам. Це включає в себе заміну зламаних або зношених зубців підбирача, заміну зношених ременів і підтримку системи подачі шпагату в належному стані. Якщо потрібне технічне обслуговування під час роботи, оператор перш ніж зійти з трактора для огляду прес-підбирача повинен вимкнути вал відбору потужності, заглушити двигун, встановити стоянкове гальмо і дочекатися повної зупинки маховика та всіх інших рухомих частин, перш ніж починати ремонт.



Рисунок 3.1 – Спеціаліст оглядає прес-підбирач [22]

					КРБ 0002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Заздалегіть потрібно переконатися що трактор і навантажувач здатні безпечно впоратися з вагою та розміром великих тюків. Навантажувач повинен мати робоче навантаження, яке перевищує розмір і вагу тюків. Також варто подбати про якісне закріплення тюків у навантажувачі, щоб уникнути їхнього падіння та/або перекидання самого навантажувача.

### 3.2 Охорона праці під час роботи з прес-підбирачем

Для початку роботи з прес-підбирачами слід дотримуватися певного дрес-коду:

- довгі штани та верхній одяг з довгими рукавами;
- міцне та добре зашнуроване взуття;
- шкіряні або гумові рукавиці;
- захисні окуляри;
- уникати розпущеного довгого волосся;
- уникати прикрас;
- уникати вільного одягу;
- при роботі в спекотну пору варто одягнути капелюх.

До ножів, ременів, валу відбору потужності (ВВП), шнеків, вузлов'язальних пристроїв і механічних рукояток слід ставитися з особливою обережністю. Під час роботи прес-підбирача заборонено торкатися будь-яких з цих рухомих частин (рис. 3.2). Коли машина працює, подавати в неї матеріал вручну, наприклад зламані тюки або важкі валки, неварто. Натомість краще розкласти матеріал на землі, щоб машина могла його забрати.

					<i>КРБ 0002.00.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.2 – Оглядати будь-які рухомі елементи можна лише після повної зупинки роботи підбирача

Працюючи на рулонному прес-підбирачі, завжди потрібно замикати та/або блокувати задню кришку, якщо потрібно перебувати під нею. Це робиться для того, щоб вона не закрилася передчасно або не вдарила когось під час свого відкриття.

Коли тюк сформовано, він викидається з прес-підбирача. Залежно від будови це може бути або просте викочування рулонного тюка з-заду прес-підбирача, або викидування його за допомогою швидкої конвеєрної стрічки. Проте варто бути дуже обережним, адже вага тюків може бути досить великою. Тому варто уникати знаходження позаду механізму викидання тюків, щоб уникнути серйозних травм (рис. 3.3).



Рисунок 3.3 – Сформований тюк викочується з прес-підбирача [23]

					<b>КРБ 0002.00.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Для додаткової безпеки в спекотну погоду, рекомендовано мати при собі вогнегасник. Спекота, сухість, тертя від ременів і ланцюгів, а також легкозаймисті матеріали можуть призвести до пожежі.

### 3.3 Переміщення та зберігання тюків

Перед початком переміщення тюків слід забезпечити їх надійне кріплення на вилах піднімача або у руці захвату. Небажано піднімати тюк вище ніж потрібно, адже це може призвести до перекидання техніки (рис. 3.4).

