

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

**Факультет інженерії та енергетики**

Кафедра електрифікації, автоматизації виробництва та інженерної екології

Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису

**ГУМЕНІЙ ВЛАДИСЛАВ СЕРГІЙОВИЧ**

**УДК 631.544.4**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

***Підвищення ефективності використання енергоресурсів  
при виробництві продукції захищеного ґрунту***

141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр

кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело \_\_\_\_\_ В.С. Гумений

**Керівник роботи**

Савченко Л.Г.

кандидат історичних наук

**Житомир – 2020**

## АНОТАЦІЯ

**Гумений Владислав Сергійович. Підвищення ефективності використання енергоресурсів при виробництві продукції захищеного ґрунту. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.**

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”. – Поліський національний університет, Житомир, 2020.

На підстав аналізу енерговитрат в тепличних комплексах Житомирської та Київської областях встановлено, що найбільш економічною (по витраті умовного палива) є система енергопостачання з власної котельні на базі природного газу.

Встановлено, що повна усереднена енергоємність становить 350 ГДж/т, в тому числі прямі енерговитрати 95,5% (з яких 93% витрачається на опалення тепличного комбінату в холодну пору року), непрямі 2%, інвестиційні 1%, трудові 1,5% в структурі повної енергоємності.

Виявлено, що зниження енергоємності продукції, що виробляється в основному залежить від величини прямих витрат енергії, де більше 90% складають витрати теплової енергії.

Найбільш ефективним заходом по економії паливо-енергетичних ресурсів є застосування додаткових огороджувальних конструкцій у комплексі з освітленням рослин (зниження енергоємності та собівартості до 30%).

*Ключові слова: енергоресурси, ефективність, опалювання, конструкція, освітлення, теплиця, герметизація.*

## ANNOTATION

**Gumeny Vladislav Sergiyovich. Adjustment of the efficiency of the registration of energy resources for the production of stolen goods. - *The quality of the robot as a manuscript.***

Qualification of the robot for the purpose of the master's degree for the specialty 141 "Electroenergetics, electrical engineering and electromechanics". - Polisky National University, Zhytomyr, 2020.

For the analysis of energovitate in the greenhouse complexes of Zhytomyr and Kiev regions, it was established that the most economical (according to the vitrate of a sink) is a system of energy supply from a power boiler based on natural gas.

It has been installed that the energy efficiency has been averaged to become 350 GJ / t, including direct energy 95.5% (of which 93% is used to burn the greenhouse combine in cold weather), indirect 2%, investment 1.5%, labor in the structure of the main energy.

It was revealed that a decrease in the energy capacity of a product is mainly due to the amount of direct energy vitrates, and more than 90% is stored in a thermal energy vitrate.

The most effective approach to the economy of fire-energy resources is the provision of additional gardening structures at the complex with the illumination of the rosline (lowering the energy efficiency and cost up to 30%).

Key words: energy resources, efficiency, opaluvannya, design, illumination, greenhouse, seali

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. СТАН ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕПЛИЧНИХ ГОСПОДАРСТВ І ОЦІНКА НАПРЯМКІВ ЗНИЖЕННЯ ВИТРАТ ЕНЕРГІЇ.....	9
РОЗДІЛ 2. ПОЕЛЕМЕНТИНИЙ АНАЛІЗ ЕНЕРГОВИТРАТ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ПРОДУКЦІЇ ЗАХИЩЕНОГО ГРУНТУ.....	19
РОЗДІЛ 3. ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ ЩОДО ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГОВИТРАТ І ЕНЕРГОЄМНОСТІ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ ЗАХИЩЕНОГО ГРУНТУ.....	25
ВИСНОВКИ.....	32
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	33

## ВСТУП

Поліпшення постачання населення в зимово-весняний період свіжими овочами пов'язано з розвитком овочівництва захищеного ґрунту, рівень розвитку якого в Україні залишається низьким.

В даний час овочівництво захищеного ґрунту є найбільш енергоємною галуззю сільськогосподарського виробництва. Енергоємність основної продукції зимових теплиць (огірки, томати) перевищує рівень енергоємності основної продукції тваринництва (м'яса, молока, яєць та ін.). У собівартості продукції захищеного ґрунту майже 50% складають енерговитрати. Однією з причин цього – недосконалість систем енергозабезпечення самих теплиць, що супроводжується великими тепловтратами в системах енергопостачання культивацийних споруд. Наприклад, на обігрів 1 га зимових теплиць витрачається близько 3000 т умовного палива на рік, а на отримання 1 т тепличної продукції витрата теплової енергії становить 160...200 ГДж і 1,2...2,3МВт електричної енергії. Щорічне зростання цін на енергоресурси і зниження платоспроможності господарств не дозволяють останнім купувати енергоресурси в необхідному обсязі. Тому проблема раціонального використання енергоресурсів набуває особливої гостроти.

На сучасному етапі економічного розвитку в сільському господарстві все помітніше стає взаємозв'язок між розвитком економіки галузі та сумарним споживанням первинних паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР). Енергетична база є основою розвитку продуктивних сил в сільському господарстві. За енергоозброєністю і технічним оснащенням нові комплекси не поступаються промисловим підприємствам.

Однак, проведене економічне обґрунтування, як правило, визначає ситуацію сьогодення, але не завжди дозволяє оцінити перспективи галузі і ефективність використання ПЕР при виробництві овочів закритого

грунту. Економічні показники мають істотні коливання в часі, які визначаються політикою ціноутворення і не завжди дозволяють встановити оптимальний рівень витрат енергії на виробництво сільськогосподарської продукції. Тому в умовах ринкової економіки при значному коливанні цін не завжди вдається об'єктивно оцінити ефективність застосовуваних технологій і систем енергозабезпечення при виробництві овочів. Цю оцінку можна отримати при використанні поряд з економічними показниками менш схильних до кон'юнктури ринку та ринкової економіки натуральних енергетичних показників, тобто за допомогою енергетичної оцінки.

Енергетична оцінка в значній мірі дозволяє визначити затратність виробництва овочів, оцінити конкурентоспроможність різних способів їх вирощування і систем енергозабезпечення, обґрунтувати перспективні та ефективні енергоекономні напрями вдосконалення технологій овочівництва захищеного ґрунту.

Аналіз роботи ряду тепличних комбінатів показує, що в більшості випадків не забезпечуються і не дотримуються передбачені агротехнічними вимогами режими в культивуванні приміщеннях.

Має місце велика різниця у витратах енергії на одиницю продукції в однотипних тепличних комбінатах розташованих в одній кліматичній зоні. Споживання електричної та теплової енергії на одиницю площі в багатьох тепличних комбінатах перевищує розрахункові показники на 20...70%.

Це залежить від багатьох факторів і в першу чергу від прийнятої системи обігріву, обладнання, систем енергозабезпечення, ступеня автоматизації технологічних процесів в теплицях.

У зв'язку з цим завдання раціонального використання енергії на тепличних комбінатах стає першорядним. На сучасному етапі, коли постійно відбувається зростання цін на енергоносії, актуальність зниження енерговитрат, на тепличних комбінатах, набуває все більшої значущості. У той же час, не можна асоціювати економію енергії з обмеженням в споживанні паливно-

енергетичних ресурсів. Під економією слід розуміти ефективне і раціональне їх використання, що позитивно позначається на кінцевих результатах виробництва і собівартості продукції. Актуальність проблеми раціонального і ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів та недостатнє опрацювання питань енергетичної оцінки овочівництва захищеного ґрунту зумовили необхідність проведення досліджень за цим напрямком

**Мета і задачі дослідження.** Мета досліджень – на основі проведеної енергетичної оцінки виробництва продукції захищеного ґрунту розробити рекомендації по підвищенню енергетичної ефективності вирощування оводів в теплицях Поліського регіону.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні задачі:

- Проаналізувати стан енергетичного забезпечення тепличних господарств і дати оцінку напрямкам зниження витрат енергії;
- Провести поелементний аналіз енерговитрат при виробництві продукції захищеного ґрунту
- Обґрунтувати ефективність заходів щодо зниження енерговитрат і енергоємності виробництва продукції захищеного ґрунту

**Об'єкт дослідження:** процес забезпечення енергією споруд захищеного ґрунту.

**Предмет дослідження:** закономірності зниження енерговитрат і енергоємності виробництва продукції захищеного ґрунту від запропонованих технічних і організаційних заходів.

