

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

“ ____ ” _____ 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:

Механізація вирощування кавунів з удосконаленням
тунельного укладача плівки

Виконав здобувач вищої освіти IV курсу,
групи AI-22-1

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____ Коваленко Сергій Миколайович

« ____ » _____ 2026 р.

Керівник проекту

доц., канд. техн. наук

_____ Сергій МОРОЗ

« ____ » _____ 2026 р.

Рецензент

доц., канд. техн. наук

_____ Сергій МАРКОВИЧ

« ____ » _____ 2026 р.

Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет Агротехнічний

Кафедра Сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський) рівень

Галузь знань 20 – Аграрні науки та продовольство

Спеціальність 208 Агроінженерія

Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма Агроінженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« » 2026 року

ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Коваленка Сергія Миколайовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту)

Механізація вирощування кавунів з удосконаленням тунельного укладача
плівки

2. Керівник роботи (проекту)

Мороз Сергій Миколайович, канд. техн. наук, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання роботи до захисту 29.06.2026 р.

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи (проекту)

Удосконалити технологію вирощування кавунів з удосконаленням тунельного
укладача плівки

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Пояснювальна записка	28.06.2026 р.	
2	Графічна частина	28.06.2026 р.	
3	Перевірка роботи на доброчесність	28.06.2026 р.	
4	Захист роботи	28–30.06.2026	

Дата видачі завдання

«23» березня 2026 р.

Підпис керівника

_____ Сергій МОРОЗ
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

«23» березня 2026 р.

Підпис здобувача _____

Сергій КОВАЛЕНКО
(прізвище та ініціали)

Зміст

стор.

Вступ.....	7
2. Аналіз технології вирощування кавунів з визначенням шляхів її удосконалення	8
3. Технологічна частина	24
4. Інженерна частина.....	31
5. Охорона праці.....	48
Висновки	51
Список використаної літератури	52

ВСТУП

Виробництво баштанних культур, зокрема кавунів, є важливою складовою агропромислового комплексу України. Кавун відзначається високими смаковими якостями, дієтичними властивостями та широким попитом на внутрішньому і зовнішньому ринках. Кіровоградська область традиційно є одним із регіонів, де ця культура займає значні площі, а кліматичні умови сприяють отриманню високих врожаїв.

Проте рівень механізації вирощування кавунів залишається недостатнім порівняно із зерновими чи технічними культурами. Трудомісткість ручних операцій — від підготовки ґрунту до збирання врожаю — суттєво підвищує собівартість продукції та знижує конкурентоспроможність господарств. Одним із ключових агротехнічних заходів, що забезпечують ранній розвиток рослин та захист ґрунту від перегріву й пересихання, є застосування тунельних плівкових укріттів. Укладання плівки вручну потребує значних витрат праці й часу, що робить механізацію цього процесу актуальним завданням.

Метою кваліфікаційної роботи є аналіз і вдосконалення технологічного процесу механізованого вирощування кавунів із розробкою конструктивних удосконалень тунельного укладача плівки, спрямованих на підвищення якості та рівномірності укладання плівкового матеріалу, зниження тягового опору машини та зменшення пошкодження плівки.

					<i>МВК 00. 000 ПЗ</i>						
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>	<i>Пояснювальна записка</i>			<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>	
<i>Розроб.</i>	<i>Коваленко</i>									<i>7</i>	<i>55</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Мороз</i>										
<i>Н. контр.</i>	<i>Артеменко</i>										
<i>Затв.</i>	<i>Васильковський</i>										
								<i>ЦНТУ, гр. АІ-22-1</i>			

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Аналіз технології вирощування кавунів з визначенням шляхів її удосконалення

Кавун звичайний — однорічна трав'яниста рослина родини Гарбузові. Це теплолюбна та світлолюбна культура, яка є рослиною короткого дня і краще розвивається за тривалості світлового дня 10–12 годин. Походить із пустель тропічної Африки, де окультурена стародавніми єгиптянами близько 4000 років тому [2].

Коренева система кавуна потужна, стрижнева: головний корінь проникає у ґрунт на глибину до 1 м, а бокові корені утворюють розгалужену мережу, що захоплює площу до 7 м² [1]. Завдяки такій будові кореневої системи рослина відрізняється високою посухостійкістю та здатна використовувати вологу з нижніх шарів ґрунту на 50–60% потреби [1]. Стебло — гнучка ліана довжиною до 3–4 м, з вусиками для прикріплення до опор.

Вимоги до тепла. Насіння кавуна починає проростати за температури ґрунту +12 °С, однак за температури +16...+18 °С сходи з'являються на 12–14-й день, а за +25...+30 °С — вже на 7–8-й день [2]. Оптимальна температура для росту й розвитку рослин: у фазі вегетативного росту — +16...+18 °С, у фазі цвітіння — +20...+24 °С, у фазі наростання та досягання плодів — +20...+28 °С [1]. За температури нижче +10 °С ріст рослин призупиняється, заморозки є смертельними для кавуна.

Вимоги до ґрунту. Кавун найкраще росте на легких, добре дренованих ґрунтах із нейтральною або слаболужною реакцією (рН 6,0–7,0). Придатними є піщані, супіщані ґрунти та чорноземи із хорошою проникністю для кореневої системи. Важкі глинисті, торфові та

солонцюваті ґрунти для вирощування кавунів непридатні. На дуже кислих ґрунтах (рН 4,0–5,5) висока концентрація заліза, алюмінію та марганцю пригнічує ріст кореневої системи та ускладнює надходження фосфору, калію, кальцію та мікроелементів [1].

Вимоги до вологи. Незважаючи на посухостійкість, кавун добре реагує на зрошення, особливо у фазі наростання плодів. Оптимальна вологість ґрунту — 70–80% найменшої вологості. Надмірне зволоження і застій води є згубними для культури. При крапельному зрошенні рекомендують дворядковий спосіб із розташуванням крапельних ліній через кожні 3 м та відстанню між рослинами в ряді 1 м [1].

Вимоги до живлення. Кавун споживає значну кількість поживних речовин для формування потужної вегетативної маси та великих плодів. На 1 га рекомендується вносити: N 90–120 кг д.р., P 60–90 кг д.р., K 90–120 кг д.р. Культура не переносить свіжого гною, оскільки це знижує цукристість і погіршує смак плодів [1]. Фосфорні та калійні добрива вносять восени під зяблеву оранку, азотні — під передпосівний обробіток та у підживлення.

2.1.1. Безрозсадне вирощування кавунів

Безрозсадний спосіб — традиційна і найпоширеніша технологія вирощування кавунів у Степовій зоні України та інших регіонах з достатньою сумою активних температур (понад 2500 °С). Вона передбачає прямий посів насіння у відкритий ґрунт без попереднього вирощування розсади у захищеному середовищі [3].

Кращими попередниками для кавунів є озима пшениця, вівсяна суміш, багаторічні трави, кукурудза на зелену масу, соя, коренеплоди, капуста, цибуля та спаржева квасоля [1]. Не допускається повернення кавунів на колишнє місце вирощування раніше, ніж через 4–7 років, щоб уникнути ураження фузаріозним в'яненням та іншими

грунтовими патогенами [1]. Не можна вирощувати кавуни після гарбузових культур, помідорів, перців та баклажанів.

Після збирання попередника поле луцять дисковими луцильниками на глибину 6–8 см. При сильній забур'яненості багаторічними бур'янами, після їх відростання до висоти 15–20 см, застосовують гербіциди суцільної дії [1]. Зяблеву оранку проводять на глибину 25–30 см з одночасним внесенням фосфорних (Р 60–90 кг/га) та калійних (К 90 кг/га) добрив.

Для посіву відбирають каліброване насіння з лабораторною схожістю не менше 90% та масою 1000 насінин 90–150 г. Норма висіву при безрозсадному способі — 2–4 кг/га насіння. Підготовка насіння включає обробку стимуляторами росту і протруєння фунгіцидними протруйниками для захисту від ґрунтових патогенів [4]. Замочування насіння перед посівом у борній кислоті (2 г/10 л, 12 год) покращує схожість та стимулює ранній розвиток рослин [4].

Навесні за першої можливості виходу в поле проводять раннє весняне боронування у два сліди важкими боронами поперек або по діагоналі до напрямку оранки для закриття вологи та вирівнювання поверхні. Перед посівом проводять культивуацію на глибину 10–12 см з боронуванням [3]. Для знищення бур'янів за 10–15 днів до посіву допускається обробка гербіцидами суцільної дії; безпосередньо після висіву насіння вносять ґрунтовий гербіцид [1].

Строки посіву залежать від кліматичної зони. У Степу сівбу проводять у III декаді квітня — I декаді травня, в Лісостепу — у I–II декаді травня, коли ґрунт на глибині 10–12 см прогрівається до +12...+14 °С [1]. Насіння висівають у лунки по 2–3 насінини, глибина загортання — 3–6 см. Схеми посіву: 150×100, 200×150, 300×200 см або квадратно-гніздовим способом 70×70, 80×80, 100×100 см [4]. Зазвичай застосовують

схеми 140×70 см, 200×150 см або 210×210 см, що дозволяє розмістити 5000–10000 рослин на гектар [1].

Після посіву посіви прикочують катками. При утворенні ґрунтової кірки до появи сходів поле боронують легкими боронами або ротаційними мотиками поперек рядків. У фазі 2–3-х справжніх листків проводять проріджування рослин у гнізді, залишаючи одну найрозвиненішу рослину. Першу культивуацію міжрядь виконують на глибину 10–12 см після позначення рядків, наступні — по мірі появи бур'янів. Всього за вегетацію виконують 2–4 міжрядних обробітки.

Перше підживлення проводять у фазі 3–4-х справжніх листків. Друге підживлення — у фазі бутонізації–цвітіння із додаванням мікроелементів по листку [4]. Зрошення при безрозсадному способі залежить від зони: у посушливому Степу необхідно 3–5 поливів нормою 300–400 м³/га кожний. Оптимальні норми N, P, K обов'язково визначаються за результатами агрохімічного аналізу ґрунту [3].

У промисловому вирощуванні для великоплідних сортів практикують прищипування бічних пагонів та нормування кількості плодів (залишають 1–2 найрозвиненіших). Це дозволяє отримати більші та вирівняніші плоди, що підвищує товарну якість урожаю.

Систему захисту розробляють на підставі моніторингу фітосанітарного стану та застосовують пестициди відповідно до чинного «Переліку пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні».

Збирання кавунів проводять у стадії повної стиглості. Ознаки стиглості: суха плодоніжка, чіткий малюнок, глухий звук при постукуванні, потемніння плями від дотику до ґрунту, висихання вусика біля плодоніжки [4]. Врожайність при безрозсадному способі у Степовій зоні складає 25–40 т/га, у Лісостепу — 20–30 т/га.

Переваги безрозсадного способу полягають у значній простоті технологічного процесу: не потребує теплиць, обладнання для вирощування розсади та додаткових витрат праці і матеріалів на цю операцію. Рослини, що вирости з насіння в полі, формують значно потужнішу і більш розгалужену кореневу систему порівняно з пересадженою розсадою, що забезпечує вищу посухостійкість та кращий ріст у засушливих умовах [3]. Цей спосіб добре піддається механізації (посів, міжрядний обробіток), що особливо важливо для великотоварного виробництва.

