

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії та енергетики
Кафедра процесів, машин і обладнання в агроінженерії

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

КУЛІШ БОГДАН МИХАЙЛОВИЧ

УДК 631.363.2

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРґАНІВ
КОРМОЗБИРАЛЬНИХ МАШИН

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ Б. М. Куліш

Керівник роботи

Заєць М. Л.

кандидат технічних наук

Житомир – 2021

АНОТАЦІЯ

Куліш Богдан Михайлович. Обґрунтування параметрів робочих органів кормозбиральних машин. – *Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

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

У кваліфікаційній роботі наведено аналіз конструкцій машин для підбирання валків сіна природних і сіяних бобових трав, соломи зернових культур, підв'яленої зеленої маси та пресування їх у тюки прямокутної форми з обв'язуванням кожного сформованого тюка шпагатом. Обґрунтовано основні конструктивно-технологічні параметри робочих органів машини, з врахуванням механіко-технологічних властивостей стеблових матеріалів.

Встановлено взаємозв'язок конструкційних параметрів подрібнювального пристрою кормозбиральної машини з енергетичними параметрами процесу різання та ущільнення маси. Отримано теоретичні залежності зміни конструкційно-кінематичних та механічних властивостей матеріалу на техніко-експлуатаційні показники роботи машини.

Обґрунтовано значення показників подавального пристрою кормозбиральної машини, шляхом математичного моделювання процесу подачі стеблової маси для визначення параметрів подільника-подавача кормозбиральної машини та встановлення його геометричних параметрів. Отримані моделі, які дозволяють визначити рух стебел та взаємодію їх із радіальним пальцевим ротором-подавачем і пристроєм для ущільнення маси перед пресуванням.

Наведені загальні висновки по роботі, що можливо стануть в подальшому корисними для проектування робочих органів машин для пресування стеблових кормів.

Ключові слова: подільник, подавач, кормозбиральна машина, механічні властивості, моделювання процесу.

SUMMARY

Kulish Bogdan. Substantiation of parameters of working bodies of forage harvesters. - Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualifying work for a master's degree in 208 Agroengineering. - Polissya National University, Zhytomyr, 2021.

The qualification work analyzes the design of machines for picking hay rolls of natural and sown legumes, straw of cereals, dried green mass and pressing them into rectangular bales with tying each formed bale with twine. The main structural and technological parameters of the working bodies of the machine are substantiated, taking into account the mechanical and technological properties of stem materials.

The relationship between the design parameters of the shredder of the forage harvester with the energy parameters of the process of cutting and compaction of the mass is established. Theoretical dependences of change of design-kinematic and mechanical properties of material on technical-operational indicators of work of the car are received.

The value of indicators of the crushing device of the forage machine is substantiated, by mathematical modeling of process of giving of a stalk weight for definition of parameters of a divider-feeder of the forage machine and establishment of its geometrical parameters. Models are obtained that allow to determine the movement of the stems and their interaction with the radial finger rotor-feeder and the device for compacting the mass before pressing.

The general conclusions on work which can become in the future useful for designing of working bodies of cars for pressing of stalk forages are resulted.

Key words: divider, feeder, feeding machine, mechanical properties, process modeling.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА МАШИН І ЇХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДЛЯ ПІДБИРАННЯ ВАЛКІВ СІНА	
1.1. Технологічні властивості трав та вплив їх на динаміку технологічного процесу.....	7
1.2. Аналіз подрібнювальних пристроїв кормозбиральних машин.....	8
Висновки до розділу 1.....	9
РОЗДІЛ 2. АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ КОРМОЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ З ОДНОЧАСНИМ ПРЕСУВАННЯМ МАСИ	
2.1. Порівняльний аналіз конструктивно-технологічних параметрів камер пресування маси.....	16
2.2. Обґрунтування параметрів подільника-подавача кормозбиральної машини.....	20
Висновки до розділу 2.....	24
РОЗДІЛ 3. СТАТИСТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНО- ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ КОРМОЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ	
3.1. Визначення закономірності розподілу основних експлуатаційно- технологічних параметрів кормозбиральної машини.....	25
Висновки до розділу 3.....	28
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	29
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	31

ВСТУП

Актуальність теми. Зміцнення продовольчої безпеки країни неможливе без ефективного розвитку галузі тваринництва. Неодмінною умовою ведення ефективного тваринництва є наявність надійної та якісної кормової бази.

Перед аграріями стоїть завдання виробництва високоякісних кормів з допомогою запровадження сучасних енергоощадних технологій. Однією з таких технологій є збирання сіна в тюках, що дозволяє за рахунок швидкого щільного пресування та надійної герметизації отримати якісний корм з мінімальними втратами поживних речовин та біомаси.

Для використання потенціалу цієї технології потрібна адаптація машин та їх робочих органів до конкретних умов роботи. А тому задача по обґрунтуванню параметрів робочих органів кормозбиральних машин з урахуванням їх варіаційних технологічних властивостей, спрямованих на підвищення ефективності процесу заготівлі сіна в тюках, являють теоретичний та практичний інтерес, а тема кваліфікаційної роботи є досить актуальною.

Мета роботи: підвищення ефективності технологічного процесу заготівлі сіна в тюках, за рахунок обґрунтування раціональних, адаптивних параметрів і змінних механічних властивостей матеріалу.

Завдання дослідження:

1. На основі синтезу процесів заготівлі кормів встановити параметри, що впливають на ефективність технології збирання стеблових кормів, та на їх основі розробити імітаційну модель технологічного процесу пресування матеріалу;
2. Обґрунтувати конструктивно-кінематичні параметри подільника-подавача стеблової маси кормозбиральної машини та отримати залежність для визначення показників подільника-подавача;
3. Встановити аналітичні залежності шляхом математичного моделювання процесу подачі стеблової маси для визначення параметрів подільника-подавача кормозбиральної машини та встановлення його геометричних параметрів.

4. Визначити статистичні характеристики експлуатаційно-технологічних параметрів кормозбиральної машини.

Об'єкт дослідження – технологічний процес збирання стеблових кормів у тюках.

Предмет дослідження – взаємозв'язок конструкційно-кінематичних параметрів подільника-подавача кормозбиральної машини з механіко-технологічними показниками його роботи.

Методи виконання роботи. Робота виконувались із використанням методів механіко-імітаційного моделювання, теорії руху матеріалів по робочих органах.

Перелік публікацій автора за темою роботи:

1. Куліш Б. М. Розрахунок параметрів кормозбиральної машини з одночасним пресуванням маси / Б. М. Куліш, М. Л. Заєць // *Матеріали науково-практичної конференції факультету інженерії та енергетики «Студентські читання – 2021»*. 20 травня 2021 р. Житомир: Поліський національний університет, 2021. С. 42-45.
2. Заєць М. Л. Обґрунтування параметрів подільника-подавача кормозбиральної машини / М. Л. Заєць, Б. М. Куліш // *Матеріали науково-практичної конференції факультету інженерії та енергетики «Студентські читання – 2021»*. Житомир: Поліський національний університет, 2021. С. 51-54.
3. Заєць М.Л. Аналіз подрібнювальних пристроїв кормозбиральних машин / М. Л. Заєць, Б. М. Куліш //Зб. Тез *VII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»* Ж.: ЖАТК, 2021. С.154-157.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 16 найменування. Загальний обсяг роботи становить 31 сторінка рукописного тексту, 19 рисунків.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА МАШИН І ЇХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДЛЯ ПІДБИРАННЯ ВАЛКІВ СІНА

1.1. Технологічні властивості трав та вплив їх на динаміку технологічного процесу

Якість заготовленого сіна багато в чому залежить від ряду факторів – виду трав, фази в період збирання, тривалості та рівномірності сушіння в полі. Для заготівлі використовують однорічні та багаторічні бобові та злакові трави у чистому вигляді та у складі змішаних трав. При виборі технологій та машин для скошування та сушіння трав слід враховувати, що найбільш цінними за кормовими одиницями є листя та суцвіття, в яких міститься поживних речовин у 2-3 рази більше, а протеїну – у 5-10 разів більше, ніж у стебловій частині [1, 2,3,].