**Методи дослідження.** Дослідження виконано з використанням загальнонаукових методів пізнання, фізики та теплотехніки. Аналіз літературних джерел здійснювався аналітико-монографічним методом. Обробку експериментальних даних виконували за допомогою методів математичної статистики.

### **Перелік публікацій за темою роботи:**

1. **Гумений В. С.** Стан енергетичного забезпечення тепличних господарств і оцінка напрямків зниження витрат енергії Збірник тез *V-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»*. 28-29 березня 2019 року м. Житомир. ЖАТК. С. 256-261.

2. Савченко Л. Г., **Гумений В. С.**, Остапчук А. О. Норми споживання теплової та електричної енергії для різних типів теплиць. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали II Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції (Мелітополь, 02-27 листопада 2020 р.) Мелітополь : ТДАТУ, 2020. С. 669-672.

3. **Гумений В. С.** Обґрунтування ефективності заходів щодо зниження енерговитрат і енергоємності виробництва продукції захищеного ґрунту. Збірник тез *VI-ї всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»* 9-10 квітня 2020 року. Житомир : ЖАТК. С. 161-163.

**Практичне значення одержаних результатів.** Практичний інтерес представляє запропоновані заходи по підвищенню енергоефективності споруд захищеного ґрунту.

**Структура та обсяг роботи.** Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 18 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 34 сторінки комп'ютерного тексту, містить 9 таблиць і 9 рисунків.



**РОЗДІЛ 1**  
**СТАН ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕПЛИЧНИХ**  
**ГОСПОДАРСТВ І ОЦІНКА НАПРЯМКІВ ЗНИЖЕННЯ ВИТРАТ**  
**ЕНЕРГІЇ**

В даний час овочівництво захищеного ґрунту є найбільш енергоємною галуззю сільського господарства. Основні причини значних витрат на обігрів теплиць – це великі тепловтрати. На обігрів 1 га зимових теплиць витрачається до 3000 т умовного палива на рік, а на отримання 1 т тепличної продукції витрата теплової енергії в залежності від зони, застосовуваних технологій, конструкцій, систем енергозабезпечення становить 150...900 ГДж. На вирощування 1 кг овочів необхідно затратити 2...10 кг умовного палива, а на обігрів 1 га зимових теплиць в умовах зони Полісся витрачається від 0,9 до 2,8 млн.м<sup>3</sup> природного газу в рік.

Самою витратною статтею в виробництві овочів закритого ґрунту є опалення теплиць в холодну пору року. При аналізі енергетики теплиць були досліджені різні фактори, що впливають на споживання теплової енергії. У табл. 1.1. наведені витрати теплової енергії по процесам.

Таблиця 1.1. – Потреба тепличного комбінату в тепловій енергії, Мкал/м<sup>2</sup>

Найменування операції	Річна витрата	%
Опалення теплиць	1074	98,26
Опалення побутових і допоміжних приміщень	17	1,55
Гаряче водопостачання	1,9	0,19
Всього	1093	100

В основному тепла енергія витрачається на опалення шатра теплиць (70%).

Кількість тепла, що витрачається в теплиці при вирощуванні овочевих культур, залежить від географічної широти, місцевих та кліматичних умов, від величини сонячної енергії, тривалості опалювального періоду, терміну експлуатації теплиць, різниці температур всередині і поза приміщенням і тепловідачею поверхні споруди, технічного забезпечення теплиць, типу теплиць і т.д.

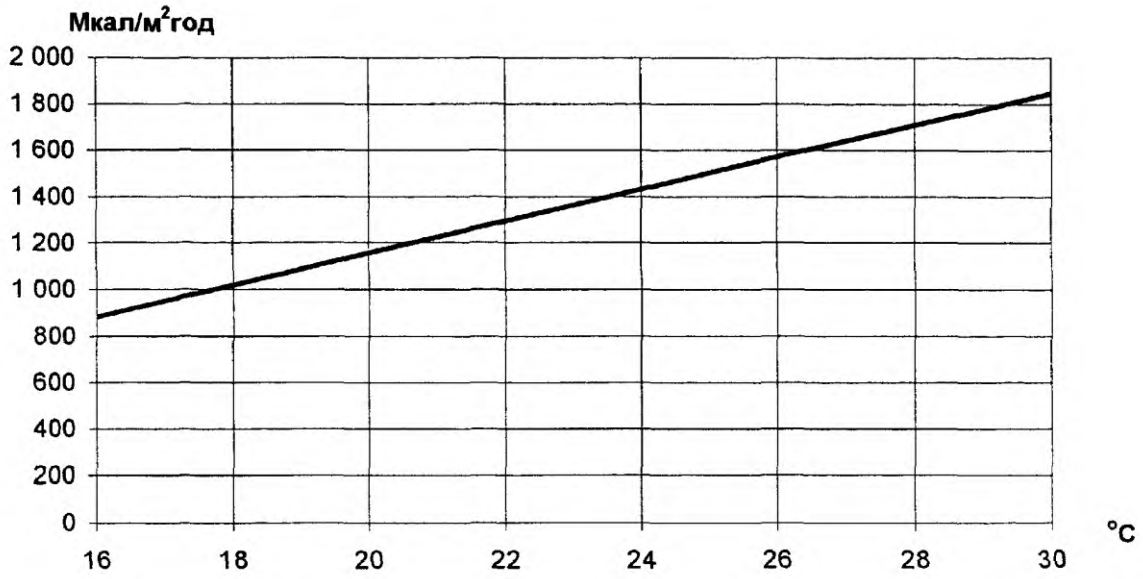
Витрата теплової енергії безпосередньо залежить від підтримки певної внутрішньої температури теплиць (рис. 1.1). Оптимальною температурою в теплиці вважається температура в діапазоні від 18 до 20 ° С [6, 7]. Тому в господарствах прагнуть забезпечити оптимальну температуру. Але на ряді тепличних комбінатів цей температурний режим не витримується.

У табл. 1.3. наведені різні варіанти теплопостачання теплиць і їх енерговитрати. Центральне водяне опалення передбачає обігрів теплиць за допомогою традиційної водотрубною системи обігріву.

Для підлоги – обігрів теплиць за допомогою електричних калориферів (енергоносієм служить тільки електрична енергія).

Комбінований обігрів – це центральне водяне опалення (основний обігрів) + теплогенератор, який працює на електричній енергії (електрокалорифер), на рідкому або газоподібному паливі (доводчик – для регулювання і підтримки встановленого температурного режиму).

Теплогенераторні – місцеве опалення шатра кожної секції теплиць. Вони знайшли широке застосування тільки в теплицях з невеликими площами. На великих тепличних комбінатах застосування теплогенераторних установок економічно не вигідно [3].



a)

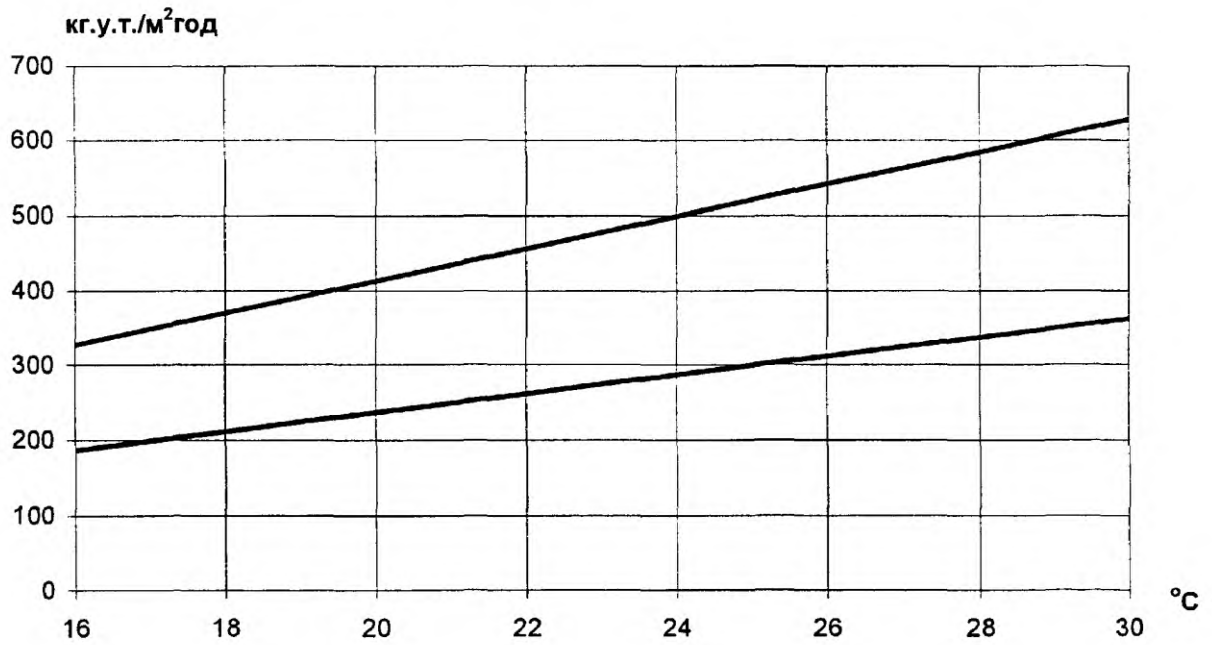


Рис. 1.1. Залежність споживання теплоти теплицями (а) і палива в кг.у.т (б): 1 – твердого, 2 - рідкого або газоподібного в залежності від внутрішньої температури теплиць (на прикладі ангарних теплиць)