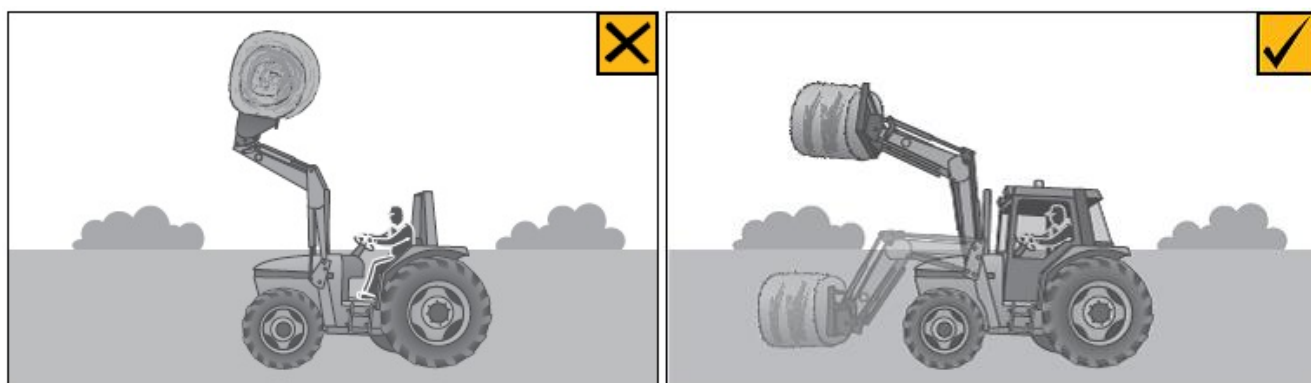


Рисунок 3.4 – Неправильний та правильний спосіб переміщення тюків [24]

При перевезенні у причепі спочатку варто ознайомитися з максимальним можливим лімітом навантаження. Необхідно забезпечити правильне розміщення тюків щоб запобігти можливим пошкодженням матеріалу або випадінням тюків з причіпу.

Зберігати прямокутні тюки (та особливо рулонні тюки) варто на рівній поверхні, щоб уникнути нестабільності конструкції. Також потрібно забезпечити достатню відстань від стовбів електропередачі, для запобігання можливої пожежі.

Якщо тюки зберігаються всередині, то необхідно враховувати висоту та площу будівлі, особливо якщо зберігати потрібно велику кількість.

Тюки слід складати акуратно, щоб вони були стабільними. Також бажано впевнитися що всі тюки однакового розміру та щільності, для забезпечення

					КРБ 0002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

додаткової стабільності (рис. 3.5). Якщо тюки зберігаються ззовні, слід подбати про огорожу від тварин, адже вони можуть їсти частини нижніх тюків або дряпатися об них, роблячи конструкцію нестабільною.



Рисунок 3.5 – Правильне зберігання тюків [25]

					<i>КРБ 0002.00.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

## ВИСНОВКИ

Збирання сіна, соломи та інших трав є важливою частиною сільського господарства. Створення, зберігання та транспортування коштує 50% від вартості цих матеріалів. Саме тому аналіз та вдосконалення цього процесу є досить важливим.

Найпоширенішою технікою для збору сіна та соломи є рулонні та прямокутні прес-підбирачі, в конструкції яких є різні технічні рішення спрямовані на покращення якості зібраних рослинних матеріалів, а також їх зберігання та перевезення. Прес-підбирачі використовуються не тільки в сільському господарстві, а й також в промисловості на підприємствах з переробки матеріалів, головним чином для пресування металу, пластику або паперу для транспортування.

Основною відмінністю рулонних пресів від прямокутних, це форма та розміри тюків. Рулонні тюки вирізняються розмірами та масою, а прямокутні забезпечують кращу щільність і зручність для транспортування.

У кваліфікаційній роботі було сфокусовано на головному компоненті рулонного прес-підбирача зі змінною камерою пресування, а саме пресувальному пасу, який відповідає за сам процес спресовування матеріалу в рулон.

В роботі за базову модель прес-підбирача було вибрано рулонний прес-підбирач ПРП-1,6А, який використовується для збирання сіна та соломи й формує їх в рулонні тюки масою до 500 кг.

Спроектовано додатковий пресувальний валець, який встановлюється перед головним пресувальним валом, й допомагає покращити щільність матеріалу який надходить всередину пресувальної камери.

Використання данної конструкції дозволяє збільшити щільність пресування матеріалу в рулонні, що напряду впливає на якість зберігання.