Вибір терміну скошування трав з урахуванням їх біологічних властивостей є важливою умовою отримання високоякісних кормів. У перший період розвитку рослини –у бобових або до фази виходу в трубку у злаків - збільшення маси йде за рахунок листової частини, а потім – за рахунок стеблевої. Необхідно відмітити, що висушування рослин у більш пізній фазі розвитку пов'язані зі збільшенням механічних і біохімічних втрат поживних речовин, насамперед білка та каротину. Тому скошувати трави на сіно доцільніше не пізніше початку цвітіння у бобових трав, а у злакових трав фазі – виходу в трубку .

Збір сухої речовини у фазі цвітіння більший, але загальний кількість перетравних поживних речовин у фазі бутонізації кращий. Крім того, раннє скошування дозволяє отримати більший валовий збір[3. с. 214].

Зростання термінів збирання за межі рекомендованого періоду супроводжується суттєвим збільшенням біологічних та масових втрат кормів (до 1,8...2% щодня) через зменшення вмісту поживних речовин у стеблестої та зниження їх перетравності [1, 5]. Врожайність та якість сіна безпосередньо залежать від висоти скошування трав. Оптимальна висота скошування

багаторічних трав становить 5...6 см, люцерни та люцерно-злакових сумішей – 7...8 см [1, 3,]. При надто низькій висоті скошування зменшується врожайність трав у наступні скошування, а за високе скошування призводить до недобору врожаю в поточному скошуванні. Крім своєчасного та якісного скошування трав важливим фактором, що надає великий вплив на якість сіна, є тривалість сушіння скошеної трави в полі. Сушіння слід проводити в найкоротший термін, щоб зменшити біологічні втрати та негативний вплив погодно-кліматичних чинників.

1.2. Аналіз подрібнювальних пристроїв кормозбиральних машин

Прес-підбирач Qvadrant 3400 (рис. 1.1.) був створений для збирання сіна трав, підбирання соломи зернових після комбайнів, з одночасним пресуванням у тюки прямокутного перерізу з фіксацією кожного тюка мотузкою. Машина агрегатується з енергетичними засобами тягового класу 30 кН . [6].



Рис. 1.1. Прес-підбирач Qvadrant 3400

Прес-підбирач Qvadrant 3400 складається із (рис. 1.1.) : рами з приципним пристроєм, для двоточково навіски і рухів; підбирача валків; роторно-ножового подавача; камери зтискання; приводу робочих органів; системи гідроприводу; механізму вязання тюків та електросистеми контролю технологічного процесу[6].

Несуча конструкція рами машини нероз'ємної конструкції, на якій встановлено корпус та всі робочі частини кормозбиральної машини. До неї прикріплено ходову систему та причіпний пристрій.

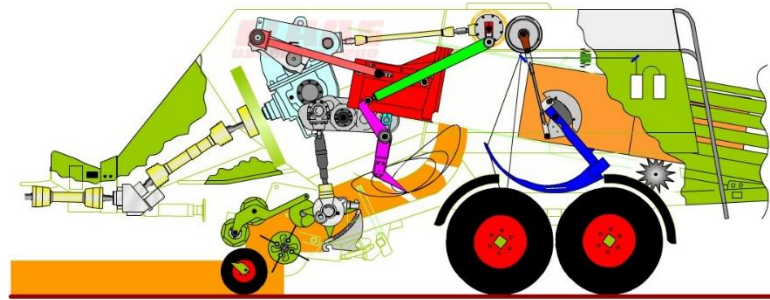


Рис.1.2. Функціональна схема прес-підбирач Qvadrant 3400

Прес-підбирач призначений для збирання стебло-листової маси з валків і за допомогою роторного подавача переміщення її у камеру пресування. Для робочих механізмів машини відносяться пальцевий підбирач, розміщений на передній частині з гідроприводом керування його положення. Корпус валкопідбирача приєднаний до рами машини шарнірно. До корпуса валкопідбирача встановлено два змінні по висоті опорних колеса, що дозволяють забезпечити копіювання нерівностей поверхні поля[6,7].

Подавач роторного типу виготовлений у формі валу, в якому встановлені п'ять подвальних ножів, які протискають зібрану масу в пресувальну камеру.

Робоча камера має функцію для формування тюків із стеблевої маси, яка подається пальцевим підбирачем та роторним подавачем, для більш рівномірної подачі та формування щільності тюків. Вона складається нижнього фіксованого та двох рухомих елементів, які забезпечують пресування тюка необхідної щільності.

Привідний механізм має карданний вал, маховик, редуктор, ланцюг приводу підбирачів, роторного подавача та механізму вязання тюків[6].

Кормозбиральна машина обладнана гідроциліндрами зміни зусилля стискання в камері пресування з манометром, який інформує про дійсне зусилля у пресувальній камері, гідроциліндри зміни положення підбирача, з'єднувальні

гідролінії та сполучна арматура. Підбирач Qvadrant 3400 обладнаний незалежною гідросистемою системою керування [6].

Механізм вязання тюків призначений для фіксації зпресованих тюків мотузкою. Він має шість в'язальних апаратів, які здатні виконувати свої функції без зупинки агрегату та в автоматичному режимі [6, 7].

Електропристрої машини завдяки блоку управління контролюють технологічний процес роботи машини та підключені до живлення трактора з показником інформації в кабіні. [7].

Опис технологічного процесу

Робочий процес кормозбирального агрегату відбувається так: машина рухається таким чином, щоб валок розміщувався між ведучими рушіями трактора та опорними колесами підбирача. Пружинні пальці підбирача (рис. 1.3.) переміщують валок, з поверхні поля і подають стебла до ротаційного подавача. Приведення в дію пальцевого підбирача відбувається ланцюговою передачею [6].

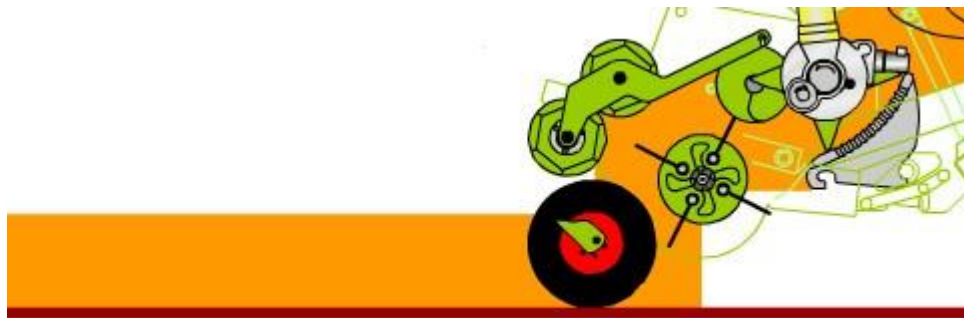


Рис.1.3. Технологічна схема підбирача валка

З метою формування рівномірного потоку стelloвої маси притискні барабани, які встановлені над підбирачем та наявний в машині роторний подавач а маса ущільнюється, фурмується в цільний потік, що впливає на підвищення подачі стеблового матеріалу в камеру пресування.