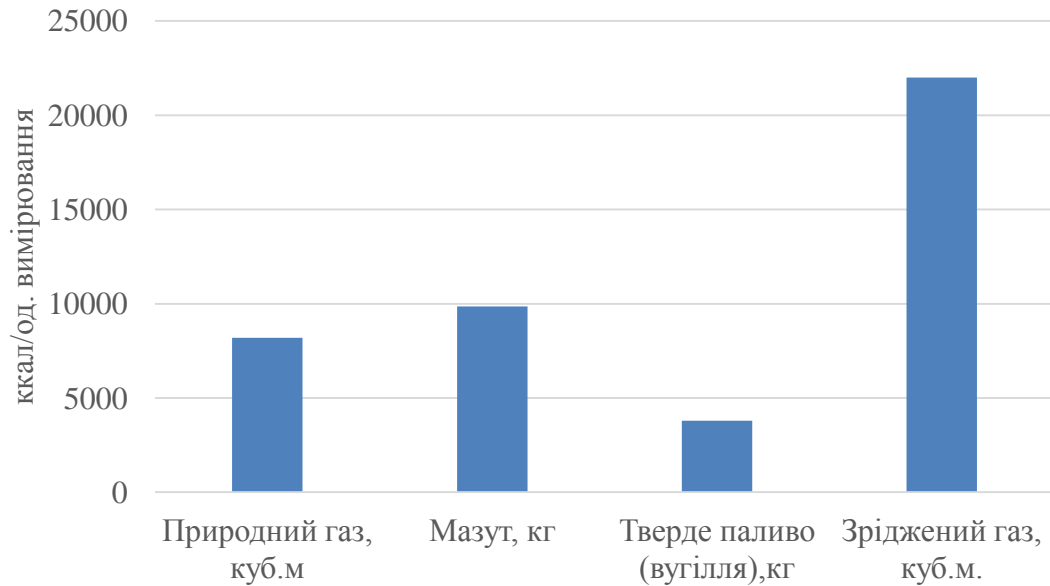
Таблиця 1.2 – Порівняння показників різних варіантів теплопостачання на одиницю площі, м<sup>2</sup> (оціночні показники).

Варіанти системи теплопостачання	Годові витрати	Енергоутримання, ГДж	Первинні енергоресурси, ГДж
Центральне водяне опалення, Гкал	1,5	6,3	7,7
Електричне опалення, МВт.год	1,3	4,7	15,6
Комбіноване опалення		5,05	6,25
Електричне, кВт.год	4,44	0,02	0,05
Водяне, Гкал	1,2	5,03	6,2
Теплогенеруюча установка, м <sup>3</sup>	182,5	0,04	7,3

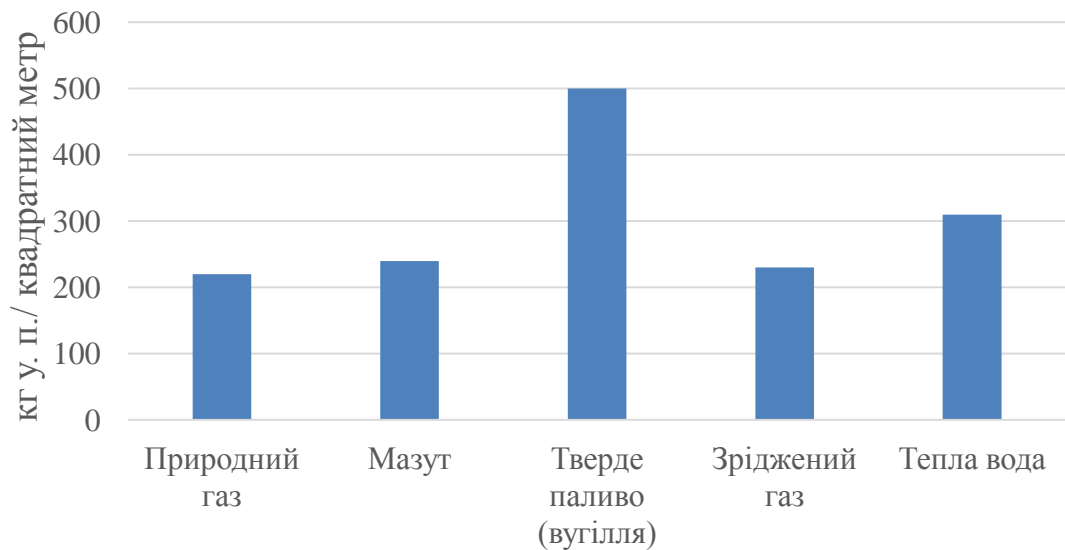
Важливо розглянути різні варіанти теплопостачання і вибрати найбільш економічне паливо, з точки зору витрат первинних енергоресурсів. Найбільш економічною системою (по витраті умовного палива) є система енергопостачання на базі природного газу, хоча питома теплота його згоряння не найвища (рис. 1.2). Зріджений газ має більш високу калорійність, в порівнянні з іншими видами палив, але його витрата при перекладі на первинні енергоресурси (табл. 1.3) при однакових умовах вище, ніж природного газу. У таблиці 1.3 наведені енерговитрати в теплицях при використанні різних видів палива.

З табл. 1.4. видно, що найнижчі енерговитрати має система опалення, енергоносієм якої є природний газ. Система опалення на мазуті більш енергозатратна, ніж на природному газі, хоча теплотворна здатність його вище. Тверде паливо, як і зріджений газ, не вигідно використовувати для отримання теплової енергії, з точки зору енерговитрат. Системи обігріву, використовують теплу воду від централізованої системи більш енергоємні, що пов'язано з великими втратами в системі подачі. Тому сучасні тепличні господарства

використовують для отримання теплової енергії, як правило власні котельні, що працюють на природному газі.



а)



б)

Рис. 1.2. Порівняння різних видів палив, які використовуються для отримання теплової енергії: а) калорійність палива (теплота згорання, ккал/кг); б) витрата умовного палива на 1 м<sup>2</sup> площі теплиці для різних палив.

Таблиця 1.3 – Енерговитрати на 1 м<sup>2</sup> тепличної площі при використанні різних видів палива

Енергоносії	Річні витрати	Енергетичний еквівалент, ГДж/од. вимір.	Витрата первинних енергоресурсів, ГДж
Природний газ, м <sup>3</sup>	171,5	0,04	6,86
Мазут, т	0,154	50	7,68
Тверде паливо (вугілля), т	0,381	24	9,15
Тепла вода (від централізованої системи), Гкал	1,809	5,13	9,28
Зріджений газ, м <sup>3</sup>	67,09	0,11	7,38

На витрату теплової енергії впливає тип покриття теплиць: одинарне скло і подвійне скління з повітряним проміжком, використання металевих або дерев'яних шпросів. Всі раніше наведені показники по витраті теплової енергії стосуються до одинарного скління з металевими шпросами. Такий тип огорожі вважається найбільш поширеним. На підставі аналізу та проведених нами розрахунків на рис. 1.3 представлена залежність енерговитрат при різній внутрішній температурі для різного типу огорожувальних конструкцій. З рис. 1.3 (а) видно, що подвійне скління з металевими шпросами майже в 2 рази (на 40%) знижує витрату теплової енергії. Але це призводить до погіршення освітленості, а як відомо, падіння освітленості всередині теплиці призводить до зниження врожайності рис. 1.3 (б) . Тому в теплицях з подвійним склом обов'язково потрібно додаткове освітлення.