					<i>КРБ 0002.00.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. <https://meathhistoryhub.ie/haymaking/>
2. <https://www.northcountryatwork.org/archive-items/three-men-building-a-stack-of-oat-hay/>
3. Bridon Cordage, The role of twine in North American agriculture
4. [https://eng.libretexts.org/Bookshelves/Biological\\_Engineering/Introduction\\_to\\_Biosystems\\_Engineering\\_\(Holden\\_et\\_al.\)/01%3A\\_Energy\\_Systems/1.04%3A\\_Baling\\_Biomass-\\_Densification\\_and\\_Energy\\_Requirements](https://eng.libretexts.org/Bookshelves/Biological_Engineering/Introduction_to_Biosystems_Engineering_(Holden_et_al.)/01%3A_Energy_Systems/1.04%3A_Baling_Biomass-_Densification_and_Energy_Requirements)
5. Jason Hasert "[Allis-Chalmers Innovation](#)", 2001
6. [https://agupdate.com/midwestmessenger/fame-on-the-luebben-farm/article\\_f4da888a-bb80-51ce-94fb-c8ca6f714e1c.html](https://agupdate.com/midwestmessenger/fame-on-the-luebben-farm/article_f4da888a-bb80-51ce-94fb-c8ca6f714e1c.html)
7. Wesley F. Buchele "[Alumni Memories](#)"
8. "[Innovative Baler](#)"
9. "[Why the large round bale? A little hay history. - Free Online Library](#)"
10. <https://web.archive.org/web/20090924013317/http://www.vermeerag.com/history/1972.cfm>
11. <https://collections.museumsvictoria.com.au/items/1408384>
12. <https://en.wikipedia.org/wiki/Baler>
13. [https://kr.freepik.com/premium-photo/bales-harvested-flax-summer-field-linum-closeup-plant-from-which-oil-clothing-are-made-important-agricultural-crop\\_30574403.html](https://kr.freepik.com/premium-photo/bales-harvested-flax-summer-field-linum-closeup-plant-from-which-oil-clothing-are-made-important-agricultural-crop_30574403.html)
14. <https://agroexpert.ua/rulonni-ci-pakovi-pres-pidbiraci-obiraemo-lipsii/>
15. [https://pami.ca/pdfs/reports\\_research\\_updates/\(4a\)%20Balers%20and%20Baler%20Attachments/677.PDF](https://pami.ca/pdfs/reports_research_updates/(4a)%20Balers%20and%20Baler%20Attachments/677.PDF)
16. <https://www.pinterest.com/pin/647181408947963998/>
17. <https://tractorzoom.com/equipment/a3c2904d-2455-4f2d-9a84-af3ad2055869>
18. [https://pami.ca/pdfs/reports\\_research\\_updates/\(4a\)%20Balers%20and%20Baler%20Attachments/628.PDF](https://pami.ca/pdfs/reports_research_updates/(4a)%20Balers%20and%20Baler%20Attachments/628.PDF)

					КРБ 0002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

19. <https://agri.manupackaging.ua/yak-zahistiti-tyuki-zapakovani-v-sitku-abo-shpagat/>
20. <https://agriculture.papemachinery.com/blog/horsepower-requirements-for-round-balers>
21. <https://www.youtube.com/watch?v=poAci4t0t7Q>
22. <https://makinhay.com/daily-maintenance-hay-season-right-right-now/>
23. <https://www.canadiancattlemen.ca/crops/forages/hay/timely-maintenance-can-prevent-round-baler-fires/>
24. <https://www.worksafe.qld.gov.au/safety-and-prevention/hazards/workplace-hazards/agriculture/working-with-hay-bales>
25. [https://www.saif.com/images/SafetyandHealth/CoreDocPages/Oregon%20Hay%20-%20IMG\\_5877.jpg](https://www.saif.com/images/SafetyandHealth/CoreDocPages/Oregon%20Hay%20-%20IMG_5877.jpg)
26. Сільськогосподарські і меліоративні машини: Навчальний посібник / Кошук О. Б., Лузан П. Г., Мося І. А., Герлянд Т. М., Романов Л. А. – К. : ІПТО НАПН України, 2015. – 291 с.
27. Sokhansanj, S. (2020). Baling Biomass: Densification and Energy Requirements. In Holden, N. M., Wolfe, M. L., Ogejo, J. A., & Cummins, E. J. (Ed.), Introduction to Biosystems Engineering.

					<i>КРБ 0002.00.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

# ДОДАТКИ

					<i>КРБ 0002.00.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50