

Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет
Кафедра холодильних установок і кондиціонування повітря



ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

**Дослідження енергоефективності системи інноваційних
технологій для приміщення зернових терміналів**

Здобувача (ки) Афанасенко В.О.

2 курсу ХМ161МН групи

Керівник доц., к.т.н. Жихарева Н.В.

Консультанти: доц., к.т.н. Жихарева Н.В.

доц., к.т.н. Когут В.О.

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від 01.06.2023 протокол № 10

Завідувач кафедри ХУКП Михайло ХМЕЛЬНЮК

Одеса - 2023 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет	Низькотемпературної техніки та інженерної механіки
Кафедра	Холодильних установок і кондиціонування повітря
Ступінь вищої освіти	Магістр
Спеціальність	142 «Енергетичне машинобудування»
Освітньо-наукова програма	Холодильні машини, установки і кондиціонування повітря

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри д.т.н., проф. Хмельнюк М.Г.

«__» _____ 2023 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Афанасенко Вячеслав Олександрович

1. Тема роботи Дослідження енергоефективності системи інноваційних технологій для приміщення зернових терміналів

Затверджена наказом ОНТУ від _____ 30.09.2021 р. _____ наказ № 793-03

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 01.06.2023 р.

3. Вихідні дані роботи зерновий термінал в Одеській області Ярова та озима пшениця. Сушавачі температура повітря в приміщенні в літку 22°C ,

4. Перелік питань, які потрібно розробити техніко-економічне обґрунтування, розрахунок процесів кондиціонування повітря, вибір розрахункових параметрів внутрішнього та зовнішнього повітря, розрахунок теплопритоків, обґрунтування вибору обладнання СКП, підбір обладнання.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) актуальність теми, мета роботи та задачі дослідження, методи дослідження, інноваційні технології Сушення, принцип роботи центральної системи.

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання видав
Охоорна праці	Жихарєва Н.В.		
Економічний розділ	Жихарєва Н.В.		

7. Дата видачі завдання 27.03.2023 р.

Керівник _____ Жихарєва Н.В.

Завдання прийняв до виконання _____ Остапенко Д.О.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літературних джерел, методик розрахунків, підготовка структури роботи	03.03-04.04.23	
2	Підготовка основних розділів роботи	05.04-30.04.23	
3	Підготовка розділу з охорони праці	01.05-03.05.23	
4	Підготовка економічного розділу	04.05-08.05.23	
5	Оформлення пояснювальної записки кваліфікаційної роботи	09.05-14.05.23	
6	Підготовка графічної частини кваліфікаційної роботи	15.05-28.05.23	
7	Підготовка презентації та доповіді	29.05-31.05.23	
8	Відгук керівника, рецензування, підготовка до захисту кваліфікаційної роботи	01.06-10.06.23	

Здобувач-дипломник _____ Афанасенко В.О.

Керівник роботи _____ Жихарєва Н.В.

Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.

Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.

Здобувач-дипломник _____ Афанасенко Вячелав Олександрович _____

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота магістра Афанасенко В.О. «Дослідження енергоефективності системи інноваційних технологій для приміщень зернових терміналів» складається з: 87 сторінок тексту, 27 рисунка, 7 таблиць, 45 посилань на літературні джерела.

Дана робота спрямована на створення енергоефективних систем кондиціонування та пов'язана з вирішенням комплексу завдань щодо зменшення енергоємності процесу технологічного кондиціонування при гарантованому збереженні якості зерна у терміналах.

Показано що технологічні системи кондиціонування повітря зернових терміналів при збереженні зерна різних сортів призначені для створення і автоматичної підтримки температури, відносної вологості, чистоти і швидкості руху повітря, що відповідають оптимальним санітарно-гігієнічним вимогам. Було проведено дослідження зменшення втрат сухої маси. Запропоновані удосконалення методу охолодження при зберіганні зерна різних сортів.

Ключові слова: системи кондиціонування, параметри повітря, осушення, , вентиляція, зволоження, повітророзподілення,

ANNOTATION

Master's qualification work Afanasenko V.O. "Research of the energy efficiency of the system of innovative technologies for the premises of grain terminals" consists of: 87 pages of text, 27 figures, 7 tables, 45 references to literary sources.

This work is aimed at creating energy-efficient air conditioning systems and is related to the solution of a set of tasks related to reducing the energy intensity of the process of technological conditioning while guaranteeing the preservation of grain quality in terminals.

It is shown that technological systems of air conditioning of grain terminals when storing grain of various grades are designed to create and automatically maintain temperature, relative humidity, cleanliness and speed of air movement that meet optimal sanitary and hygienic requirements. A study was conducted on the reduction of dry mass loss. Improvements to the cooling method during grain storage of various varieties are proposed.

Keywords: air conditioning systems, air parameters, drying, ventilation, humidification, air distribution

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП.....	3
1. ІСНУЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА	3
1.1 Властивості зерна різних сортів та характеристики.....	8
1.2 Чинники які впливають на зберігання зерна	10
1.3 Очищення, сушіння та активної вентиляції зерна для покращення його якості.....	17
1.4. Спосібт осушення повітря	28\
Висновки розділу 1	43
2 ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОВОЛОГІСНОЇ ОБРОБКИ В ПРИМІЩЕННЯХ ЗЕРНОВОГО ТЕРМІНАЛУ	44
3. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ КОНДИЦІЮВАННЯ ПРИМІЩЕНЬ ЗЕРНОВОГО ТЕРМІНАЛУ	
3.1 Особливості інноваційних технологій.....	52
3.2 Методика підбору механічного осушувача.....	
3.3 Висновки розділу 3.....	
5. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗИКІВ ПРОЕКТУ.....	73
6 ОХОРОНА ПРАЦІ	75
ВИСНОВКИ.....	83
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	89
ДОДАТКИ:	

					КРМ.ХУіКП 1. 793-03.1.9							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розрахунково- пояснювальна записка			Літ.	Арк.	Аркушів		
Розроб.		Афанасенко								5	102	
Перевір.		Жихарева Н.В.						ХМ161МН- група				
Реценз.		Олійник К.В.										
Н. Контр.												
Затверд.												

ВСТУП

Технологічні системи кондиціонування повітря зернових терміналів при збереженні зерна різних сортів призначені для створення і автоматичної підтримки температури, відносної вологості, чистоти і швидкості руху повітря, що відповідають оптимальним санітарно-гігієнічним вимогам. Всі технологічні обладнання безліччю тепловиділяючого устаткування, мають щільні склопакети, що не пропускають свіже повітря в приміщення, а поверхні зовнішнього скління пропускають великі кількості сонячної енергії. Ці фактори можуть негативно відбитися на працездатності, самопочуття і навіть здоров'я людини при тривалому знаходженні в таких зернових терміналах.

Мета роботи та задачі дослідження.

Дослідження зернових терміналів при збереженні зерна різних сортів тепловологісної обробки повітря з використанням моделювання процесів охолодження для систем кондиціонування повітря

Методи дослідження

Ескізна та графічна розробка принципової схеми зернових терміналів при збереженні зерна різних сортів та експерименти з визначенням показників економічної ефективності холодильної установки, чисельні методи та методи оптимізації.

Теоретична цінність

Полягає в дослідженні та розробці тепловологісної обробки повітря для зернових терміналів при збереженні зерна різних сортів систем кондиціонування та методи осушення повітря при зберіганні .

Фактологічна база.

Фактологічною базою дослідження є типи, види і різні схемні рішення апаратів систем технологічного кондиціонування повітря. В якості джерел

інформації використані: підручники, методичні рекомендації, періодичні видання за спеціальністю холодильна техніка та веб-сайти фірм виробників.

Структура роботи.

Включає 6 розділів основної частини, висновків, списку використаних джерел інформації та додатків.

Задачі дослідження.

Полягає в дослідженні та розробці тепловологісної обробки повітря зернових терміналів для зерна різних сортів для систем кондиціонування повітря , що включає розрахунок параметрів кондиціонування повітря методом сплайнів, розрахунок економічно-доцільної товщини ізоляції; розрахунок тепло-вологісного навантаження, підбір обладнання системи кондиціонування. Підібрати систему кондиціонування для зернових терміналів що дозволяє підтримувати параметри повітря.

1. ІСНУЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА

1.1 Властивості зерна різних сортів та характеристики

Зернова промисловість в Україні є найбільш важливою складовою частиною агропромислового комплексу. Зерно є основою для виробництва харчових продуктів, сировиною для багатьох промислових галузей, кормовою базою для тварин та є невід’ємною складовою продовольчої безпеки країни. Зерно є також головним біржовим продовольчим товаром [9]. Пшениця займає чільне місце серед зернових культур у всьому світі і є головним продовольчим продуктом приблизно для 35 % населення земної кулі та забезпечує близько 20 % потреб людства в енергії [84]. Україна є одним з лідерів серед країн, які експортують зерно, тому продукція, яка надходить на світовий ринок, повинна відповідати вимогам міжнародних стандартів, що дає можливість забезпечити конкурентоспроможність продукції та відсутність технічних бар’єрів в торгівлі. Сьогодні на теренах нашої держави постає питання вирішення науково-технічного завдання вдосконалення нормативного забезпечення якості зерна і гармонізація його з міжнародними стандартами [1]. Значних успіхів у соціальному й культурному розвитку досягають тільки ті країни, які здатні забезпечити найвищу якість своєї продукції. Тому перед зерновою галуззю України стоїть завдання забезпечити стабільне зростання виробництва зерна та досягнення певних якісних її характеристик, що має задовольнити як усі потреби країни на внутрішньому ринку, так і забезпечити можливість бути конкурентоспроможним на зовнішньому ринку [4]. Актуальність теми випускної роботи обумовлена тим, що в умовах розвитку експортно-імпортного товарообігу особливої уваги потребують питання забезпечення якості та безпечності зерна.

Елеватори та зерносклади України

Надійне зберігання зерна – запорука економічної безпеки будь-якої країни. Елеватори та зерносклади України – стабільний фундамент усього зернового ринку. Галузь та підприємства цього сектора безперервно

розвиваються та вдосконалюються. У наш час це багатофункціональні комплексні системи, спрямовані не тільки на зберігання, а й на сушіння, доопрацювання, калібрування зерна. Партнерами цих підприємств є великі та малі агрокомпанії України, сільгоспвиробники, фермерські господарства та зернотрейдери.

Елеватори, КХП та ХПП України забезпечують як внутрішні економічні потреби, так і можливість експортних операцій. **Зернові термінали** Причорномор'я відіграють важливу роль у експортній системі України. Щорічно через них проходять мільйони тонн зерна та сільгосппродукції. Найбільша кількість підприємств галузі знаходиться у центральному, східному та південному регіонах країни. Зважаючи на зміну економічних факторів, для більш ефективної діяльності важливо відстежувати новини та тенденції галузі.

Скільки елеваторних комплексів потрібно нашій країні, щоб ринок ефективно функціонував? Щоб визначитися з кількістю, а також необхідними потужностями **зерноховищ**, потрібно проаналізувати пікові елеваторні навантаження з огляду на переробку різних видів культур та прогнози експорту сільгосппродукції у поточному маркетинговому році. Прибуткова складова – це врожай зерна та його збирання, а видаткова – це експорт сільгосппродукції та її переробка. Пікове навантаження на **елеватори України** припадає на липень-грудень. Найбільш інтенсивне надходження нового врожаю спостерігається з липня до жовтня. Найбільше навантаження на **зерноховища України** фіксується у листопаді – грудні. Як правило, у цей період виникає потреба додаткових потужностей для зберігання.

Види та особливості елеваторів

Згідно з анкетуванням учасників ринку та безпосередньо елеваторних компаній, серед великих **зерноховищ** від 50 тисяч тонн у 17 українських

областях, загальна місткість **елеваторів** становить 7,6 млн т. На зерносховища силосного типу припадає 81%, тобто 6 млн т ємностей, що показує високий поріг технічного забезпечення галузі. Майже всі **елеватори України** приймають зернові культури, пшеницю та ячмінь (у відсотках 95% та 93% відповідно). Приблизно 82% елеваторів займаються заготівлею [кукурудзи](#) .., а 72% – ріпаку. На заготівлю сої та соняшнику припадає найменша частка компаній (48% та 64% відповідно). Найбільш часто зустрічаються зерносушарками на КХП і ХПП є - шахтні, типу ДСП різних модифікацій. Також велика частка імпортних зерносушарок становить понад - 27% від загальної кількості. Що стосується енергопостачання елеваторів, топки 76,5% техніки функціонують на газу, 23,5% - рідке паливо. Також у сушках використовуються альтернативні джерела енергії. Трапляються зерносушарки різного типу. Сушіння на зерносховищі – дорога функція, енергоспоживання залежить від якості та наявності рекуперації у зернових сушок та типу палива, що використовується. Транспортне відвантаження продукції – також дорога функція після обробки та зберігання зерна. Як правило, на **елеваторах України** тарифи, що не пройшли реконструкцію і оснащені енерговитратною технікою, є вищими, ніж на сучасних (модернізованих) сховищах. З цієї причини питання введення в експлуатацію модернізованих потужностей та вдосконалення старих є вкрай актуальним в українському агросекторі.

Сертифікація ХПП, КХП та елеваторів України

Сертифіковані українські **зерносховища** налічують приблизно 800 елеваторів, КХП та ХПП (потужністю 33,8 млн. т). Загалом у нашій країні понад 1300 зерносховищ (потужністю, що перевищує 42 млн т). Параметри сертифікованих сховищ такі: склади підлогового зберігання з низьким порогом автоматизації – 46%, приналежність до агрохолдінгів – 27%, можливість відвантаження на залізничний транспорт мають – 81,5% усіх

елеваторів. Сертифіковані зернові склади мають переваги, виражені наявністю лабораторій, що контролюють якісні показники продукції, забезпеченістю зерносушильною та зерноочисною технікою.

Будівництво нових елеваторів в Україні

1. Що стосується будівництва елеваторів в Україні, оно потребує ресурсного забезпечення. Закупити необхідне обладнання або комплектуючі частини не так складно. Проблеми можуть виникати в сегменті підприємств, які займаються проектуванням, а також зведенням зернохранилищ. Велика частина розглянутих компаній може виконувати тільки окремі роботи, наприклад, складання коштів, проектної документації, монтаж, налаштування технологій, розробку систем автоматизації хранилищ (рідко). Контролювати майбутні витрати на будівництво необхідно вже на етапі проекту. Чим раніше будуть прорисовані деталі будівництва, тим більше ймовірність зробити проект більш дешевим. В питанні витрат можна зафіксувати ціни на роботи, але матеріали необхідно купити заздалегідь, інакше ціна буде зростати. Важливим фактором є місце розташування хранилища поруч з транспортними шляхами. Навіть при невеликому збільшенні логістичних витрат віддалені елеватори можуть залишитися невостребованими на фоні коливань валютних курсів. В будівництві важливо продумати особливості робіт. Наприклад, норійна вишка потребує спеціальних кранів – дуже востребованої техніки, яку слід замовляти за місяць. І в потрібний час обов'язково виконати підготовчі роботи, інакше кран буде простаювати. Сьогодні в Україні функціонує більше 1200 елеваторів, зернохранилищ, КХП та ХПП. Більшість має розвинену інфраструктуру, власні лабораторії для аналізу, залізничні колії

1.2 Чинники які впливають на зберігання зерна

Цінність зерна пшениці багато в чому залежить від його якості. Це не тільки ті параметри, що досягаються технологічними умовами збирання, очищення та зберігання врожаю. Якість зерна пшениці – це складне збірне поняття. У міжнародній хлібній торгівлі м'яку пшеницю за її технологічними якостями і можливістю використання у хлібопеченні прийнято поділяти на три групи: сильна пшениця – поліпшувач, пшениця середньої сили і слабка. У стандартах Канади і США за твердістю ендосперму зерна всі сорти м'якої пшениці поділяють на дві групи – твердозерні і м'якозерні [32]. Базисні норми якості – це ті норми, яким має відповідати зерно для отримання повної закупівельної ціни. До них відносять вологість (14-15%), зернову та сміттєву домішки (1-3%), натуру – залежно від культури та району вирощування. Якщо зерно за вологістю та засміченістю краще за базові норми якості, то постачальнику нараховується грошова надбавка. За зайві проти базисних норм якості вологість та бур'ян зерна виробляються відповідні знижки з ціни та маси зерна [3].

13 Обмежувальні норми якості – це гранично допустимі знижені порівняно з базисними вимоги до зерна, за якими воно може бути прийняте з певним коригуванням ціни [44].

Однією із проблем сьогодення України є питання поліпшення якості зерна пшениці. Україна посідає високе місце на світовому ринку зернових: частка в експорті пшениці в середньому складає 5%; одночасно частка України в експорті пшениці до ЄС становить 32% [43]. До загальних показників якості відносяться обов'язкові, що визначаються у будь-якій партії зерна всіх культур: ознаки свіжості (зовнішній вигляд, колір, запах, смак), зараженість шкідниками, вологість та засміченість. До спеціальних, або цільових, відносяться показники якості, що характеризують товарно-технологічні (споживчі) властивості зерна. До цієї групи входять склоподібність, натура, число падіння, кількість та якість сирої клейковини. У пшениці визначають також вміст дрібних, морозобійних зерен та зерен, пошкоджених клопом-черепашкою [21].

Усі методи визначення якості зерна можна розділити на дві групи – органолептичні та лабораторні. До органолептичних методів відносяться такі, за яких якість зерна оцінюють за допомогою органів чуття. При цьому визначають переважно ті показники, які іншими методами не завжди можуть бути визначені. Це колір, запах,

смак зерна. Їх називають показниками свіжості зерна [14]. Колір є найважливішим та обов'язковим показником при оцінці якості зерна. За кольором визначають вид, сорт та однорідність партії зерна. Нормальне зерно пшениці має свій специфічний колір, інколи ж і блиск [35]. Свіжому зерну властивий свій специфічний запах. Сторонній запах свідчить про погіршення якості зерна. Зерно, що має солодовий, затхлий та інші запахи розкладання, вважається дефектним та не приймається на хлібоприймальні пункти [22]. Нормальне зерно має специфічний смак, властивий пшениці, найчастіше прісний чи злегка солодкуватий [40].

14 До лабораторних методів належить визначення якості зерна з допомогою приладів. При цьому показники якості (забур'яненість, вологість, зараженість зерна шкідниками комори, натурна вага, склоподібність, якість і кількість сирої клейковини та інші) даються в числовому вираженні [41]. Склоподібність характеризує структуру зерна, взаєморозташування тканин, зокрема крохмальних гранул та білкових речовин, та міцність зв'язку між ними. Цей показник визначають просвічуванням на діафаноскопі та підрахунком кількості зерен (у %) склоподібної, напівсклоподібної, борошнистої консистенції. У склоподібному зерні крохмальні гранули та білкові речовини укладені дуже щільно і мають міцний зв'язок, між ними не залишається мікропроміжків. Таке зерно під час дроблення розколюється на великі частки і майже не дає муки. У борошнистому зерні є мікропроміжки, які надають ендосперму пухкості, а при просвічуванні на діафаноскопі розсіюють світло, зумовлюючи непрозорість зерна. Стандартами на зерно передбачається визначення склоподібності пшениці [15]. Натура зерна залежить від його крупності та щільності, стану його поверхні, ступеня наливу, масової частки вологи та кількості домішок. Натуру визначають за допомогою пурки з падаючим грузом. Зерно з високими значеннями натури характеризують як добре розвинене, що містить більше ендосперму та менше оболонки. При зменшенні на 1 г натури пшениці вихід борошна знижується на 0,11% і збільшується кількість висівків. Встановлено залежність між натурою та кількістю ендосперму. Натура різних культур має неоднакове значення, наприклад, натура пшениці – 740-790 г/л; ячменю – 540-610; вівса – 460-510 г/л [Клейковина (визначають тільки у пшениці) – це комплекс білкових речовин зерна, здатних під час набухання у воді утворювати зв'язкову еластичну масу. Борошно з пшениці з високим вмістом клейковини можна

використовувати в хлібопеченні самостійно або як покращувач слабких сортів пшениці. Крупність зерна пшениці визначається лінійними розмірами – довжиною, шириною, товщиною. Але на практиці про крупність судять за результатами просіювання зерна через сита з отворами певних розмірів та форми. Велике, добре налилося зерно дає більший вихід товарів, оскільки містить щодобільше эндосперма і менше оболонки. Величина зерна може характеризувати специфічний показник – маса 1000 зерен, яку розраховують на суху речовину. Зерно ділять на велике, середнє та дрібне. Наприклад, для пшениці маса 1000 зерен коливається від 12 до 75 г. Велике зерно має масу понад 35 г, дрібне – менше 25 г. М'яку пшеницю 1-3 класів використовують для продовольчих (переважно в борошномельній та хлібопекарській галузях) потреб і для експортування. Пшеницю 4-го класу використовують на продовольчі й непродовольчі потреби та для експортування. На вимогу замовника в зерні м'якої та твердої пшениці можна визначати інші показники якості, які не є класоутворювальними: уміст зерен, пошкоджених клопом-черепашкою, силу борошна за альвеографом, індекс седиментації тощо відповідно до чинних методик. Показники якості пшениці м'якої наведено в додатку А. Зерно твердої та м'якої пшениці всіх класів має бути в здоровому стані, не зіпріле та без теплового пошкодження; мати властивий здоровому зерну запах (без затхлого, солодового, пліснявого, гнильного, полинного, сажкового, запаху нафтопродуктів тощо); мати властивий зерну колір; не дозволено зараження пшениці шкідниками зерна [21]. Вміст білка є важливою характеристикою оцінки якості зерна, яке нормується ДСТУ 3768:2019. Відповідно до державного стандарту пшениця 1-го класу повинна містити білка в зерні не менше 14 %, а 2-го класу – не менше 12,5%

Одним із найважливіших показників якості зерна пшениці є його вологість, яка характеризує як вміст поживних речовин у зерні, так і придатність зерна для зберігання та перероблення. Так, зерно пшениці вважають придатним для довготривалого зберігання, якщо воно міститься в 16 сухому стані (масова частка вологи становить (14,0-14,5) %). Під час підготовки до помелу зерно насичують водою тощо. На підприємствах вологість визначають, використовуючи різноманітні методи та засоби вимірювальної техніки [18, 19].