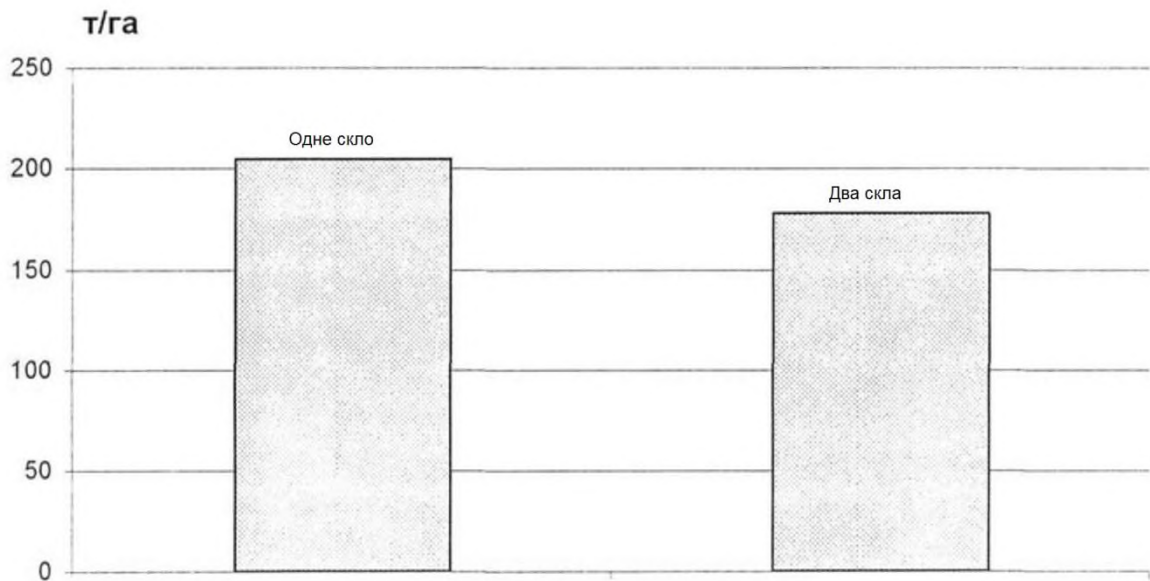
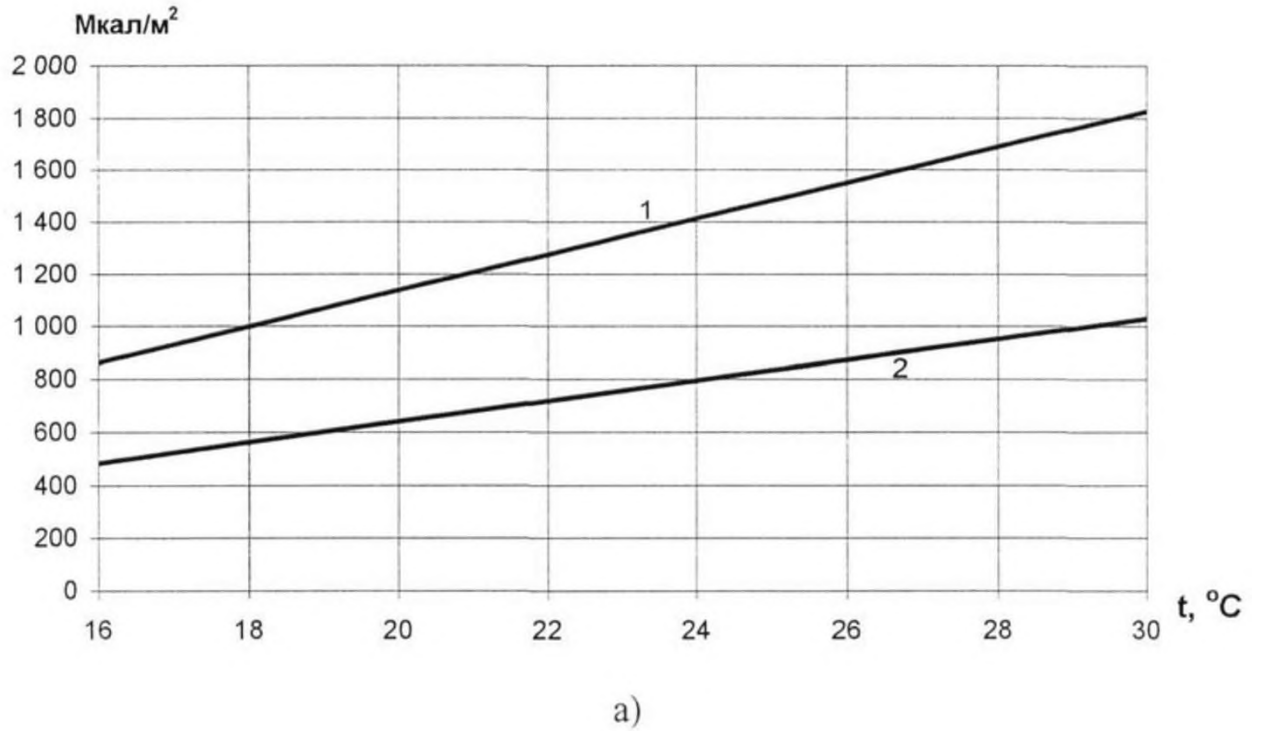


Рис. 1.3. Вплив типу покриття теплиць на енерговитрати при різній внутрішній температурі (а) і гістограма врожайності овочів в теплицях при різному типі покриття (б) без додаткового освітлення.

Аналіз роботи тепличних комбінатів і їх енергетики дозволяє порівнювати енерговитрати при вирощуванні різних видів тепличних культур

(рис. 1.4). Самою енерговитратною культурою є огірок, а найменш енерговитратними – цибуля, редис і т.д.

Енергоємність таких культур як салат і томати є досить високою через їх менший валовий збір порівняно з іншими культурами (рис. 1.5).

На основі раніше розроблених методичних вказівок були отримані оціночні показники енергоємності виробництва тепличної продукції, які становлять: для виробництва овочів закритого ґрунту – 250 ГДж/т, в тому числі для томатів до 8 кг.у.п і т.д. Насправді ці показники коливаються в широких межах в залежності від численних факторів, що не дозволяє використовувати їх для обґрунтування нормативної бази, а також розробці пропозицій щодо ефективного використання енергоресурсів. Слід також зауважити, що раніше запропоновані методики енергетичного аналізу засновані на традиційних методах обробки матеріалів вручну. Аналіз показує, що майбутні завдання щодо обґрунтування енергоефективності способів вирощування овочевої продукції в теплицях є багатовимірними і трудомісткими. При аналізі енерговитрат тільки для однієї схеми електро- і теплопостачання на тепличних комбінатах потрібне залучення і використання великої інформаційної бази різноманітних розрахунків, а отже і великих витрат часу.