Водночас безрозсадний спосіб має суттєві недоліки. Культура знаходиться у відкритому ґрунті від початку вегетації, що повністю залежить від погодних умов. Початок збирання врожаю — найпізніший з усіх трьох способів, що знижує ціну реалізації ранньої продукції. Для повноцінного дозрівання плодів необхідна сума активних температур понад 2000 °С [1], що обмежує застосування цього способу переважно Степовою зоною. Насіння може пошкоджуватися ґрунтовими шкідниками та патогенами до появи сходів.

2.1.2. Розсадний спосіб вирощування

Розсадний спосіб вирощування кавунів забезпечує більш ранній початок вегетаційного періоду та раннє отримання товарної продукції порівняно з безрозсадним способом. Його застосовують у Лісостепу, Поліссі, на Прикарпатті та в інших регіонах України з помірним кліматом [3].

Субстрат для вирощування розсади повинен бути очищений від насіння бур'янів, шкідників і збудників захворювань. Оптимальний склад: садова земля, перегній та пісок у пропорції 2:1:1. Для зниження кислотності додають деревну золу. Субстрат заздалегідь пропарюють або

обробляють препаратами для знезараження. рН субстрату має бути в межах 6,0–7,0 [2].

Насіння на розсаду висівають за 25–30 днів до передбачуваної дати висадки у відкритий ґрунт [5]. У центральних регіонах це кінець квітня. Попередньо насіння замочують у розчині стимулятора росту, протруюють і пророщують до наклевування при температурі +25–30°C. Якщо ж насіння не пророщувалось, ґрунт у ємностях має бути добре зволуженим, оскільки у сухому ґрунті насіння не проросте [6].

Насіння висівають у торф'яні горшечки або касети з підготовленою ґрунтосумішшю по 1–2 насінини на глибину 2–3 см [2]. Після сівби касети накривають плівкою або склом для підтримання підвищеної вологості до появи сходів. Оптимальна температура для проростання насіння в касетах: +25...+30 °C. За цих умов сході з'являються на 7–8-й день [2, 3].

Температурний режим після появи сходів: вдень +20...+25 °C, вночі +16...+18 °C. Такий режим стимулює дружне та рівномірне проростання і попереджує витягування розсади [3]. Поливають розсаду помірно, не допускаючи пересихання ґрунтового кому та перезволоження. Освітлення — пряме сонячне; при нестачі природного освітлення застосовують досвічування фітолампами для запобігання витягуванню розсади.

Підживлення розсади: через 10 днів після сходів — розчин повного мінерального добрива з розрахунку 1 г/л води. Вік розсади при висадці — 25–30 діб від появи сходів, при наявності 3–4 справжніх листків [4].

За два тижні до висадки у відкритий ґрунт проводять загартування розсади: поступово знижують температуру та залишають теплицю відкритою на кілька годин щоденно, поступово збільшуючи тривалість провітрювання. Перед самою висадкою теплицю залишають відкритою на добу [2]. Це підвищує стійкість рослин до коливань температури після пересаджування.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

Ґрунт під висадку розсади готують аналогічно до безрозсадного способу: луцення, зяблева оранка з добривами, раннє весняне боронування, передпосівна культивуація. Рослини висаджують у відкритий ґрунт, коли температура ґрунту на глибині 10–15 см стабільно становить +15...+16°C, а загроза весняних заморозків мине [2]. У Степу це II–III декади квітня, в Лісостепу — I–II декади травня.

Розсаду висаджують у завчасно підготовлені зволожені лунки за схемами 140×70, 200×150, 210×210 см, тобто 5 000–10 000 рослин/га [1]. Рослини разом з ґрунтовим комом акуратно перевалюють у лунку так, щоб точка росту була вище рівня ґрунту, а сім'ядольні листки не засипались землею. Відразу після висадки рослини поливають (3–5 л/рослину). При вирощуванні кавуна розсадним методом слід враховувати, що розсада має слабшу кореневу систему, ніж рослини при прямому посіві, тому потребує обов'язкового зрошення [3].

Протягом перших 5–7 днів після висадки за потреби затінюють рослини від прямого сонця для зменшення транспіраційного стресу. Проводять систематичні поливи, міжрядні культивації, підживлення та захисні обробки аналогічно до безрозсадного способу. Врожайність при розсадному способі на 15–20 % вища, ніж при безрозсадному, і збирання починається на 2–3 тижні раніше [3].

Розсадний спосіб дозволяє перенести початок вегетаційного періоду в захищені умови на 25–30 днів, що забезпечує більш ранній вихід рослин у поле та більш раннє досягання плодів порівняно з безрозсадним способом. При розсадному способі культура менше пошкоджується шкідниками та мікроорганізмами у ранній, найбільш вразливий період розвитку [3].

Головні недоліки розсадного способу у відкритому ґрунті: значні витрати праці, часу та матеріалів на вирощування розсади; потреба у захищеному ґрунті (тепличне господарство); ламкі рослини розсади легко

ламаються під час пересадки; розсада має слабшу кореневу систему, ніж рослини при прямому посіві, тому потребує зрошення [3]; після пересадки рослини зазнають транспіраційного стресу і потребують особливого догляду протягом 5–7 днів; строки збирання хоч і є ранішими, ніж при безрозсадному способі, але пізнішими, ніж при застосуванні тунелів; ризики від нестабільної погоди ранньої весни залишаються.

2.1.3. Вирощування кавунів у тунельних парниках

Технологія вирощування кавунів із застосуванням тунельних парників (міні-тунелів) є найбільш інтенсивним та технологічно складним із трьох способів. Вона поєднує переваги розсадного методу із захисним ефектом тимчасового плівкового або агроволоконного укриття, що дає змогу суттєво продовжити вегетаційний період та отримати ранній урожай у будь-якому регіоні України [1, 3].

Тунельний парник (міні-тунель) — це легка збірна конструкція арочного типу з металевих або скловолоконних дуг, встановлених над грядкою на відстані 1,0–1,5 м одна від одної, вкрита плівкою або агроволокном (спанбондом). Стандартна ширина тунелю 1,0–1,2 м, висота — 0,6–0,9 м, довжина — до 50–100 м залежно від умов. Для великотоварного виробництва застосовують ширші тунелі шириною 3–6 м та висотою 1,5–2,0 м.

Матеріали покриття: поліетиленова плівка товщиною 50–80 мкм (термін служби 1–2 сезони, прозорість 85–90%, забезпечує підвищення температури всередині тунелю на 6–10 °С); агроволокно (спанбонд) щільністю 17–30 г/м² (термін служби 3–5 сезонів, підвищення температури на 3–6 °С, забезпечує вентиляцію без необхідності постійного відкривання) [7]. Поліетиленова плівка утримує тепло краще, ніж агроволокно, що дозволяє садівникам продовжувати сезон вирощування навіть в умовах ранньої весни [7].

Підготовка ґрунту аналогічна розсадному способу. Особливістю є застосування мульчувальної чорної поліетиленової плівки шириною 0,8–1,2 м, яку укладають безпосередньо на гряді за 25–30 днів до висадки розсади для прогрівання ґрунту [8]. Одночасно під плівку укладають крапельну зрошувальну систему. Мульчування дає ряд переваг: забезпечує захист від бур'янів — плівка на поверхні не дає їм проростати; підтримує стабільний температурний режим у ґрунті; зберігає вологу та зменшує кількість поливів; завдяки мульчуванню урожай може бути зібраний на 7–10 днів раніше [8].

Розсаду для висадки під тунелі вирощують у захищеному ґрунті (теплиці або обігріваному розсадному приміщенні). Сівбу насіння в касети проводять за 25–30 діб до запланованої дати висадки. Температурний режим при проростанні: +23...+27 °С до появи сім'ядольних листків, потім — +18...+22 °С [3]. Після появи сходів при вирощуванні розсади для тунелей загартовування проводять менш інтенсивно, ніж для відкритого ґрунту, оскільки рослини після висадки ще перебуватимуть в умовах захищеного середовища.

Вік розсади при висадці під тунелі — 25–30 діб. У парники розсаду кавуна починають висаджувати на 15–20 днів раніше, ніж у відкритий ґрунт [5]. У зимових теплицях розсаду висаджують у кінці січня — на початку лютого, у плівкових — з середини березня до 10–15 квітня залежно від способу обігріву споруд [5].

Розсаду кавунів висаджують під тунелі на 15–20 днів раніше, ніж у відкритий ґрунт [5], тобто при ще можливих нічних заморозках. Тунель забезпечує захист рослин від приморозків до –5...–7 °С. На ранніх стадіях розвитку молоді рослини кавуна в міні-тунелях за умови підвищеної вологості здатні витримувати перепади температури від +2 до +50 °С [3].

Відразу перед висадкою у мульчувальній плівці роблять лунки, рослини висаджують разом із ґрунтовим комом, не порушуючи кореневої

системи. Схема висаджування під тунелями стандартна: 70×70, 140×70, 100×100, 160×50–60 см [5]. Відразу після висадки тунелі закривають і утримують у закритому стані до стійкого прогрівання погоди.

Протягом прохолодного періоду вегетації здійснюють систематичний контроль температури та вологості всередині тунелю. При перегріванні (температура вище +35 °С) тунелі привідкривають з торців для вентиляції. Полив у тунелях здійснюється переважно через крапельну систему, що встановлена під мульчувальну плівку. Режим поливу — підтримання вологості ґрунту на рівні 75–80% НВ. Надмірна вологість повітря у тунелях може спровокувати розвиток грибкових хвороб, тому вентиляція є обов’язковою в теплі сонячні дні.

Плівку (агроволокно) знімають, коли рослини повністю заповнюють простір тунелю і починають виходити за його межі, а температура зовнішнього повітря вночі стабільно тримається вище +12 °С. Тимчасове укриття знімають не одразу, а поступово впродовж 1–3 днів, щоб рослини поступово адаптувалися до зовнішніх умов та уникнули стресу від різкої зміни мікроклімату [10]. Зазвичай укриття залишають до кінця фази активного вегетативного росту — приблизно 4–5 тижнів після висадки.

Після відкривання тунелів догляд за рослинами не відрізняється від розсадного способу у відкритому ґрунті: проводять міжрядні культивації, підживлення, поливи, формування рослин та захисні заходи. Мульчувальна плівка залишається на поверхні ґрунту до кінця вегетаційного періоду. Врожайність кавунів у тунельних парниках складає: у плівкових — 6–8 кг/м², у парниках — 7–10 кг/м² [5]. Збирання врожаю розпочинається на 3–4 тижні раніше, ніж при безрозсадному способі у відкритому ґрунті.

Технологія тунельних парників забезпечує найбільш ранні строки збирання врожаю з усіх трьох способів — на 3–4 тижні раніше порівняно з безрозсадним способом і на 2–3 тижні раніше порівняно з розсадним у

відкритому ґрунті [10]. За вирощування кавунів касетним методом з використанням міні-тунелів прискорення збирання врожаю складає 2–3 тижні [10]. Це дозволяє виходити на ринок у період мінімальної пропозиції, коли ціна кавунів максимальна.