Рис. 1. Самовстановлюючий датчик ваги С16А С3

Пшеницю, що внаслідок несприятливих умов дозрівання, збирання або зберігання втратила свій природний колір, визначають як «знебарвлену» і зазначають ступінь знебарвленості. Для зерна м'якої пшениці 1-3 класів дозволено перший і другий ступені, для 4-го класу – будь-який ступінь знебарвленості. У разі невідповідності граничній нормі якості зерна м'якої пшениці хоча б за одним показником її переводять у відповідний за якістю клас. У разі невідповідності показників кількості та якості клейковини мінімальним вимогам 1-3 класів пшеницю переводять у 4-й клас за умови дотримання вимог до інших показників якості [43]. У разі невідповідності граничній нормі якості зерна твердої пшениці хоча б за одним із показників її переводять у відповідний за якістю клас. У разі невідповідності граничній нормі якості зерна пшениці мінімальним нормам 4-го класу для м'якої і 5-го класу для твердої пшениці хоча б за одним із показників її визначають для обліку як «нестандартна» із зазначенням показника/показників невідповідності [41]. Залишкові кількості пестицидів у зерні пшениці не мають перевищувати норм, передбачених МБТиСН 5061 та ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000.

Уміст радіонуклідів у зерні пшениці не повинен перевищувати рівнів, установлених ГН 6.6.1.1-130

Об'єктами дослідження було обрано врожаї зерна пшениці 2022 року ТОВ «Розанівка» Андріївського району Одеської області

Проведено аналіз існуючої технології та обладнання, яке застосовується для оцінки якості зерна пшениці. У зерні пшениці встановлювали такі показники: вологість, вміст клейковини, натуру, засміченість.

1.3 Очищення, сушіння та активної вентиляції зерна для покращення його якості

Значення очищення, сушіння та активної вентиляції зерна для покращення його якості Сьогодні, в умовах ринкової економіки, переробка і зберігання – одна із найважливіших ланок у системі формування зерна як товару, підготовки його до продажу та очікування часу найвигіднішої реалізації. Тому забезпечення і збереження зерна без втрат і покращення його якості під час зберігання – одне із основних завдань сільськогосподарських та спеціалізованих підприємств [47]. Попри збільшення останніми роками валового збору врожаю в нашій країні, ефект зерновиробництва був би значно більшим, якби ми не втрачали врожай не тільки під час збирання, але й у період зберігання, коли значна його частина гине і не доходить до споживачів. Втрати, зумовлені неналежними умовами зберігання зерна, можуть звести нанівець усі досягнення сільськогосподарського виробництва: підвищення врожайності, зростання валового збору зерна та зменшення трудових затрат на всіх етапах від вирощування до зберігання зернопродукції. Післязбиральна переробка зерна і насіння сприяє підвищенню їхньої якості і тим самим зменшенню втрат урожаю [18]. Зерно, зібране комбайнами, підлягає негайному очищенню, особливо якщо воно вологе. Затримка з очищенням вологого і сирого зерна може призвести до його самозігрівання і погіршення якості вже через 10-12 год зберігання насипом [20, 45]. Очищення зерна – одна з основних операцій у процесі його післязбиральної обробки (попереднє очищення), завданням

якого є: • забезпечення потрібної якості зерна (а значить – і якості борошна та круп); • зниження рівня зараженості зерна шкідниками хлібних запасів; • економія транспортних засобів для переміщення зерна завдяки відокремленню смітних домішок і, відповідно, зменшення вартості транспортування

. Очищення може бути попереднім, первинним і вторинним – залежно від чистоти, вологості та призначення зернової маси. Попереднє застосовують у разі значного (понад 15%) засмічення, підвищеної вологості зерна, а також перед сушінням у шахтних зерносушарках . Первинному очищенню підлягає все свіжозібране зерно. Під час цієї операції виділяють основну фракцію зерна, відокремлюють крупні і дрібні домішки . 18 Вторинне очищення виконують у режимі сортування, його застосовують для насіння і продовольчого зерна з метою доведення до норм чистоти, встановлених для кожної культури. За допомогою сортування відбирають фракції із найкращими продовольчими якостями і посівними властивостями. Досвід минулих років показав, що навіть в умовах посухи і заготівлі дрібного насіння з нього шляхом сортування можна відібрати фракції пшениці і ячменю з високою схожістю і силою росту (маса 1000 насінин становила понад 40 г). Встановлено, що для цього підсівне решето для більшості сортів пшениці озимої має бути типорозміром не менше 2,5x20 мм.

Насіння фракції, відібране за цим типорозміром, можна загортати глибше й отримувати дружні сходи. Згідно рекомендованим нормам, зерно, яке надходить на борошномельні заводи, повинно містити не більше 2% смітцевої домішки (при наявності обладнання для обробки зерна на елеваторі – не більше 1%) і не більше 5% зернової домішки. Разом з тим, гранично допустимий вміст смітцевої домішки у зерні, що спрямовується для хлібопекарських помелів пшениці не повинен перевищувати 0,4%, а зернової – не регламентується. Однак практика ведення помелу показує, що підвищення показників якості та виходу борошна, особливо високих сортів,

вимагає більш значущого вилучення домішок [46]. Очищене зерно сортують – розподіляють на фракції (головним чином – за розмірами, а деколи й за іншими ознаками залежно від призначення продукції). Сортування насіннєвого зерна дає змогу сформувати однорідну, вирівняну за характеристиками, партію посівного матеріалу, яка, разом із його якісним очищенням, забезпечує високий урожай. Процеси очищення і сортування зерна ґрунтуються на відмінностях фізико-механічних властивостей зерна і домішок, в основі яких – такі параметри та характеристики: розмір (довжина, ширина, товщина), аеродинамічні властивості, форма і стан поверхні зерна (фрикційні властивості), густина (гравітаційні властивості), магнітні властивості, колір тощо [47].

.1. Аналіз існуючої технології та обладнання, яке застосовується для оцінки якості зерна пшениці Перед тим, як зерно надходить до споживача, воно проходить ретельну, всебічну перевірку, щоб не викликати сумнівів у його якості для життя та здоров'я людей. Перевірка зерна має здійснюватися за допомогою достатньо надійного та сучасного обладнання, що відповідає вимогам міжнародних та державних стандартів [91]. ТОВ «Розанівка» оснащено засобами вимірювання та випробувальним обладнанням (табл. 4). Наявні засоби вимірювань та випробувальне обладнання забезпечують правильність проведення випробувань відповідно до вимог чинних стандартів. Усі засоби вимірювання пройшли перевірку і мають сертифікати. Випробувальне обладнання атестоване. Зерно приймають партіями відповідно до ДСТУ 3768:2019 «Пшениця. Технічні умови» та ГОСТ 13586.3 «Правила приймання та відбору проб». Якість зерна визначають за результатами лабораторного аналізу середньої проби, що є основною умовою об'єктивності оцінки. Середня проба зерна за всіма показниками – фізичними й хімічними – має відповідати якості партії. Партія зерна – це будь-яка кількість зерна, однорідна за якістю, яку одночасно здають, приймають або зберігають [21]. Для правильної оцінки показників якості зерна пшениці вагоме значення має

ретельність відбору проб. Тому важливо одержати найбільш репрезентуючу пробу зерна зернових культур або продуктів його переробки [60]. Проби відбирають згідно РІ «Робоча інструкція по відбору та зберіганню проб» для проведення вхідного контролю ДП «Контроль продукції» [29].

30 Таблиця 4
Відомості про забезпеченість ТОВ «Розанівка» випробувальним устаткуванням

Параметри продукції	Обладнання	Основні метрологічні характеристики
1	Натура	Пурка літрова ПХ-2 Допустиме відхилення ± 4 г
2	Пурка літрова ПХ-3	Допустиме відхилення ± 4 г
3	Вага Автомобільні ваги «Оптіма-В» виробництва НВП «Техноваги»	Ціна повірочної поділки $d=10$ кг
	Ваги лабораторні електронні CERTUS CBA300-0,005	Клас точності по ГОСТ 24104-88 – IV, клас точності ДСТУ EN 45501 – II, дискретність – 0,005 г
	Самовстановлюючі датчики ваги C16A D1 та C16A C3	Клас точності – D1, C3, C4
	Вологість Infratec 1241	Похибка – 0,1% СЕШ-3М Допустиме відхилення температури в опорній точці $\pm 2^{\circ}\text{C}$
	Кількість клейковини	Вимірювач деформації клейковини ВДК-М Діапазон вимірювання ІДК – від 0 до 150 од.; похибка вимірювань ± 2 од.; величина деформуючого навантаження – $120 \pm 2-5$ г
	Прилад для вимірювання індексу деформації клейковини «ВДК-1»	Межа вимірювання деформації клейковини від 80-120 од.; похибка вимірювання $\pm 2,5$ од.; величина деформуючого навантаження – 120 ± 2 г.
	Засміченість	Лабораторний розсів РЛУ-3 Амплітуда коливання – 25 мм
	Лабораторний розсів РЛУ-3	Амплітуда коливання – 25 мм
	Час Секундомір механічний СОП-2а-2-010 «Агат»	2 клас точності, допустима похибка $\pm 1,0$ с.

31 Проведення контрольного відбору проб для повторного контролю якості проводиться згідно «Інструкції по порядку відбору контрольних проб зерна та передачі їх в лабораторію». Дані вносять в журнали «Журнал видачі контрольних проб ТОВ «Розанівка», «Журнал реєстрації результатів порівняних аналізів в контрольних пробах». У документі про якість на кожен партію зерна, що заготовляється і постачається, вказують: - дату оформлення документа; - найменування відправника та станцію (пристань) відправлення; -

номер автомобіля, вагону чи найменування судна; - номер накладної; - масу партії чи кількість місць; - станцію (пристань) призначення; - найменування отримувача; - найменування культури; - походження; - сорт, тип, підтип зерна; - клас зерна; - результати аналізів за показниками якості, передбаченими стандартом технічних умов на відповідну культуру; - підпис особи, відповідальної за видачу документа щодо якості зерна [30]. У кожній партії пшениці визначають стан зерна, запах, колір, склоподібність, натуру, вологість, зернову і сміттеву домішки, зараженість шкідниками, зерно, пошкоджене клопом-черепашкою (на вимогу), сажкове зерно, масову частку білка та сирі клейковини, її якість, число падання, сила борошна (на вимогу). Показники безпеки визначають за сформованими партіями [13]. Для зважування зерна, яке привозять в ТОВ «Розанівка», використовують автомобільні ваги «Оптіма-В» виробництва НВП 32 «Техноваги» платформою колійного типу із залізобетонними модулями проїжджої частини. Платформа ваг колійного типу складається з металевої рами і залізобетонних модулів проїжджої частини. Вага комплектується високоякісною електронною апаратурою: - тензодатчики RC3 фірми «Flintec» (Німеччина); - нержавіючі тензодатчики – ступінь захисту IP68/IP69k [75]. Блоки захисту та віддаленого вимірювання, що встановлені у платформі ваги, мають герметичний нержавіючий корпус, ступінь захисту – IP 65, температурний режим роботи від – 40 до + 80 °С. Забезпечують цифрову систему вимірювання маси, захист від перенапруги, захист та цифрові фільтри для адаптації до умов експлуатації [1]. Вагова платформа оснащена захисним ковпаком від повітряних потоків [77]. Волога, що міститься в зерні понад рівноважну, є головною причиною погіршення його якості, і навіть псування. Зерно з підвищеною вологістю нестійке при зберіганні, тому що в ньому під впливом вологи та тепла створюються сприятливі умови для розвитку мікроорганізмів та шкідників хлібних запасів, що призводить до самозігрівання та псування зерна.

2 ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОВОЛОГІСНОЇ ОБРОБКИ В ПРИМІЩЕННЯХ ЗЕРНОВОГО ТЕРМІНАЛУ

Сушіння зерна виконують у разі підвищеної збиральної вологості, а 19 також задля термічного знезараження зерна від шкідників. За наявності різних партій насамперед сушать вологіше, уражене, з ознаками самозігрівання зерно. Під час заготівлі різних сортів пшениці спочатку сушать зерно твердих, сильних і цінних сортів. Різні культури потребують індивідуальних підходів у проведенні сушіння. Пшеницю висушують за змінних температурних режимів із урахуванням якості клейковини у зерні. За слабкої клейковини температуру підвищують, за надто міцної – знижують, аби зберегти та поліпшити якість зерна. Підвищені температури дають змогу дещо зміцнити клейковину, понижені – не призводять до її додаткового зміцнення. За м'яких режимів висушують зерно цінних, сильних і твердих пшениць. Зерно проросле, ушкоджене клопом-черепашкою формує слабку клейковину, тому його також висушують за підвищених температур, але з постійним контролем за режимом сушіння [45]. Основним завданням сушки зернових культур є зниження вологості осушуваного продукту до значень, при яких зерно можна безпечно закласти на тривале зберігання. При правильно підібраному режимі сушіння також відбувається фізіологічне дозрівання зерна і поліпшення його якості [45].

Оптимальний режим сушки – це такий, коли забезпечується найбільша продуктивність, повне збереження або поліпшення якості зерна при високій продуктивності роботи сушарки [44]. Основними параметрами режиму сушки є: - температура теплоносія, що подається у сушильну камеру; температура максимального нагріву зерна в процесі сушки; - температура охолодженого зерна; - час перебування зерна в нагрітому стані, що відповідає відсоткам знімання вологи [42]. Сушіння – надзвичайно відповідальна операція, яка потребує неухильного дотримання всіх правил та інструкцій. Основні його правила: 20 • формування однорідних за вологістю партій, бажано з

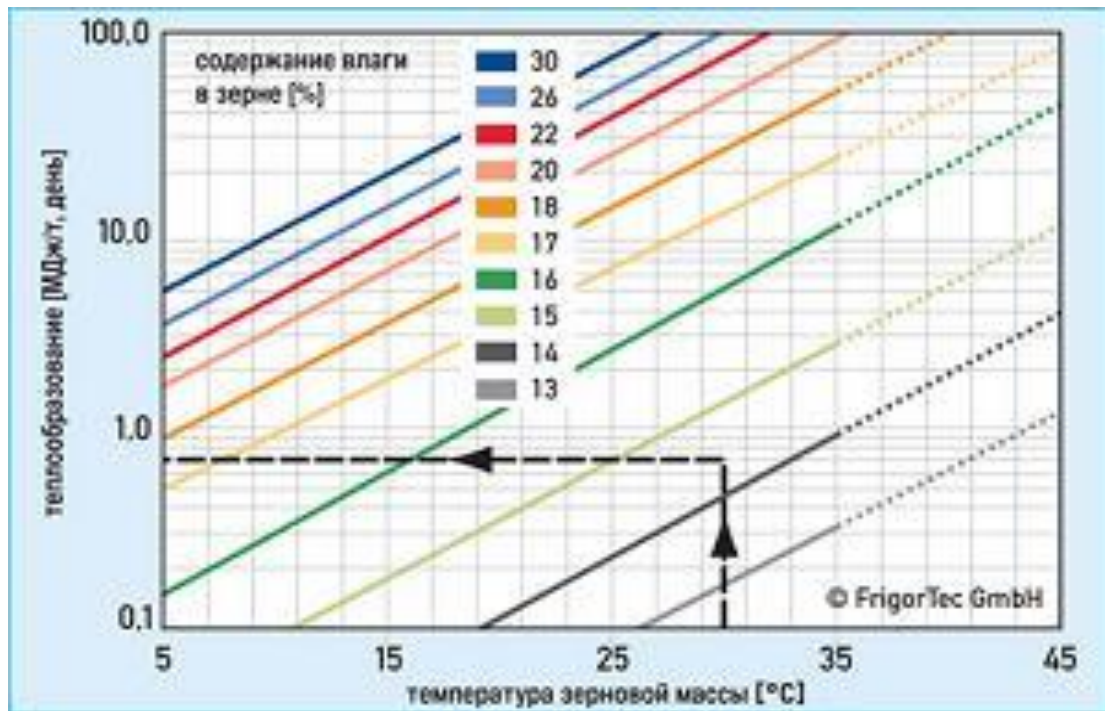
очищеного зерна, якщо сушать у прямоточних зерносушарках. Різниця вологості між окремими партіями не має перевищувати 2-3%. Так забезпечують рівномірний режим, зерно сушиться швидше, витрачається менше палива; • дотримання рекомендованих температурних режимів залежно від термостійкості культури, її вологості та призначення. Це має першочергове значення для зерна насінневого і продовольчого, адже воно має зберігати схожість, високі технологічні властивості; • закінчення сушіння за вологості, встановленої для кожної культури, бо в разі пересушування різко зростають подрібнення зерна і витрата енергоресурсів. Чинна Інструкція забороняє пересушувати зерно, відповідатиме за це лабораторія і суб'єкт, що проводить сушіння; • охолодження нагрітого зерна, що забезпечує стійке і надійне зберігання [20]. У процесі збирання, обробки та зберігання зерно може мати підвищені показники вологості та температури, що знижує його стійкість і якість. Для такого зерна ефективним може бути активне вентилявання, яке полягає в продуванні атмосферним повітрям зернової маси за допомогою вентиляційного обладнання [18]. Прийом має низку суттєвих переваг, зокрема: зерно обробляється без переміщення і травмування, цей метод не потребує значних капіталовкладень і енерговитрат, прискорює дозрівання недостиглого зерна, підвищує стійкість і тривалість його зберігання. Прийом є однаково ефективним як для продовольчо-кормового зерна, так і насінневого [45].

Вентилювання проводять у режимі підсушування або охолодження залежно від стану зерна. У режимі підсушування зерно вентиляють сухим чи нагрітим повітрям, завдяки чому зерно, зібране з вологістю до 17%, можна довести до сухого стану. Ріпак підсушують за його вологості не більше ніж 13%. У процесі вентилявання слід дотримуватись норм подавання повітря у насип зерна залежно від його вологості

У режимі охолодження зерно вентиляють холодним атмосферним повітрям у найхолодніші години доби або за допомогою холодильних машин

чи вентиляційного обладнання сушарки. Для цього відключають її топку і вентилюють зерно. У результаті охолодження в осінньо-зимовий період підвищується стійкість і збільшується тривалість зберігання зерна [45]. Під час вентилявання необхідно дотримувати норми подачі повітря у насип зерна залежно від його вологості. Стежать також за висотою насипу, вона має забезпечувати рівномірне продування зерна. Вентилювання проводять за певних умов, а саме, фактична вологість зерна має перевищувати його рівноважну. Інакше зерно, навпаки, зволожуватиметься за рахунок поглинання водяних парів повітря. Якщо рівноважна вологість не відома, вентилявання проводять за температури зовнішнього повітря, нижчій від температури зерна на 5 °С і більше. У дощову й туманну погоду ця різниця має становити не менше ніж 8 °С . Зерно, що зігрівається, вентилюють безперервно, незалежно від метеорологічних умов і рівноважної вологості, до температури, близької до нічної. Зігріте зерно вентилюють за збільшеної подачі повітря і зменшеної висоти насипу. Але краще зігріте зерно негайно подавати на сушіння [18].

Активне вентилявання проводять у наземних зерноскладах, бункерних сховищах-силосах, що мають вентиляційну систему. Для тимчасового зберігання і вентилявання невеликих обсягів зерна, наприклад, зібраних у 22 фермерському господарстві, можна будувати дешеві майданчикинакопичувачі місткістю до 30-40 т. Вентилюють майданчики за допомогою різних вентиляторів із розрахунку 40-120 м³ повітря на 1 т зерна [80]. Успіх зберігання зібраного збіжжя безпосередньо залежить від якісної післязбиральної обробки зерна. Ефективне вирішення цього завдання можливе насамперед завдяки застосуванню новітніх досконалих індустріальних технологій первинної переробки зерна, в основі яких – високотехнологічні зерноочисні лінії та комплекси, які базуються на сучасних та економічно ефективних машинах [47].