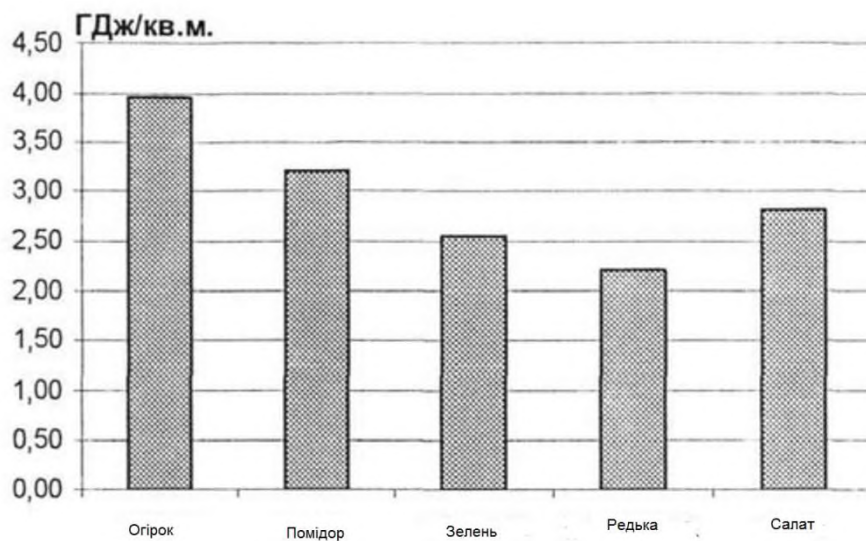


Рис. 1.4. Прямі енерговитрати, при вирощуванні різних культур



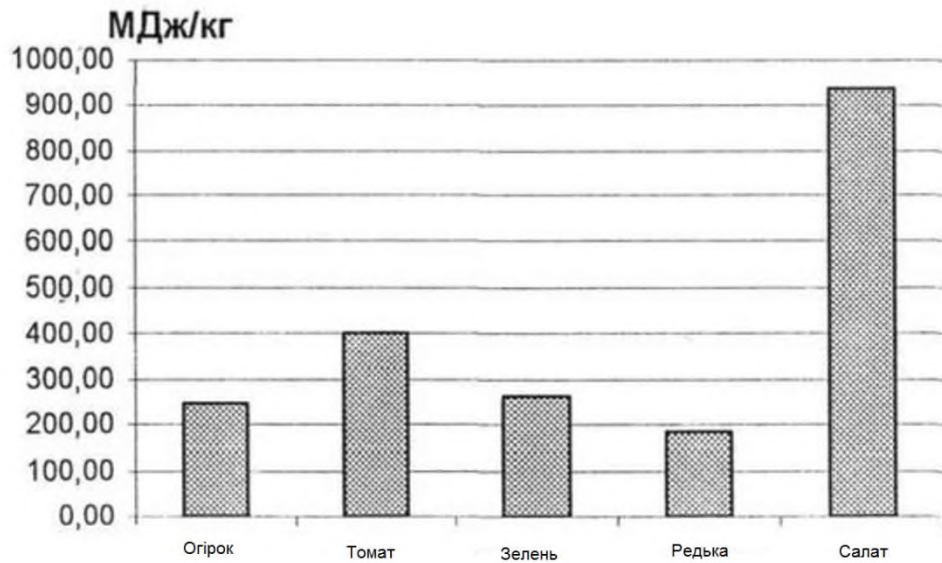


Рис. 1.5. Енергоємність по різним культурам

Рішення таких багатofакторних задач, як розробка енергобалансу, планування потреби в енергоресурсах, лімітування витрат для отримання розрахункових показників, перевірки їх на діючих тепличних комплексах та обробки інформації вимагає використання сучасної обчислювальної техніки.

З вище проведеного аналізу випливає, що в даний час єдиної повної методики визначення складових енерговитрат (прямих, непрямих, інвестиційних) і енергоємності вирощування овочів в захищеному ґрунті немає.. Найбільш повною методикою визначення сумарної енергоємності є методика оцінки енерговитрат при виробництві тваринницької продукції. Однак, тепличне господарство – це специфічне, саме енергоємне виробництво. Воно має ряд особливостей, системи їх енергозабезпечення специфічні, що не дозволяє використовувати наявні методи енергетичної оцінки для аналізу і вдосконалення систем і способів енергозабезпечення виробництва різної тепличної продукції. Відсутні комплексні дослідження по системам обігріву, зниження енерговитрат, новим енергоносіям.

Відсутня оцінка енергетичних витрат в існуючих господарствах по процесам, операціям, видам витрат. Наводяться найчастіше загальні результати. Крім того, оцінка енерговитрат в діючих тепличних комбінатах повинна здійснюватися при їх порівнянні з нормативами енергоємності та

перспективними нормами енерговитрат – по процесам, підприємствам, галузі в цілому. Ці нормативні показники енерговитрат і енергоємності до теперішнього часу не встановлені. Особливо важливо, що розробляється методика реалізувати в комп'ютерній програмі, що дозволяє проводити аналіз і розрахунок енерговитрат при зміні умов і параметрів систем енергозабезпечення в широких межах.

### **Висновки по розділу 1**

Проведений аналіз енергетичного забезпечення тепличних господарств і оцінка напрямків зниження витрат енергії виявив необхідність по елементного аналізу енерговитрат. Такий аналіз дозволить більш чітко виявити найбільш енергоємні процеси, можливі шляхи скорочення енерговитрат і дати рекомендації щодо їх зниження в кожній операції (елементі). Виходячи з цього, визначилися цілі і завдання дослідження.

## РОЗДІЛ 2

### ПОЕЛЕМЕНТИНИЙ АНАЛІЗ ЕНЕРГОВИТРАТ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ПРОДУКЦІЇ ЗАХИЩЕНОГО ҐРУНТУ

Норми витрати теплової та електричної енергії характеризують необхідну величину тепло- і електроспоживання при виробництві тієї чи іншої продукції в сільськогосподарському виробництві. Норми витрати теплової та електричної енергії визначені відповідно до спільно розроблених на кафедрах «Машиновикористання та сервісу технологічних систем» та «Електрифікації, автоматизації виробництва та інженерної екології» Поліському національному університеті рекомендаціям щодо визначення енергоємності виробництва продукції захищеного ґрунту.

Норми розроблені для найбільш поширених і прогресивних технологій основних видів виробництва продукції захищеного ґрунту в зоні Полісся.

В існуючих нормах не відображене післяопераційний розрахунок норм теплової енергії в блокових теплицях, крім цього немає норм на споживання енергії побутовими і допоміжними приміщеннями. У існуючих нормах електричної енергії не наведено складові кожного технологічного процесу (тобто яке обладнання використовується в технологічному процесі і скільки воно споживає електричної енергії).

Визначені витрати теплової енергії для теплиць в зоні Полісся наведені в табл.1., а побутових і допоміжних приміщень в табл.2.

У табл. 3 і 4 наведені сумарні норми теплової енергії на теплиці і на побутові і допоміжні приміщення.

Таблиця 2.1 – Норми витрати теплової енергії (МДж/м<sup>2</sup>) в основних спорудах захищеного ґрунту для зони Полісся

№	Найменування статей витрат і надходження теплоти	Теплиці	
		Блочні	Ангарні
1	Підтримання мікроклімату	3100	3384
2	Затрати теплоти на обігрів ґрунту	549	549
3	Затрати теплоти на пропарювання ґрунту	119	119
4	Затрати теплоти на підігрів води для поливання	105	105
Норми витрати теплоти		3873	4157

Таблиця 2 – Норми витрати теплової енергії (МДж/м<sup>2</sup>) на утримання побутових і допоміжних приміщень захищеного ґрунту для зони Полісся

Площа тепличного комбінату	Теплиці	
	Блочні	Ангарні
1	62,5	64,3
3	61,3	63,9
6	60,7	63,2
12	60,2	61,9
18	57,6	59,4
24	54,5	56,4
30	53,4	54,5

Таблиця 2.3 – Норми витрат теплоти на виробництво овочів в зимових блокових теплицях для зони Полісся при різній внутрішній температурі повітря і площі тепличного комбінату

Температура повітря всередині теплиці, °С	Норма витрати теплоти, МДж/м <sup>2</sup>						
	1 га	3 га	6 га	12 га	18 га	24 га	30 га
16	3040	3038	3038	3037	3035	3032	3031
18	3488	3487	3486	3486	3483	3480	3479
20	3937	3935	3935	3934	3922	3929	3928
22	4385	4384	4383	4383	4380	4377	4376
25	5058	5057	5056	5056	5053	5050	5049
30	6179	6178	6178	6174	6171	6171	6170

Таблиця 2.4 – Норми витрат теплоти на виробництво овочів в зимових ангарних теплицях для зони Полісся при різній внутрішній температурі повітря і площі тепличного комбінату

Температура повітря всередині теплиці, °С	Норма витрати теплоти, МДж/м <sup>2</sup>						
	1 га	3 га	6 га	12 га	18 га	24 га	30 га
16	3218	3218	3217	3216	3213	3210	3208
18	3723	3722	3722	3720	3718	3715	3713
20	4227	4227	4226	4225	4222	4219	4218
22	4732	4731	4731	4729	4727	4724	4722
25	5489	5488	5488	5486	5484	5481	5479
30	6750	6750	6749	6748	6745	6742	6740

У табл. 2.5 і 2.6 наведені норми витрат електричної енергії для блокових і ангарних теплиць по електрифікованих процесам, а також по виробництву в цілому:

- електропривод агрегатів насосної станції – насос для підйому води, мережеві циркуляційні насоси системи опалення шатра, обігріву ґрунту, системи тепlopостачання побутових і допоміжних приміщень, а також підживлювальні насоси;

- освітлення та опромінення – витрата електроенергії на опромінення розсади на площі 0,1% від загальної, на опромінення дорослих рослин, внутрішнє і вуличне освітлення;

- вентиляція – витрата електроенергії на електропривод системи вентиляції та підтримання відносної вологості повітря;

- електрифіковані агрегати станції поливу – система підігріву води для поливу, насос-дозатор подачі поливної води;

- інші електрифіковані процеси – стерилізація ґрунту, подача вуглекислого газу, електрообігрів ґрунту, інші допоміжні процеси, втрати енергії;

- електрифіковані машини – транспортер-просіювач, фреза самохідна, аерозольний обприскувач, тощо;

- загальновиробничі норми.