У камері пресування проходить процес закладання майбутнього тюка та формування його параметрів. За допомогою гідросистеми машини ми маємо змогу змінювати щільність пресування тюка (рис. 1.4.) за рахунок зміни положення стінок камери, регулюючи щільність матеріалу тюка. Величину

ущільнення тюка контролюють за допомогою двох датчиків, які встановлені на стінках камери, і мають змогу вирівнювати тиск на стінках [6].

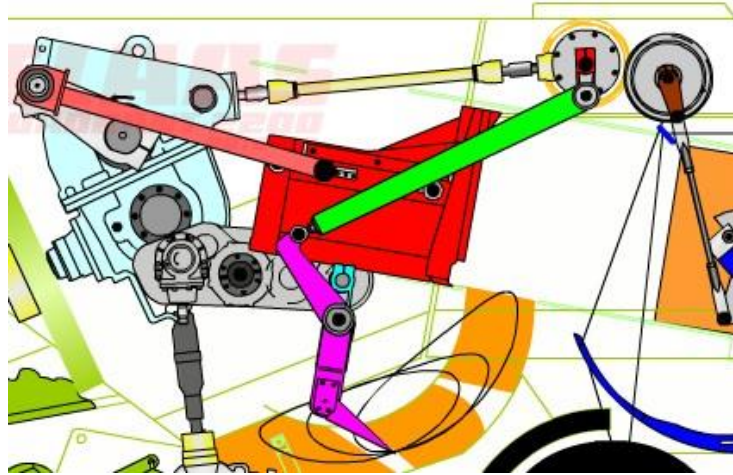


Рис. 1.4. Камера пресування матеріалу

Після завершення процесу пресування та коли параметри тюка досягли, (щільність, висота, довжина) необхідних параметрів, відбувається процес в'язання тюка мотузкою за допомогою вузлов'язального механізму (рис. 1.5.), даний процес відбувається автоматично без вимушено зупинки агрегату.

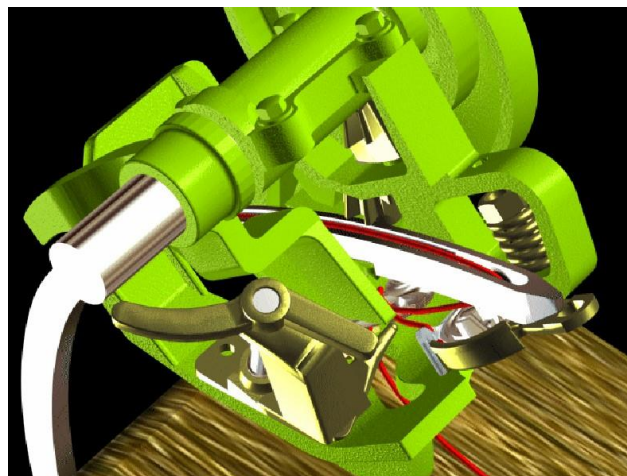


Рис. 1.5. Вузлов'язальний механізм

Видалення тюка з камери пресування на поверхню поля (рис. 1.6) відбувається наступно сформованим тюком, шляхом штовханням в торцеву зону без зупинки технологічного процесу..

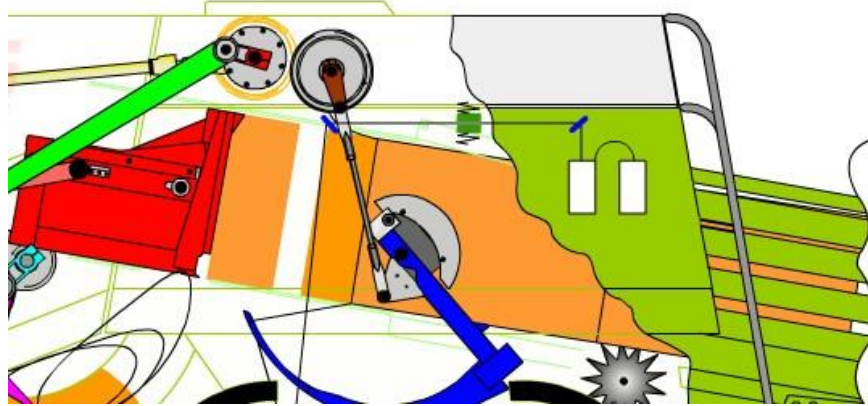


Рис. 1.6. Процес виштовхування тюка з камери пресування

Якість роботи. Під час проведення випробувань прес-підбирач працював на підбиранні і пресуванні у великогабаритні тюки соломи озимого ячменю. Якість роботи агрегату оцінена на 7,5 з 10. Під час випробувань пошкодження тюків не спостерігалось. Втрати стеблового матеріалу становили 0,8% (за АТВ не більше 2%). Геометричні розміри тюка відповідають заявленим.

Щільність пресування відповідає зоотехнічним вимогам і регулюється у залежності від механіко-технологічних властивостей збираємої маси. В залежності від потреби виробника, довжину тюка можна змінювати у межах від 900 ... 3000 мм, ширина тюка становить 1200 мм, висота – 700 мм[9].

Аналізуючи вище викладене можна зробити наступний висновок, що подрібнювальний та підбиральний пристрій, при виконанні роботи, мають неоднорідність подачі матеріалу по розмірним показникам стебел та потребують подальшого уточнення та модернізації.

Вирбники сільськогосподарської техніки KRONE та Claas – одині із передових виробників по проектуванню та випуску машин для збирання кормових культур, таких як прес-підбирачі марок Quadrant, Rollant та Variant. Дана технологія досить поширена, оскільки дає змогу зменшити питомі витрати

на навантаження тюків та рулонів та їх транспортування, а також зменшити виробничі потужності при зберіганні пресованих кормів.

При збиранні сіна та сінажу машини та їх модифікації CLAAS містить ротор-подавач Roto Cut (рис. 1.7.), це подрібнювальний ротор, який встановлений за підбирачем з протирізальними пластинами, і призначений для подрібнення стебел рослин[6].



Рис. 1.7. Загальний вигляд ротора Roto Cut фірми CLAAS

Даний робочий орган з чотирма рядами попарно змонтованих по гвинтовій лінії пальцевих захватів та чотирнадцяти протирізальних пластин та запобіжний механізм перевантажень. Родрібноючи стеблову масу, ми отримуємо біль рівномірну подачу матеріалу у камеру пресування, що поліпшує процес стискання та рівномірне завантаження поршня машини, а для сінажу покращенню умов сквашування[6].

Кормозбиральна машина Quadrant 3400 – це досить оригінальний підбирач з гідроприводом та конструктивною шириною захвату 2,3 м (робоча – 2,1 м), що розрахований на швидкісне збирання та та максимальну пропускну здатність, оскільки в ньому встановлений подрібнювальний ротор подавач (рис. 1.8.) довжиною 1300 мм і радіусом 430 мм є рекордсменом серед аналогів[6].

Використовуючи схему розміщення двадцяти п'яти парних ножів з дев'ятьма пальцями, які зміщені на крок гвинта лінії установки, дає можливість виконати біля 467 різів за секунду з довжиною різання 45-50 мм. В залежності від

типу кормів та умов збирання є можливість змінювати кількість ножів, з 0-25 та регулювати довжину подрібнення та інтенсивність.



Рис. 1.8. Ротор-подрібнювач машини Quadrant 3400 (загальний вигляд)

Виробник кормозбиральної техніки KRONE також виготовляє даного типу машини, з причіпами для подрібненого матеріалу різного об'єму, які обладнано новим підбирачем Easy Flow (рис. 1.9.), подрібнювальним пристроєм грабельного та роторного виду з дубльованими вісями. В залежності від типу причіпа вони можуть бути різної компоновки. З дубльованими вісями з важелями підвіски, які розташовано вздовж машини та листовою ресорою-компенсатором. На даного типу машинах можуть встановлюватись віссі з керованими рушіями та системою гідравтоматичної компенсації кута крену[8].