30

Рис 2 Зменшення втрат сухої маси

Особливо небезпечно зберігати сире зерно, в якому іноді процес самозігрівання починається на другий-третій день після прийому його в зерносховище. Основним заходом, що забезпечує збереження свіжого сирого та вологого зерна, є його сушіння на зерносушарках з доведенням до стійкого для зберігання стану, що визначається межею критичної вологості для пшениці 14,0%. Сушіння – складний технологічний тепломасообмінний процес, який застосовують задля збереження всіх властивостей речовин у зерні, що можливо за умови дотримання оптимальних параметрів цього процесу. Під час сушіння постійно змінюються термодинамічні й теплофізичні властивості зерна, зокрема теплоємність і теплопровідність. Тому необхідно якомога ретельніше дотримуватися рекомендованих режимів сушіння насіння кожної культури залежно від його вологості та цільового призначення. Зерно пшениці має товсту оболонку, що сповільнює випаровування з нього води, але завдяки високій термостійкості його можна нагрівати до 60°C, і процес сушіння проходить інтенсивно за температури сушильного агента 36 до 90°C [69]. Для сушіння зерна в господарстві

використовують сушарки типу РД2*25 (рис. 4). Рис.4. Сушарка типу РД-2*25

Приймальний бункер накопичує суміш свіжого та рециркулюючого зерна та рівномірно завантажує його в камеру нагріву. Бункер виготовлений з листової сталі та має розмір 3000x2000x2730 мм. Якщо він переповнений, то надлишок зерна зсипається в камеру нагрівання через зливну трубу. Нижня частина приймального бункера обладнана двома переливними патрубками перетином 200x200 мм, за допомогою яких зерно самопливом потрапляє в камеру нагрівання. Засувки регулюють кількість зерна, що надходить [78]. Як камера нагрівання використовується шахта прямокутного перерізу. Усередині неї встановлено 19 рядів стрижнів по 6-7 ряду, діаметр кожного їх 27 мм. Стрижні розташовуються у шаховому порядку. Відстань між ними 400 мм по горизонталі та 200 мм по вертикалі. Основна функція стрижнів забезпечуватиме рівномірне розміщення зерна по перерізу камери. Агент сушіння підводиться знизу через дифузор. Після відпрацювання він виводиться за допомогою вентилятора в атмосферу через осадову камеру, яка призначена для виділення легких домішок із сушильного агента. Для цього завдання використовується відбивний щит. Для запобігання переповненню 37 теплолаогообмінника, у його верхній частині встановлені самопливні труби. Також для контролю рівня зерна використовуються два мембранні датчики МДУ-3 [27].

Сушіння зерна має такі позитивні сторони: покращує умови зберігання зерна, тому що попереджає процес самозігрівання; служить радикальним засобом боротьби зі шкідниками хлібних запасів; покращує якість зерна; забезпечує більш ефективне використання зерносховищ, так як сухе зерно можна розміщувати вищим насипом, ніж вологе і особливо сире. Додатково на зерносушильний комплекс може бути встановлена система контролю вологості «Автопілот» і система аварійної сигналізації в разі перегріву. Для забезпечення високої якості сушіння зерна лаборанти ведуть систематичний контроль за роботою зерносушарок, за дотриманням відповідної температури

агента сушіння, нагрівання зерна в сушильній камері, а також охолодження зерна після сушіння. Температура агента сушіння, а також нагрівання зерна продовольчого та фуражного призначення у сушильній камері допускається не вище, ніж передбачено інструкцією.

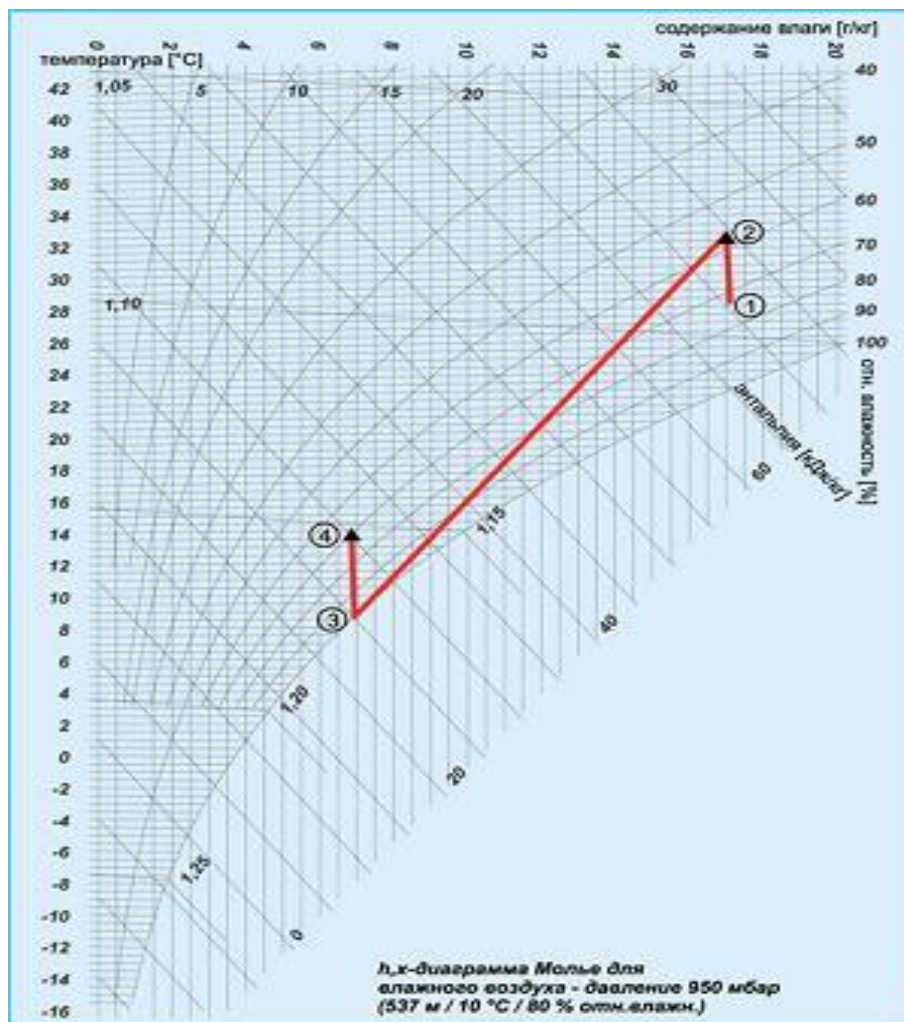


Рис 3 Процеси сушіння зерна

Сторонні матеріали (шматки металу, дерева, каміння тощо), виявлені при візуальному огляді партій зерна під час приймання, відвантаження і зберігання, має бути вилучено [21]. В господарстві переміщення зерна пшениці проводиться ланцюговими транспортерами та норіями. Ковшові конвеєри подають продукцію на норію, які переміщують зерно у вертикальному напрямку. Норії – машини безперервної дії, призначенням яких є переміщення насипних вантажів у вертикальному або крутопохилому (понад 60° до горизонту) напрямку [53]. На барабанних зерноочисних

скальператорах проводиться попереднє очищення зерна пшениці від грубих і легких домішок. Скальператор барабанний А1-БЗО (рис. 5) призначений для виділення грубих і великих сторонніх і соломистих домішок з метою запобігання від 38 засмічення приймально-розподільних пристроїв подальшого зерноочисного обладнання. Скальператор встановлюється в зерноочисних відділеннях елеваторів і на хлібоприймальних підприємствах. Скальператор А1-БЗО призначений також для виділення легких домішок і часткового виділення дрібних домішок [56].

Рис. 5. Скальператор барабанний А1-БЗО

Згідно паспорту обладнання, який видав постачальник, принцип роботи скальператори полягає в послідовності очищення зерна від грубих сторонніх домішок, соломи і стебел. Вихідна зернова суміш надходить рівномірно через приймальний патрубок по лотку всередину приймальної частини решетного циліндра. Проходячи через отвори очищене від домішок зерно по випускному патрубку, виводиться з скальператора і подається на подальшу переробку. Відібрані домішки, поступово переходячи до відкритої частини решетного циліндра, звільняються від застряглих в них зерен і скидаються шнеком у випускний патрубок для відходів. Первинна і вторинна очистка зерна пшениці проводиться повітряно-ситовими сепараторами, аспіраційними колонками і аспіраційними камерами [56]. Сепаратори типу БІС призначені для первинного очищення зерна пшениці від домішок, що відрізняються шириною, товщиною і аеродинамічними властивостями, за допомогою решіт і повітряного потоку.

Вплив мошок на якість зерна

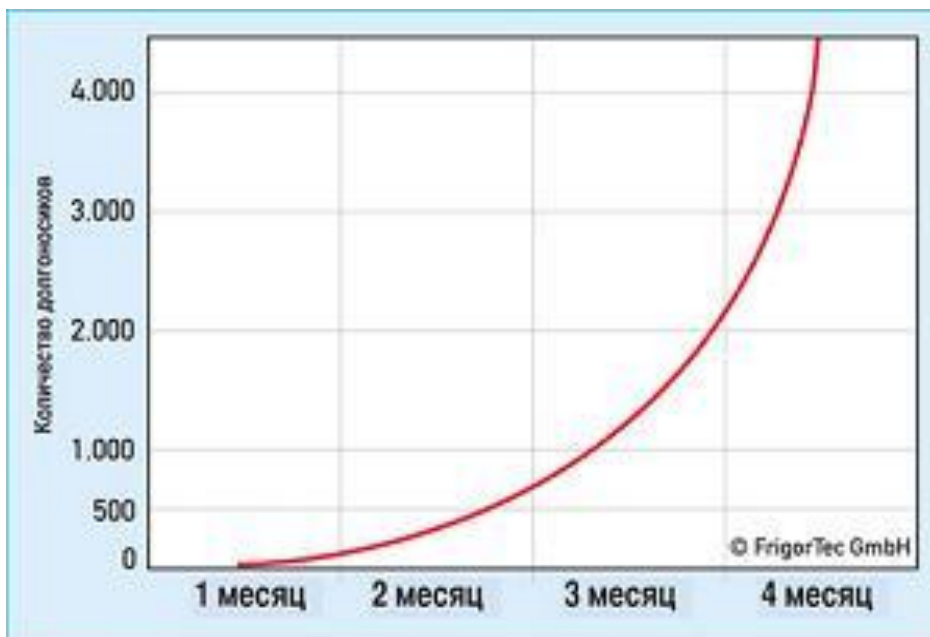
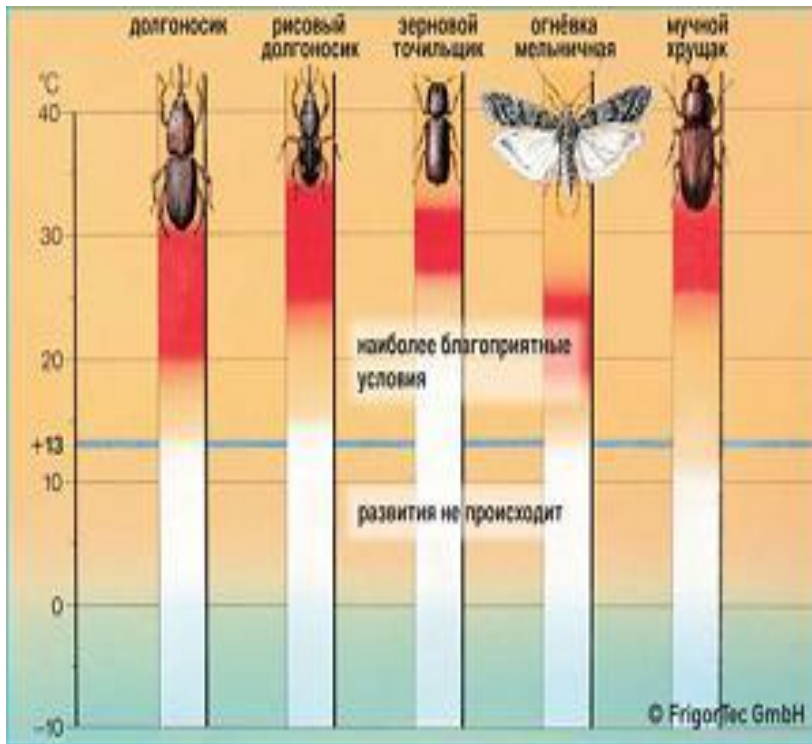


Рис 4 Вплив мошок на зерно

Для очищення зерна пшениці використовують агрегат попереднього 39 очищення зерна АПО-50 (рис. 6) виробництва ХЗЗО. Він призначений для здійснення попереднього очищення і виділення великих фракцій з загальної маси зернових, зернобобових, овочевих і баштанних культур, а також всіляких сипких сумішей. Згідно технологічного паспорту [49],

конструктивно агрегат попереднього очищення зерна АПО-50 являє собою бункер зі встановленою в ньому калібрувальною сіткою, що обертається. Сітка закріплена на рамі, яка знімається, і приводиться в рух за допомогою мотора редуктора. Керування швидкістю обертання здійснюється за допомогою частотного перетворювача.



Рис. 5 Консервація зерна

Для очищення зерна використовувався агрегат попереднього очищення зерна АПО-50. Сушіння зерна здійснювалось за допомогою зерносушарки РД2х25. Всі операції здійснюються згідно ДСТУ Пшениця. Технічні умови [21]. Рівень вологості зерна, яке зберігається, визначали за допомогою Infratek 1241, СЕШ-3М згідно ДСТУ [31]. Вологість зерна пшениці визначали методом спектроскопії ближньої інфрачервоної області на приладі Infratec 1241 (дата останньої повірки і калібровки – 16.11.2020 р.) та термогравіметричним методом згідно зі стандартом ГОСТ 13586.5. Розрахунок вологості (X) термогравіметричним методом без попереднього підсушування здійснювався за допомогою формули

$$X = 20 (m_1 - m_2), (1)$$

де m_1 – маса наважки розмолотого зерна до висушування, г; m_2 – маса наважки розмолотого зерна після висушування, г.

Вологість зерна без попереднього підсушування (X_1) у відсотках розраховували за формулою[60]:

$$X_1 = 100 - m_1 * m_2, (2)$$

де m_1 – маса проби цілого зерна після попереднього підсушування, г; m_2 – маса наважки розмолотого зерна після висушування, г. Кількість і якість клейковини в зерні визначали за допомогою вимірювачів деформації клейковини ВДК-М та ВДК-1 згідно з ДСТУ 4117:2007, ГОСТ 13586.1-68 [20]

. Визначення природи зерна проводили згідно з ДСТУ 4233, ГОСТ 10840. Природу визначали на спеціальних приладах – пурках ПХ-2 та ПХ-3. Показники об'ємної маси використовують для приблизного визначення фізичної маси збереженої партії зерна. Вміст зернових, сміттєвих, шкідливих домішок, сажкового зерна та зерна, пошкодженого клопом-черепашкою, визначали згідно з ГОСТ 30483. Вміст сміттєвої домішки в зерні двох партій пшениці визначали, використовуючи систему сит із різним розміром отворів – лабораторні розсиви РЛУ-3 та РЛУ-3К, які здійснюють поступальні, обертальні, коливальні та струшувальні рухи. На заключному етапі досліджень було розраховано економічну ефективність використання самоустановлюючих датчиків вагів двох типів. В результаті проведення досліджень ТОВ «Розанівка» надано пропозиції щодо удосконалення технології використання обладнання та методи очищення насіння.

°С.

Мостові конструкції(мости, віадуки, шляхопроводи).

У останні десятиліття у зв'язку зі збільшенням проектування і будівництва вкликопротитних мостових споруджень значної висоти як ніколи актуальним стало завдання збільшення терміну їх експлуатації і, отже,

бездоганного захисту від корозії конструкцій. Традиційні лакофарбні і інші антикорозійні покриття, мають на порядок менший термін служби, а тому їх регулярне відновлення у результаті виходить надмірно накладним.

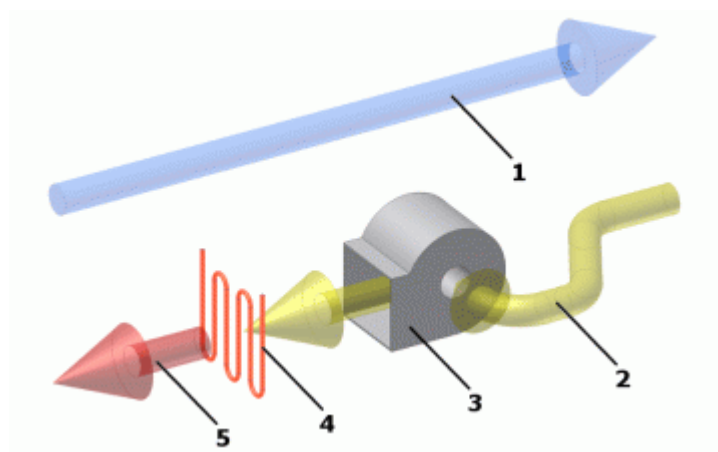
У цих умовах більший економічний і екологічний ефект забезпечує захист мостових конструкцій осушувальними системами, які виключають контакт вологого повітря (з відносною вологістю більше 50% з несними конструкціями, кабелями, підвісками і вантами, і отже, утворення конденсату на металевих поверхнях. Так забезпечується захист від корозії навіть незахищених покриттями (або інакше) поверхонь [10].

1.5 Способи осушення повітря

Цей ризик повністю виключається при використанні адсорбційних осушуючих систем, у яких відсутні конденсація і вогнища високої вологості повітря.

Зазвичай у багатьох джерелах [1,3,13] розглянуто три основні методи осушення повітря:

1. Асиміляція
2. Адсорбція та абсорбція
3. Конденсаційний метод



асиміляційного
осушення повітря

Асиміляція

Метод ґрунтований на фізичній здатності теплового повітря утримувати більшу кількість водяної пари в порівнянні з холодною.

Рис.5 Принципова схема

Він реалізується засобами вентиляції з попереднім підігріванням свіжого повітря.

Осушення шляхом вентиляції з підігріванням зовнішнього повітря :

- 1 - витяжне повітря, що виходить назовні;
- 2 - припливне повітря, що засмоктується зовні;
- 3 - вентилятор;
- 4 - нагрівач(водяний, газовий. електричний);
- 5 - нагріте повітря за системою повітропроводів

Цей метод у ряді випадків (басейни, льохи, складські приміщення, гальванічні цехи і тому подібне) є недостатньо ефективним в силу двох причин:

1. Здатність поглинання повітрям водяної пари обмежена і непостійна, будучи залежна від пори року, температури і абсолютної вологості атмосферного повітря. Саме тому найкращих результатів можна добитися взимку, гірше - навесні або осінню, а найгірших або взагалі нульових - влітку.

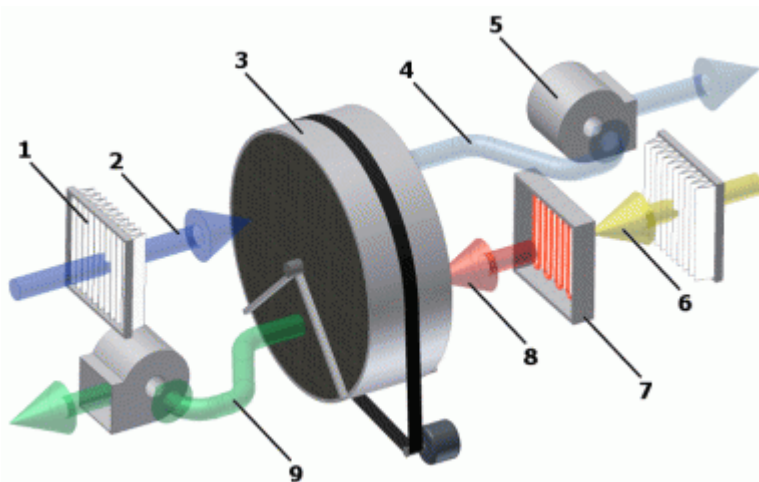
2. Даний метод характеризується підвищеним енергоспоживанням у зв'язку з наявністю безповоротних втрат явного(припливного повітря, що витрачається на підігрівання) і прихованого тепла(що міститься в парах води, що видаляються з повітрям). При цьому прихована частина тепла(ентальпії), визначувана теплотою випару води, складає значну долю загальних втрат. З кожним кілограмом вологи втрачається 580 ккал(2,4 МДж).

Адсорбція та абсорбція

Метод ґрунтований на витяганні вологи з повітря за рахунок вбирання її гігроскопічними матеріалами.

Для осушення цим методом застосовуються адсорбційні осушувачі, головним елементом яких є оборотний барабан (ротор) разом з приводним вузлом, вентилятором, нагрівальним елементом і фільтром.

Рис.6 Принципова схема адсорбційного методу осушення з використанням роторного барабану.



- 1 - фільтр;
- 2 - вологе повітря;
- 3 - ротор(барабан);
- 4 - осушене повітря;
- 5 - вентилятор;
- 6 - регенеруюче повітря після фільтрації;
- 7 - нагрівач(калорифер);

8 - нагріте регенеруюче повітря;

9 - вологе регенеруюче повітря

Технічно метод абсорбції осушення полягає у використанні вологопоглинаючого ротора припливно-витяжної установки, що має високі сорбційні властивості. Внутрішня сорбційна поверхня ротора конструктивно виконана у вигляді сотів, що сприяє ламинарному руху осушуваного і регенеративного повітря і, тим самим, скорочує втрати на тертя.