В даних таблицях наведено перелік електрифікованих процесів.

Ці процеси електрифіковані у всіх послідовно пов'язаних операціях.

Таблиця 2.5 – Норма витрати електроенергії в блокових зимових теплицях, кВт×год/м

№	Найменування процесу або обладнання	Витрата електроенергії по процесам
1	Електрообладнання агрегатів насосної станції	41
2	Освітлення і опромінення	241
3	Вентиляція	143,5
4	Електрифікація агрегатів станції поливу	29,3
5	Електрифікація інших процесів	179
6	Електрифіковані машини	0,2
Загальновиробнича норма		634

Таблиця 2.6 – Норма витрати електроенергії в ангарних зимових теплицях, кВт×год/м

№	Найменування процесу або обладнання	Витрата електроенергії по процесам
1	Електрообладнання агрегатів насосної станції	45
2	Освітлення і опромінення	241
3	Вентиляція	167
4	Електрифікація агрегатів станції поливу	29,3
5	Електрифікація інших процесів	181
6	Електрифіковані машини	0,2
Загальновиробнича норма		664

## ***Висновки по розділу 2***

Розроблена методика по розрахунку показників енергоємності виробництва овочів в теплицях, дозволяє проводити аналіз енерговитрат, визначати сумарні енерговитрати і окремі їх складові (прямі, непрямі, інвестиційні), а також здійснювати післяопераційний розрахунок споживання енергоресурсів



### РОЗДІЛ 3

## ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ ЩОДО ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГОВИТРАТ І ЕНЕРГОЄМНОСТІ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ ЗАХИЩЕНОГО ҐРУНТУ

Зниження енергоемності продукції, що виробляється в першу чергу залежить від величини прямих витрат енергії, де переважають витрати теплової енергії, які складають більше 90% сумарних енерговитрат, а також від реалізації заходів підвищення врожайності виробленої продукції.

Тому в першу чергу важливо оцінити енергозберігаючі заходи, які позитивно впливають на зниження витрат теплової енергії.

Капітальні вкладення в конструкції, що підвищують теплоізоляцію теплиць забезпечують зниження споживання теплової енергії (або її економію).

Економія теплової енергії можлива при реалізації ряду конструктивних змін, що збільшують теплоізоляцію огороджувальних конструкцій теплиць: застосування гумових ущільнювачів, додаткової плівки, герметизація теплиць, застосування подвійного скла, подвійних склопакетів і т.д., вимагає додаткових капітальних вкладень збільшуючи також інвестиційну складову енерговитрат.

При розгляді ряду заходів (рис. 3.1) по економії паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР), встановлено, що найбільш ефективним на сьогоднішніх умовах є установка додаткових огорож, так як матеріальні та енергетичні витрати на ці заходи не настільки великі.

Огороджувальні конструкції теплиці складаються з трьох елементів: скло, шпроси і герметик (або гума). Найчастіше застосовують звичайне скло із світлопропускною здатністю 87 - 94%. Шпроси можуть виготовлятися з різного матеріалу: дерева, сталі, пластика, алюмінію. В даний час дерев'яні шпроси застосовуються тільки в конструкціях весняних теплиць з плівкою через їх недовгий термін служби. Пластикові шпроси поки не знайшли широкого застосування. Вони застосовуються тільки в складі склопакета. Алюмінієві

шпроси застосовуються рідко через дорожнечу алюмінію. В даний час широко застосовуються сталеві шпроси. В якості теплоізоляційного матеріалу між склом і шпроси широко використовуються в даний час гумові прокладки.

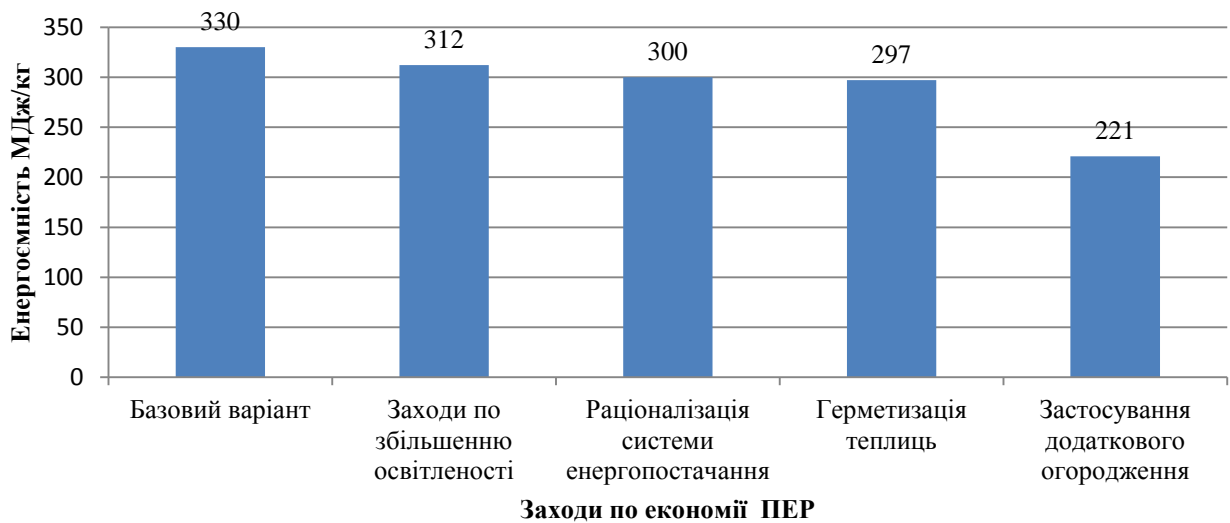


Рис.3.1. Заходи що ефективність використання ПЕР

Величина інвестиційної складової енерговитрат при різному поєднанні кратності скління з типом огорожувальних конструкцій теплиць для різних ущільнюючих теплоізоляційних матеріалів між шпросами і склом приведена на рис. 2.2. Її значення при використанні в якості ущільнення герметика або мастики практично однакові.

Величина інвестиційних енерговитрат при використанні в якості теплоізоляційного матеріалу – гуми перевищує ці показники майже в 2 рази. Тому, в якості спеціального засобу для теплоізоляції вікон доцільно використовувати як герметик, так і мастику.

Із застосуванням двух- і триразового скління відбувається зменшення споживання теплової енергії через зниження інфільтрації через огорожувальні конструкції. Визначені залежності впливу поєднання кількості скла з різними видами елементів огорожувальних конструкцій на споживання теплової енергії (Т) і інвестиційні енерговитрати (І). Встановлено, що на зниження

споживання теплової енергії основний вплив має кратність скління, в меншій мірі – ущільнювач між склом і шпроси та зовсім незначно - матеріал шпросу.