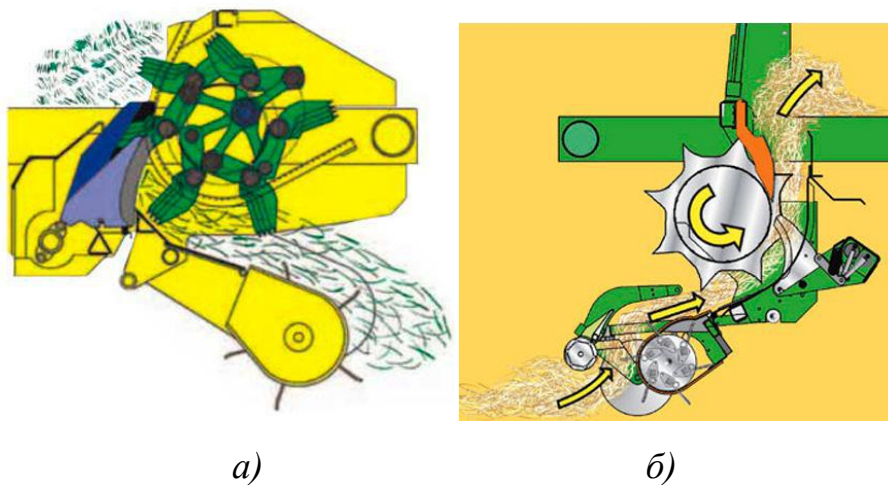


Рис. 1.9. Схеми підбирачів з керованими граблинами (а) та пристрою з живильним ротором-подрібнювачем (б) підбирачів АХ, МХ, ZХ

Висновки до розділу 1

1. Проаналізувавши подавально-подрібнювальні пристрої різних виробників машин по конструкції та компонованню: вони досить схожі і відрізняються тільки конструктивним виготовленням та геометрією робочих поверхонь робочих органів. Подавальний пристрій з чотирма рядами попарно змонтованих по гвинтовій лінії пальцевих захватів та чотирнадцяти протирізальних пластин та запобіжний механізм перевантажень.

2. Подрібнювальний механізм виготовлений з двадцяти п'яти парних ножів з дев'ятьма пальцями, які зміщені на крок гвинта лінії установки, дає можливість виконати біля 467 різів за секунду з довжиною різання 45-50 мм. В залежності від типу кормів та умов збирання є можливість змінювати кількість ножів, з 0-25 та регулювати довжину подрібнення та інтенсивність.

3. Регулювання робочих параметрів відбувається вручну або блоками управління з місця оператора в тракторі, що дає можливість змінювати кількість ножів, тобто регулювати довжину різання від 30 мм до 110 мм.

4. Виконавши аналіз технологічного процесу роботи роторів-подавачів дійшли висновку, що вони досить добре працюють із вологим прив'язаним матеріалом вологістю 55-60 %, але мають проблеми при збиранні сухих стебер кормів із вологістю до 20 %, а тому виникає необхідність удосконалення конструкції та параметрів подрібнювачів-подавачів стеблової маси кормозбиральних машин.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ КОРМОЗБИРАЛЬНОЇ
МАШИНИ З ОДНОЧАСНИМ ПРЕСУВАННЯМ МАСИ

2.1. Порівняльний аналіз конструктивно-технологічних параметрів камер пресування маси

Помірі подачі матеріалу у камеру змінного об'єму, вона формується в тюк, різної щільності за рахунок збільшення або зменшення робочої камери (рис. 2.1.).

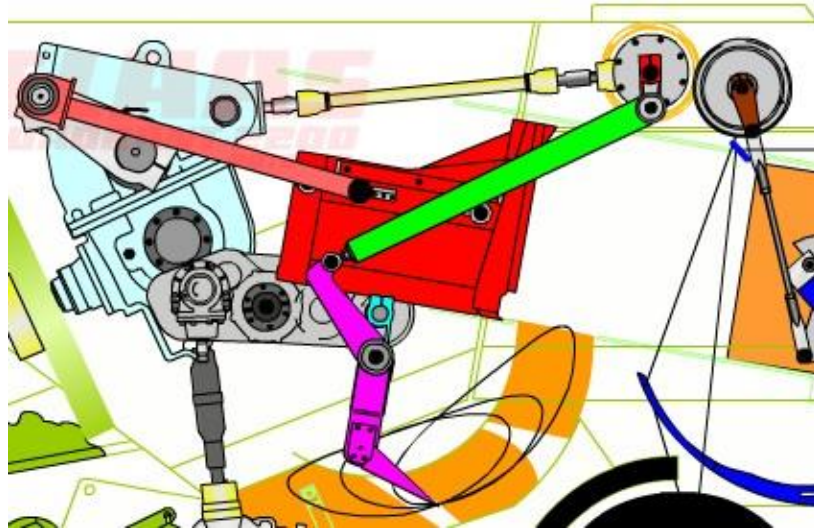


Рис. 2.1. Камера формування тюків

Це ущільнення відбувається за рахунок переміщення поршня по шляху переміщення в камері, що долає зусилля P опору маси. Коли тюк досягає заданої щільності (кут нахилу стінки пресувальної камери α досягає максимального значення α_{max}), після обв'язування шпагатом, тюк виштовхується на поверхню поля.

Якість пресування тюка визначається щільністю маси. Щільність тюків по довжині пресування неоднорідна. Нерівномірність розподілу щільності тюка матеріалу є наслідком нерівномірно подачі технологічного матеріалу в камеру пресування. При накопиченні в камері стеблової маси вона чинить більший опір тому зусилля пресування зростає, і як наслідок зростає щільність пресування. Для забезпечення необхідної зоотехнічної щільності матеріалу в тюку вона повинна

мати максимальне значення ρ_{max} , при якому зусилля пресування поршня буде більше ніж притискна сила P гідроциліндра.

Процес формування тюка в камері складається з двох етапів:

- наповнення пресувальної камери та закладання тюка;
- подача матеріалу і стискагння із збільшенням його довжини. Основним є другий етап.

За даних умов зусилля пресувального поршня буде визначитися [2, с. 164]:

$$q = \frac{T}{R_p \cdot L}, \quad (2.1)$$

де T - зусилля тиску поршня, Н;

R_p і L - відповідно висота та ширина тюка, м.

Маса тюка становить [2, с. 167]:

$$m_p = m_c \cdot t, \quad (2.2)$$

де m_c - секундна подача рослин у камеру, кг/с;

t - час формування тюка, с.

Питому щільність тюка можна визначити із залежності [10, с. 98]:

$$\rho = \frac{m_p}{\pi \cdot R^2 \cdot L} = \frac{m_c \cdot t}{\pi \cdot R^2 \cdot L}. \quad (2.3)$$

Залежність між зусиллям пресування та і об'ємною масою тюка запишемо наступним чином [11]:

$$q = c \cdot \left(e^{a(\rho - \rho_0)} - 1 \right), \quad (2.4)$$

де c і a значення оптимальні експериментальним шляхом ($c \approx 300 \dots 500$ КПа, $a = (4 \dots 5) \cdot 10^{-3}$ м³/кг);

ρ і ρ_0 - об'ємна маса тюка та вихідна щільність матеріалу, кг/м³.