Ротор наводиться в рух електродвигуном за допомогою передачі(частіше за стрічкову). Він підрозділяється на осушуючий і регенеруючий сектор.

Барабан виконаний найчастіше з відповідно профільованого алюмінію(що утворює осьові капіляри), поверхня яких покрита гігроскопічною речовиною.

Така конструкція дозволяє значно підвищити поверхню вбирання вологи.

Обертаючись, барабан забезпечує попадання зволоженого гігроскопічного матеріалу в регенеруючий сектор, де через ротор проходить гаряче повітря, збираючи вологу, яка потім виводиться назовні.

Позитивною властивістю ротора є його міцність, можливість самоочищення.

Регулюючи температуру повітря регенерації(потужністю нагрівача), цілком реальною стає можливість підтримки заданої відносної вологості робочого повітря. Величезним плюсом осушення цього типу є можливість осушення повітря без його охолодження, а також осушення повітря при температурі нижче 0°C.

Унаслідок великого числа достоїнств цього методу, він знаходить своє застосування у фармацевтичній, харчовій промисловості, кондиційних системах і ін.

Цей тип осушення застосовується в тих областях промисловості, де пред'являються підвищені вимоги до якості повітря(фармацевтика, харчова і електронна промисловість). Установки цього типу можуть робити повітря з температурою точки роси до -70°C. Основним принципом, по якому працюють установки цього типу, є пропускання потоку повітря через адсорбент. В процесі адсорбції відбувається зниження температури точки роси.

Волога, що виділилася в процесі осушення, залишається в адсорбенті, тому час від часу його необхідно осушувати. Процес осушення адсорбенту називається регенерацією. На практиці отримали поширення два схемні рішення з використанням адсорбенту в якості поглинача вологи. На малюнку 4 показана схема осушувача повітря з двома адсорберами, що

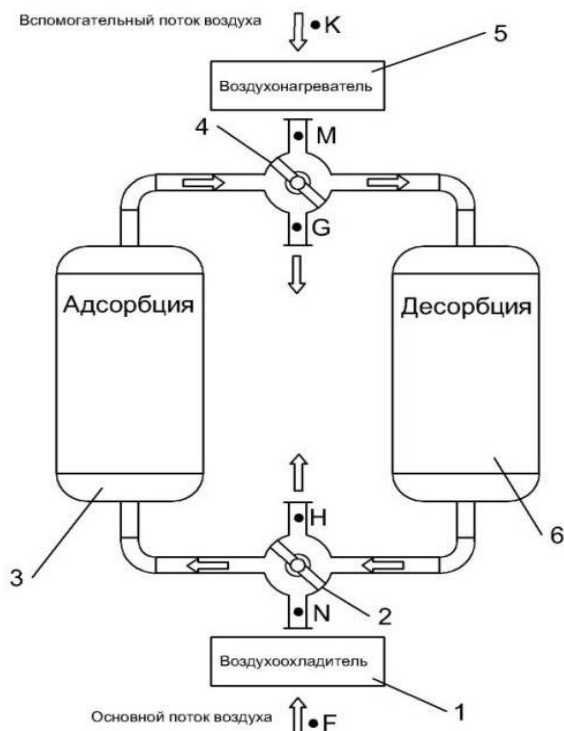


Рис.7 Принципова схема абсорбційно-

десорбційної установки перемикаються. Основний потік, охолоджується в повітроохолоджувачі 1, що підвищує ефективність адсорбції, і спрямовується в адсорбер 2, де відбувається його осушення.

Після чого повітря можна використати для різних технологічних потреб. Поки йде основний процес адсорбції в другому адсорбері відбувається регенерація адсорбенту. Розрізняють холодну і гарячу регенерацію. Гаряча регенерація є пропусканням через адсорбент гарячого повітря, внаслідок чого відбувається випарювання вологи з сорбенту. Холодна регенерація, застосовується, як правило, при обробці стислого повітря і застосовується в схемі з двома адсорберами, що перемикаються. Частина вже осушеного повітря дроселює до невеликого надмірного тиску 1,05 - 1,1 бар.

Після чого спрямовується в апарат для регенерації. Оскільки, тиск пари води в цьому газі нижчий, ніж рівноважна пружність пари під адсорбентом, в апараті відбувається десорбція. У даній схемі застосована гаряча регенерація. Допоміжний потік повітря заздалегідь підігрівається у повітренагрівач 5 і спрямовується в адсорбер 6 для регенерації адсорбенту.

Після чого спрямовується в апарат для регенерації. Оскільки, тиск пари води в цьому газі нижчий, ніж рівноважна пружність пари під адсорбентом, в апараті відбувається десорбція. У даній схемі застосована гаряча регенерація. Допоміжний потік повітря заздалегідь підігрівається у повітренагрівачі 5 і спрямовується в адсорбер 6 для регенерації адсорбенту. Як видно з схеми, ця установка може працювати тільки циклічно, що реалізується за рахунок клапанів 2,4.

Для ефективного поглинання вологи, товщина шару адсорбенту повинна складати не менше 250 мм, при цьому слід звернути увагу, що в даних установка відбувається засипання зерен адсорбенту в спеціальні

касети-патрони, що дозволяє надалі зробити його заміну без особливих труднощів. Що стосується температури регенерації, то для кожного сорбенту вона набуває різних значень. Наприклад для силікагелю температура регенерації складає 150-220 З, а для алюмогеля це 240-260 °С, залежно від міри регенерації.

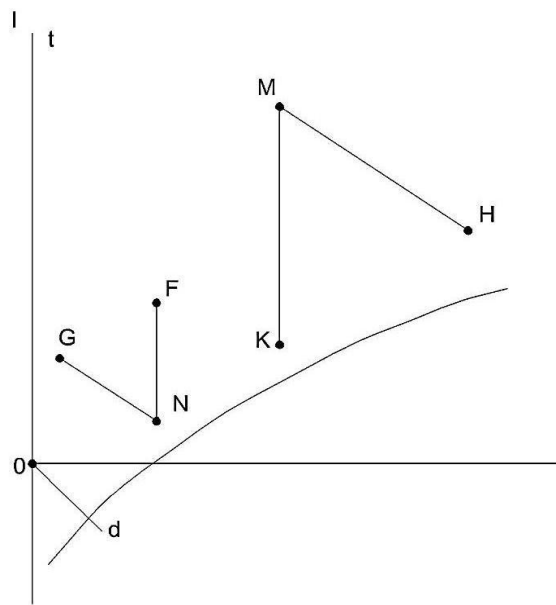
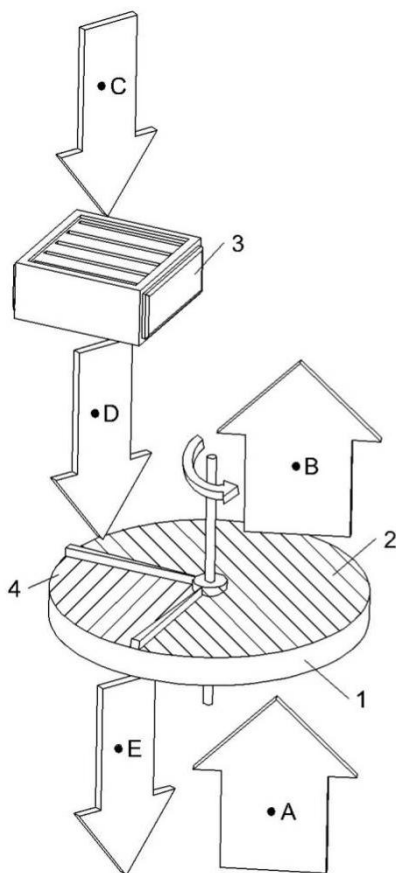


Рис.8 Робочі процеси в установці з адсорберами що перемикаються.

На малюнку 5 показані робочі процеси обробки повітря в установці з адсорберами, що перемикаються. Основний потік повітря охолоджується в повітроохолоджувачі до стану того, що відповідає точці N, поле чого проходить процес осушення NG. Допоміжний потік повітря



Установка з барабаном ротором

підігривається при постійному вологовмісті, процес KM, після чого спрямовується на регенерацію, процес MN. Це схемне рішення отримало поширення для осушення стислого повітря.

Проблема циклічності роботи апарату вирішується при використанні роторно-сорбентної установки яка зображена на малюнку 8

Повітря, яке необхідно осушити, пропускається через ротор 1, наповнений абсорбентом. При цьому відбувається процес осушення повітря до необхідного стану. Цей процес протікає тільки в області ротора 2. Допоміжний потік повітря

підігривається у нагрівачі повітря 3, і пропускається через область 4. При цьому відбувається відновлення поглинювальної здатності. В процесі осушення відбувається обертання ротора, при цьому процеси абсорбції і регенерації відбуваються безперервно в часі.

У середині корпусу ротора розташовується регулярна насадка. Конструктивно вона може бути послідовно розташованими шарами прямої і гофрованої фольги, на які наноситься абсорбент. Укладена таким чином фольга дозволяє отримати досить розвинену поверхню до 6000 м²/м³. Слід зазначити, що окрім абсорбенту, на поверхню фольги може бути так само нанесений антибактеріальний шар для знезараження повітря.

У випадках, коли потрібно глибоке осушення, може використовуватися комбінація різних адсорбентів, наприклад цеоліт і силікагель. Ці апарати працюють у великому діапазоні продуктивності, від 500 до 35000 м³/ч, при цьому діаметр ротора може досягати та 4м. З точки зору процесів тих, що відбуваються при осушенні повітря, розглянута схема мало відрізняється від схеми з адсорберами, що перемикаються, основна відмінність цих установок є конструктивною.

Основними чинниками, що знижують ефективність процесу адсорбції, являються окислення зерен адсорбенту, а так само забруднення адсорбенту олією і різними домішками, які можуть міститися в повітрі.

В якості сорбенту, як правило, використовують деликвисцентні солі хлорид кальцію, літію, натрію, магнію і ін... у гранульованому виді. Ефективність роботи досягається при вологості від 0 до 100% температурі від - 30 до 40 °С. Адсорбційні осушувачі можуть працювати як автономно, так і в комплексі з вентиляційною системою, або з кондиціонером. В процесі осушення відбувається поступовий знос поверхні адсорбенту, що так само знижує його ефективність.

Основною перевагою адсорбційного осушення є його компактність і відносна простота технології, так само слід зазначити відсутність пристосування для дренажу вологи, що виділилася.

Абсорбційне осушення повітря

Цей метод ґрунтований на тому, що парціальний тиск водяного паранад поверхнею розчину в змозі насичення P''_n , менше, ніж парціальний тиск водяної пари в змозі насичення над чистою водою P''_p . Рухійною силою процесу влагообмена є різниця у пружостей водяної пари, що поглинається, в повітрі і над розчином. Пружність водяної пари над розчином визначається рівноважний стан вологого повітря, іншими словами - теоретична межа осушення вологого повітря цим розчином.

Пружність водяної пари над водним розчином солі залежить від молярної долі води в розчині, міри дисоціації молекул, фізико-хімічної структури і індивідуальних властивостей сухої речовини.

Швидкість процесу осушення визначається також механізмом перенесення речовини(волоого обміну).

Це обумовлено тим, що молекули розчиненої речовини зв'язують частину молекул розчинника, в даному випадку води, і поверхня розчину покидає меншу кількість молекул води. Очевидно, що кількість розчиненої речовини впливає на величину пониження тиску. Ця залежність уперше була описана французьким вченим Франсуа Мари Раулем і дістала назву 1 закон Рауля : відносне пониження парціального тиску насиченої водяної пари над поверхнею розчину пропорційно його концентрації ξ_p .

$$\frac{P''_n - P''_p}{P''_n} = \xi_p$$

Технічно, адсорбційне осушення відбувається простим пропусканням повітря через речовини здатні поглинати вологу усім об'ємом.

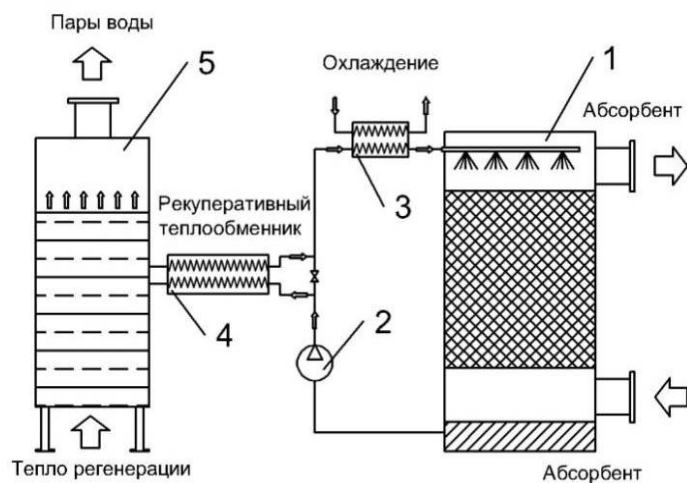
Проте слід врахувати, що більшість абсорбентів хімічно взаємодіють з водою, деякі при цьому можуть міняти свою консистенцію. Деякі абсорбенти після адсорбції не підлягають десорбції, для інших потрібно спеціальну

технологію. У зв'язку з вищесказаним, промислове застосування адсорбентів звужене.

Найбільш поширеними абсорбентами є хлорид кальцію CaCl_2 , хлорид магнію MgCl_2 , хлорид літію LiCl , бромід літію LiBr , а так само різні види гліколів. Досяжні кінцеві значення відносної вологості, до яких може бути осушене повітря відповідно CaCl_2 , - 45 – 48% MgCl_2 - 37 - 42% LiCl - 14 – 23%. Найбільш ефективним абсорбентом є LiBr , з його допомогою повітря може бути осушене до 6%. Через його активної корозійної активності його

застосування обмежене.

Проте, він дуже агресивний по відношенню до металів і інших матеріалів і дуже дорогий.
Рис.9 Принципова схема осушувача з використанням камери зрошування



Розчини LiCl і CaCl_2 менш агресивні, чим розчин LiBr , а розчини гліколів взагалі неагресивні. Зазвичай осушення абсорбції реалізується або в камерах зрошування, або з використанням насадних абсорберів. У цих апаратах обов'язкове використання сепараторів. На малюнку 7 показана проста схема осушення повітря з використанням камери зрошування.

Абсорбент подається в камеру зрошування 1, де при контакті з повітрям осушує його. При цьому відбувається нагрів абсорбенту за рахунок теплоти що виділилася при конденсації водяної пари. Підігрівання так само відбувається за рахунок гідратації, яка складає біля 5.15 теплоти сорбції. Циркуляція абсорбенту здійснюється за допомогою насоса 2. В процесі осушення відбувається пониження концентрації абсорбенту, що викликано поглинанням вологи з осушуваного повітря.

Оскільки ефективність осушення безпосередньо залежить від концентрації, необхідно видаляти вологу, для чого передбачений регенератор

Частина абсорбенту після камери зрошування, зазвичай 10-15% переходить у регенератор, де надмірна волога випаровується в допоміжний потік повітря. При цьому до розчину необхідно підводити тепло регенерації. Підігрівання може бути здійснене різними способами. Це може бути як тепло конденсації холодильної машини, так і тепло отримане в сонячному колекторі.

Слід врахувати, що ефективність процесу абсорбції залежить не лише від початкової концентрації сорбенту, але і від його температури, тому абсорбент, що нагрівається в процесі абсорбції, охолоджується в теплообміннику 3. При цьому теплий потік абсорбенту після регенерації спрямовується в рекуперативний теплообмінник 4, де так само знижує свою температуру підігріваючи потік що спрямовується на регенерацію. Слід зазначити, що процес регенерації може бути здійснений не лише підігріванням з подальшим випаром.

Існують і інші способи, наприклад виморожування або додавання солі, проте широкого застосування вони не отримали.

Іншим апаратом, вживаним замість камери зрошування, є насадний

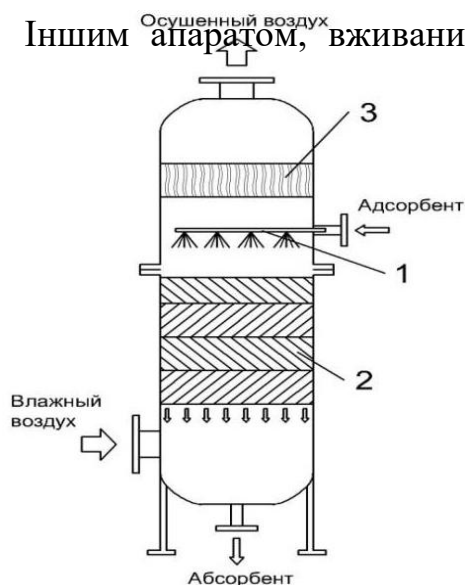


Рис.10 Принципова схема насадочного абсорбера.

Абсорбер Потік розпорошеного через форсунки 1 абсорбенту контактує із зустрічним потоком повітря. При цьому відбувається його сушка. Для підвищення масообмена між абсорбентом і повітрям,

встановлюється насадка 2. Щоб уникнути попадання абсорбенту в пневмосистему встановлюється сепаратор 3.Конкурентною перевагою

установок цього типу є висока вологоємкість рідких сорбентів в порівнянні з твердими десикантами.

Молекулярні сита абсорбують вологу на рівні 0,22 кг H₂O на кілограм власної ваги, тоді як гідрат хлориду літію здатний поглинути до 2 кг води.

Осушення за допомогою мембранних волокон.

Основним елементом в даному випадку виступають волокна, які виготовлені у вигляді капілярів з радіально розташованими порами. Волокна компонуються в щільний пучок. При проходженні повітря через капіляр, під дією різниці парціальних тисків, відбувається проникнення (дифундинування) води через пори. Вода під дією сили тяжіння коагулює в краплі і стікає. Осушувачі цього типу, здатні знижувати точку роси оброблюваного повітря - 40 °С. Це конструктивне рішення, обов'язково укомплектовується фільтром на вході.

Мембранні осушувачі не здатні осушувати значну кількість повітря і випускаються промислово з продуктивністю до 2-3 м³/хв. Основною перевагою цих установок є мобільність і компактність.

Конденсаційний метод

Метод ґрунтований на принципі конденсації водяної пари, що міститься в повітрі, при охолодженні його нижче точки роси. Метод реалізується з використанням принципу теплового удару, що створюється при роботі

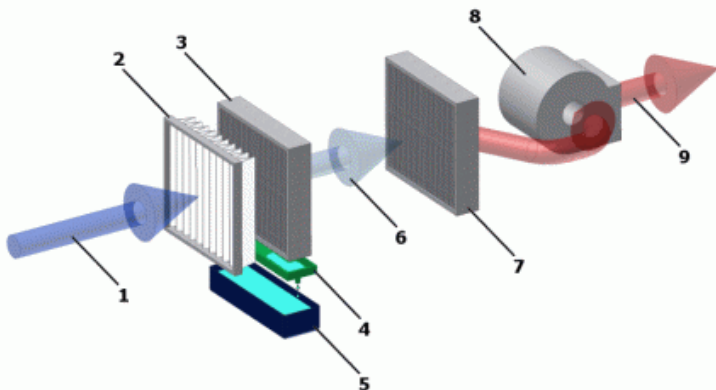
холодильного контура, з розташованими

безпосередньо один за одним

випарником і конденсатором.

Рис.11 Принципова схема конденсаційного методу осушення повітря.

1 - вологе повітря;



- 2 - фільтр;
- 3 - випарник;
- 4 - піддон для стеків;
- 5 - контейнер для конденсату;
- 6 - осушене і охолоджене повітря;
- 7 - конденсатор;
- 8 - вентилятор;
- 9 - осушене і обігрите повітря.

Конденсаційний осушувач складається з холодильно-компресорної установки, використовуваної для створення охолодженої поверхні, і вентилятора, що подає повітря на цю поверхню. При проходженні через випарник повітря охолоджується до температури нижче точки роси, а волога, що міститься в ній, конденсується і дренається. Осушене повітря далі проходить через конденсатор, де він підігривається. Температура повітря при цьому на виході зволожувача приблизно на 5°C вище за температуру повітря на вході.