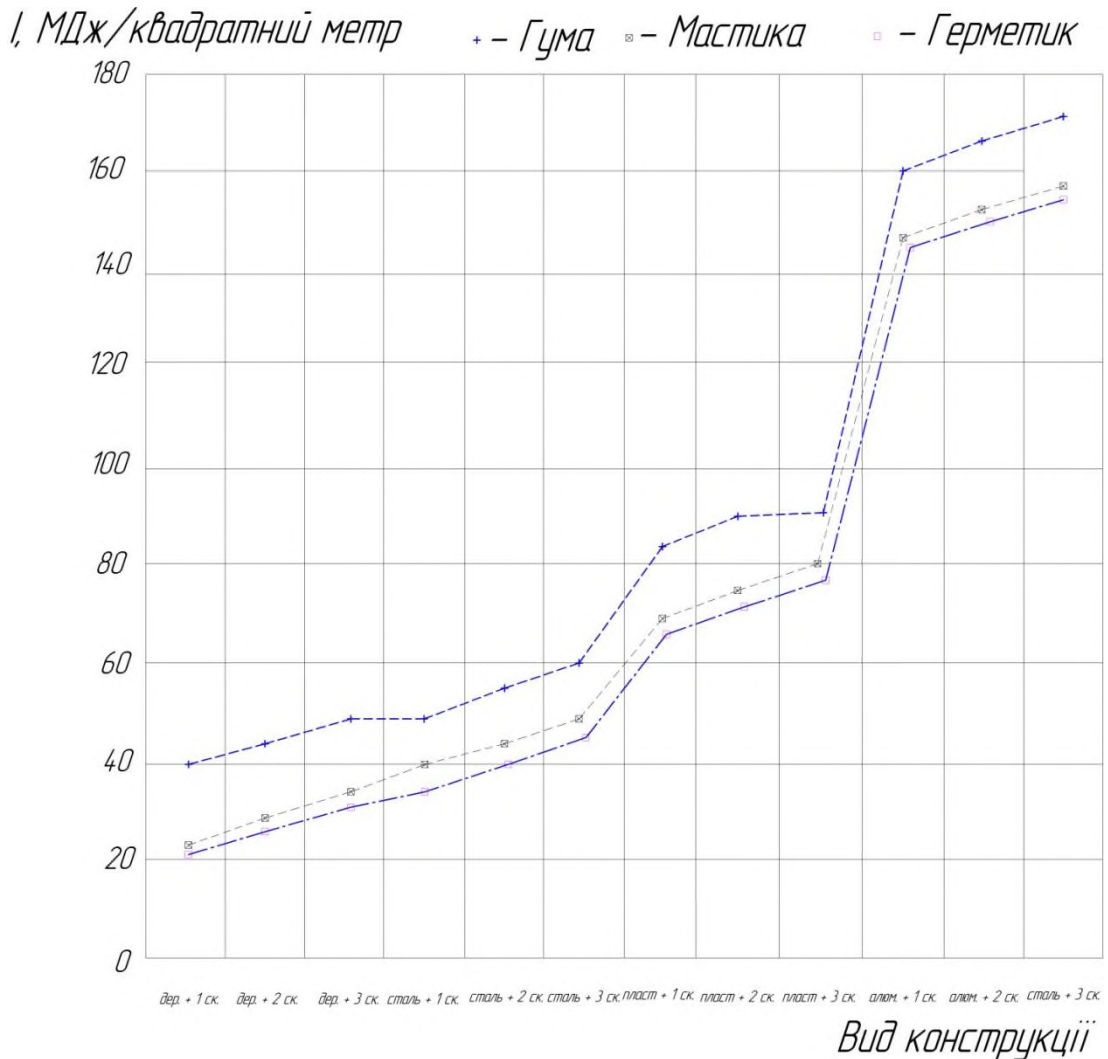


Рис. 3.2. Величина інвестиційних енерговитрат в огорджувальні конструкції ( $Q$ ) від виду сполучень елементів огорджувальних конструкцій теплиць при використанні різних теплоізоляційних матеріалів між шпросами і склом.

Залежність зниження споживання теплової енергії ( $T$ ) від застосування додаткового скління приведена на рис.3.3, де показано, що при подвійному склінні споживання теплової енергії знижується на 15%, при потрійному склінні на 20% і т.д. Однак, реалізація на практиці заходів щодо додаткового скління дає наступні результати: термін окупності додаткових капітальних вкладень при подвійному склінні досить великий (до 12 років), а при потрійному взагалі не окупаються. Економія теплової енергії при потрійному і

більш кратному склінні в порівнянні з подвійним склінням не настільки велика, а врожайність без додаткового досвічування знижується. Розрахункові показники приросту прибутку при реалізації 2-х кратного скління становлять 5 грн. / кв.м, а при 3-х кратному склінні буде спостерігатися збиток. 2-х кратне скління застосовують не часто, так як додаткові вкладення досить великі. Тому, в даний час на тепличних комбінатах прагнуть посилювати теплоізоляцію скла за рахунок застосування ущільнень (мастика, герметик), що забезпечують зниження інфільтрації повітря через щілини в конструкціях і тим самим певною мірою економиться теплова енергія.

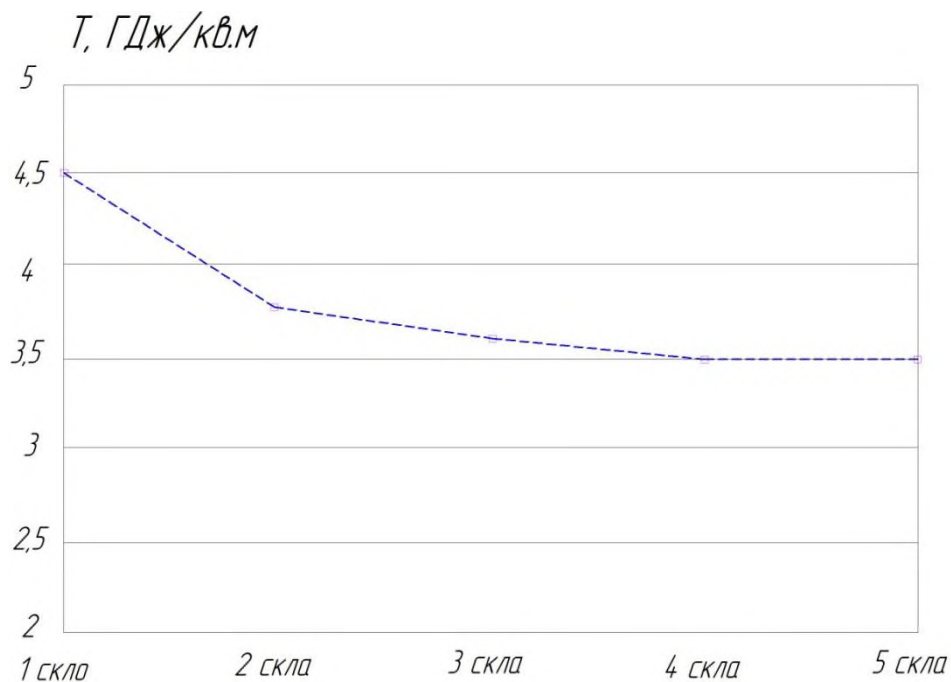


Рис.3.3. Залежність зниження споживання теплової енергії (Т) при збільшенні кратності скління.

Із застосуванням подвійного скла або додаткового теплоізоляційного екрану знижується освітленість всередині теплиці, що негативно позначається на врожайності тепличних культур.

Тому важливим при вкладенні інвестицій в способи скління і ущільнення є забезпечення умов, при яких не відбувається зниження врожайності, тобто потрібно забезпечити компенсацію недостачі природної освітленості додатковим освітленням усередині теплиці.

Це досягається шляхом штучного опромінення рослин.

Завдання штучного опромінення рослин в теплиці – додаток природного освітлення в осінньо-зимовий період і забезпечення необхідних умов зростання і розвитку рослин. Додаткове опромінення супроводжується збільшенням витрат (капітальних вкладень) при вирощуванні овочів, але створює умови для зростання врожайності. За технологією на діючих тепличних комбінатах після розсадного відділення, де рослини безперервно опромінюються, їх пересаджують на основну площу теплиць, де як правило, додаткове освітлення не застосовується.

Рослини можуть не отримувати тієї кількості світла, яке потрібно їм для нормального розвитку, що може негативно позначатися на врожайності.

Тому виникає необхідність компенсувати недолік природного освітлення додатковим опроміненням, як розсади так і рослин, які вирощуються на основній тепличної площі. Крім цього, необхідно підвищувати природну освітленість всередині теплиці. Вже на стадії проектування необхідно знати якісний і кількісний взаємозв'язок між параметрами теплиць і природно-кліматичними умовами місцевості, а також особливостями вирощуваних рослин. Залежність кількості ламп, що припадають на 1 м<sup>2</sup> площі від їх потужності наведена на рис. 3.4.

*Кількість ламп, шт*

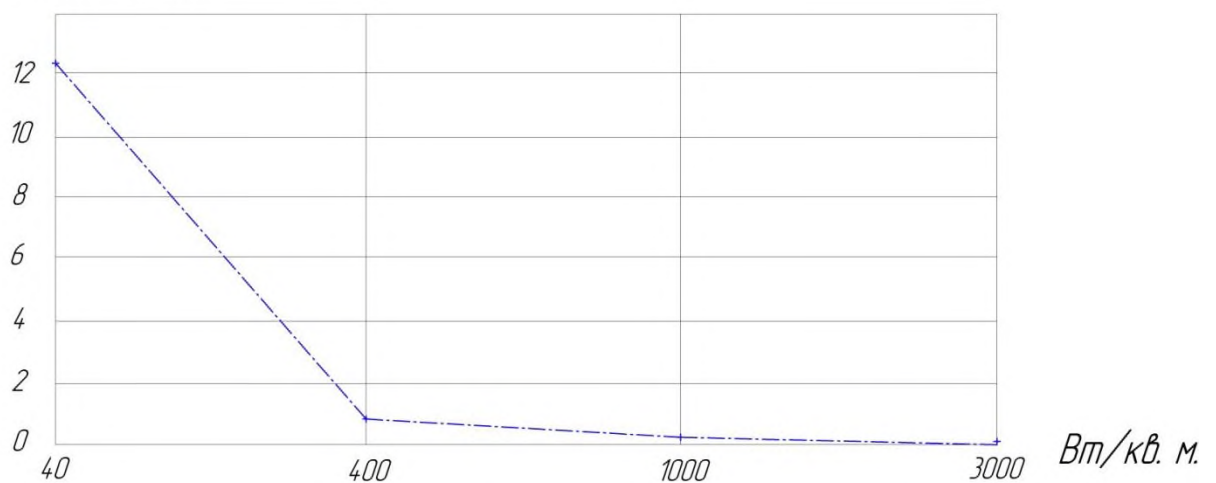


Рис.3.4. Залежність необхідної кількості ламп на 1 м<sup>2</sup> площі теплиць від їх потужності.