Завдяки мульчуванню чорною плівкою зменшується кількість поливів, пригнічується ріст бур'янів, підвищується температура ґрунту та покращується мікробіологічна активність. Застосування тунельних парників і мульчувальних плівок є економічно доцільним навіть при нещільних схемах посадки кавуна, оскільки забезпечує відчутну ефективність при відносно невисоких витратах на покриття [8]. Тунельний спосіб є єдиним економічно доцільним способом вирощування безнасінного кавуна — трипоїдних гібридів, оскільки вони потребують стабільно теплих умов для надійного запилення [3].

Недоліки тунельної технології: необхідні значні початкові інвестиції на обладнання (дуги, покривний матеріал, крапельна система, мульчувальна плівка); складніша агротехніка порівняно з іншими способами; потреба у постійному моніторингу та управлінні мікрокліматом тунелів; при утриманні розсади, якщо висадка неможлива через погодні умови, виникають додаткові витрати [3]; в умовах підвищеної вологості всередині тунелів існує підвищений ризик розвитку грибкових захворювань (несправжньої борошнистої роси, борошнистої роси, кореневих гнилей), що потребує ретельнішого моніторингу та профілактичних обробок.

2.1.4. Порівняння технологій вирощування кавунів

Порівняльний аналіз технологічних операцій трьох способів вирощування кавунів свідчить про суттєві відмінності між ними як за складом і обсягом операцій, так і за строками, механізацією та кінцевими виробничими показниками.

Підготовка ґрунту є спільною для всіх трьох технологій і включає лущення та зяблеву оранку на глибину 25–30 см. Однак уже на етапі передпосівної підготовки відмінності стають очевидними. При безрозсадному та розсадному способах у відкритому ґрунті мульчування ґрунту або не застосовується, або є факультативним заходом. Натомість при тунельній технології укладання чорної поліетиленової мульчувальної плівки є обов'язковою операцією, яку виконують за 25–30 днів до висадки розсади для прогрівання ґрунту та пригнічення бур'янів.

Принципово різниться підхід до відтворення посівного матеріалу. При безрозсадному способі насіння висівають безпосередньо у відкритий ґрунт нормою 2–4 кг/га за температури ґрунту +12...+14 °С. Два інші способи передбачають попереднє вирощування розсади в касетах або торф'яних горщечках протягом 25–30 діб за температури +25...+30 °С, що дозволяє суттєво пришвидшити початок вегетаційного розвитку рослин. При тунельному способі підготовку розсади розпочинають раніше, ніж для відкритого ґрунту, оскільки висадка під тунелі здійснюється на 15–20 днів раніше ніж у відкритий ґрунт — ще за умов можливих приморозків.

Загартування розсади є обов'язковим і повноцінним лише при розсадному способі у відкритому ґрунті — протягом двох тижнів до висадки рослини поступово привчають до зовнішніх умов. При тунельній технології загартування проводять менш інтенсивно, оскільки після висадки рослини ще тривалий час перебувають у захищеному мікрокліматі тунелю.

Механізація виробничих операцій найкраще реалізована при безрозсадному способі: посів здійснюється сівалками, міжрядний обробіток — культиваторами. Розсадний спосіб передбачає переважно ручну або частково механізовану висадку. При тунельній технології висадку виконують вручну через лунки в мульчувальній плівці, що є найбільш трудомісткою операцією з усіх трьох способів.

Схеми розміщення рослин також відрізняються. Безрозсадний і розсадний способи передбачають схеми 140×70 см або 200×150 см із густотою 5000–10000 рослин/га. При тунельному вирощуванні застосовують більш компактні схеми — 70×70, 100×100 або 160×50–60 см, що зумовлено особливостями конструкції тунелю та необхідністю раціонального використання площі під укриттям.

Управління мікрокліматом є виключною рисою тунельної технології. При безрозсадному і розсадному способах рослини з моменту висіву або висадки перебувають у повністю відкритому середовищі без будь-яких засобів регулювання температури чи вологості. Тунельна технологія, навпаки, потребує систематичного контролю температури всередині укриття, своєчасного вентилявання при перегріванні вище +35 °С та спостереження за вологістю для запобігання розвитку грибкових захворювань.

Зрошення при безрозсадному і розсадному способах проводять дощуванням або поверхневим поливом: 3–5 разів за сезон нормою 300–400 м³/га. При тунельному вирощуванні поливи здійснюються виключно крапельним методом через систему, прокладену під мульчувальну плівку, що значно підвищує ефективність використання води та відкриває можливість одночасного внесення добрив через систему — фертигації.

Строки збирання врожаю наочно відображають ефективність кожного способу. Безрозсадний спосіб забезпечує найпізніші строки збирання — серпень–вересень. Розсадний спосіб у відкритому ґрунті скорочує цей термін приблизно на 2–3 тижні. Тунельна технологія забезпечує найраніше збирання — з липня, тобто на 3–4 тижні раніше безрозсадного способу, що є ключовою комерційною перевагою цього методу.

Відповідно різниться і рівень врожайності: при безрозсадному способі вона становить 25–40 т/га, при розсадному — 30–45 т/га, а при

тунельній технології досягає 35–55 т/га або 6–8 кг/м², що є найвищим показником серед усіх трьох способів.

Таким чином, три розглянуті технології утворюють послідовний ряд за рівнем інтенсивності та технологічної складності: від простого безрозсадного способу, прийнятного для степових районів з достатнім тепловим ресурсом, через розсадний спосіб у відкритому ґрунті, придатний для Лісостепу і Полісся, до тунельної технології, яка за рахунок керованого мікроклімату, мульчування та крапельного зрошення забезпечує найвищу врожайність, найраніші строки реалізації продукції та можливість вирощування кавунів фактично в усіх регіонах України.

2.2. Обґрунтування доцільності вирощування кавунів у тунельних парниках

На підставі проведеного порівняльного аналізу трьох технологій вирощування кавунів можна обґрунтувати переваги застосування тунельних парників за такими ключовими критеріями.

Однією з головних проблем, яку вирішує тунельна технологія, є недостатня сума активних температур у центральних та північно-західних регіонах України. Підвищення температури в літній період та зменшення кількості опадів викликає зростаючий інтерес господарств Західної України до вирощування баштаних культур [1]. При цьому кавун є теплолюбною, спекостійкою і посухостійкою рослиною, яка потребує для нормального росту і розвитку суми активних температур від 2000 до 3000 °С [1]. В умовах Прикарпаття і Львівщини цей показник коливається в межах 2000–2500 °С, що є мінімально достатнім рівнем, але не забезпечує стабільного дозрівання плодів без застосування захисних укриттів.

Тунельні парники штучно збільшують суму ефективних температур для рослин на 200–400 °С (за рахунок підвищення температури повітря та

грунту всередині тунелю на 3–10 °С), що гарантує повне дозрівання плодів навіть у регіонах з недостатнім тепловим ресурсом. Таким чином, тунельна технологія дозволяє вирощувати кавуни фактично в усіх регіонах України, а не лише в Степовій зоні.

Ранній вихід товарної продукції на ринок — ключова економічна перевага тунельної технології. Збирання кавунів із тунелів розпочинається у липні — на 3–4 тижні раніше, ніж в умовах відкритого ґрунту [10], коли пропозиція на ринку ще мінімальна, а ціна — максимальна. Різниця в ціні реалізації між червнем–липнем та серпнем може становити 2–3 рази, що при врожайності 6–8 кг/м² та площі хоча б 0,3 га забезпечує значно вищу виручку порівняно з пізнішими строками реалізації.

Кавуни, які до початку збройної агресії масово завозили з Півдня України для споживачів Заходу, продавали дорожче через витрати на доставку [1]. Місцева рання продукція здатна конкурувати з привізними плодами за ціною і якістю, навіть враховуючи вищі витрати на виробництво при тунельній технології. При тунельному вирощуванні додаткові витрати на покривний матеріал обходяться дешевше, ніж на інших овочах, через нещільні схеми посадки [8], що підвищує загальну рентабельність технології.

Тунельна технологія дозволяє реалізувати комплекс агрономічних переваг, які неможливо отримати при безрозсадному або розсадному способах у відкритому ґрунті. По-перше, мульчування чорною плівкою, яке є невід’ємним елементом тунельної технології, дозволяє зменшити витрати поливної води на 30–50%, практично повністю пригнітити ріст бур’янів у рядках та прискорити прогрівання ґрунту навесні. По-друге, застосування крапельного зрошення під мульчувальну плівку, типово для тунельного вирощування, підвищує ефективність використання поливної води та добрив (фертигація) і мінімізує вологість поверхні ґрунту, що знижує ризик розвитку корневих гнилей.

По-третє, закрите середовище тунелю в початковий період вегетації захищає рослини від ранньовесняних заморозків, холодного вітру, злив та граду, що значно підвищує приживлюваність розсади і рівномірність сходів. По-четверте, стабільний мікроклімат у тунелі у фазі вегетативного росту дозволяє рослинам сформувати потужну надземну масу раніше, ніж при відкритому вирощуванні, що є передумовою формування більшої кількості плодів та їх більш рівномірного досягання.

Для ефективного застосування тунельної технології необхідно: теплиця або розсадне приміщення для вирощування розсади протягом 25–30 днів; комплект дуг для тунелів з розрахунку на всю площу; покривний матеріал — поліетиленова плівка або агроволокно щільністю 30 г/м²; мульчувальна чорна поліетиленова плівка; крапельна система зрошення. Для зниження ризику грибкових захворювань рекомендується використовувати агроволокно щільністю 17–20 г/м² (забезпечує вентиляцію без необхідності відкривання) або здійснювати систематичне провітрювання плівкових тунелів у теплі та сонячні дні.

Для районів, де тунельна технологія ще не впроваджена масово, рекомендується починати з малих площ (0,3–0,5 га) з метою відпрацювання технологічних прийомів та оцінки економічного ефекту. При успішних результатах доцільно поступово розширювати площі та переходити до повністю механізованих технологічних процесів.

3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунки машинного агрегату

Проведемо необхідні розрахунки з метою виявлення доцільності використання в якості енергетичного засобу трактора МТЗ–80 або Case Farmall 75JX, а також виявлення, на якій передачі буде більш ефективним його використання. Швидкість 4–5 км/год трактор може забезпечувати на: МТЗ–80 – II передача, вага якого $G_{тр}=33,4$ кН, Case Farmall 75JX – вага якого $G_{тр}=33,84$ кН, вага машини $G_M=11,06$ кН, питомий опір $K=0,55$ кН/м.

Зусилля на гаку:

$$V_m^{II} = 4,26 \text{ км/год}; \quad P_{н.гак}^{II} = 14,0 \text{ кН};$$

$$V_m = 5,0 \text{ км/год}; \quad P_{н.гак} = 25,0 \text{ кН}.$$

Встановлюємо тягове зусилля тракторів

$$P_{гак} = P_{н.гак} - G_{тр} \cdot i, \quad (3.1)$$

де i – величина підйому поля, $i=0,03$

$$P_{гак}^{II} = 14,0 - 31,19 \cdot 0,03 = 13,06 \text{ кН};$$

$$P_{гак} = 25,0 - 33,84 \cdot 0,03 = 23,98 \text{ кН}.$$

Визначимо максимальну ширину захвату

$$B_{\max} = \frac{P_{гак}}{K + R_i}, \quad (3.2)$$

де K – питомий опір машини, $K=0,55$ кН/м;

R_i – додатковий опір на подолання підйому, кН/м:

$$R_i = \frac{G_M}{B_K} \cdot i, \quad (3.3)$$

де B_K – конструктивна ширина захвату машини; $B_K=2$ м;

G_M – маса сівалки, $G_M=11,06$ кН.