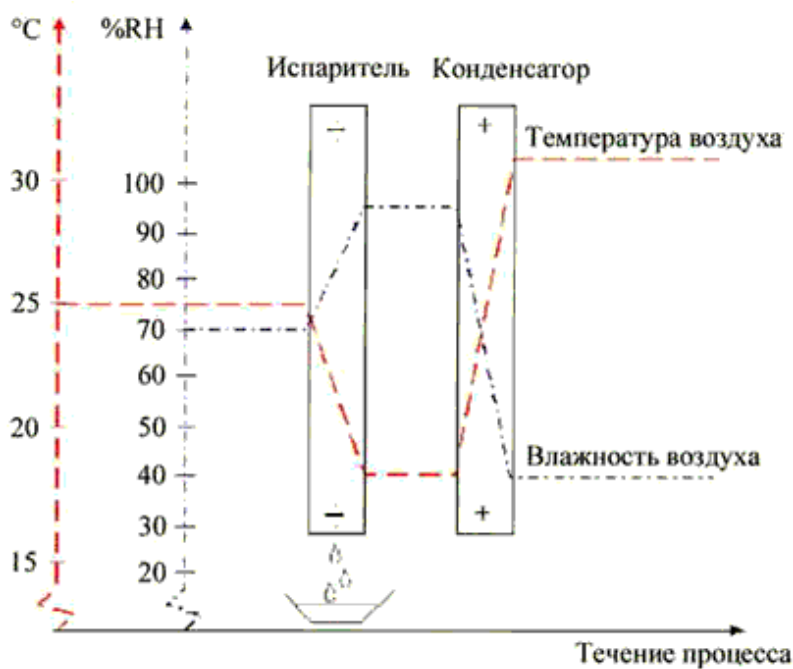
Завдяки багатократному проходженню повітря через осушувач рівень вологості в приміщенні знижується, забезпечуючи швидке осушення. Таким чином, абсолютна і відносна вологість повітря в приміщенні поступово знижуються.

Конденсаційний осушувач є досить простою конструкцією: це холодильна машина із замкнутим циклом: випарником і конденсатором повітряного охолодження.

Холодагент з холодильної машини поступає у випарник, де він віднімає тепло, що призводить до зниження температури випарника і, далі проходячи через конденсатор, віддає йому тепло, за рахунок чого температура конденсатора підвищується.

Таким чином, холодильна машина перекачує тепло з випарника в конденсатор. Через обидва ці апарати вентилятором продувається повітря басейну. Спочатку повітря проходить через випарник. Температура випарника підібрана таким чином, що в ній активно конденсується волога з повітря. Повітря стає осушений і холодний. Далі це холодне повітря продувається через гарячий конденсатор, де він нагрівається, але оскільки з нього видалена частина вологи, він вже виходить в приміщення після конденсатора сухий і теплий.

Енергія, яку виділила волога при її конденсації у випарнику (680 Вт на 1



кг йде на нагрів повітря в конденсаторі, а також додається електрична потужність холодильної машини.

Рис.12 Зміна температури при використанні конденсаційного методу осушення повітря.

Як відомо, повітря може утримувати певну кількість вологи. Ця кількість тим більше, чим вище температура повітря і навпаки. Якщо охолоджувати повітря, то досягши певної температури, що називається температурою точки роси, повітря більше не зможе утримувати вологу і почнеться її конденсація. Волога з повітря може виділятися як в об'ємі у вигляді туману, так і на поверхні, температура якої нижче температури точки роси. З іншого боку, чим вище тиск, тим вище і температура точки роси.

Наприклад, якщо при тиску 0,1 МПа температура точки роси складає - 20⁰С, то при стискуванні цього повітря до тиску 0,7 МПа його точка роси складе вже 3С. Використання цих явищ отримало широке поширення при осушенні повітря, як при комфортному і технологічному кондиціонуванні, так і в техніці обробки стислого повітря. Для осушення повітря в промислових і громадських будівлях, а так само при обробці стислого повітря отримали поширення механічні осушувачі.

По суті, це звичайна парокомпресійна холодильна машина мал 5. Повітря поступає у випарник, в якому відбувається охолодження і осушення повітря. Потім повітря спрямовується в конденсатор, в якому відбувається підігрівання повітря при постійному вологовмісті. Після конденсатора, як правило, додатково встановлюється повітрянагрівач. Продуктивність таких установок коливається в межах від 5 до 5000 кг вологи/добу. Вище розглянутий спосіб осушення повітря добре себе зарекомендував не лише в кондиціонуванні повітря, але і при осушенні стислого повітря. Стисле повітря бере участь у багатьох технологічних процесах, і перед використанням має бути належним чином підготовлений. При стискуванні повітря в компресорі значно змінюється його питомий об'єм. Забруднення, які навіть незважаючи на встановлені фільтри, все одно є присутніми в повітрі, значно збільшують свою концентрацію.

Якщо із стислого повітря випадає волога, то відбувається абсорбція забруднень конденсатом. Агресивна суміш, що утворилася, роз'їдає труби і деталі устаткування. Крім того, волога, випадна у вигляді інею, створює в трубах додатковий опір і, як правило, призводить до закупорок труб. При осушенні стислого повітря отримали поширення як осушення повітря за допомогою механічного осушувача, так і використання рекуперативних теплообмінників "вода-повітря" і "повітря-повітря". Ці теплообмінники дістали назву кінцеві.

Вони встановлюються після компресора і служать для відділення вологи і олії.

Для поліпшення теплообміну в теплообмінниках типу "повітря-повітря" використовується рекуперація, повітря після компресора охолоджується як атмосферним повітрям, так і повітрям який вже осушився і спрямовується в мережу. Конструктивно це реалізується за допомогою труб Фільда(труба в трубі).

При використанні кінцевого охолоджувача біля 80-90т виділеної вологи залишається у волого- масло- віддільнику, який, як правило, вбудований в апарат, інша волога у вигляді пари і туману поступає в мережу. Порівнюючи теплообмінник "вода-повітря" з теплообмінником "повітря-повітря" слід зазначити, що використання води в літній період має певні переваги, оскільки температура мокрого термометра завжди нижча температури довкілля.

Ця різниця особливо відчутна в літній період, коли повітря насичене значною кількістю вологи. Проте а зимовий період переваги на стороні повітряних теплообмінників, оскільки в цей період року ці апарати забезпечують температуру точки роси на рівні 3.5 З, що не може забезпечити градирня із-за загрози обмерзання. Мінімальна температура води в градирні знаходиться на рівні 8÷10 °С.

При необхідності стабільної підтримки температури точки роси стислого повітря, використовується механічний осушувач в комбінації з

кінцевим повітроохолоджувачем. Кінцевий повітроохолоджувач знижує навантаження на випарник. Цей апарат в середньому відбирає біля 60% рідини.

З розвитком серійного виробництва термоелектричних модулів, отримали поширення осушувачі, що використовують для охолодження повітря ефект Пельтьє. При поданні електрики одна сторона модуля нагрівається, а інша охолоджується. При цьому, досягається різниця температур до 30 С. Цей метод осушення має свої переваги. В перших, ці установки легко регулюються, що досягається простим отключением паралельно встановлених термоелектричних блоків. У других немає необхідності в регулярному обслуговуванні.

У таких установка немає фреону, олії і частин, що рухаються. Проте варто пам'ятати, що термоелектричні елементи мають у край низьку ефективність, тому цей тип установок слід встановлювати лише у випадках, коли є значна кількість дешевої електрики, а так само в умовах радіоактивного і токсичного виробництв.

Слід зазначити, що метод охолодження з подальшим виділенням і видаленням конденсату має свої обмеження на застосування. При пониженні температури поверхні нижче температури замерзання води, волога утворюватиме кристали на поверхні, що утруднить її видалення. Тому, цей метод застосовується при осушенні повітря до температури точки роси не нижче 2-3 С.

Проте такий спосіб осушення повітря не можна вважати раціональним, оскільки потрібно додаткову витрату енергії на охолодження повітря нижче точки роси і подальше його підігрівання до необхідної температури, що призводить до зростання вартості експлуатації осушувача і особливо відчутно при низькій відносній вологості повітря.

Крім того, у випадках, коли точка роси наближається до 0°C і температура охолоджувальної поверхні має бути негативною, робота

осушувача набуває циклічного характеру, що пов'язано з необхідністю періодичного відтавання інею.

У багатьох виробничих і складських приміщеннях(склади гігроскопічних матеріалів і чорних металів, інструментальні комори, електророзподільні пристрої, майстерні точної механіки, архіви, бібліотеки, сирі підвали і знову побудовані будівлі, що ще не просохли) виникає необхідність в осушенні повітря без його охолодження.

Проводячи порівняльний аналіз способів осушення, необхідно відмітити, що кожен метод осушення зарекомендував себе в окремій сфері застосування. Основними критеріями вибору осушувача є значення точки роси, до якої необхідно осушити повітря, а так само об'єм повітря, яке необхідно обробити. При підвищенні температури оброблюваного повітря, ефективність конденсаційного методу зростає, тоді як процес сорбції втрачає ефективність, що викликано екзотермічністю останнього.

Проте, застосування конденсаційного способу обмежене температурою точки роси в 2-3 °С. Механічні осушувачі компактні, легкі, прості і зручні в експлуатації. У механічних осушувачах вибір робочої температури, поверхні повітроохолоджувача $t_{\text{п}} \geq 1^{\circ}\text{C}$ обмежує область найбільш економічного використання механічних осушувачів.

При значних об'ємах оброблюваного повітря, яке при цьому значно насичене вологою, перевага однозначна на стороні методу абсорбції, що пов'язано зі значною вологоємністю рідких абсорбентів.

Проте корозійна активність останніх, створює деякі технологічні труднощі. Термоелектричний спосіб явно не підходить для великих об'ємів повітря, проте простота таких осушувачів підходить для випадків коли присутність людини обмежена, наприклад, в космічних станціях або на токсичних виробництвах.

Осушення мембранного типу так само розраховано на невеликі витрати повітря, слід враховувати, що ці апарати у край чутливі до забруднень. Цей

метод осушення застосовується у випадках коли необхідно забезпечити компактність. Адсорбційне осушення повітря застосовується при різних температурах повітря і значних об'ємах оброблюваного повітря, і отримало значно поширення в області кондиціонування.

Слід приділити увагу і комбінації різних методів осушення в одному апараті, наприклад, широке застосування отримала комбінація роторного осушувача з холодильною машиною. Вказані рекомендації є дуже орієнтовними.

Рішення про застосування тієї або іншої осушувальної системи потрібно приймати на підставі конкретних умов відносно вартості тепла, електроенергії і води і з урахуванням можливостей цих систем.

Висновок до розділу 1

1. З огляду наукової літератури видно що, осушення повітря є невідмінною частиною технологічних процесів зернового терміналу. Розглянуті методи осушення повітря: адсорбційний метод осушення повітря, осушення повітря сольовими розчинами, асиміляційний метод осушення повітря, комбінований метод (асиміляція-адсорбція).

2. Для досягнення оптимальних параметрів на об'єкті який досліджується необхідно врахувати надходження тепла та вологи які динамічно змінюються у продовж різних періодів року для досягнення балансу між повітрям що видаляється та повітрям що надходить у приміщення. Також необхідно досягти технологічно задану вологість повітря для правильного виконання усіх технологічних процесів на зернових терміналах

Розрахункові літні параметри зовнішнього повітря категорії Б:
барометричний тиск $P=1010$ гПа;

Максимальний тепловий потік сонячної радіації через вікна розраховуємо за формулами, при коефіцієнті тепло пропускання для подвійне скління в металевих розділених рамах $K_4=0,61$ (ДБН-3-79) та відсутності захисних споруд на вікнах $K_1=1; K_2=1, K_3=1$.

$$Q_{oc,i} = (q_n K_1 + q_p K_2) K_3 K_4 A_{oc} \quad (2.1)$$

Де q_n, q_p - поверхнева щільність теплового потоку, Вт/м², через осклений світловий отвір в липні в дану годину доби відповідно прямої та розсіяної сонячної радіації, яка приймається для вертикального та горизонтального скління за ДБН-3-79; $K_1 = K_{n,e} \cdot K_{n,s}$ - коефіцієнт опромінення сонячною радіацією для врахунку площі світлового отвору, незатіненого горизонтальною та вертикальною площинами в будівельному виконанні.

Параметри за сторонами світу.

На південно-західній стороні:

площа 12 м²;

максимальна щільність потоку прямої радіації 106 Вт/м²;

максимальна щільність потоку розсіяної радіації 78Вт/м².

На північно-західній стороні:

площа 12 м²;

максимальна щільність потоку прямої радіації 385Вт/м²;

максимальна щільність потоку розсіяної радіації 98Вт/м².

Таким чином максимальний тепловий потік сонячної радіації через вікна на південно-західній стороні:

$$Q_{oc,i} = (106 \cdot 1 + 78 \cdot 1) \cdot 1 \cdot 0.61 \cdot 12 = 1347$$

на північно-західній стороні:

$$Q_{oc,i} = (385 \cdot 1 + 98 \cdot 1) \cdot 1 \cdot 0.61 \cdot 12 = 3536$$

Для знаходження показника a_{Γ} поглинання приміщенням теплового потоку сонячної радіації знаходимо коефіцієнти тепло засвоєння $Вт/(м^2 \cdot К)$:

Для вікон:

$$Y_{oc} = \frac{1}{R_{oc} - 1/\alpha_{вн}}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (2.2)$$

Де R_{oc} – термічний опір теплопередачі осклених світлових отворів, який приймається з додатку 6 ДБН-3-79.

$\alpha_{вн}$ – коефіцієнт тепловіддачі, який приймаємо по табл.4 ДБН-3-79.

$$Y_{oc} = \frac{1}{0.34 - 1/8} = 4.65, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Для зовнішньої стіни за шаром утеплювача: $D=2,17 > 1$, то $Y_{ст} = S_{ут.} = 1.1$ $Вт/(м^2 \cdot К)$.

Для перегородок проводиться розрахунок для половини їх товщини залізобетону: $D/2 = 0.65 < 1$, то

$$Y_{пер} = R_{м} S_{м}^2, \text{ (Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})) \quad (2.3)$$

$$Y_{пер} = 0.29 \cdot 12.2^2 = 43.16 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}),$$

Де $R_{м}$ – термічний опір частини шару перегородки, розділеної по осі симетрії, $[(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}]$;

$S_{м}$ – коефіцієнт тепло засвоєння матеріалу шару на кордоні розділення, $[\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})]$.

Для перекриття по шару залізобетонної плити: $D=1.3 > 1$,

То $Y_{пер} = S_{жел.} = 18.7$ $(\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}))$.

Показник сумарного тепло засвоєння приміщення:

$$\sum Y = Y_{oc} F_{oc} + Y_{ст} F_{ст} + Y_{пер} F_{пер} + Y_{пер} F_{пер} \quad (3.4)$$

Де $A_{ст}$ – внутрішні поверхні огорожень приміщення, $м^2$

$$\sum Y = 4.65 \cdot 24 + 1.1 \cdot 63,62 + 18.7 \cdot 71,155 + 43,16 \cdot 33,58 = 2962 \text{ Вт}/\text{К}$$

Показник інтенсивності конвективного теплообміну:

$$\Delta = 2.55(F_{oc} + F_{cm} + F_{нок} + F_{неp}), \text{ м}^2 \quad (3.5)$$

$$\Delta = 2,55(24+63,62+71,155 +33,58)=490,5\text{м}^2$$

Показник поглинання приміщенням теплового потоку сонячної радіації:

$$a_{\pi} = \varphi \left(\sum \frac{Y}{\Delta} \right) \quad (3.6)$$

$$a_{\pi} = \varphi(2962/490,5) = \varphi(6,03)$$

6.3 Визначаємо величину теплового потоку теплопередачею через вікна .

$$Q_{\Delta t} = (t_{н} + 0.5\theta_1 A_{м.с.} - t_n) F_{oc} / R_{oc}, \text{ Вт} \quad (2.7)$$

Для південно-західної стіни:

$$Q_{\Delta t} = (31 + 0.5 \cdot 1 \cdot 16.1 - 25) 12 / 0,34 = 496 \text{ Вт}$$

Для північно-західної стіни:

$$Q_{\Delta t} = (31 + 0.5 \cdot 1 \cdot 16.1 - 25) 12 / 0,34 = 496 \text{ Вт}$$

Де $t_{нар}$ – середня за добу температура зовнішнього повітря, °С, яка приймається рівною температурі липня в графі 3 «Температура зовнішнього повітря» ДБН 2.01.01-82(Будівельна кліматологія).

$A_{мс}$ – максимальна добова амплітуда температури зовнішнього повітря в липні, яка приймається за ДБН 2.01.01-82.

θ_1 – коефіцієнт який виражає гармонічне змінення температури зовнішнього повітря, який приймається по таблиці 6 посібника до ДБН 2.04.05-91.

t_n – температура повітря в приміщенні, °С, яка приймається за ДБН 2.04.05-91.

A_{oc}, R_{oc} – площа, м^2 , та приведений опір теплопередачі, $\text{м}^2\text{К/Вт}$, скління світлового прорізу, яке приймається за посібником до ДБН 2.04.05-91.

Знаходимо величину теплового потоку через зовнішню стіну

$$Q_M = \left[\frac{1}{R} \cdot \left(t_{нар} + \rho \cdot \frac{j_{cp}}{\alpha_n} - t_n \right) + \frac{\beta_k \cdot \alpha_{вн}}{V} \left(0,5 \cdot \theta_1 \cdot A_{м.с} + \frac{\rho}{\alpha_n} \cdot \theta_2 \cdot A_j \right) \right] F_M \quad (2.8)$$

$$Q_M = \left[\frac{1}{0,34} \cdot \left(31 + 0,7 \cdot \frac{177}{23} - 25 \right) + \frac{1 \cdot 8}{1228} \left(0,5 \cdot 1 \cdot 16,1 + \frac{0,7}{23} \cdot 1 \cdot 320 \right) \right] 63,62 = 2138 \text{ Вт}$$

Де R – опір теплопередачі масивної захисної конструкції(зовнішньої стіни, перекриття), $m^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, яке приймається у відповідності до вимог п.п.2.6-2.9 ДБН-3-79;

$t_{нар}$, t_n – середня температура зовнішнього повітря в липні за ДБН 2.01.01-82, та температура повітря в приміщенні.

ρ – коефіцієнт поглинання сонячної радіації поверхнею захисних конструкцій , який приймається за додатком 7 ДБН-3-79;

$J_{ср}$ – середньодобове значення поверхневої щільності теплового потоку сумарної сонячної радіації (прямої та розсіяної), $\text{Вт}/m^2$, яка поступає в липні, приймаємо по табл.7 для горизонтальної та по табл.8 для вертикальної поверхні за посібником до ДБН 2.04.05-91.

β_k – коефіцієнт, який дорівнює 1 при відсутності вентиляваного повітряного прошарку в огороженні(перекритті) та дорівнює 0,6 для усіх інших захисних конструкцій;

V – величина затухань амплітуди коливань температури зовнішнього повітря в захисній конструкції, яка визначається за п. 3.4 ДБН-3-79 або за формулою:

$$V = 2^{\Sigma D} \left(0.83 + 3 \cdot \frac{\Sigma R}{\Sigma D} \right) \cdot V_c \cdot V_a \quad (2.9)$$

$$V = 2^{9.83} \left(0.83 + 3 \cdot \frac{2.42}{9.83} \right) \cdot 0.86 \cdot 1 = 1228$$

Де ΣR – термічний опір огороження, $\text{Вт}/(m^2 \text{ } ^\circ\text{C})$

ΣD – теплова інерція огороження.

Для багат шарових конструкцій:

$$V_c = 0.85 + 0.15 \cdot \frac{S_2}{S_1} \quad (2.10)$$

$$V_c = 0.85 + 0.15 \cdot \frac{1.1}{12.2} = 0.86$$

Де S_1 і S_2 – коефіцієнти тепло засвоєння матеріалів першого та другого шару по ходу теплової хвилі, $\text{Вт}/(m^2 \text{ } ^\circ\text{C})$, за ДБН-3-79;

$V_a = 1$, оскільки немає повітряного прошарку;

θ_1, θ_2 – коефіцієнти, які приймаються за табл.6 за посібником до ДБН 2.04.05-91, відповідно при $\varepsilon_1 = \varepsilon + 10$, $\varepsilon_1 = \varepsilon + z$.

ε – запізнювання температурних коливань в огороженні;

z – час максимуму сумарної(прямої та розсіяної) сонячної радіації, яке приймається за табл.7 та 8 за посібником до ДБН 2.04.05-91.

A_m – площа масивної захисної конструкції(зовнішньої стіни, перекриття), m^2 .

$\alpha_n, \alpha_{вн}$ – коефіцієнти тепловіддачі зовнішньої та внутрішньої поверхні огороження, $Вт/(m^2 \cdot ^\circ C)$, яке визначається за ДБН-3-79.

$\rho = 0,3$ для штукатурки (зовнішній шар стіни)

$J_{cp} = 177 \text{ Вт}/m^2$ для південно-західної та північно-західної орієнтації,

$A_j = 497 - 177 = 320 \text{ Вт}/m^2$

$$\varepsilon = 2.7 \cdot \sum D - 0.4(\text{год}) \quad (2.11)$$

$$\varepsilon = 2.7 \cdot 9.83 - 0.4 = 26(\text{год})$$

$$\varepsilon_1 = 26 + 10 = 36(\text{год}) \text{ для південно-західної стіни;}$$

$$\varepsilon_2 = 26 + 2 = 28(\text{год}) \text{ для північно-західної стіни;}$$

Якщо $\varepsilon = a > 24$ год, то значення коефіцієнта θ приймається для відповідної години доби при $\varepsilon = a - 24$ год.