звідки

$$\frac{T}{R_p \cdot L} = c \cdot \left(e^{a \left(\frac{m_c \cdot t}{\pi \cdot R^2 \cdot L} - \rho_0 \right)} - 1 \right). \quad (2.5)$$

Провівши перетворення отримаємо:

$$R_p = \frac{T}{c \cdot \left(e^{a \left(\frac{m_c \cdot t}{\pi \cdot R^2 \cdot L} - \rho_0 \right)} - 1 \right) \cdot L}. \quad (2.6)$$

Отримані з математичних моделей (2.1), (2.3) та (2.6) графічні залежності (рис. 2.2, а) ілюструють, під час подачі матеріалу масою $m_{p\Delta}$ із збільшенням об'єму стебелової частини, та часу закладання тюка його ширина R_p зростає, а зусилля q і щільність ρ спадає.

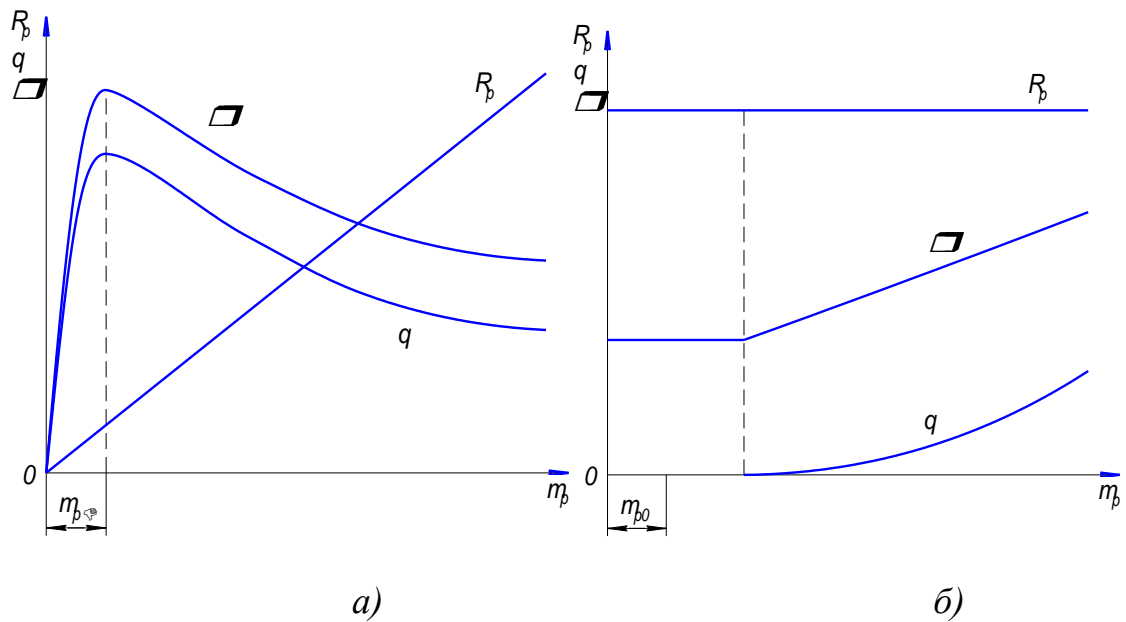


Рис. 2.2. Графічні залежності зміни технологічних показників R_p , q і ρ від подачі маси рослин m_p в камері стискання:

а – камера змінного об'єму; б – камера постійного об'єму; $m_{p\Delta}$ - маса

технологічного матеріалу, що подається за час Δt ; m_{p0} - технологічного

матеріалу, що подається за час t_0

Недоліком прес-підбирачів із камерою постійного об'єму (рис. 2.3.), що на початку технологічного процесу формування тюків матеріал в робочу камеру подається з низькою початковою щільністю. Технологічний матеріал, продовжує подаватись до камери паралельно торцевій поверхні тюка, що переміщається, що впливає на зростання щільності та об'ємної маси до завершення формування тюка.

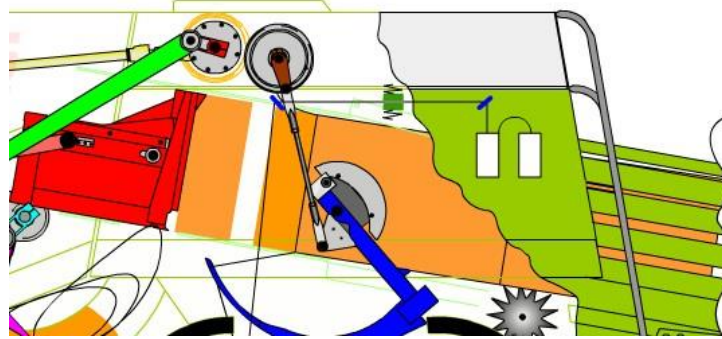


Рис. 2.3. Камера постійного об'єму формування тюків

Отримані по виразам (2.3), (2.4) та (2.6) графічні залежності (рис. 2.2., б) для машини із постійним об'ємом камери формування дозволяють зробити наступний висновок: із збільшенням кількості маси, що подається, відповідно зростає лінійна щільність тюка. Зусилля стискання матеріалу в камері q на в початковий момент часу рівна нулю і залишається до того часу, поки камера стискання матеріалу не заповниться $t = t_0$ (t_0 - час заповнення камери матеріалом), потім зусилля зростає по експотенціальному закону.

По графічним залежностям на (рис. 2.2.) видно, що за рахунок періодичної дії поршня на масив стебел, які надходять у камеру змінного об'єму, щільність тюка має вищі показники і рівномірність розподілу висока, на відміну від тюка, сформованого у камері з постійним об'ємом.

2.2. Обґрунтування параметрів подільника-подавача кормозбиральної машини

Подільники-подавачі маси у кормозбиральних машинах призначені для відокремлення потоку стеблової маси від основного масиву, розділення стебел на окремі порції, напрям стебел у кожній порції і підведення їх до пресувального апарату.

Активні подавачі технологічного матеріалу кормозбиральних машин мають форму просторових двогранних клинів і можуть бути 12-ти, 13-ти, 25-ти чи 48-ми пальцевими[6].

Основну функцію в подаванні маси при роботі активного подільника виконують його грабельні пальці (рис. 2.4.).