Отже,

$$R_i = \frac{11,06}{2} \cdot 0,03 = 0,166 \text{ кН/м.}$$

Тож

$$B_{\max}^{\text{II}} = \frac{13,06}{0,55 + 0,166} = 18,24 \text{ м,}$$

$$B_{\max} = \frac{23,98}{0,55 + 0,166} = 33,49 \text{ м.}$$

Визначаємо кількість машин в агрегаті:

$$n_c = \frac{B_{\max}}{B_K} \quad (3.4)$$

$$n_c^{\text{II}} = \frac{18,24}{2} = 9,12 \text{ шт.,}$$

$$n_c = \frac{33,49}{2} = 16,75 \text{ шт.}$$

Оскільки трактор може одночасно проводити встановлення тунелів на одному рядку, то приймаємо для проведення цієї операції по 1 машині.

Тяговий опір агрегату

$$R = (K + R_1) \cdot B_K \cdot n_c; \quad (3.5)$$

$$R_{\text{агр}}^{\text{II}} = (0,55 + 0,166) \cdot 2 \cdot 1 = 1,43 \text{ кН;}$$

$$R_{\text{агр}} = (0,55 + 0,166) \cdot 2 \cdot 1 = 1,43 \text{ кН.}$$

Коефіцієнт тягового зусилля трактора:

$$\eta = \frac{R_{\text{агр}}}{R_{\text{зак}}}. \quad (3.6)$$

$$\eta_{\text{мз}}^{\text{II}} = \frac{1,43}{13,06} = 0,109,$$

$$\eta_{mз} = \frac{1,43}{23,98} = 0,060.$$

Змінна продуктивність агрегату

$$W_{зм} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_p, \quad (3.7)$$

де B_p – робоча ширина захвату машини, м:

$$B_p = B_K \cdot \beta, \quad (3.8)$$

де B_K – конструктивна ширина захвату, $B_K=2,5$ м;

β – коефіцієнт використання ширини захвату агрегату, $\beta=1,0$

$$B_p = 2,5 \cdot 1,0 = 2,5 \text{ м};$$

V_p – робоча швидкість агрегату, км/год:

$$V_p = V_T \left(1 - \frac{\delta}{100} \right), \quad (3.9)$$

де δ – коефіцієнт буксування, приймаємо для обох тракторів

$\delta=10\%$

$$V_p^{II} = 4,26 \left(1 - \frac{10}{100} \right) = 3,83 \text{ км/год};$$

$$V_p = 5 \left(1 - \frac{10}{100} \right) = 4,5 \text{ км/год};$$

T_p – чистий робочий час, год:

$$T_p = T_{зм} \cdot \tau, \quad (3.10)$$

де $T_{зм}$ – час зміни, приймаємо $T_{зм}=8,0$ год;

τ – коефіцієнт використання часу зміни, $\tau=0,644$ при довжині гонів
264 м

$$T_p = 8 \cdot 0,644 = 5,15 \text{ год.}$$

Підставляємо значення отримані раніше

$$W_{зм}^{II} = 0,1 \cdot 3,83 \cdot 2,5 \cdot 5,15 = 4,93 \text{ га/зм};$$

$$W_{зм} = 0,1 \cdot 4,5 \cdot 2,5 \cdot 5,15 = 5,79 \text{ га/зм.}$$

Визначаємо витрати палива на 1 га площі, кг/га:

$$Q_{га} = \frac{Q_{зм}}{W_{зм}}, \quad (3.11)$$

де $Q_{зм}$ – витрата палива за зміну, кг/зм;

$W_{зм}$ – змінна продуктивність, га/зм.

$$Q_{зм} = Q_p \cdot T_p + Q_x \cdot t_x + Q_z \cdot t_z, \quad (3.12)$$

де Q_p, Q_x, Q_z – відповідно годинні витрати палива при виконанні

сівби, холостому русі, на зупинках; для трактора Case

Farmall 75JX $Q_p=10,2,0$ кг/год; $Q_x=4,6$ кг/год; $Q_z=1,7$ кг/год; у

трактора МТЗ–80 $Q_p=15,0$ кг/год; $Q_x=9,0$ кг/год; $Q_z=1,9$ кг/год;

T_p, t_x, t_z – відповідно час робочих і холостих рухів, час зупинок:

$$t_x = t_z = \frac{T_{зм} - T_p}{2}. \quad (3.13)$$

Отже,

$$t_x = t_z = \frac{8 - 5,15}{2} = 1,425 \text{ год.}$$

Отримані значення підставляємо у формулу 3.12 і проводимо розрахунок:

$$Q_{зм}'' = 15,0 \cdot 5,15 + 9,0 \cdot 1,425 + 1,9 \cdot 1,425 = 92,78 \text{ кг/зм,}$$

$$Q_{зм} = 10,2 \cdot 5,15 + 4,6 \cdot 1,425 + 1,7 \cdot 1,425 = 61,51 \text{ кг/зм.}$$

Отримані значення підставляємо у формулу 3.11 і визначимо

$$Q_{га}'' = \frac{92,78}{4,93} = 18,82 \text{ кг/год;}$$

$$Q_{га} = \frac{61,51}{5,79} = 10,62 \text{ кг/год.}$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

МВК 00. 000 ПЗ

Арк.

27

З приведених розрахунків видно, що агрегат, в складі трактора Case Farmall 75JX і тунельний плівкоукладач, має більшу продуктивність і менші витрати палива у порівнянні з трактором МТЗ–80, який рухається другою передачею.

3.5. Підготовка поля до роботи

При петльових поворотах ширина поворотної смуги

$$E = 3 \cdot R_{\min} + L_{\theta}, \quad (3.14)$$

де $R_{\min}$ – мінімальний радіус повороту, $R_{\min}=4,1$ м;

L_{θ} – довжина виїзду агрегату

$$L_{\theta} = 0,2 \cdot L_{\kappa},$$

де L_{κ} – кінематична довжина агрегату

$$L_{\kappa} = L_m + L_M,$$

де L_m , L_M – відповідно кінематична довжина трактора і сільськогосподарської машини.

Для:

$$L_{\kappa} = 0,95 + 3,25 = 4,2 \text{ м.}$$

Довжина виїзду:

$$L_{\theta} = 0,2 \cdot 4,2 = 0,84 \text{ м.}$$

Мінімальна ширина поворотної смуги:

$$E_{\min} = 3 \cdot 4,1 + 0,84 = 13,14 \text{ м.}$$

Довжина холостого ходу:

$$L_x = 6R + 2E_{\min}, \quad (3.15)$$

$$L_x = 6 \cdot 4,1 + 2 \cdot 13,14 = 50,88 \text{ м.}$$

Робоча довжина загінки:

$$L_p = L - 2E_{\min}, \quad (3.16)$$

де L – довжина робочої ділянки, $L=264$ м

$$L_p = 264 - 2 \cdot 13,14 = 237,72 \text{ м.}$$

Коефіцієнт робочих ходів:

$$K_p = \frac{L_p}{L_p + L_x}, \quad (3.17)$$

$$K_p = \frac{237,72}{237,72 + 50,88} = 0,824.$$

Оптимальна ширина загінки:

$$C_{onm} = \frac{n_c W_{зм} 10^4}{L}, \quad (3.18)$$

$$C_{onm} = \frac{1 \cdot 5,79 \cdot 10^4}{264} = 219,32 \text{ м.}$$

Кількість проходів агрегату в одній загінці

$$n = \frac{C_{onm}}{B_p} = \frac{219,32}{2,5} = 87,73.$$

Приймаємо $n=88$.

Тоді:

$$C_{onm} = n B_p = 88 \cdot 2,5 = 220 \text{ м.}$$

Кількість загінок визначаємо за формулою:

$$n_z = \frac{10^4 F}{L C_{onm}}, \quad (3.19)$$

де F – площа поля, $F=12$ га;

L – довжина гону, $L=264$ м;

$$n_z = \frac{10^4 \cdot 12}{264 \cdot 220} = 2,066 \text{ шт.}$$

Приймаємо дві загінки: одна шириною 220 м, а друга

$$C_2 = C_1 \cdot 1,066 = 220 \cdot 1,066 = 234,52 \text{ м.}$$

Тривалість одного циклу

$$T_u = \frac{12 \cdot L_p}{10^2 \cdot V_p} + 2 \cdot t, \quad (3.20)$$

де t – час повороту в кінці загінки, $t=2,0$ хв

$$T_u = \frac{12 \cdot 237,72}{10^2 \cdot 4,5} + 2 \cdot 2 = 10,34 \text{ хв.} \approx 0,17 \text{ год.}$$

Технологічна продуктивність одного циклу та їхня кількість за зміну

$$W_u = 0,1 \cdot B_p \cdot V \cdot T_u \cdot t, \quad (3.21)$$

$$W_u = 0,1 \cdot 2,5 \cdot 4,5 \cdot 0,17 \cdot 0,644 = 0,123 \text{ га/ц;}$$

$$n_u = \frac{W_{зм}}{W_u} = \frac{5,79}{0,123} = 47,07 \text{ ц/зм.}$$

Витрати палива за цикл

$$Q_u = Q_{за} \cdot W_u = 10,62 \cdot 0,123 = 1,306 \text{ кг/зм.}$$

На підставі проведених розрахунків заповнюємо операційну карту графічної частини проекту.

4. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

4.1. Аналіз конструкцій машин для встановлення арок тунельних парників

Тунельні парники (низькі тунелі) є широко розповсюдженим засобом захисту сільськогосподарських культур від весняних приморозків, вітру та надмірного зволоження. Основою тунелю є арки — прутки зі сталевого дроту або склопластику (GRP), вигнуті у форму напівеліпса та занурені кінцями в ґрунт із заданим кроком. Укривний матеріал — поліетиленова плівка, нетканий агроволоконний матеріал або дрібна сітка — натягується поверх арок і закріплюється загортанням країв у ґрунт.

Ручне встановлення арок є надзвичайно трудомістким. Для обладнання 1 га тунельних парників із шириною тунелю 0,40 м та кроком між арками 1,2 м необхідно вдавнити в ґрунт понад 20 000 прутків, що потребує 15–25 людино-годин на 1 га. Механізація цього процесу є актуальним завданням, якому присвячено численні конструкторські розробки у Франції, США, Іспанії, Польщі та інших країнах. Залежно від ступеня механізації всі відомі машини поділяються на три основні групи: ручні та напівмеханізовані пристрої, машини з механічним приводом від опорного колеса, а також повністю автоматизовані агрегати з програмованим керуванням.

Найпростіші пристрої для встановлення арок — ручні трубки-кондуктори, що утримують прутки вертикально і дозволяють докладати зусилля вдавлювання рівномірно по довжині кінця арки. Вони широко застосовуються в дрібних господарствах Нідерландів, Бельгії та Польщі, де площі під тунелями не перевищують 0,5–1,0 га. Більш досконалим варіантом є ручні колісні візки з важільним механізмом вдавлювання.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

МВК 00. 000 ПЗ

Арк.