Тоді:

$$\varepsilon_1 = 36 - 24 = 12 \text{ (ч); } \varepsilon_2 = 28 - 24 = 4 \text{ (ч);}$$

6.4 Розрахунок теплових виділень від різних джерел

Тепловиділення від людей

$$Q_{л}^{нов} = n_{люд} \cdot q_{нов}, \text{ Вт;} \quad (2.12)$$

$n_{люд} = 8$ чол.; – кількість людей одночасно перебувають у приміщенні;

Приймаємо роботу легкої важкості, тоді

$$Q_{л}^{нов} = 8 \cdot 145 = 1160 \text{ Вт;}$$

6.4.1 Визначаємо явні й сховані теплоприпливи від людей:

$$Q_{л}^{скр} = n \cdot q_{люд}^{скр}, \text{Вт} \quad (2.13)$$

$$Q_{л}^{яв} = 8 \cdot 81 = 648 \text{Вт}$$

$$Q_{л}^{сх} = Q_{люд} - Q_{люд}^{явн}, \text{Вт} \quad (2.14)$$

$$Q_{л}^{сх} = 1160 - 648 = 512 \text{Вт}$$

6.4.2 Тепловиділення від штучного освітлення

$$Q_{осв} = q_{осв} \cdot F_{пол} \cdot z \text{Вт} \quad (2.15)$$

$q_{осв}$ – тепловиділення від висвітлення на 1м^2 площі підлоги;

$F_{пол}$ – площа підлоги;

z – освітленість.

$$Q_{осв} = 15 \cdot 71.15 \cdot 0.5 = 533.6 \text{Вт}$$

6.4.3 Надходження теплоти від дихання зерна

$$Q_{обл} = N_{обл} \cdot n \text{кВт} \quad (2.16)$$

6.4.4 Повний теплоприплив приміщення

$$Q_{пол} = Q_{к.л} + Q_{осв} + Q_{обл} \text{Вт} \quad (2.17)$$

$$Q_{пол} = 1160 + 533.6 + 18000 = 19694 \text{Вт}$$

6.5 Розрахунок вологовиділень

6.5.1 Вологовиділення від людей

$$W_{л} = n \cdot W_{люд} \text{кг/с} \quad (2.18)$$

де n - число людей у приміщенні;

$W_{л} = 0.000041 \text{кг/с}$ - вологовиділення від однієї людини;

$$W_{л} = 8 \cdot 0.041 = 0.000328 \text{кг/с};$$

6.5.2 Вологовиділення від дихання зерна вологого прибирання

$$W_{вол.пр.} = \sigma F_n (d_g'' - d_g) \cdot 0.1, \text{кг/с} \quad (3.19)$$

$$W_{вол.пр.} = 7,7 \cdot 10^{-3} \cdot 71.15 \cdot (20.5 - 9.3) \cdot 10^{-3} \cdot 0.1 = 0.00061 \text{кг/с}$$

6.5.3 Сумарні вологовиділення в приміщенні

$$W_{пов} = W_{л} + W_{вол.уб}, \text{кг/с} \quad (2.20)$$

$$W_{нов} = 0.00032 + 0.00061 = 0.00094, \text{ кг/с}$$

6.6 Визначаємо загальні сховану і явну теплоту

$$Q_{скр} = \sum Q_{скр}, \text{ Вт} \quad (1.21)$$

$$Q_{вол.пр}^{сх} = r \cdot W_{вол.пр} = 2461 \cdot 0.00094 = 2313, \text{ Вт} \quad (2.22)$$

$$Q_{л}^{сх} = r \cdot W_{л} = 2461 \cdot 0.000328 = 807, \text{ Вт} \quad (2.24)$$

$$\sum Q_{сх} = 3120, \text{ Вт}$$

$$Q_{явн} = Q_{нов} - Q_{сх}, \text{ Вт} \quad (2.25)$$

$$Q_{явн} = 19694 - 3120 = 16574, \text{ Вт}$$

6.7 Визначаємо тепловологісну характеристику

$$\varepsilon = \frac{Q_{нов}}{W_{нов}}, \text{ кДж/кг} \quad (2.26)$$

$$\varepsilon = \frac{19,694}{0.00094} = 20951, \text{ кДж/кг}$$

6.8.1 По балансу загальної теплоти

$$G_1 = \frac{Q_{нов}}{h_g - h_n}, \text{ кг/с}; \quad (2.27)$$

де $h_g = 49 \text{ кДж/кг}$ - ентальпія повітря приміщенні;

$h_n = 42,9 \text{ кДж/кг}$ - ентальпія припливного повітря;

$$G_1 = \frac{19,694}{49 - 42,9} = 3.22, \text{ кг/с}$$

6.8.2 По балансу явної теплоти

$$G_2 = \frac{Q_{явн}}{c_p \Delta t_p}, \text{ кг/с} \quad (2.28)$$

Приймаємо $\Delta t_p = 5^\circ\text{C}$.

$$C_p = 1.006 + 1.86 \cdot d \text{ кДж} \quad (2.29)$$

$$C_p = 1.006 + 1.86 \cdot 9.3 \cdot 10^{-3} = 1.0232 \text{ кДж}$$

$$G_2 = \frac{16,574}{1.0232 \cdot 5} = 3,23, \text{ кг/с}$$

6.8.3 По балансу вологи

$$G_3 = \frac{W_{нов}}{d_6 - d_n}, \text{ кг/с} \quad (3.30)$$

де d_6 - вологовміст повітря в приміщенні, кг/кг_{св.};

d_n - вологовміст припливного повітря, кг/кг_{св.};

$$G_3 = \frac{0.00094}{(9,5 - 9,1) \cdot 10^{-3}} = 2,35 \text{ кг/с}$$

6.8.4 За газовими шкідливостями

$$G_4 = \frac{G_{ер} \cdot \rho_{ер}}{(C_{ндк} - C_n) \cdot 3600} \quad (2.31)$$

$$G_4 = \frac{0,00001 \cdot 1,42}{(1 \cdot 10^{-8} - 0,7 \cdot 10^{-8}) \cdot 3600} = 1,3 \text{ кг/с}$$

де $G_{ер}$ - розрахункова кількість шкідливостей, кг/год;

$\rho_{ер}$ - щільність шкідливих речовин, кг/м³;

$C_{ндк}$ - допустима концентрація шкідливостей у робочій зоні, кг/м³;

C_n - концентрація шкідливостей в зовнішньому повітрі, кг/м³;

Приймаємо $G_T = 3,23 \text{ кг/с}$.

$$L = \frac{3600 \cdot G_{\max}}{\rho_B}; \text{ кг/с} \quad (2.32) \quad L = \frac{3600 \cdot 3,23}{1,19} \cdot 1,1 = 10748 \text{ кг/с}$$

$$G_{кд} = \frac{L_{кд} \cdot \rho}{3600}; \text{ кг/с} \quad (2.33)$$

$$G_{кд} = \frac{10748 \cdot 1,19}{3600} = 3,23 \text{ кг/с}$$

$$L_{кд} = 10748 \cdot 1,05 = 11285 \text{ кг/с} \quad (2.34)$$

Таблиця 3.1 - Сумарна таблиця розрахунку теплопритоків

Приміщення	Q _{пол} , кВт	W _{пол} , кг/с	ε, кДж/кг·К	G, кг/с
	19,694	0.00094	17951	3,23

РОЗДІЛ 3

3. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПРИМІЩЕНЬ ЗЕРНОВОГО ТЕРМІНАЛУ

3.1 Особливості інновативних технологій.....

Умови що визначають вибір способу осушення повітря

Область можливих початкових параметрів вологого повітря в d, h - діаграмі для проведення процесу осушення на основі сорбції значно ширші, ніж для традиційного механічного способу Рис 2.1. Вона не має обмеження по температурі, як для механічного осушувача ($t_f > 0$ °С, в того, що склався практиці, конденсаційний спосіб осушення використовується до значень температури повітря $8 \div 10$ °С).

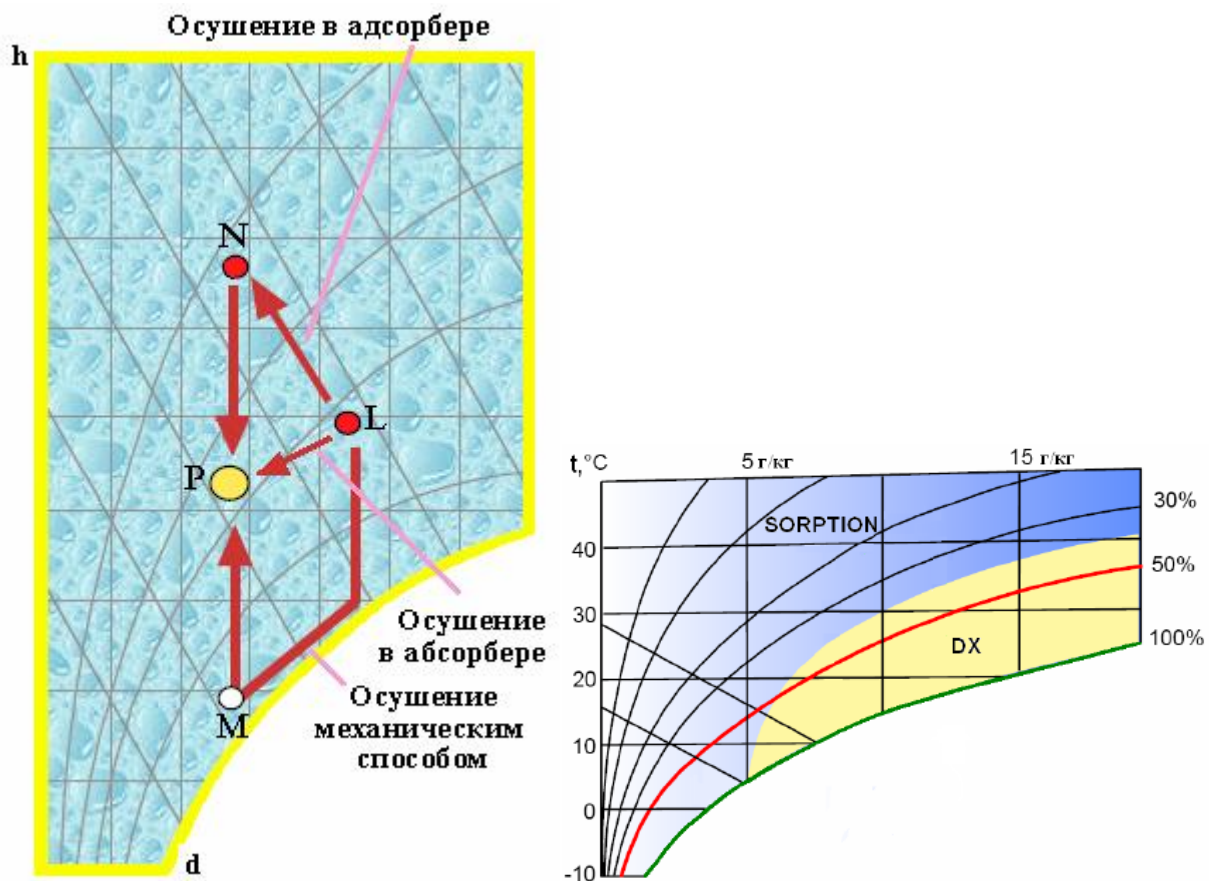


Рис 13 d, h – діаграма: процес осушення повітря (а) і область параметрів, можливих для їх проведення (б). (DX – область роботи конденсаційного методу, SORPTION – область роботи сорбційного методу)

Області переважного використання двох даних принципово різних способів осушення показані. При підвищенні температури осушувачого повітря ефективність конденсаційного способу збільшується, а сорбційного

зменшується. Кожному значенню відносної вологості ϕ повітря відповідає певне значення температури t^* , при якій дані способи осушення рівно ефективні, наприклад, при $\phi = 30$ $t^* = 28$ °С.

Точки рівної питомої продуктивності для осушувачів обох типів для однакових значень $\phi = idem$ зміщуються із зростанням ϕ в ділянку нижчих температур : $\phi = 40$ $t^* = 25$ °З; $\phi = 50 \rightarrow t^* = 22$ °З; $\phi = 60$ $t^* = 18$ °С.



Рис.14 Залежність робочих характеристик осушувальних установок від температури при різних значеннях відносній вологості повітря.

На рис.14 вісь ординат не має у зв'язку з тим, що в чисельному вираженні ці дані істотно відрізняються для установок різних виробників, проте якісна картина зберігається.

Таким чином, конденсаційний спосіб осушення(DX) переважний при високих значеннях відносної вологості і температури(при $t > t^*$). Слід зауважити, що розмежування областей використання способів осушення на рис.14. виконано за даними силикагелиевых роторів, і не може бути поширено на інші сучасні адсорбційні матеріали. Корисність рис.14 у виявленні якісних

закономірностей. Кількісні оцінки повинні бути схильні корекції в кожному окремому випадку.

З позицій економічного аналізу що враховує витрати енергії, сорбційні методи осушення повинні застосовуватися(рис.2.3) :

- для досягнення низької вологості повітря($\tau < 10\text{ }^{\circ}\text{C}$);
- коли приховане навантаження перевищує 20% загального теплового навантаження приміщення($\text{SHR} < 0.8$);
- при обробці великої витрати повітря, а також у вологому кліматі, коли доля зовнішнього повітря більше 15%.



Рис 15 До вибору способу осушення: СУ - сорбційні установки; МО - механічний осушувач

Таким чином можна зробити висновок що для осушення повітря у цеху поліграфічного виробництва більш доцільно використання сорбційної установки.

Волога, що міститься в зерні понад рівноважною, є головною причиною погіршення його якості, і навіть псування. Зерно з підвищеною вологістю нестійке при зберіганні, тому що в ньому під впливом вологи та тепла створюються сприятливі умови для розвитку мікроорганізмів та шкідників хлібних запасів, що призводить до самозігрівання та псування зерна. Особливо небезпечно зберігати сире зерно, в якому іноді процес самозігрівання починається на другий-третій день після прийому його в зерносховище. Основним заходом, що забезпечує збереження свіжого сирого та вологого зерна, є його сушіння на зерносушарках з доведенням до стійкого для зберігання стану, що визначається межею критичної вологості для пшениці 14,0%. Сушіння – складний технологічний тепломасообмінний процес, який застосовують задля збереження всіх властивостей речовин у зерні, що можливо за умови дотримання оптимальних параметрів цього процесу. Під час сушіння постійно змінюються термодинамічні й теплофізичні властивості зерна, зокрема теплоємність і теплопровідність. Тому необхідно якомога ретельніше дотримуватися рекомендованих режимів сушіння насіння кожної культури залежно від його вологості та цільового призначення. Зерно пшениці має товсту оболонку, що сповільнює випаровування з нього вологи, але завдяки високій термостійкості його можна нагрівати до 60°C, і процес сушіння проходить інтенсивно за температури сушильного агента 36 до 90°C [69]. Для сушіння зерна в господарстві використовують сушарки типу РД2*25 (рис. 4). Рис.4. Сушарка типу РД-2*25

Приймальний бункер накопичує суміш свіжого та рециркулюючого зерна та рівномірно завантажує його в камеру нагріву. Бункер виготовлений з листової сталі та має розмір 3000x2000x2730 мм. Якщо він переповнений, то надлишок зерна зсипається в камеру нагрівання через зливну трубу. Нижня частина приймального бункера обладнана двома переливними патрубками перетином 200x200 мм, за допомогою яких зерно самопливом потрапляє в камеру нагрівання. Засувки регулюють кількість зерна, що надходить [78]. Як камера

нагрівання використовується шахта прямокутного перерізу. Усередині неї встановлено 19 рядів стрижнів по 6-7 ряду, діаметр кожного їх 27 мм. Стрижні розташовуються у шаховому порядку. Відстань між ними 400 мм по горизонталі та 200 мм по вертикалі. Основна функція стрижнів забезпечуватиме рівномірне розміщення зерна по перерізу камери. Агент сушіння підводиться знизу через дифузор. Після відпрацювання він виводиться за допомогою вентилятора в атмосферу через осадову камеру, яка призначена для виділення легких домішок із сушильного агента. Для цього завдання використовується відбивний щит. Для запобігання переповненню 37 теплолаогообмінника, у його верхній частині встановлені самопливні труби. Також для контролю рівня зерна використовуються два мембранні датчики МДУ-3 [27]. Сушіння зерна має такі позитивні сторони: покращує умови зберігання зерна, тому що попереджає процес самозігрівання; служить радикальним засобом боротьби зі шкідниками хлібних запасів; покращує якість зерна; забезпечує більш ефективне використання зерносховищ, так як сухе зерно можна розміщувати вищим насипом, ніж вологе і особливо сире. Додатково на зерносушильний комплекс може бути встановлена система контролю вологості «Автопілот» і система аварійної сигналізації в разі перегріву. Для забезпечення високої якості сушіння зерна лаборанти ведуть систематичний контроль за роботою зерносушарок, за дотриманням відповідної температури агента сушіння, нагрівання зерна в сушильній камері, а також охолодження зерна після сушіння. Температура агента сушіння, а також нагрівання зерна продовольчого та фуражного призначення у сушильній камері допускається не вище, ніж передбачено інструкцією. Сторонні матеріали (шматки металу, дерева, каміння тощо), виявлені при візуальному огляді партій зерна під час приймання, відвантаження і зберігання, має бути вилучено [21]. В господарстві переміщення зерна пшениці проводиться ланцюговими транспортерами та норіями. Ковшові конвеєри подають продукцію на норії, які переміщують зерно у

вертикальному напрямку. Норії – машини безперервної дії, призначенням яких є переміщення насипних вантажів у вертикальному або крутопохилому (понад 60° до горизонту) напрямку [53]. На барабанних зерноочисних скальператорах проводиться попереднє очищення зерна пшениці від грубих і легких домішок. Скальператор барабанний А1-БЗО (рис. 5) призначений для виділення грубих і великих сторонніх і соломистих домішок з метою запобігання від засмічення приймально-розподільних пристроїв подальшого зерноочисного обладнання. Скальператор встановлюється в зерноочисних відділеннях елеваторів і на хлібоприймальних підприємствах. Скальператор А1-БЗО призначений також для виділення легких домішок і часткового виділення дрібних домішок [56].



Рис. 16. Сушарка типу РД-2*25

. Скальператор барабанний А1-БЗО Згідно паспорту обладнання, який видав постачальник, принцип роботи скальператори полягає в послідовності очищення зерна від грубих сторонніх домішок, соломи і стебел. Вихідна зернова суміш надходить рівномірно через приймальний патрубок по лотку всередину приймальної частини решетного циліндра. Проходячи через отвори очищене від домішок зерно по випускному патрубку, виводиться з скальператора і подається на подальшу переробку. Відібрані домішки, поступово переходячи до відкритої частини решетного циліндра, звільняються від застряглих в них зерен і скидаються шнеком у випускний

патрубок для відходів. Первинна і вторинна очистка зерна пшениці проводиться повітряно-ситовими сепараторами, аспіраційними колонками і аспіраційними камерами [56]. Сепаратори типу БІС призначені для первинного очищення зерна пшениці від домішок, що відрізняються шириною, товщиною і аеродинамічними властивостями, за допомогою решіт і повітряного потоку. Для очищення зерна пшениці використовують агрегат попереднього 39 очищення зерна АПО-50 (рис. 6) виробництва ХЗЗО. Він призначений для здійснення попереднього очищення і виділення великих фракцій з загальної маси зернових, зернобобових, овочевих і баштанних культур, а також всіляких сипких сумішей. Згідно технологічного паспорту [49], конструктивно агрегат попереднього очищення зерна АПО-50 являє собою бункер зі встановленою в ньому калібрувальною сіткою, що обертається. Сітка закріплена на рамі, яка знімається, і приводиться в рух за допомогою мотора редуктора. Керування швидкістю обертання здійснюється за допомогою частотного перетворювача. Рис. 6. Агрегат попередня очищення зерна АПО-50

Робота агрегату зводиться до поділу за розміром зерна за допомогою перетрушування його крізь сітку-рабицю певного розміру. Спочатку зерно надходить на нижню частину сітки, після чого воно продовжує рух вгору, поки не провалиться донизу. Велике сміття, що не пройшло крізь осередки сітки, випадає в приймальні воронки для сходу в бункер відходів або в циклонноосадову камеру. Далі зерно надходить в приймальний бункер сепаратора ІСМ, або ж на інший приймальний пристрій для подальшого транспортування або переробки [49]. АПО-50 можна використовувати разом із зерновим сепаратором «ІСМ» - це дозволить досягти ідеальних результатів при очищенні зерна з будь-якою засміченістю лише за один прохід. Якщо до складу пшениці входять зерна інших злаків, і їх вміст становить 40 понад 15% від загальної маси зерна разом з домішками, то таку пшеницю приймають як суміш з іншими культурами та зазначають її склад у відсотках

3.1 Методика підбору механічного осушувача повітря

Завданням розрахунку може бути визначення характеристики існуючого осушувача або ж проектування нового. Розрахунок в першому випадку має на меті обчислення продуктивності, питомою холодопродуктивністю, осушувача, споживаної потужності і гранично досяжних параметрів повітря, при повному висушуванні приміщення ($\xi=1$). Усі ці величини мають бути отримані у вигляді залежності від визначальних їх параметрів повітря в приміщенні.