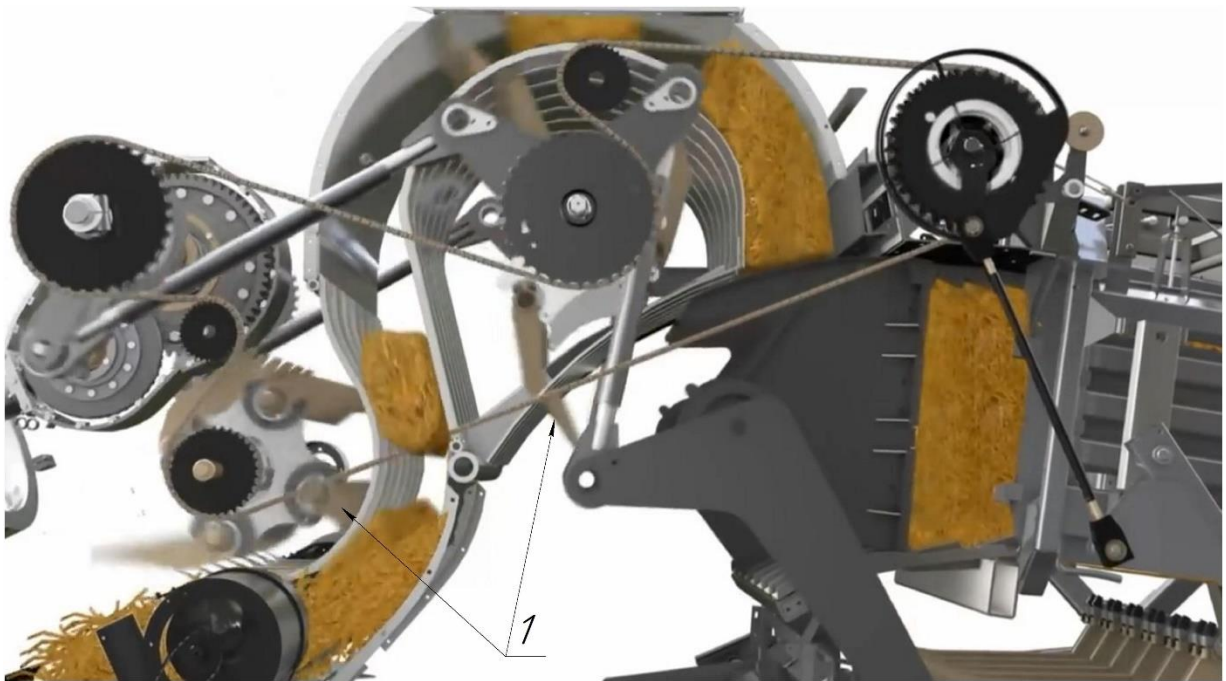


Рис. 2.4. Схема роботи пальцевого подавача-подільника стеблової маси
1 – пальцевий подавач матеріалу.

Розглянемо рух подавача-подільника вздовж осі OX зі швидкістю V_m на висоті h над поверхнею, що характеризується параметрами: β - кут сходження

вершини грабельного подавача; α - кут нахилу площини VAC подільника-подавача до горизонталі; b - конструктивна ширина захвату одного пальця; β_0 - проекція пальцевого подавача на горизонталь (рис. 2.5.).

У початковий момент часу подавач-подільник захоплює стебловий матеріал у точці A_0 . Далі, з переміщенням вздовж осі Ox , стебло буде ковзати по направляючій і стане в положення OM . Від пальця AB на масив діє нормальна сила N і сила тертя $F = N \cdot \operatorname{tg} \varphi$.

Рівнодіюча R направлена від нормалі на кут тертя φ . Кут нахилу маси матеріалу від осі OY - ψ .

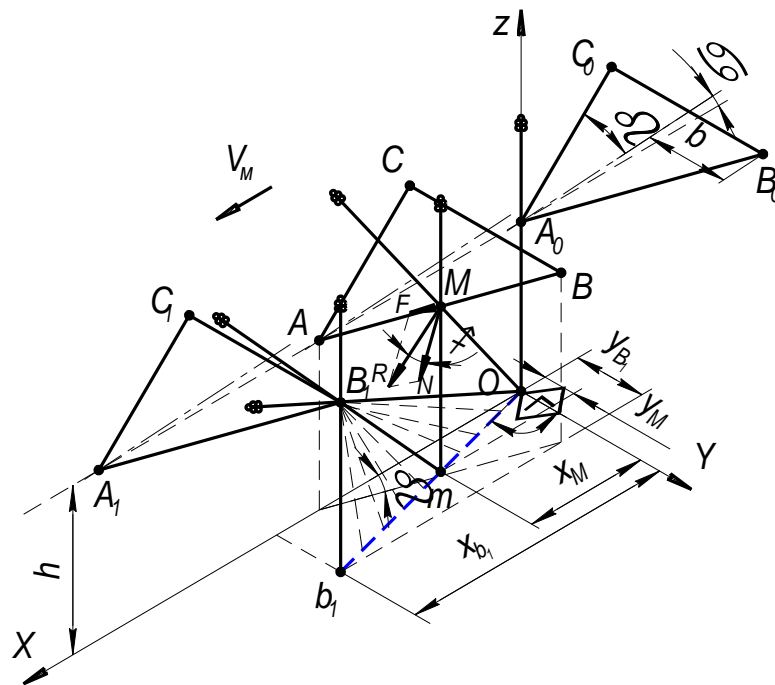


Рис. 2.5. Розрахункова схема впливу пальцевого подавача-подільника на масив матеріалу

Коли подавач і його палець пройде довжину AA_0 , стебло переміститься на відстань AM . Тобто стебла мають переміщення у поперечно-поздовжньому напрямку. Положення матеріалу OM це абсолютне відхилення буде становити відстань Om , поперечне відхилення Y_M , а повздовжнє - X_M . Палець і одне стебло OM може взаємодіяти в точці M . В подальшому точка M пальця подавача буде

контактувати з двома стеблами. Враховуючи, що масив стебл OM і Mm мають рівний опір переміщення і характеризуються однаковими тертям, то рухатись і ковзати матеріал буде за одними законом руху.

При потраплянні в подавач елементарного масиву, його частинки можуть переміститись, згідно нерівності $OB_1 > mB_1 > b_1B_1$. Таке переміщення масиву матеріалу називають видовженістю.

Відносна видовженість – це найбільша різниця в довжинах стебел розташованих нижче точки B_1 [13, с. 24]:

$$\Delta l = OB_1 - b_1B_1. \quad (2.7)$$

Відносна видовженість показує у скільки разів довжина масиву стебел більша довжини стебла [12, с. 255]:

$$\lambda = \frac{L_n}{L_c}, \quad (2.8)$$

де L_n - допустима довжина масиву стебел;

L_c - середнє значення довжини масиву стебел.

Тому що $L_n > L_c$ то і $\lambda > 1$. Під час проектування подавачів технологічного матеріалу кормозбиральних машин λ приймають рівним або меншим 1,25. Зниження показника розтягнутості Δl отримаємо при мінімальному значенні поздовжньої складової переміщення [14]:

$$x_{B_1} = y_{B_1} \cdot \operatorname{tg}\psi = b \cdot \operatorname{tg}\psi. \quad (3)$$

При сталій величині ширини пальця подавача маси b зменшення розтягнутості отримаємо при мінімальному значенні кута ψ .

Для визначення спрощеного виду виразу для розрахунку кута ψ приймаємо, що $h \gg b$. При цьому палець подавача контактує із стеблом у точці M (рис. 2.6.), тоді коли вони розташовані майже вертикально. Відповідно до такого припущення можна прийняти, що палець грабельного подавача AB і точка масиву M взаємодіють лише у горизонтальній площині.

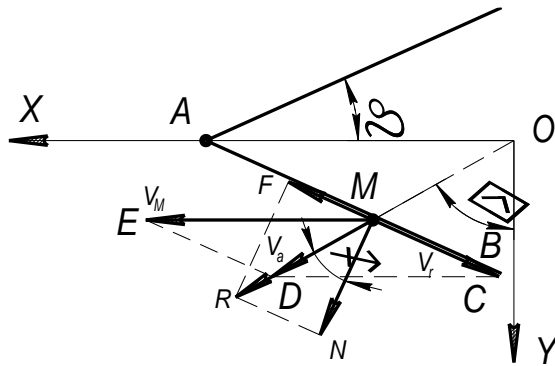


Рис. 2.6. Розрахункова схема дії сил на стебло матеріалу

При такому полженні пальцевого подавача на стебла будуть діяти: складова нормальної реакції N і сила тертя $F = N \cdot \operatorname{tg} \varphi$. Стебла будуть зміщуватись у напрямку дії рівнодіючої реакції R , яка нахилена від нормалі вверх на кут тертя φ .

Якщо робоча швидкість кормозбиральної машини V_M за величиною та за напрямом відома, не важко визначити і напрям абсолютної швидкості V_a та відносної V_r (по осі пальця подавача) швидкостей, знайдемо з паралелограма $MCDE$ (рис.2.6.) значення відносної та абсолютної швидкостей.

$$\begin{cases} V_a = \frac{V_M \cdot \sin \beta}{\sin(90^\circ + \varphi)} = \frac{V_M \cdot \sin \beta}{\cos \varphi}; \\ V_r = \frac{V_M \cdot \sin(90^\circ - \varphi - \beta)}{\sin(90^\circ + \varphi)} = \frac{V_M \cdot \cos(\varphi + \beta)}{\cos \varphi}. \end{cases} \quad (4)$$

Висновки до розділу 2.