31

Оператор котить візок по міжряддю і за допомогою важеля вдавлює по чергово обидва кінці прутка в ґрунт.

Продуктивність такого пристрою становить 200–350 арок за годину при зусиллі на важелі 80–120 Н. Попри простоту конструкції, ці пристрої не отримали широкого розповсюдження через обмежену продуктивність і значне фізичне навантаження на оператора.

MECHANICAL TRANSPLANTER MODEL 95 (США)

Компанія Mechanical Transplanter Co. (м. Холланд, штат Мічиган, США) є одним із піонерів механізації процесу встановлення дротяних арок і укладання тунельної плівки. Модель 95 (Tunnel Layer Model 95) є начипним агрегатом до трактора малої потужності (від 15 к.с.), широко розповсюдженим в господарствах США, Канади та Латинської Америки.



Рис. 4.1. Mechanical Transplanter Model 95

Конструкція базується на жорсткій сталевій рамі, змонтованій на трьох опорних колесах. Центральне опорне колесо є приводним — від нього через ланцюгово-зірчкову передачу обертається механізм подачі арок. Оператор вкладає прутки по одному в направляючий канал.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

Ланцюгово-роликовий механізм захоплює пруток і переміщує його вертикально вниз, вдавлюючи обидва кінці арки в ґрунт одночасно завдяки V-подібній направляючій, що розводить кінці прутка на задану ширину тунелю.

Для формування тунелю висотою 355 мм (14 дюймів) необхідні прутки довжиною 1575 мм (62 дюйми) та плівка шириною 1830 мм (72 дюйми) при відстані між ніжками арки 915 мм (36 дюймів). Продуктивність при ручному заряджанні прутків одним оператором — близько 400–600 арок на годину. До переваг Model 95 належать: відносно низька вартість (~3000–4000 USD), проста конструкція без пневматики та електроніки, можливість роботи з різними типами прутків. Основний недолік — необхідність ручного заряджання кожного прутка окремо.

RABAUD TUNNELMATIC (ФРАНЦІЯ)

Французька компанія Rabaud (м. Ла-Рош-сюр-Йон, регіон Pays de la Loire) є провідним розробником і виробником повністю автоматизованих машин для встановлення арок тунельних парників. Лінійка TUNNELMATIC є найбільш функціонально повним рішенням у своєму класі та визначає сучасний технічний рівень цього типу машин.

TUNNELMATIC являє собою начіпний агрегат до трактора, що монтується на задню трьохточкову навіску. Конструкція включає такі основні вузли: бункер-магазин для прутків з підйомним краном для завантаження; пневматичний механізм подачі та формування арки за допомогою шаблону-кондуктора; програмований логічний контролер (ПЛК) для керування кроком встановлення; вузол розкочування плівки з натяжним пристроєм та загортальний пристрій для фіксації країв плівки ґрунтом.

Лінійка TUNNELMATIC включає 5 моделей, що відрізняються шириною тунелю та можливістю суміщення з укладальником плівки. Усі



Рис. 4.2. Rabaud TUNNELMATIC

моделі розраховані на роботу зі сталевими або склопластиковими прутками. ПЛК дозволяє встановлювати крок між арками в діапазоні від 140 мм до будь-якого значення. Робоча швидкість агрегату — до 2 км/год. Потрібна потужність трактора для приводу компресора — від 8 к.с. Компанія також виробляє випрямляч прутків зі сталевих арок із продуктивністю 2000 арок за годину, що дозволяє повторно використовувати прутки після сезону.

Головною перевагою TUNNELMATIC є повністю автоматичне встановлення арок без ручної подачі кожного прутка. ПЛК забезпечує гнучке регулювання параметрів у процесі роботи. До недоліків належать:

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

МБК 00. 000 ПЗ

Арк.

34

складність конструкції, висока вартість, необхідність обслуговування пневматичної системи та обмежена робоча швидкість 2 км/год.

Конструкції з механічним роликовим захватом

Альтернативою пневматичним циліндрам є механічний привід вдавлювання арок від опорного колеса трактора через ланцюгово-зірочкову передачу. У таких конструкціях пруток захоплюється парою фрикційних роликів, встановлених на валу, і примусово проштовхується через V-подібну направляючу. При русі агрегату пруток виходить з направляючої і вдавлюється кінцями в ґрунт. Крок між арками визначається передавальним відношенням ланцюгової передачі від опорного колеса до вала роликів.

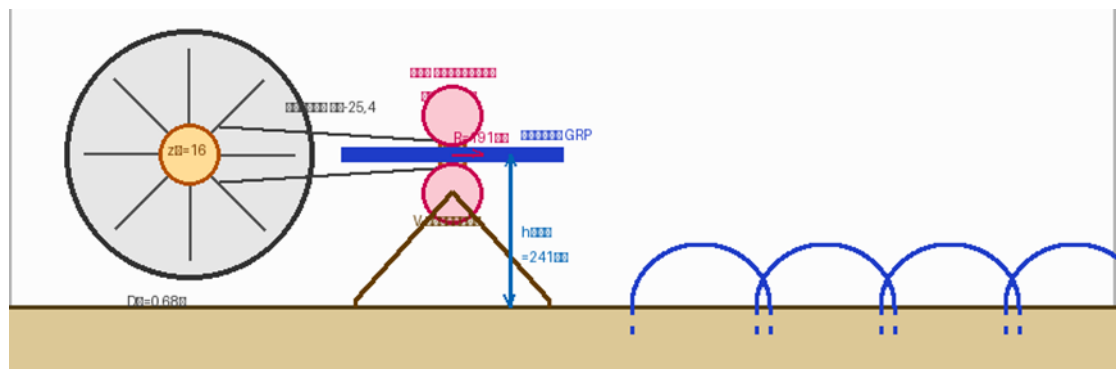


Рис. 4.3. Принципова схема механізму роликового захвату з ланцюговим приводом від опорного колеса

Конструкції роликового типу простіші та надійніші за пневматичні, оскільки не потребують компресора, повітропроводів та електронного керування. Робоча швидкість агрегату при роликовому приводі може досягати 4–6 км/год, що суттєво підвищує продуктивність. Недолік — менша точність глибини занурення на нерівному рельєфі.

Польські та іспанські конструкції

У Польщі та Іспанії поширені причіпні та начіпні укладачі тунельних плівок місцевого виробництва, в яких механізм встановлення арок суміщений з укладачем плівки в єдиний агрегат. Польські виробники

(Agriflex, Rolmex) випускають дворядні агрегати серії AFR, що виконують формування гряди, укладання плівки і встановлення арок за один прохід. Привід — від опорного колеса через ланцюгово-зірчкову передачу. Іспанські конструкції (виробники регіону Альмерія і Мурсія) орієнтовані переважно на широкі тунелі 1,5–2,0 м зі сталевими дугами кільцевого профілю.

Порівняльний аналіз розглянутих конструкцій дозволяє виділити три чіткі рівні за ступенем автоматизації. Нижній рівень — ручні кондуктори та візки: продуктивність 200–350 арок/год, повна залежність від фізичних можливостей оператора. Середній рівень — механічні роликові захвати з приводом від опорного колеса (Mechanical Transplanter Model 95): продуктивність 400–600 арок/год. Вищий рівень — повністю автоматизовані пневматичні системи типу Rabaud TUNNELMATIC: мінімальне втручання оператора, але обмежені швидкістю 2 км/год.

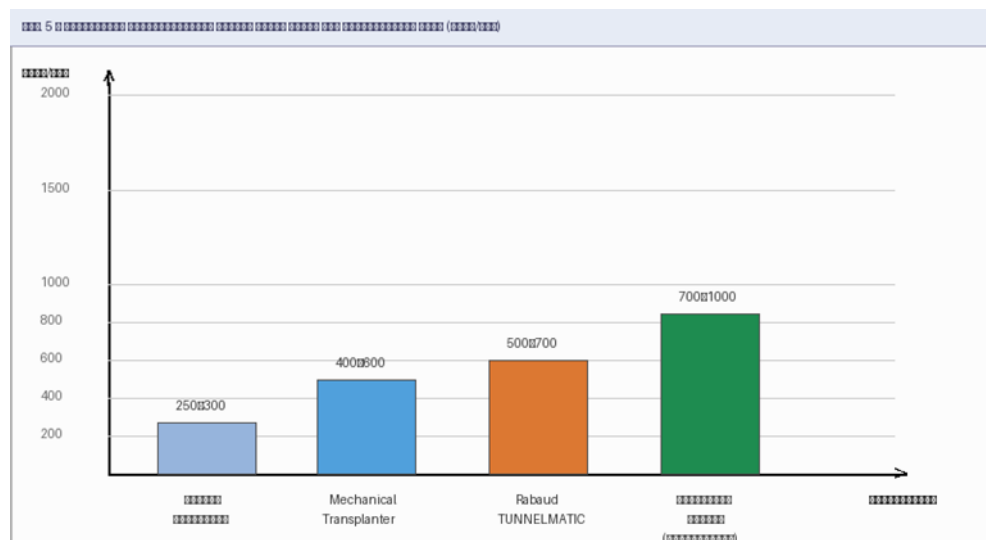


Рис. 4.4. Порівняння продуктивності різних типів машин для встановлення арок тунельних парників

Найпоширенішим конструктивним недоліком усіх розглянутих машин є відсутність або обмеженість механізму компенсації нерівностей рельєфу, що спричиняє нерівномірну глибину занурення кінців арок.

Другим суттєвим недоліком є відсутність у більшості конструкцій повної автоматизації подачі прутків. Порівняння за вартістю: найпростіші ручні пристрої — 200–500 євро, Mechanical Transplanter Model 95 — близько 3000–4000 USD, TUNNELMATIC у повній комплектації — 25000–45000 євро.

Для умов дрібних і середніх господарств України, де площі тунельних парників становлять 2–15 га, найбільш перспективними є конструкції середнього рівня автоматизації з механічним роликовим приводом від опорного колеса трактора, суміщені з укладальником тунельної плівки.

4.2. Технологічні розрахунки

Вихідні дані: відстань між арками $S=1,5$ м; ширина тунелю $W=0,40$ м; ширина плівки $W_{nl}=1,6$ м; діаметр опорно-приводного колеса $D_k=0,68$ м; діаметр прутка GRP $d=5$ мм; глибина занурення кінців прутка $h_{zp}=0,17$ м; зазор між поверхнею гряди та зовнішнім краєм захватів у найнижчому положенні — 0,050 м; площа поля $F=12$ га; довжина парника $L_{парн}=264$ м; відстань між парниками $d_{парн}=0,5$ м.

4.2.1. Ширина загортального краю плівки

Мульчувальна плівка шириною $W_{nl}=1,6$ м укладається на гряді і фіксується загортанням країв у ґрунт. Ширина загортального краю з кожного боку:

$$\delta = \frac{W_{nl} - W}{2} = \frac{1,6 - 0,40}{2} = 0,60 \text{ м.}$$

4.2.2. Висота тунелю

Для прутка зі склопластику GRP ($E=40$ ГПа, $\sigma_{32}=1200$ МПа) максимальне напруження у вершині арки визначається

$$\sigma = \frac{E \cdot d}{2 \cdot R_{\text{вер}}},$$

де

$$R_{\text{вер}} = \frac{a^2}{b}.$$

З умови нормативного запасу міцності $[n]=2,0$:

$$H_{\text{max}} = \frac{\sigma_{32} \cdot 2a^2}{[n] \cdot E \cdot d} = \frac{1200 \cdot 10^6 \cdot 2 \cdot 0,200^2}{2,0 \cdot 40 \cdot 10^6 \cdot 0,005} = 0,240 \text{ м.}$$

Приймаємо $H=0,24$ м.