У другому випадку мають бути отримані такі ж характеристики, проте тут, при заданому зазвичай холодильному компресорі, необхідно обґрунтовано вибрати умови роботи випарника (питоме теплове навантаження, швидкість повітря і так далі).

Отримання характеристик осушувача робиться методом, звичайним для усіх повітряохолоджуючих агрегатів шляхом поєднання на одній діаграмі залежностей для холодопродуктивності компресора і випарника від визначальної величини (зазвичай температури поверхні). Для кожного випадку шуканий режим знаходитиметься в точці перетину відповідних залежностей. При такій побудові, передусім, потрібна досвідчена залежність холодопродуктивність від температур кипіння і конденсації холодоносія $Q_o = f(t_o, t_k)$ для застосованого в осушувачі компресора. За відсутності такої залежності яка визначається досвідним шляхом доводиться визначати її також розрахунковим шляхом.

Для поєднання характеристик випарника і компресора зручно холодопродуктивність останнього віднести не до температури кипіння t_o , а до температури стінки труби t_τ . Це можна легко зробити за допомогою залежності (2.1).

$$t_\tau = t_o + \frac{Q_o}{F_a \alpha_a}, ^\circ\text{C} \quad (3.1)$$

Де: α_a - може прийматися такою, що змінюється залежно від величини q_{Fa} , кДж/м²•год.

Залежність для холодопродуктивності компресора $Q_o = f(t_o, t_k)$ наноситься на розрахункову діаграму.

Під лінією абсцис нанесені дві допоміжні криві для визначення t_o і t_n . Різниця $t_n - t_o$ обчислюється по рівнянню(2.1), а різниця $t_n - t_\tau$ - по рівнянню(2.2).

$$t_n - t_\tau = \frac{Q_o}{F} \cdot \frac{1 - E_n}{\alpha \cdot \xi \cdot E_n}, ^\circ\text{C} \quad (3.2)$$

Холодопродуктивність випарника наноситься на діаграму на підставі залежності(2.5), виведення якої зводиться до наступного:

$$Q_o = \alpha_n \cdot \xi_n \cdot E_n \cdot \theta_n \cdot F = G \cdot c'_p \cdot \xi_n \cdot (t_n - t_x), \text{кДж/год} \quad (3.3)$$

Повторюючи виведення, зроблене для коефіцієнта охолодження повітроохолоджувача і рахуючи $t_\tau \cong \text{const}$, можна отримати цей коефіцієнт в наступному виді:

$$\eta'_{\text{вип}} = 1 - e^{-\frac{\alpha_n \cdot E_n \cdot F}{G \cdot c'_p}} \quad (3.4)$$

Тоді, аналогічно рівнянню $Q = G \cdot \eta \cdot \xi_n \cdot c'_p \cdot (t_{\text{в1}} - t_n), \text{кДж/год}$, можна написати:

$$Q_o = G \cdot c'_p \cdot \xi_n (t_n - t_n) \cdot \eta'_{\text{вип}}, \text{кДж/год} \quad (3.5)$$

У цьому рівнянні $\eta'_{\text{вип}}$ не є постійною, оскільки $E_n = f(\xi_n)$. Цю залежність потрібно враховувати при обчисленні значень холодопроизводительности Q_o по рівнянню(2.5). Тоді воно виражатиме характеристику випарника, даючи Q_o у вигляді функції від t_τ для різних величин t_n і ξ_n , шукана величина холодопроизводительности, знаходитиметься в точці перетину характеристики випарника і компресора. Проте для її визначення потрібно заздалегідь задатися температурою конденсації $t_k, ^\circ\text{C}$.

Залежність Q_o від температури конденсації невелика. Відхилення останньою на 1°K змінює холодопродуктивність компресора лише на 1%. Тому визначення температури конденсації робиться досить легко шляхом підбору, і зворотний перерахунок зазвичай не потрібен.

Рівняння для коефіцієнта охолодження в конденсаторі може бути, аналогічно випарнику, виведено в наступному виді:

$$\eta_k = \frac{t'_B - t_x}{t_k - t_x} = 1 - e^{-\frac{K_k F_k}{G \cdot c_p}} \quad (3.6)$$

Тут t_x і t'_B - температури повітря перед конденсатором і після нього, °С;

t_k - температура конденсації холодоносія, °С;

K_k - коефіцієнт теплопередачі конденсатора, кДж/м²год•°С;

F_k - теплопровідна поверхня конденсатора, м².

Звідси:

$$t_k = t_x + \frac{t'_B - t_x}{\eta_k}, \text{°C} \quad (3.7)$$

Враховуючи, що $t'_B - t_x = \frac{Q_k}{G \cdot c_p}$, можна рівняння (2.7) переписати у наступному виді:

$$t_k = t_x + \frac{Q_k}{G \cdot c_p \cdot \eta_k}, \text{°C} \quad (3.8)$$

Видно що:

$$t_k = t_n - (t_n - t_x) + (t_k - t_x), \text{°C} \quad (3.9)$$

З рівнянь (2.8) і (2.9) можна зробити рівняння:

$$t_k = t_n - \frac{Q_o}{G \cdot c_p \cdot \xi_H} + \frac{Q_k}{G \cdot c_p \cdot \eta_k} = t_n + \frac{Q_o}{G \cdot c_p} \cdot \left(\frac{Q_o / Q_k}{\eta_k} - \frac{1}{\xi_H} \right), \text{°C} \quad (3.10)$$

Вставляючи в рівняння(2.10) величину Q_o з рівняння(2.5), отримаємо в остаточному виді:

$$t_k = t_n + (t_n - t_k) \cdot \eta'_{\text{вип}} \cdot \left(\frac{Q_k}{Q_o} \cdot \frac{\xi_H}{\eta_k} - 1 \right), \text{°C} \quad (3.11)$$

У цьому рівнянні відношення $\frac{Q_k}{Q_o}$ є функцією t_k і t_o (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 Відношення теплоти конденсації до теплоти відведеної у випарнику, в залежності від температури конденсації та температури кипіння холодоагенту.

Температура кипіння t_o , °С	Температура конденсації t_k , °С							
	25	30	35	40	45	50	55	60
-10	1.15	1.18	1.21	1.24	1.28	1.315	1.35	1.39

-5	1.13	1.15	1.18	1.21	1.24	1.28	1.31	1.35
0	1.10	1.125	1.15	1.18	1.21	1.24	1.27	1.30
5	1.08	1.10	1.13	1.15	1.18	1.20	1.23	1.25

По величинах t_n , t_n і ξ_n з d - і - діаграми легко можуть бути знайдені величини відносної вологості повітря в приміщенні φ_n . В результаті, вийде остаточна графічна залежність $W_0 = f(t_n, \varphi_n)$, яка і дає продуктивність осушувача при різних станах повітря в приміщенні. Значення t_n і φ_n при $W_0 = 0$ очевидно будуть граничними, тобто мінімально досяжними в цьому осушувачі. При викладеному розрахунку, отримавши зв'язок між параметрами циклу t_k і t_0 і станом повітря в приміщенні, можна по досвідченій залежності $N = f(t_k, t_0)$ визначити споживану потужність для різних величин (t_n і φ_n).

Ділячи на отриману потужність питому холодопродуктивність механічного осушувача повітря K_0 кДж/кВт-год.

Методика підбору механічного осушувача повітря за матеріалами фірми "DANTHERM"

Для підбору механічного осушувача необхідно знайти кількість вологи яка поступає у приміщення та виділяється від різних джерел:

$$W_{vent} = \rho \cdot V \cdot n \cdot (x_1 - x_2), \text{г вод./год} \quad (3.12)$$

Де: ρ – щільність повітря, кг/м³

V – об'єм приміщення, м³

n – кратність повітреобміну

x_1, x_2 – відповідно, питома вологість повітря яке надходить у приміщення, питома вологість повітря яку необхідно підтримувати у приміщенні, г.вод./ кг повітря

Також необхідно враховувати вологу яка потрапляє від інших джерел (від людей, волого прибирання, відкритих баків з водою, волога яка випаровується від продукту, волога яка випаровується у наслідок технологічних процесів). Тому кінцева формула має вигляд:

$$W_{пов} = W_{vent} + W_{л} + W_{вол.пр.} + W_{інф} \quad (3.13)$$

Приклад та результати розрахунку приведені у розділі 3.6.

Розділ 2.2 Методика підбору осушувача повітря за допомогою сольових розчинів

У установках для кондиціонування повітря шляхом безпосередньої обробки його розчинами знайшли застосування розчини хлористого кальцію, хлористого магнію, хлористого літію і бромистого літію. Для порівняння властивостей розчинів в таблиці 2.2 приведені деякі їх характеристики (для насиченого стану при 20,°C). З таблиці 2.2 видно, що найменшу пружність водяної пари, мають розчини бромистого літію.

Таблиця 2.2 Характеристики сольових розчинів у стані насичення при 20°C

Найменування солі, що утворює розчин	Температура розчину, °C	Вагова концентрація насиченого розчину, %	Молярна доля води в розчині Кг-мол/кг-мол розчину	Пружність водяної пари над насиченим розчином, мм.рт.ст.	Температура плавлення сухої солі, °C
Хлористий кальцій	20	42.5	0,984	5.6	775 – 800
Хлористий магній	20	54.5	0,283	—	718
Хлористий літій	20	44	0,75	~2.5	614
Бромистий літій	20	65	0,723	~1.25	—

Над розчином хлористого літію пружність водяної пари також досить низька.

Для того щоб дізнатися як буде оброблятися повітря у камері побудуємо на i-d діаграму для розчину CaCl₂ з урахуванням барометричного тиску для певного регіону. (Прилад розрахунку для поліграфічного цеху у м.Вінниця. $p = 0.969$,бар.)

Розрахунок поводить наступним чином:

Ця діаграма виражає графічну залежність основних параметрів повітря (t , ϕ , d та i) при заданому барометричному тиску. $I - d$ - діаграма побудована в косокутній системі координат. Така система дозволяє розширити на діаграмі область вологого ненасиченого повітря, що робить її зручніше для графічних побудов. По осі ординат відкладені значення ентальпії I , кДж/кг сухого повітря, по осі абсцис, спрямованій під кутом 135° до осі I , - значення вмісту вологи d , г/кг сухого повітря.

Розділ 3.6 Розрахунок та порівняння ефективності процесів осушення повітря.

Розрахунок механічного осушувача повітря за матеріалами фірми “DANTHERM”

$$W_{vent} = \rho \cdot V \cdot n \cdot (x_1 - x_2), \text{Г вод./Год}$$

$$W_{vent} = 1.18 \cdot 6480 \cdot 8.04 \cdot (20.4 - 8.7) = 719281, \text{Г вод./Год}$$

$$W_{пов} = 719281 + 44140 + 71460 + 43200 = 878081, \text{Г вод./Год}$$

Для встановлення у цеху поліграфічного виробництва можна рекомендувати п'ять агрегатів фірми danterm типорозміру XWPS 16/32 для рівномірної подачі повітря наступними з характеристиками:

Осушуюча здатність при 100% підмішуванні свіжого повітря - 165 кг/год

Номінальна витрата повітря – 25500, м³/год

Споживна потужність – 422, кВт

Також для встановлення можна рекомендувати два адсорбційних осушувачів повітря фірми “Munters” серій MDU з наступними характеристиками:

Витрата повітря – 950-57000, м³/год

Осушуюча здатність – 7.5 - 451, кг/год

Споживна потужність – 11-633, кВт

Далі наданні данні отримані при розрахунку продуктивності охолоджуючої установки в залежності від питомої вологості повітря біля

поверхні випарника, а також різних температурах повітря на виході з випарника (графік 3.2). Також на (графік 3.3) показана залежність зміни вологості повітря на виході з нагрівача в залежності від температури повітря на вході у нагрівач. Усі розрахунки проведено за допомогою програмного забезпечення АНН (air humid handling).

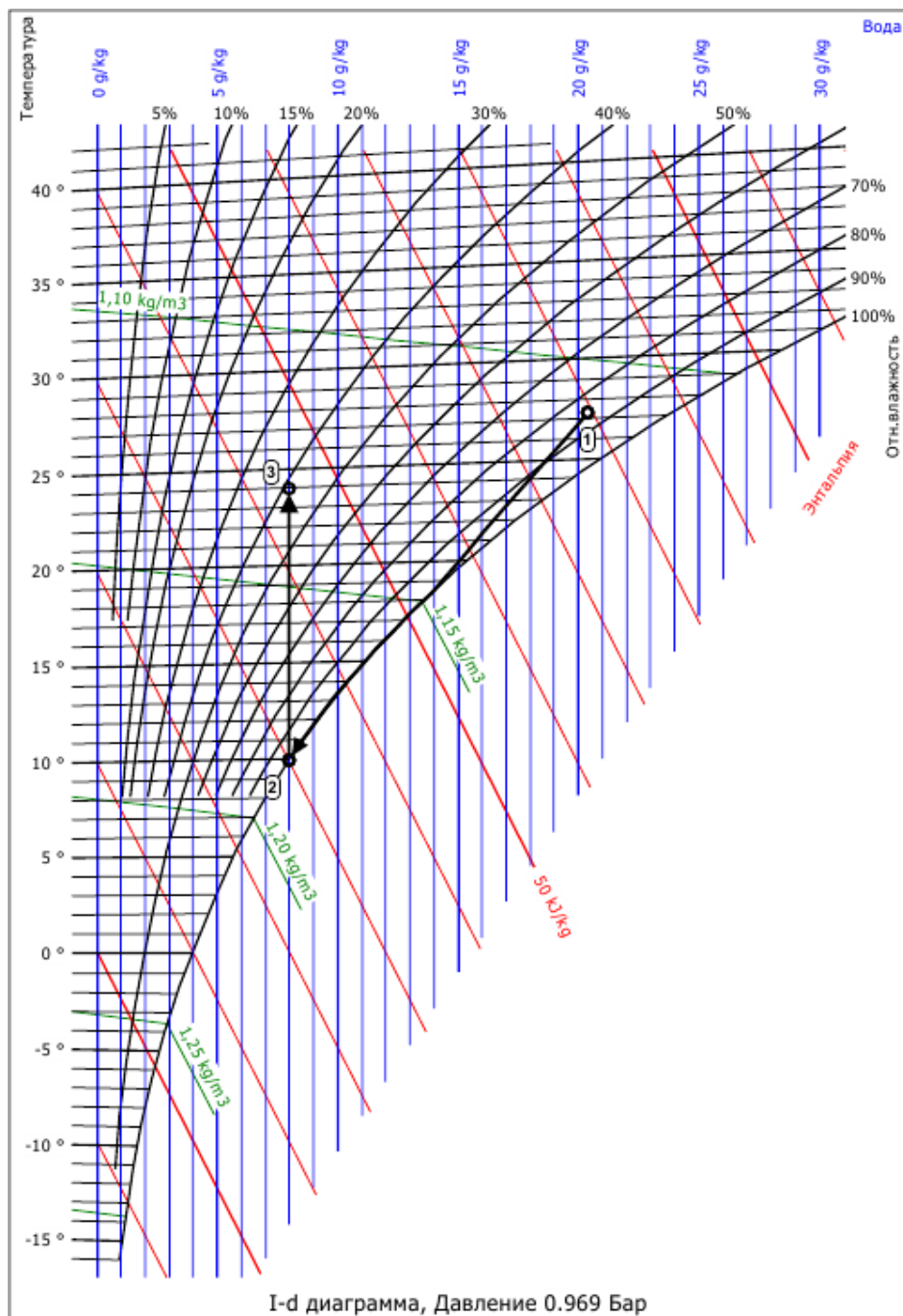
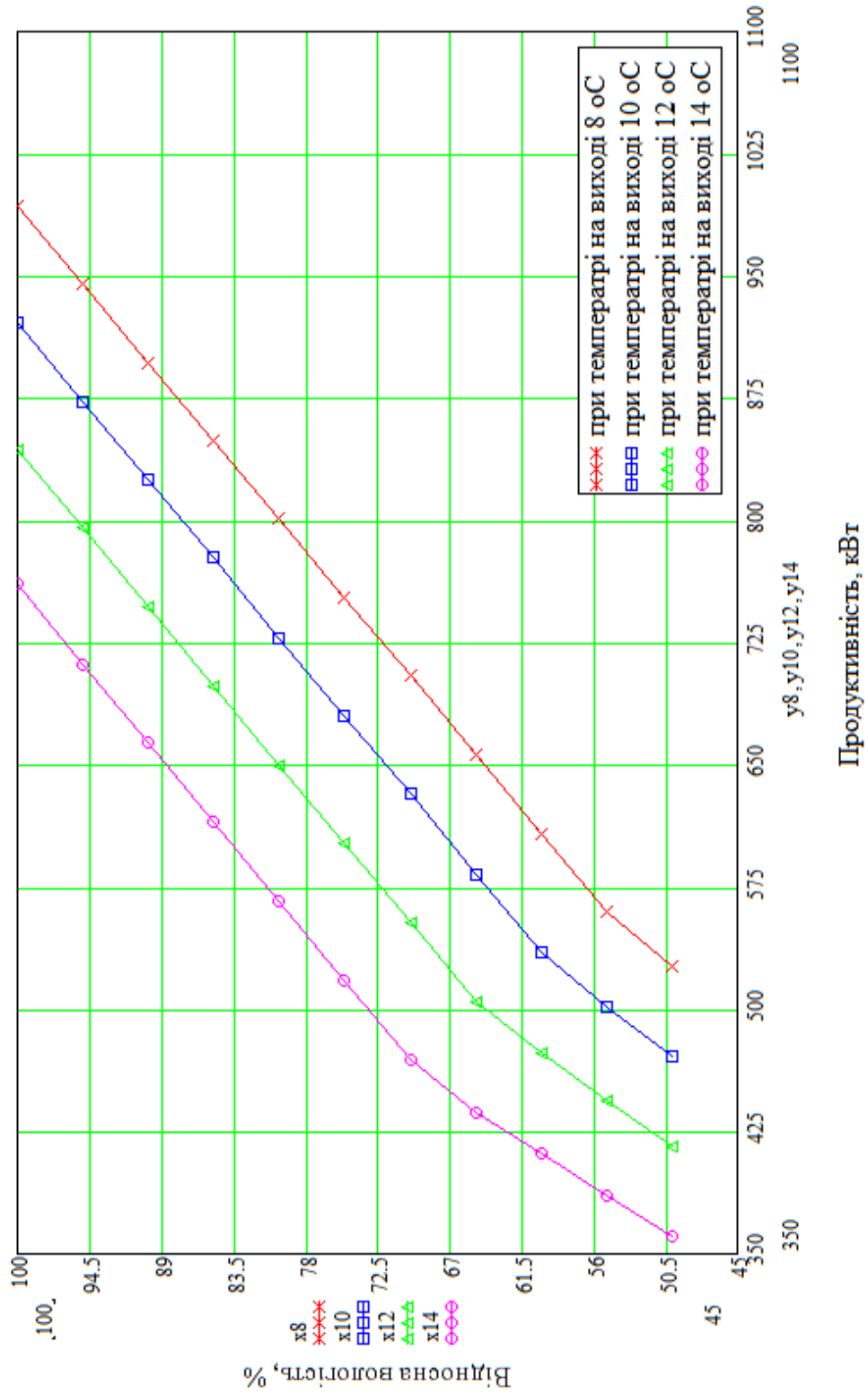
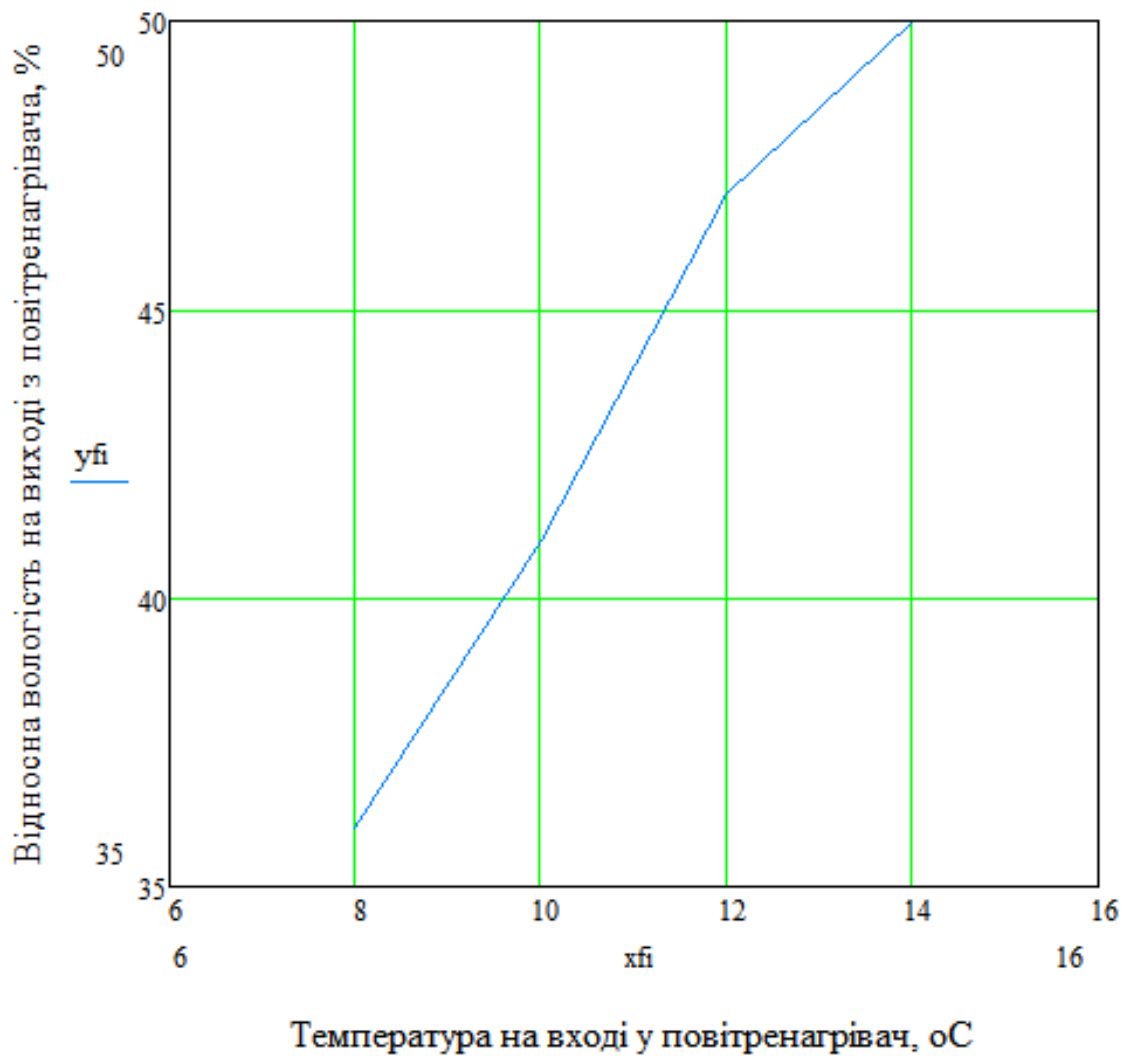


Рис.17 Процеси обробки повітря у механічному осушувачі повітря
1-2 охолодження повітря, 2-3 підігрів повітря до встановлених параметрів

Графік 18
Залежність продуктивності холодної установки від відносної вологості при постійних значеннях температури повітря на виході з випарника.