1. Отримані з математичні моделі та графічні залежності подачі матеріалу масою $m_{p\Delta}$, об'єму стебелової частини, та часу закладання тюка від його ширина R_p , зусилля пресування q і щільність ρ .
2. Встановлено, що за рахунок періодичної дії поршня на масив стебел, які надходять у камеру змінного об'єму, щільність тюка має вищі показники і

рівномірність розподілу висока, на відміну від тюка, сформованого у камері з постійним об'ємом.

3. Для зменшення розтягування стебел в камері подачі необхідно зменшити їх відхилення крайніх і найближчих до них стебел. Поперечну складову переміщення масиву не можна компенсувати через конструкційні розміри пальців-подавачів. З метою компенсації дії поздовжньої складової слід зменшити $tg\psi$, тобто $\beta + \varphi$. Кут тертя φ понижують шляхом відповідної механічної обробки пальців подільників та нанесення композитних матеріалів.
4. Кут сходження вершини пальцевого подавача β зменшують шляхом збільшення довжини грабельних пальців. Сутєва довжина пальців може негативно впливати на ефективність роботи грабельного подавача матеріалу. Для розрахунків приймають $2\beta = 40...45^{\circ}$.

РОЗДІЛ 3

СТАТИСТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ КОРМОЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ

3.1. Визначення закономірності розподілу основних експлуатаційно-технологічних параметрів кормозбиральної машини

Реалізація імовірнісної моделі процесу заготівлі сіна в тюках, передбачає використання не усереднених фіксованих даних за основними експлуатаційними параметрами роботи машин, а параметрів, що моделюються в кожному технологічному циклі як довільні величини. Моделювання цих параметрів здійснюється на основі статистичних законів розподілу, отриманих у результаті виробничих випробувань та хронометражних досліджень машин [15, 16].

З метою отримання статистичних характеристик показників роботи машини на заготівлі сіна в тюках, у господарстві проводили натурні експерименти. Досліджували та аналізували роботу у складі кормозбирального агрегату: прес-підбирача - Claas Quadrant 3300 з трактором Case IH MAGNUM 340 (рис. 3.1.*a, б*).



a)



б)

Рис. 3.1. Агрегат в складі Case IH MAGNUM 340 і Claas Quadrant 3300

В результаті статистичної обробки отриманих нами експериментальних даних та даних машиновипробувальних станцій побудовано гістограми розподілу основних експлуатаційно-технологічних параметрів кормозбиральної машини: робочої швидкості, тривалості повороту, тривалості формування тюка сіна (приклади гістограм наведено на (рис. 3.2-3.4).

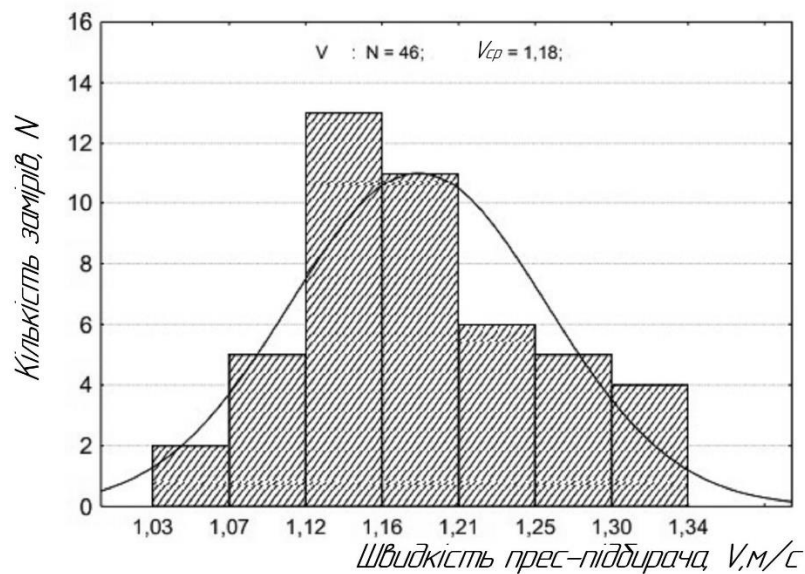


Рис. 3.2. Графік розподілу швидкості прес-підбирача Claas Quadrant 3300 в агрегаті з трактором Case IH MAGNUM 340

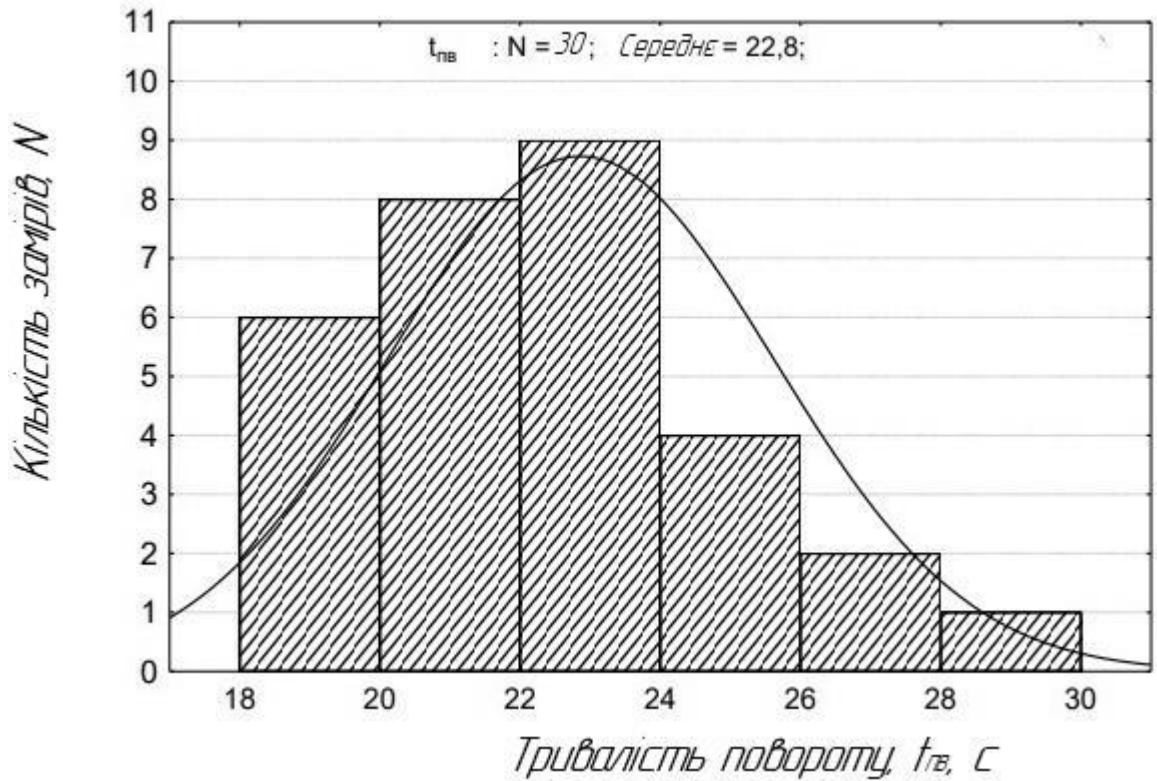


Рис. 3.3. Щільність розподілу тривалості повороту прес-підбирача Claas Quadrant 3300 в агрегаті з трактором Case IH MAGNUM 340