Радіус кривизни у вершині арки:

$$R_{\text{вер}} = \frac{a^2}{b} = \frac{0,200^2}{0,240} = 0,1667 \text{ м.}$$

Перевірка

$$\sigma_{\text{факт}} = \frac{E \cdot d}{2 \cdot R_{\text{вер}}} = \frac{40 \cdot 10^6 \cdot 0,005}{2 \cdot 0,1667} = 600 \text{ МПа} = [\sigma] = \frac{\sigma_{32}}{2}.$$

4.2.3. Довжина дуги прутка

Напіввісі еліпса:

$$a=W/2=0,200 \text{ м; } b=H=0,240 \text{ м.}$$

Допоміжний параметр формули Рамануджана:

$$h = \left(\frac{a-b}{a+b} \right)^2 = \left(\frac{0,200-0,240}{0,200+0,24} \right)^2 = 0,008264.$$

Довжина дуги напівеліпса:

$$L_{\text{дуги}} = \pi \cdot (a+b) \cdot \left[1 + \frac{3h^2}{10 + \sqrt{4-3h^2}} \right] = \pi \cdot 0,440 \cdot \left[1 + \frac{3 \cdot 0,008264^2}{10 + \sqrt{3,97521}} \right] = 1,385 \text{ м.}$$

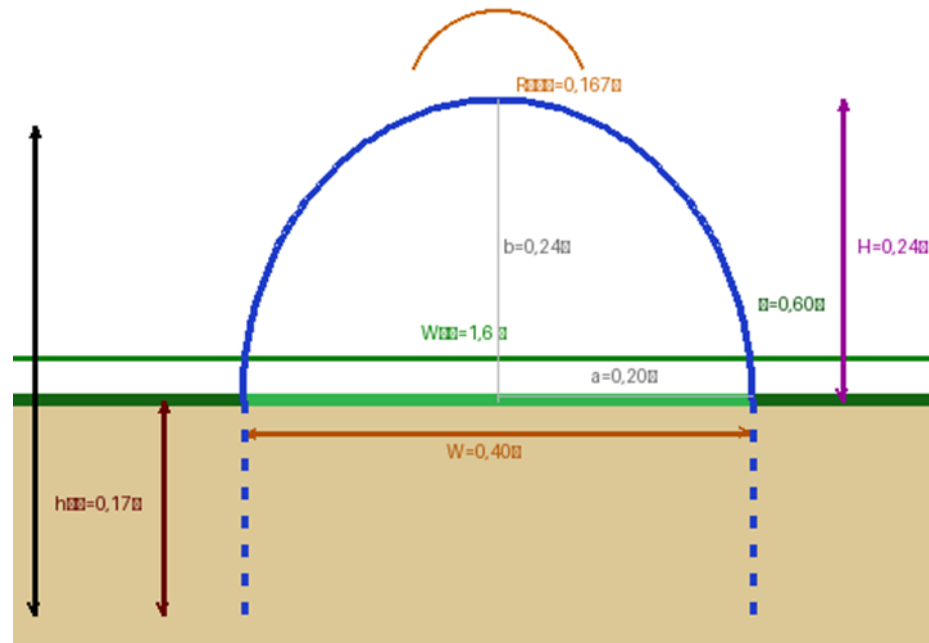


Рис. 4.5. Геометрія арки тунельного парника

4.2.4. Повна довжина прутка

З урахуванням занурення кінців прутка в ґрунт на глибину $h_{гр}=0,17$ м:

$$L_{пр} = L_{дуги} + 2 \cdot h_{гр} = 1,385 + 2 \cdot 0,17 = 1,725 \text{ м.}$$

Приймаємо $L_{пр}=1,8$ м.

4.2.5. Вибір трактора та робочої швидкості

Тяговий опір укладача плівки:

Опір двох загортальних дисків ($k=30$ кН/м², $B=0,08$ м, $h=0,12$ м):

$$R_{диск} = k \cdot B \cdot h \cdot n = 30 \cdot 10^3 \cdot 0,08 \cdot 0,12 \cdot 2 = 576 \text{ Н.}$$

Зусилля натягу плівки

$F_{пл}=150$ Н (за аналогом).

Опір кочення машини

$$R_{коч} = G \cdot f = 2500 \cdot 0,15 = 375 \text{ Н,}$$

де G – вага укладача, $G=2500$ Н;

f – коефіцієнт перекочування коліс машини, $f=0,15$.

Загальний тяговий опір:

$$R_{\text{заг}} = R_{\text{диск}} + F_{\text{пл}} + R_{\text{коч}} = 576 + 150 + 375 = 1101 \text{ Н.}$$

Обирається трактор МТЗ-82 (тяговий клас 1,4, $N=60$ кВт). Крюкова тяга ($F_{\text{тяги}}=7000$ Н, маса $G_{\text{тр}}=33000$ Н):

$$F_{\text{кр}} = F_{\text{тяги}} - f \cdot G_{\text{тр}} = 7000 - 0,10 \cdot 33000 = 3700 \text{ Н} \gg R_{\text{заг}} = 1101 \text{ Н.}$$

Умова виконується.

Приймається робоча швидкість $v=1,50$ м/с (5,4 км/год).

4.2.6. Кількість парників, прутків, рулонів плівки та шлангів

Ширина смуги одного парника з міжпарниковим проходом:

$$B_{\text{см}} = W + d_{\text{парн}} = 0,40 + 0,50 = 0,90 \text{ м.}$$

Кількість парників на полі $F=12$ га

$$n_{\text{парн}} = \frac{F}{B_{\text{см}} \cdot L_{\text{парн}}} = \frac{12 \cdot 10000}{0,90 \cdot 264} = 505,1 \text{ шт.}$$

Приймаємо 506 шт.

Кількість прутків на один парник при кроці $S=1,2$ м:

$$n_{\text{пр}} = \frac{L_{\text{парн}}}{S + 1} = \frac{264}{1,2 + 1} = 221 \text{ шт.}$$

Загальна кількість прутків на поле:

$$N_{\text{пр}} = n_{\text{пр}} \cdot n_{\text{парн}} = 221 \cdot 506 = 111826 \text{ шт.}$$

Довжина плівки на парник з запасом

$$L_{\text{пл}} = 264 + 2 = 266 \text{ м} < L_{\text{рул}} = 400 \text{ м.}$$

Приймаємо 1 рулон на парник.

Загальна кількість рулонів плівки:

$$N_{\text{рул}} = n_{\text{парн}} = 506 \text{ рулонів.}$$

Загальна довжина шлангів крапельного зрошення (1 шланг на парник)

$$L_{\text{шл.заг}} = 264 \cdot 506 = 133584 \text{ м.}$$

При довжині рулону 500 м:

$$N_{\text{шл}} = \frac{133584}{500} = 268 \text{ рулонів.}$$

4.2.7. Зовнішній радіус захватів та висота розташування вала

За умовою задачі відстань між арками S дорівнює довжині дуги, яку описує зовнішній край захватів за один повний оберт, плюс зазор між поверхнею гряди та зовнішнім краєм захватів у їх найнижчому положенні. Довжина дуги повного кола

$$S = 2 \cdot \pi \cdot R_{\text{зовн}},$$

тому

$$h_{\text{вал}} = 2 \cdot \pi \cdot R_{\text{зовн}} + \delta.$$

Звідси зовнішній радіус захватів:

$$R_{\text{зовн}} = \frac{S}{2 \cdot \pi} = \frac{1,5}{2 \cdot \pi} = 0,239 \text{ м} = 239 \text{ мм.}$$

Висота осі вала роликів захватів над поверхнею гряди:

$$h_{\text{вал}} = R_{\text{зовн}} + 0,050 = 0,239 + 0,050 = 0,289 \text{ м} = 289 \text{ мм.}$$

Перевірка: у найнижчому положенні зовнішній край захватів знаходиться на висоті

$$S = (h_{\text{вал}} - \delta) \cdot 2 \cdot \pi = (0,289 - 0,050) \cdot 2 \cdot \pi = 1,500 \text{ м.}$$

4.3. Кінематичні розрахунки

4.3.1. Параметри опорно-приводного колеса

Радіус опорно–приводного колеса

$$R_{\kappa} = \frac{D_{\kappa}}{2} = \frac{0,68}{2} = 0,340 \text{ м.}$$

Кутова швидкість опорно–приводного колеса

$$\omega_{\kappa} = \frac{v}{R_{\kappa}} = \frac{1,50}{0,340} = 4,412 \text{ с}^{-1}.$$

Частота обертання опорно–приводного колеса

$$n_{\kappa} = \frac{\omega_{\kappa} \cdot 60}{2 \cdot \pi} = \frac{4,412 \cdot 60}{2 \cdot 3,14} = 42,13 \text{ хв}^{-1}.$$

4.3.2. Необхідна частота обертання вала роликів захватів

За один повний оберт вала одне встановлення прутка. Щоб арки встановлювались із кроком $S=1,5$ м

$$n_{\text{кул}} = \frac{v}{S \cdot 60} = \frac{1,50}{1,5 \cdot 60} = 60,00 \text{ хв}^{-1}.$$

4.3.3. Передавальне відношення від опорного колеса на вал роликів захватів

За один оберт опорно–приводного колеса агрегат пройде шлях

$$S_{\text{кол}} = 2 \cdot \pi \cdot R_{\kappa} = 2 \cdot \pi \cdot 0,68 = 4,27 \text{ м}.$$

Визначаємо кількість арок, що будуть встановлені за цей час

$$n_{\text{ар}} = \frac{S}{S_{\text{кол}}} = \frac{1,5}{4,27} = 0,351.$$

Це і є передаточним відношенням ланцюгової передачі приводу валу захватів.

В той же час

$$i = \frac{n_{\kappa}}{n_{\text{кул}}} = \frac{z_1}{z_2} = 0,351.$$

Кількість зубів зірочок веденої зірочки

$z_1=16$ зуб (ведуча, на осі опорного колеса),

$$z_2 = \frac{z_1}{i} = \frac{16}{0,351} = 45,58.$$

Приймаємо $z_2=45$.