Чим більше потужність лампи, тим менше ламп потрібно на одиницю площі. Лампи з невеликою потужністю (40 Вт) знайшли широке застосування при стелажному способі вирощування овочів. А в розсадному відділенні теплиці застосовуються в основному лампи потужністю 400 Вт і 1000 Вт. Найбільш широке застосування такі лампи знайшли через їх високу енергоефективність, тобто низького питомого споживання електричної енергії. Ідеальним умовою було б застосування ламп потужністю 1000 Вт (найменше питоме споживання електричної енергії, низькі інвестиційні енерговитрати, невелика кількість на 1 м<sup>2</sup>). Але в реальних умовах на більшості тепличних комбінатів більш широко застосовують лампи потужністю 400 Вт (ДРЛФ-400) із-за їх невеликою відносною одиничної вартості. Лампи потужністю 1000 Вт застосовуються рідше, тільки на деяких тепличних комбінатах, тому що відносна вартість цих ламп та обладнання до них поки що досить висока.

### **Висновки по розділу 3.**

Якщо застосувати подвійне скління теплиць у вигляді подвійних склопакетів, то повна енергоємність знизиться на 17%, але значні вкладені кошти можуть не окупитися через відсутність прибутку.

Отже, даний захід при існуючих цінах застосовувати неефективно. Застосування ще одного скла (потрійне застосування), також є не вигідним з економічної точки зору. Тому практичніше використовувати просто подвійне скління, що дає економію енерговитрат, окупність вкладень і додатковий чистий дохід. Однак термін окупності капіталовкладень в цьому варіанті досить великий (більше 5 років) і на практиці такий варіант поки рідко застосовується. Найбільш прийнятним заходом в даний час є герметизація теплиць. Воно призводить до зниження енергоємності до 10% і собівартості продукції, тому що додаткові інвестиції не великі. Вкладені кошти в заходи по герметизації теплиць окупляться протягом 1 року.

Найбільш ефективними заходами щодо зниження енергоємності є комбінації заходів щодо зниження витрат теплової енергії і підвищення врожайності вирощуваної продукції, наприклад, застосування подвійних і потрійних склопакетів з додатковим опроміненням дорослих рослин. Такі заходи дозволяють знизити енергоємність вирощуваної продукції та отримати додатковий чистий дохід в розмірі до 50 грн/м<sup>2</sup>. Такі заходи є ефективними в першу чергу тому, що вони забезпечують як економію енергоресурсів, так і підвищення врожайності продукції. Тому, незважаючи на досить високі капітальні вкладення, термін окупності у таких заходів становить 2...3 роки.

Крім того, підвищення світлопроникності скла (часте миття огороджувальних конструкцій теплиць) призводить до деякого зниження енерговитрат і собівартості тепличної продукції на 1% без будь-яких помітних капітальних вкладень. Такий захід є найбільш доступним на невеликих тепличних комбінатах.

## ВИСНОВКИ

На підставі аналізу діяльності тепличних комбінатів і їх систем енергозабезпечення встановлено, що в собівартості овочів в даний час 45...50% складають енерговитрати, а найбільш економічною є система енергопостачання з власної котельні на базі природного газу. Енерговитрати при цьому на 7...35% менше, ніж при використанні інших видів палива та інших систем.

На підставі аналізу систем енергопостачання встановлено, що найбільш економічною (по витраті умовного палива) є система енергопостачання з власної котельні на базі природного газу.

Відповідно до розробленої в Поліському національному університеті «Методики по розрахунку показників енергоємності виробництва овочів в спорудах захищеного ґрунту», проведений аналіз енерговитрат, визначені сумарні енерговитрати і окремі їх складові (прямі, непрямі, інвестиційні).

Встановлено, що повна усереднена енергоємність становить 350 ГДж/т, в тому числі прямі енерговитрати 95,5% (з яких 93% витрачається на опалення тепличного комбінату в холодну пору року), непрямі 2%, інвестиційні 1%, трудові 1,5% в структурі повної енергоємності.

Виявлено, що зниження енергоємності продукції, що виробляється в основному залежить від величини прямих витрат енергії, де більше 90% складають витрати теплової енергії.

Найбільш ефективним заходом по економії ПЕР є застосування додаткових огороджувальних конструкцій у комплексі зі штучним опроміненням рослин (зниження енергоємності та собівартості до 30%).



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Теплиці і тепличні господарства : довід./ за ред. Г.Г. Шишка. Київ : Урожай, 1993. 424 с
2. Приліпка О. В. Стратегія розвитку закритого ґрунту в Україні. Вісн. аграр. науки. 2008. № 3. С. 17-19.
3. Пастухов В. І. Енергетична оцінка механізованих технологій рослинництва. Методи і результати. Харків : Ранок-НТ, 2003 100 с.
4. Корчемний М. В. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. Тернопіль : Підруч. і посіб., 2001. 984 с.
5. Державні будівельні норми України. Будинки і споруди Теплиці та парники.1995. 15с.
6. Відомчі норми технологічного проектування. Теплиці і оранжерейні підприємства. Споруди захищеного ґрунту для фермерських господарств. 1997. 16 с.
7. Кепко О. І. Енергозберігаючі режими роботи замкнутої системи опалення та вентиляції теплиць : Автореф. дис... канд. техн. наук : 05.14.06. Нац. ун-т харч. технологій. Київ. 2005. 21 с.
8. Селізар В. М. Чебанов Т. Л., Чебанов Л. С., Савченко В.М., Міненко С. В. Особливості розробки проектнокошторисної документації будівництва теплиць. *Будівельне виробництво*. 2019. №68 С. 47-51.
9. Іваненко В. Ф. Енергетичний моніторинг і економічна оцінка тепличних господарств. *Продуктивність агропромислового виробництва*. 2012. №21. С. 58-66.
10. Клімова І. В. Тепловий режим зимових теплиць з позонним опаленням : Автореф. дис... канд. техн. наук : 05.23.03. Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. Київ. 2002. 19 с.
11. Коломиец, А.П. Система управління температурним режимом теплиц. *Сб. науч. тр. РГАЗУ*. Часть 2. Москва, 2000. С.261-262.

12. Тихомиров, А. В. Энергетический анализ производства овощей в теплицах. *Достижения науки и техники АПК*. №9. 2002. С.7-9.
13. Міненко С. В. . Формальні моделі для регулювання мікроклімату в теплицях. *Матеріали міжнар. наук.- практ. Інтернет-конф. 16 Березня 2013 р. Ч.2*. Тернопіль : Крок, 2013. С. 87- 89.
14. Іваненко В. Ф. Моделювання енерговитрат у тепличному господарстві. *Менеджмент підприємницької діяльності: матеріали десятої Всеукр. наук.-практик. конф. студентів, аспірантів і докторантів*. Тавр. нац. ун. ім. В.І. Вернадського. 2012. С. 51 – 53.
15. Савченко В. М. Стратегії контролю процесами мікроклімату в індустріальних теплицях. *Зб. тез доп. VII Всеукр. Наук.-практик. Конф. студентів та аспірантів "Підвищення надійності машин і обладнання"*. Кіровоград: КНТУ, 2013. С. 48-50.
16. Кепко О. І. Замкнуті системи опалення та вентиляції в закритому ґрунті : монографія.- Умань : Вид. "Сочінський", 2012. 168 с.
17. Логинов В. В. Энергосберегающий режим работы отопительно-вентиляционных установок в теплицах. *Безопасность труда в промышленности*. 2012, №4, С. 23-26.
18. Шит М. Л. Энергоснабжение промышленной теплицы с использованием теплового насоса с газовым приводом. *Problemele energeticii regionale*. 2013. № 3. С. 67-76