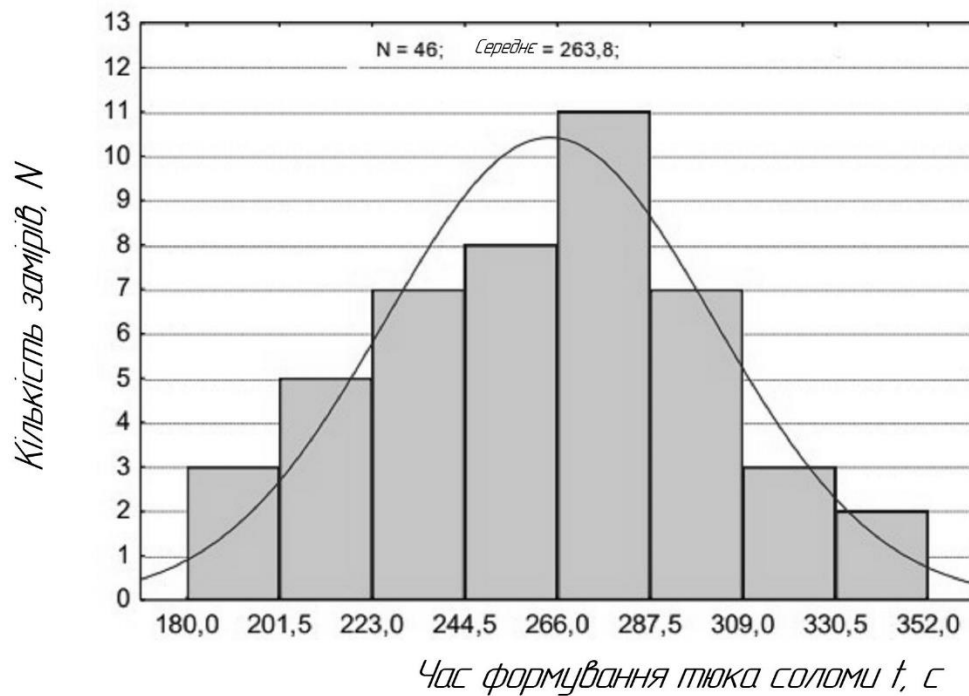


Рис. 3.4. Щільність розподілу тривалості формування тюків соломи

Враховуючи вигляд отриманих гістограм експериментальних розподілів та рекомендації вчених про закономірності розподілу показників роботи машин у раніше виконаних дослідженнях [15,16] як теоретичний закон розподілу експлуатаційно-технологічних показників роботи кормозбиральних машин прийнятий нормальний закон із щільністю розподілу:

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\left[\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}\right]} \quad (3.1)$$

де m - математичне очікування;

σ – середнє квадратичне відхилення, (σ^2 - дисперсія).

Висновки до розділу 3

1. Аналізуючи отримані гістограми експериментальних розподілів та рекомендації вчених про закономірності розподілу показників роботи машин, як теоретичний закон розподілу експлуатаційно-технологічних показників роботи кормозбиральних машин прийнятий нормальний закон розподілу.
2. Проведений аналіз отриманих статистичних даних показників роботи кормозбиральної машини дозволив зробити висновок про те, що при побудові ймовірнісної імітаційної моделі кормозбирального процесу для опису експлуатаційно-технологічних властивостей машин прийнятний нормальний закон розподілу. Параметри прийнятого теоретичного закону розподілу для кожного показника роботи машин визначено за результатами виробничих досліджень та досліджень машини.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проаналізувавши подавально-подрібнювальні пристрої різних виробників кормозбиральних машин по конструкції та компонованню: вони досить схожі і відрізняються тільки конструктивним виготовленням та геометрією поверхонь робочих органів. Виконавши аналіз технологічного процесу роботи роторів-подавачів дійшли висновку, що вони досить добре працюють із вологим прив'язаним матеріалом вологістю 55-60 %, але мають проблеми при збиранні сухих стебел кормів із вологістю до 20 %, а тому виникає необхідність удосконалення конструкції та параметрів подрібнювачів-подавачів стеблової маси кормозбиральних машин.

2. Отримані з математичні моделі та графічні залежності подачі матеріалу масою m_{pA} , об'єму стебelloвої частини, та часу закладання тюка від його ширина R_p , зусилля пресування q і щільності ρ . Встановлено, що за рахунок періодичної дії поршня на масив стебел, які надходять у камеру змінного об'єму, щільність тюка має вищі показники і рівномірність розподілу висока, на відміну від тюка, сформованого у камері з постійним об'ємом.

Кут сходження вершини пальцевого подавача β зменшують шляхом збільшення довжини грабельних пальців. Сутєва довжина пальців може негативно впливати на ефективність роботи грабельного подавача матеріалу. Для розрахунків приймають $2\beta = 40...45^\circ$.

3. Аналізуючи отримані гістограми експериментальних розподілів та рекомендації вчених про закономірності розподілу показників роботи машин, як теоретичний закон розподілу експлуатаційно-технологічних показників роботи кормозбиральних машин прийнятий нормальний закон розподілу.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ясенецкий В.А., Гончаренко П.В. Машины для измельчения кормов: Под редакцией акад. ВАСХНИЛ Л.В. Погорілого. – К.: Техника, 1990. – 160 с.
2. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.
3. Холодюк О.В. Існуючі технології заготівлі сіна та перспективи їх розвитку // Збірник наукових праць Вінницького державного сільськогосподарського університету. – Вінниця, 2002. – Вип. 11. - С. 218 – 222.
4. Щеглов, В.В. Корми: Приготування, зберігання, використання: Довідник/В.В.Щеглов, Л.Г. Боярський. - М.: Агропромиздат, 1990. - 255 с.
5. Тамарівська, В.В. Втрати поживних речовин у кормах при різних способи заготівлі та зберігання: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.02.02 / В.В. Тамарівська. – Алма-Ата, 1989. – 21 с.
6. Проспект: Claas Quadrant.
7. Новый универсал // Современная сельхозтехника и оборудование от profi. – 2009. - № 4. – С. 66-67.
8. Проспект: Krone Round Pack, Combi Pack, Vario Pack.
9. Л. Філоненко Тестування прес-підбирача Qvadrant 2200. / Л. ФІЛОНЕНКО, І. Календрузь//<http://agro-business.com.ua/2017-09-29-05-56-43/item/2061-testuvannia-pres-pidbyracha-qvadrant-2200.html>. 05 липня 2011 р.
10. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. –К.: Урожай, 2001. – 384 с.
11. Хайліс Г.А. Коновалюк Д.М. Розрахунок робочих органів збиральних машин: Навч. посібник. – К.: НМК ВО, 1991. – 199 с.
12. Сисолін П.В., Рибак Т.І., Сало В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. – Книга 2. –К.: Урожай, 2002. – 364 с.
13. Яроцький В.А. Обґрунтування режимів роботи різального механізму з

- дисковими ножами при подрібнюванні стеблових кормів // Механізація та електрифікація сіл. госп-ва. – К.:, 1992. – Вип. 76. – С. 26-28.
14. Гарькавий А.Д., Холодюк О.В., Кузьменко В.Ф., Логвин О.І. Активний протирізальний підпір у подрібнювальних апаратах // Вісник Інженерної академії України. – 2004. - № 1. – С. 16 – 21.
15. Самарський, А.А. Математичне моделювання/А.А.Самарський, А.П. Михайлів. - М.: Наука, 1997. - 137 с.
16. Ллойд, Еге. Довідник з прикладної статистики / Еге. Ллойд, У.І. Ледерман. - М.: Фінанси та статистика, 1989. - 510 с.