Уточнюємо передаточне відношення

$$i = \frac{z_1}{z_2} = \frac{16}{45} = 0,356.$$

Уточнена частота обертання вала роликів захватів:

$$n_{кул.р} = \frac{n_k}{i} = \frac{42,13}{0,356} = 118,34 \text{ хв}^{-1}.$$

Фактичний крок між арками та відхилення:

$$n_{ар} = \frac{S}{S_{кол}} = \frac{1,5}{4,27} = 0,351.$$

$$S_{факт} = i \cdot S_{кол} = 0,356 \cdot 4,27 = 1,520 \text{ м}; \Delta S = 20 \text{ мм}.$$

Швидкість ланцюга (крок $p=25,4$ мм, ланцюг ПР-25,4):

$$v_l = \frac{z_1 p \cdot n_k}{60} = \frac{16 \cdot 0,0254 \cdot 42,13}{60} = 0,285 \text{ м/с}.$$

4.4. Силові розрахунки

Геометричні характеристики перерізу прутка GRP $d=5$ мм:

- момент інерції

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{\pi \cdot 0,005^4}{64} = 3,068 \cdot 10^{-11} \text{ м}^4,$$

- полярний момент інерції

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{\pi \cdot 0,005^3}{32} = 1,227 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3,$$

- площа поперечного перерізу

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{\pi \cdot 0,005^3}{32} = 1,227 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2.$$

4.4.1. Зусилля занурення кінців прутка в ґрунт

Питомий опір розпушеного ґрунту $q=0,30$ МПа; коефіцієнт бічного тертя $k=1,5$:

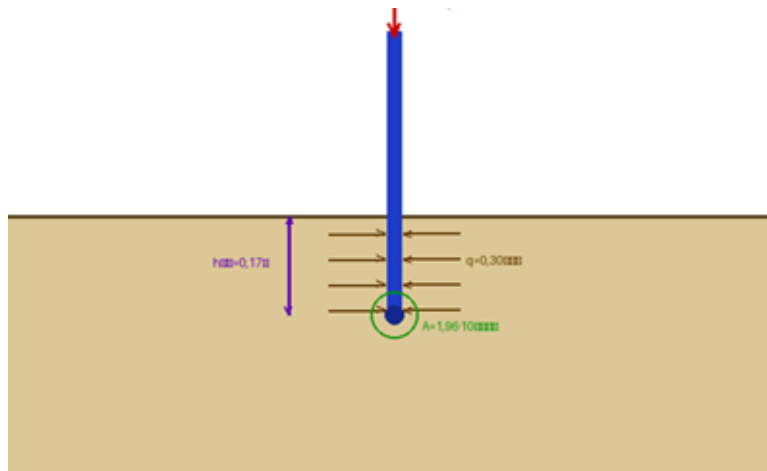


Рис. 4.6. Розрахункова схема зусилля занурення кінця прутка в ґрунт

$$F_{зан} = q \cdot A \cdot k = 0,30 \cdot 10^6 \cdot 1,964 \cdot 10^{-5} \cdot 1,5 = 8,84 \text{ Н.}$$

4.4.2. Сила защемлення прутка роликowymi захватами

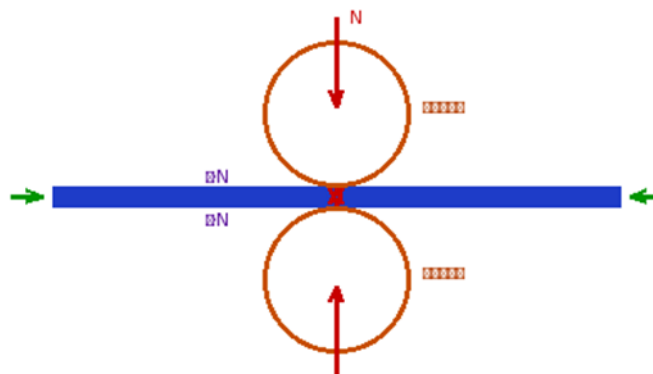


Рис. 4.7. Розрахункова схема защемлення прутка роликowymi захватами

Коефіцієнт тертя гума–GRP $\mu=0,50$, коефіцієнт запасу $k=1,5$:

$$F_{зах} = \frac{F_{зан} \cdot k}{2 \cdot \mu} = \frac{8,84 \cdot 1,5}{2 \cdot 0,50} = 13,25 \text{ Н.}$$

4.4.3. Сила пружності прутка

Максимальний згинальний момент у вершині арки:

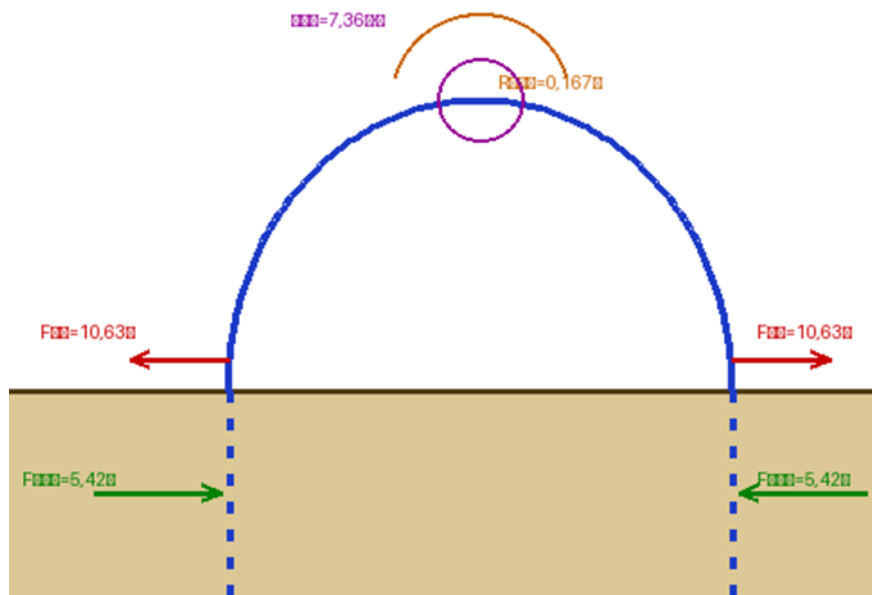


Рис. 4.8. Розрахункова схема сил пружності прутка та ґрунтового утримання

$$M_{np} = \frac{E \cdot I}{R_{вер}} = \frac{40 \cdot 10^9 \cdot 3,068 \cdot 10^{-11}}{0,1667} = 7,363 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Горизонтальна розпiрна сила на кожен кiнець прутка:

$$F_{np} = \frac{M_{np}}{\frac{L_{дуги}}{2}} = \frac{7,363}{\frac{1,385}{2}} = 10,63 \text{ Н}.$$

4.4.4. Сила защемлення кінця прутка у ґрунті

Пасивний тиск ґрунту ($k_n=5,0$; $\gamma=15 \text{ кН/м}^3$; $z=h_{зр}/2=0,085 \text{ м}$):

$$\sigma_{нас} = k_n \cdot \gamma \cdot z = 5,0 \cdot 15 \cdot 10^3 \cdot 0,085 = 6375 \text{ Па}.$$

Сила захисту кінця прутка у ґрунті:

$$F_{защ} = \sigma_{нас} \cdot d \cdot h_{зр} = 6375 \cdot 0,005 \cdot 0,17 = 5,42 \text{ Н}.$$

Оскільки $F_{защ}=5,42 \text{ Н} < F_{np}=10,63 \text{ Н}$, для надійного утримання прутка рекомендується ущільнення ґрунту навколо основ прутка після встановлення або збільшення $h_{зр}$ до 0,20 м (тоді $F_{защ}=9,00 \text{ Н}$).

4.5. Розрахунки на міцність

4.5.1. Вибір матеріалу та перевірка міцності прутка

Для прутка арки обрано склопластик GRP $d=5$ мм ($E=40$ ГПа, $\sigma_{32}=1200$ МПа).

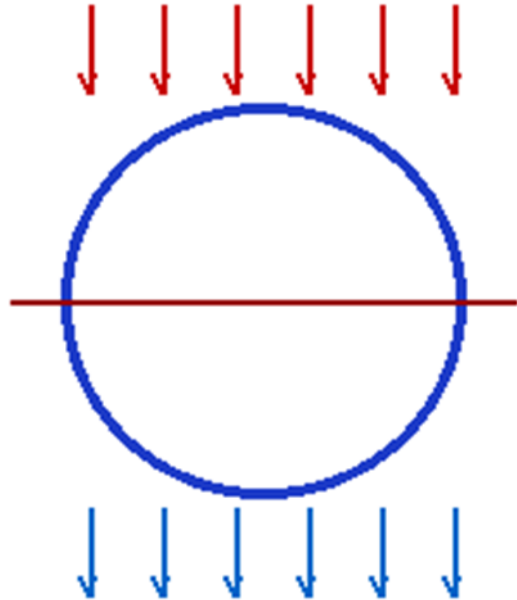


Рис. 4.9. Розрахункова схема перерізу прутка та умова міцності

Напруження на згин

$$\sigma_{\text{факт}} = \frac{E \cdot d}{2 \cdot R_{\text{вер}}} = \frac{40 \cdot 10^9 \cdot 0,005}{2 \cdot 0,1667} = 600 \text{ МПа.}$$

Допустимі напруження на згин

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{32}}{[n]} = \frac{1200}{2,0} = 600 \text{ МПа.}$$

Фактичні напруження на згин

$$\sigma_{\text{факт}} = 600 \text{ МПа} = [\sigma] = 600 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт запасу

$$n = \frac{\sigma_{32}}{\sigma_{\text{факт}}} = \frac{1200}{600} = 2,00 = [n] = 2.$$

Умова міцності виконується точно. Пруток GRP $d=5$ мм є оптимальним рішенням.

4.5.2. Розрахунок ланцюгової передачі

Потужність, що передається ланцюгом

$$P_{кор} = F_{зан} \cdot v_l = 8,84 \cdot 0,285 = 2,52 \text{ кВт.}$$

$$P = \frac{P_{кор}}{\eta} = \frac{2,52}{0,96} = 2,62 \text{ кВт.}$$

$$F_p = \frac{P}{v_l} = \frac{2,62}{0,285} = 920 \text{ Н.}$$

Ланцюг ПР-25,4 ($p=25,4$ мм, $F_{руйн}=60000$ Н). Запас міцності

$$n_l = \frac{F_{руйн}}{F_p} = \frac{60000}{920} = 65,19 \gg [n_l] = 7 \div 8.$$

Рекомендована міжосьова відстань та кількість ланок

$$a_{мо} = 30 \cdot p = 30 \cdot 25,4 = 762 \text{ мм.}$$

$$L_l = \frac{2 \cdot a_{мо}}{p} + \frac{z_1 + z_2}{2} / + \frac{(z_1 - z_2)^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot \frac{a_{мо}}{p}} = 60 + 12,5 + 0,41 = 72,9.$$

Приймаємо 72 ланки.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Інструкція з охорони праці при роботі на садильному агрегаті

Механізоване укладання тунельної плівки при вирощуванні кавунів виконується агрегатом у складі колісного трактора тягового класу 1,4 та начіпного тунельного укладача. Робота агрегату пов'язана з дією комплексу шкідливих і небезпечних виробничих чинників, що потребують відповідного аналізу та розробки заходів з їх усунення або мінімізації.

До фізичних небезпечних і шкідливих чинників, які супроводжують роботу агрегату, належать: підвищений рівень шуму від двигуна та трансмісії трактора; вібрація, що передається на робоче місце оператора через сидіння і органи керування; запиленість повітря в зоні руху агрегату по полю; вплив прямого сонячного випромінювання та несприятливих метеорологічних умов у літній період, коли проводяться роботи з укладання плівки під час вирощування кавунів.

Механічні небезпеки виникають при зачепленні одягу або кінцівок персоналу обертовими елементами приводу — карданним валом, зірочками та ланцюговою передачею механізму подачі плівки. Небезпеку становить також можливість падіння рулону плівки з утримуючого пристрою під час заряджання машини, ненавмисний опускання начіпного знаряддя при від'єднаному гідравлічному замку трактора.

До керування трактором з тунельним укладачем плівки допускаються особи, які мають посвідчення тракториста-машиніста відповідної категорії, пройшли вступний та первинний інструктажі з охорони праці, ознайомлені з інструкцією з експлуатації машини та допущені до роботи відповідним наказом по господарству. Забороняється

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

МВК 00. 000 ПЗ

Арк.

48

залучати до роботи осіб молодше 18 років, а також осіб, які не пройшли медичний огляд.

Перед початком роботи тракторист зобов'язаний: перевірити технічний стан трактора і націпного знаряддя, надійність кріплення всіх з'єднань і захисних кожухів; переконатися у відсутності сторонніх предметів у зоні робочих органів; впевнитись у справності гідравлічної системи націпного пристрою трактора та гальмівної системи. Рулон плівки встановлюється на вісь тримача лише при заглушеному двигуні і за наявності не менше двох працівників — через значну масу рулону (до 80–120 кг).

Під час роботи агрегату забороняється: перебувати стороннім особам у зоні 15 м від агрегату; виконувати регулювання, змащування або усунення несправностей при працюючому двигуні; залишати робоче місце при опущеному, але незаблокованому знарядді; виконувати розворот агрегату на кутах поля з піднятою на неповну висоту машиною. При транспортуванні агрегату дорогами загального користування тунельний укладач переводиться в транспортне положення, а максимальна швидкість руху не повинна перевищувати 20 км/год.

Роботи з укладання плівки виконуються виключно у денний час при достатньому природному освітленні. Проведення робіт у туман, при сильному вітрі (понад 8 м/с), а також у грозу категорично забороняється, оскільки плівка є діелектриком і в умовах електростатичного заряджання становить небезпеку. При температурі повітря вище +30°C роботи рекомендується проводити у ранкові та вечірні години, а в обід забезпечувати обов'язкову перерву тривалістю не менше ніж 1 година.

Рівень шуму на робочому місці тракториста не повинен перевищувати 80 дБА згідно з ДСН 3.3.6.037-99. За результатами вимірювань на аналогічних агрегатах рівень шуму в кабіні трактора становить 78–82 дБА, що зумовлює необхідність застосування

індивідуальних засобів захисту органів слуху — навушників або берушів при тривалій роботі. Загальна вібрація на сидінні оператора нормується відповідно до ДСН 3.3.6.039-99 і не повинна перевищувати допустимих значень по осі Z.

Поліетиленова плівка є горючим матеріалом. Зберігання рулонів плівки повинне здійснюватись у спеціально відведених місцях, захищених від прямого сонячного проміння та відкритого вогню, на відстані не менше ніж 5 м від місць заправки паливно-мастильними матеріалами. Трактор повинен бути обладнаний справним вогнегасником марки ОП-5 або ОУ-5. Забороняється курити в кабіні трактора і поблизу місць зберігання плівки.

У разі нещасного випадку тракторист зобов'язаний негайно зупинити агрегат, заглушити двигун і надати постраждалому першу долікарську допомогу, після чого повідомити керівника робіт. Аптечка першої медичної допомоги повинна знаходитись у кабіні трактора і бути укомплектована відповідно до НПАОП 0.00-1.01-21. На кожній ділянці, де виконуються польові роботи, повинна бути визначена відповідальна особа з охорони праці та забезпечений зв'язок із медичним пунктом господарства.

Після завершення зміни тракторист зобов'язаний: перевести націпне знаряддя у транспортне положення і заблокувати гідравлічний замок; очистити робочі органи укладача від залишків плівки та ґрунту; перевірити стан кріплень і захисних пристроїв; провести зовнішній огляд і, за необхідності, змастити вузли тертя відповідно до таблиці мащення. Виявлені несправності фіксуються в журналі обліку і усуваються до початку наступної зміни. Зберігання агрегату здійснюється на охоронюваному майданчику або під навісом.

ВИСНОВКИ

За підсумками виконання кваліфікаційної роботи на тему «Механізація вирощування кавунів з удосконаленням тунельного укладача плівки» сформульовано наступні висновки.

Виконаний аналіз агротехнічних вимог та сучасних технологій вирощування кавунів засвідчив, що використання тунельних плівкових укріттів є технологічно обґрунтованим рішенням, яке сприяє прискоренню настання фази вегетації на 10–14 діб, забезпечує захист рослин від весняних приморозків і дозволяє зменшити втрати врожаю внаслідок впливу несприятливих погодних умов.

Порівняльний огляд наявних конструкцій тунельних укладачів плівки дозволив встановити їх характерні вади: нерівномірне розподілення натягу плівки по ширині тунелю, схильність до утворення складок і розривів при збільшенні швидкості руху агрегату, а також недостатня жорсткість несучої дуги, що зумовлює деформацію тунельного укріття в процесі роботи.

Як конструктивне удосконалення тунельного укладача плівки запропоновано введення до його складу регульованого натяжного механізму роликового виконання з пружним компенсувальним елементом, функція якого полягає в підтриманні стабільного натягу плівкового матеріалу в умовах нерівного рельєфу поля та змінного швидкісного режиму агрегату.

Список використаної літератури

1. Милашевський О. Технологія вирощування кавунів // Іннова Україна. — 2025. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://innova.com.ua/tekhnologiya-viroshhuvannya-kavuniv/> (дата звернення: 07.05.2026).
2. Технологія вирощування кавунів // AgroRancho.com.ua. — 2024. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://agrorancho.com.ua/tekhnolohiia-vyroshchuvannia-kavuniv/> (дата звернення: 07.05.2026).
3. Сучасна технологія вирощування баштаних культур — кавунів, дині // УАПГ. — 2021. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://uapg.ua/blog/suchasna-tehnologiya-viroshhuvannya-bashtannih-kultur-kavuniv-dini/> (дата звернення: 07.05.2026).
4. Технологія вирощування кавунів // Agronom.ua. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://agronom.ua/tekhnologiya-vyroshchuvannya-kavuniv/> (дата звернення: 07.05.2026).
5. Кавун — технологія вирощування у захищеному ґрунті, парниках і малогабаритних укриттях // Agromage.com. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://agromage.com/stat_id.php?id=19 (дата звернення: 07.05.2026).
6. Ефективні методи вирощування кавунів у відкритому ґрунті // Agro-Market.net. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://agro-market.net/ua/news/vegetables/effektivnye_metody_vyrashchivaniya_arbuza_v_otkrytom_grunte/ (дата звернення: 07.05.2026).
7. Порівняння парників з агроволокна, плівки та полікарбонату: переваги та недоліки // Rami.com.ua. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу:

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

МБК 00. 000 ПЗ

Арк.

52

<https://rami.com.ua/statti/bs112-porivnyannya-parnikiv-z-agrovolokna-plivki-ta-polikarbonatu> (дата звернення: 07.05.2026).

8. Мульчування — технологія при вирощуванні кавунів // Azimina.com.ua. — 2023. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.azimina.com.ua/vyroshhuvannya-kavuniv-v-ukrayini/> (дата звернення: 07.05.2026).
9. Технологія вирощування кавунів у відкритому ґрунті // Зелена Садба. — 2024. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://zelenasadyba.com.ua/sad-i-gorod/vyroshhuvannya-kavuniv-u-vidkrytomu-grunti.html> (дата звернення: 07.05.2026).
10. Херсонський переселенець. Вирощування кавунів на Прикарпатті // AgroTimes. — 2023. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://agrotimes.ua/article/hersonskyj-pereselenecz-vyroshhuvannya-kavuniv-na-prykarpatti/> (дата звернення: 07.05.2026).
11. Бондаренко М.Г., Демещук В.А. Комплектування і використання машинно-тракторного парку в рослинництві: Підручник. — К.: Вища шк., 1995. — 237 с.: іл.
12. Експлуатація машин і обладнання: Навчальний посібник / Ружицький М.А., Рябець В.І., Кіяшко В.М. та ін. — К.: Аграрна освіта, 2010. — 617 с.
13. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: Підруч. у 2 т: Т. 2 / А.В. Рудь, І.М. Бендера, Д.Г. Войтюк та ін.; за ред. А.В. Рудя. — К. Агроосвіта, 2012. — 434 с.
14. Технологія механізованих робіт в рослинництві. Методичні вказівки до виконання курсового проекту для студентів спеціальності «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва» та «Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва» /

Укладачі: С.М. Лещенко, Д.І. Петренко, О.М. Васильковський, П.Г. Лузан, – Кіровоград: КНТУ, 2013. – 86 с.

15. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з курсів «Технологія механізованих робіт в рослинництві» та «Машиновикористання в рослинництві» для студентів спеціальностей 208 «Агроінженерія» та 133 «Галузеве машинобудування» / Укладачі: В.М. Сало, С.М. Лещенко, О.М. Васильковський, Д.І. Петренко, П.Г. Лузан – Кропивницький: ЦНТУ, 2018. – 170 с.
16. Rabaud. Automatic rod driver TUNNELMATIC [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.rabaud.com/en/materiels/automatic-hoop-driver/automatic-rod-driver-tunnelmatic> (дата звернення: 07.05.2026).
17. Mechanical Transplanter Co. Tunnel Layers — Model 95 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://mechanicaltransplanter.com/pages/tunnel-layers> (дата звернення: 07.05.2026).
18. Dubois Agrinovation. Mechanical Transplanter Low Tunnel Layer Model 95 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://duboisag.com/us_en/mechanical-transplanter-low-tunnel-layer.html (дата звернення: 07.05.2026).
19. Gespro Équipement. Poseuse d'arceaux maraîcher TUNNELMATIC [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://gesproequipement.com/poseuse-darceaux-maraicher-tunnelmatic/> (дата звернення: 07.05.2026).
20. Lamont W.J. Plastics: Modifying the microclimate for the production of vegetable crops // HortTechnology. — 2005. — Vol. 15, No. 3. — P. 477–481. — DOI: 10.21273/horttech.15.3.0477.
21. Kasirajan S., Ngouajio M. Polyethylene and biodegradable mulches for agricultural applications: a review // Agronomy for Sustainable

Development. — 2012. — Vol. 32, No. 2. — P. 501–529. — DOI: 10.1007/s13593-011-0068-3.

22. Checchi & Magli S.r.l. Plastic Mulch Layers and Bed Makers [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.checchiemagli.com/en/machines/plastic-mulch-layers-and-bed-makers/> (дата звернення: 07.05.2026).
23. Rabaud. Rod straightening machine [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.rabaud.com/en/materiels/automatic-hoop-driver/rod-straightening-machine> (дата звернення: 07.05.2026).
24. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини, /Теоретичні основи, конструкція, проектування, Книга 1. Машини для рільництва/ За ред М.І. Черновола – К. Урожай, 2001. – 384 с.
25. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно–технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. 2–е вид., переробл. – Кривий Ріг: ФОП Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.
26. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків: навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей усіх форм навчання / А.В. Гайдамака. – Харків: НТУ «ХП», 2020. – 275 с.
27. Цілинский В.П. Охорона праці в рослинництві / В.П. Цілинский. – К.: "Урожай", 1991. – 136 с.
28. Войналович О. Охорона праці у сільському господарстві. Навчальний посібник / Войналович О., Білько Т., Марчиниша Є. – К.: Центр навчальної літератури, 2019. – 691 с.