Графік 19
Залежність вологості повітря на виході з нагрівача повітря від температури на вході у нагрівач повітря



Розрахунок сольового осушувача повітря (CaCl₂).

При $t = -20, ^\circ\text{C}$, $\varphi = 0, \%$, $d = 0, \text{кг/кг}_{\text{сп}}$

$$I = (1.005 \cdot (-20)) + ((2500 + 1.806 \cdot (-20)) \cdot 10^{-3}) = -20.1, \text{кДж/кг}$$

Усі розрахункові данні вносимо до таблиці 3.5

Таблиця 3.5

Температура повітря, °C	Ентальпія волого повітря, кДж/кг
-20	-17.6
-19	-16.62
-18	-15.623
-17	-14.616
-16	-13.609
-15	-12.602
-14	-11.595
-13	10.588
-12	-9.582
-11	-8.575
-10	-7.568
-9	-6.561
-8	-5.554
-7	4.548
-6	-3.541
-5	-2.534
-4	1.527
-3	-0.52
-2	0.486
-1	1.493
0	2.5
1	3.507
2	4.514
3	5.52
4	6.527
5	7.534
6	8.541

$$P_6 = 734, \text{мм.рт.ст.}, P_n^* = 127, \text{Па}, t = -20, ^\circ\text{C}$$

$$d = 0.622 \cdot \frac{1 \cdot 127}{97858 - 1 \cdot 127} = 0.808 \cdot 10^{-3}, \text{кг/кг}_{\text{сп}}$$

Усі данні розрахунку заносимо у таблицю 3.6

Таблиця 3.6

Температура повітря, °С	Парціальний тиск насичених парів, Па	Питома вологість повітря, кг/кг _{сп}
-20	127	$8.80 \cdot 10^{-4}$
-19	138	$8.784 \cdot 10^{-4}$
-18	150	$9.549 \cdot 10^{-4}$
-17	163	1.038^{-3}
-16	177	1.127^{-3}
-15	193	1.229^{-3}
-14	209	1.331^{-3}
-13	227	1.446^{-3}
-12	246	1.568^{-3}
-11	266	1.695^{-3}
-10	288	1.836^{-3}
-9	312	1.989^{-3}
-8	337	2.149^{-3}
-7	364	2.322^{-3}
-6	393	2.508^{-3}
-5	424	2.707^{-3}
-4	457	2.918^{-3}
-3	493	3.149^{-3}
-2	531	3.394^{-3}
-1	571	3.651^{-3}
0	614	3.927^{-3}
1	660	4.224^{-3}
2	709	4.539^{-3}
3	761	4.875^{-3}
4	817	5.237^{-3}
5	876	5.618^{-3}
6	939	6.026^{-3}

Визначаємо ентальпії вологого повітря:

$$t = -20, ^\circ\text{C}, d = 8.80 \cdot 10^{-4}, \text{ кг/кг}_{\text{сп}}$$

$$I = (1.005 \cdot (-20)) + ((2500 + 1.806 \cdot (-20)) \cdot 8.80 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-3}) = -20.1, \text{ кДж/кг}$$

Усі данні розрахунку заносимо у таблицю 3.7

Таблиця 3.7

Температура повітря, °С	Ентальпія волого повітря, кДж/кг
-20	-19.917
-19	-18.912
-18	-17.907
-17	-16.902
-16	-15.897
-15	-14.892
-14	-13.887

-13	-12.882
-12	-11.877
-11	-10.872
-10	-9.867
-9	-8.862
-8	-7.857
-7	-6.852
-6	-5.847
-5	-4.842
-4	-3.837
-3	-2.832
-2	-1.827
-1	-0.822
0	0.183
1	1.188
2	2.193
3	3.198
4	4.203
5	5.208
6	6.213

Після проведення розрахунку та отримання даних для побудови i-d діаграми для розчину CaCl₂ ,були отримані наступні дані:

Таблиця 3.8 Параметри повітря після проходження через камеру осушення сольовим розчином

Температура повітря і розчину, °С	Вагова концентрація насиченого розчину, %	Рівноважна пружність водяної пари, мм.рт.ст.	Вологість осушеного повітря	
			φ, %	d, г/кг
20	42.5	5.6	32	4.7
25	44.7	6.7	29	5.7
27	46.1	6.8	26	5.8

Порівняння процесів осушення повітря.

Визначимо ефективність механічного осушувача повітря в порівнянні з сольовим осушувачем повітря:

$$\varepsilon = \frac{d_4 - d_6}{d_4 - d_3} \cdot 100\% \quad (3.48)$$

Де: d_4 – питома вологість повітря на вході у приміщення, г/кг_{сп}

d_3 – питома вологість повітря на виході з механічного осушувача повітря, г/кг_{сп}

d_6 – питома вологість повітря на виході з сольового осушувача повітря, г/кг_{сп}

$$\varepsilon = \left(\frac{20.391 - 6.145}{20.391 - 7.984} - 1 \right) \cdot 100\% = 14.82\%$$

Як видно з розрахунку, сольовий осушувач повітря при однакових параметрах зовнішнього повітря може видаляти більше вологи ніж механічний осушувач повітря.

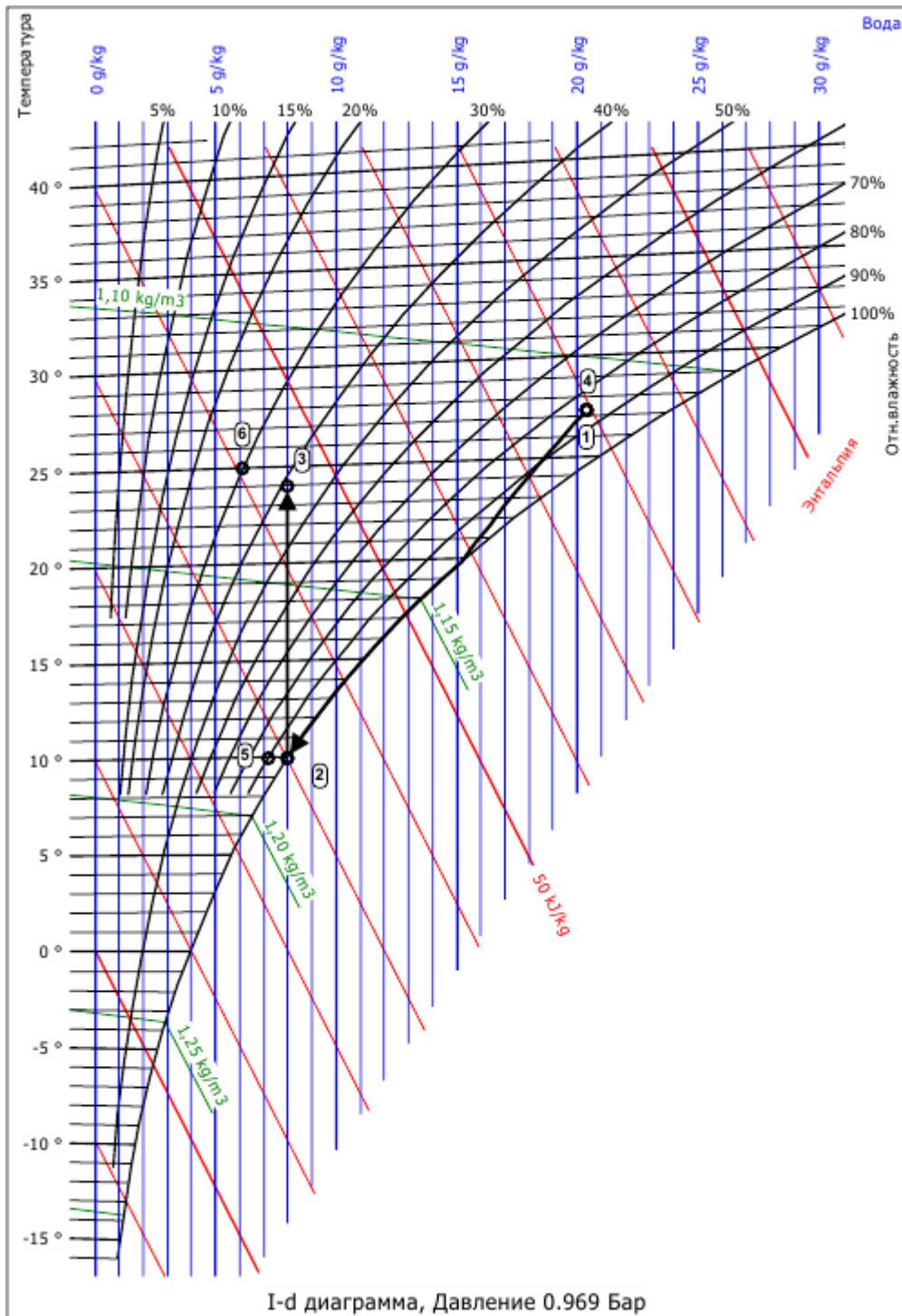


Рис.20 Порівняння ефективності механічного та сольового осушувача повітря
 1-2 охолодження повітря, 2-3 підігрів повітря до встановлених параметрів
 4-5 охолодження повітря, 5-6 контакт повітря з розсолем та підігрів у нагрівачі повітря

Висновок до розділу 2

Маючи вихідні данні для розрахунку процесів осушення повітря для розрахунку було обрано приміщення цеху поліграфічного виробництва, рулонного друку. Виходячи з заданих параметрів виробництва та параметрів оточуючого середовища, були розглянуті та обрані нові будівельні та теплоізоляційні матеріали які відповідають державним будівельним нормам.

Було розраховані тепло надходження від сонячної радіації у подовж 24 годин, тепло надходження від оточуючого повітря, враховані тепло надходження від людей в залежності від навантаження та кількості обслуговуючого персоналу, були враховані тепло надходження від обладнання та підігріву паперу після друку. Це у свою чергу дозволяє оптимізувати енергетичні витрати при використанні системи кондиціонування повітря у приміщенні поліграфічного цеху та оптимізувати витрати на обладнання для осушення повітря. Були розглянуті основні процеси обробки повітря у літній та зимовий періоди для оптимізації масових витрат повітря при подальшому розрахунку асиміляційного методу осушення повітря що дозволить зекономити на потужності обладнання яке обробляє повітря.

З рисунку (3.2 Порівняння ефективності процесів осушення повітря) видно, що повітря яке проходить через камеру з сольовим розчином осушується краще ніж при використанні конденсаційного методу осушення. Але зважаючи на усі недоліки при використанні осушувачів з сольовими розчинами більш доцільним буде встановлення механічного осушувача. Також можливе встановлення адсорбційного осушувача повітря оскільки з усіх представлених варіантів це найбільш сучасне рішення. Перевагами такого методу є проста схема монтажу без ускладнень схеми такими елементами як сольовий регенератор чи потужна холодильна установка та періодичне відтавання інею на поверхні випарника, можливість 100% подачі свіжого повітря у приміщення.

4 ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

В умовах відкритої ринкової економіки розширюється діапазон оцінки ефективності науково-технічних розробок, а отже, збільшується кількість основних видів ефективності НДДКР, які необхідно визначити з метою цієї оцінки. До них належать:

– **науково-технічний ефект**, який проявляється у підвищенні науково-технічного рівня, поліпшенні параметрів техніки і технологій, що впливає з відкриття нових законів та закономірностей у природі, а отже, і нових технологічних засобів виробництва речовин, матеріалів та видів продукції;

– **економічний ефект** полягає в отриманні економічних результатів від науково-технічних розробок як в цілому для народного господарства, так і для кожного виробничого суб'єкта. Економічна ефективність науково-технічних розробок за відповідною системою показників має відображати вплив їхньої результативності на розвиток економіки країни в цілому, а також регіонів, галузей, організацій і підприємств, що беруть участь у реалізації технологічних нововведень;

– **соціальний ефект**, що відображає зміни умов діяльності людини в суспільстві. Його прояв спостерігається в змінах характеру та умов праці, підвищенні життєвого рівня населення, поліпшенні побутових його умов, розширенні можливостей духовного розвитку особистості, у змінах стану довкілля;

– **маркетинговий ефект**, що відображає потреби ринку в наукових дослідженнях і розробках та можливість їх реалізації.

Науково-технічну ефективність (НТЕ) результатів прикладних робіт визначають на основі показників науково-технічного рівня. Оцінка науково-технічної ефективності НДДКР відбувається на основі показника $O_{НТЕ}$, який представляє собою ступінь досягнення максимально можливого рівня, значення якого дорівнює 1 (одиниці):

$$O_{НТЕ} = K^{\Phi}_{НТЕ} / K^{\Pi}_{НТЕ} \quad , \quad (10.1)$$

де $K^{\Phi}_{НТЕ}$ – показник (коефіцієнт) фактичного рівня науково-технічної ефективності;

$K_{НТЕ}^П$ – показник (коефіцієнт) потенціально можливого рівня науково-технічної ефективності (дорівнює одиниці).

Значення показника $K_{НТЕ}^Ф$ визначають на основі шкали експертних оцінок (табл. 10.2).

Таблиця 10.1

Шкала експертних оцінок для виміру рівня науково-технічної ефективності проектів

№	Групи показників	Характеристика показників	Інтервал рейтингового числа	Коефіцієнт значущості показників
1	Науково-технічний рівень	Перевищує кращі світові аналоги	10	0,35
		Відповідає світовому рівню	7 – 9	
		Нижче кращих світових аналогів	5 – 6	
		Перевищує кращі вітчизняні аналоги	3 – 4	
		Відповідає вітчизняному рівню	1 – 2	
		Нижче вітчизняного рівня	0	
2	Перспективність	Першочергова значущість	8 – 10	0,35
		Значущий	5 – 7	
		Корисний	1 – 4	
3	Потенційний масштаб практичного використання	Світовий ринок	10	0,20
		Галузі національної економіки	7 – 9	
		Галузь (регіон)	3 – 6	
		Окремі підприємства (об'єднання)	1 – 2	
4	Ступінь вірогідності досягнення позитивних результатів	Великий	10	0,10
		Середній	5 – 9	
		Малий	1 – 4	

Примітка: об'єкт оцінки і аналог(и), які порівнюють за однаковими показниками, наведеними у співставленому вигляді відхилення в значеннях кожного з показників, мають бути однаковими для варіантів, що порівнюються.

Проведення оцінки

Визначають $K_{НТЕ}^Ф$ на основі експертної оцінки науково-технічного рівня розробки.

З цією метою:

- розроблюють перелік специфічних показників, необхідних для виміру науково-технічного рівня розробки;
- формують групу аналогів, які реалізовані на світовому і вітчизняному ринках;
- здійснюють відповідні розрахунки для співставлення показників і визначення балів по табл. 10.1.

До числа специфічних показників відносять:

- для нової техніки: продуктивність, споживання інженерних ресурсів на виробітку одиниці продукції, потреба в робочих, які обслуговують обладнання, експлуатаційні витрати на одиницю продукції;
- для нових матеріалів і речовин: вміст корисних речовин для виробітки готової продукції, питома вага відходів у загальному обсязі переробленої сировини, вартість одиниці ... нового матеріалу;
- для нових технологій: якість виробленої продукції, енергоємність і трудомісткість продукції, собівартість одиниці продукції.

З метою спрощення визначення $K_{НТЕ}^{\Phi}$ у табл. 10.2 не введено показника витрат на одиницю продукції.

Таблиця 10.2

Порівняльні показники для виконання оцінки НТЕ

ПОКАЗНИКИ	Варіанти технології	
	розробленої	співвідносної (аналога)
Рівень новізни	світовий	-
Якість продукції	найвища	вища
Споживання на 1 т продукції		
– тепла, Гкал	5,14	6,85
– електроенергії, кВт·годину	46,72	54,36
– води, м ³	4,13	3,12
Трудомісткість виробництва, людино-годин/ тонну	17,5	6,17

На основі співставлення даних таблиці встановлюють бали по характеристиках чотирьох груп і на цій основі розраховують значення інтегрального показника НТЕ:

$$НТЕ = \sum B_i \times K_i^3, \quad (10.3)$$

де $i = 1 \div 4$,

B_i – бали (рейтингове число),

K – коефіцієнт значущості показників.

Рівень науково-технічної ефективності НДДКР розраховано на основі наведених даних прикладу (табл. 10.3).

Таблиця 10.3

Експертна оцінка і розрахунок величини інтегрального показника НТЕ

№	Групи показників	Рейтинг експертів			Середня за експертними оцінками	НТЕ
		1	2	3		
1	Науково-технічний рівень	9	8	9	8,66	3,03 (8,66 x 0,35)
2	Перспективність	7	7	6	6,66	2,33 (6,66 x 0,35)
3	Потенційний масштаб	4	5	5	4,67	0,93 (4,67 x 0,20)

	практичного використання					
4	Ступінь вірогідності досягнення позитивних результатів	7	8	7	7,33	0,73 (7,33 x 0,10)
В С Ь О Г О						7,029

$$НТЕ = 8,66 \cdot 0,35 + 6,66 \cdot 0,35 + 4,67 \cdot 0,2 + 7,33 \cdot 0,1 = 2,91 + 2,21 + 0,93 + 0,73 = 8,029$$

Отриманий результат слід порівняти з максимально можливим значенням, яке дорівнює 10 балам ($10 \cdot 0,35 + 10 \cdot 0,35 + 10 \cdot 0,2 + 10 \cdot 0,1$).

Отже, оцінка рівня НТЕ може бути зроблена за допомогою інтегрального коефіцієнта оцінки НТЕ ($K_{НТЕ}$):

$$K_{НТЕ} = \frac{НТЕ}{10} \cdot 100 \% .$$

На основі даних табл. 10.3 можна дійти до висновку, що $K_{НТЕ}$ відповідає 70,29 %, тобто:

$$\frac{7,029}{10} \times 100\% = 70,29 \% .$$

В тому випадку, коли значення $K_{НТЕ}$ перевищує середнє значення, яке дорівнює 5,0, має бути зроблено висновок про достатній рівень НТЕ:

- цілком достатній 5,0 – 6,0;
- достатній 6,1 – 8,0;
- достатньо високий 8,1 – 9,0;
- високий 9,1 – 10.

Таким чином, рівень НТЕ технології можна визнати достатнім. Отже, розроблену технологію пропонується впроваджувати у виробництво.

8 ОХОРОНА ПРАЦІ

Господарство ТОВ «Розанівка» знаходиться с Андріївка Белгородського р-ну Одеської обл області. Напрямок господарства – вирощування зернових культур та племінних тварин. Кількість працівників в господарстві складає 32 чоловіка, з яких 23 особи задіяні в агросфері. Для покращення умов праці в ТОВ «Розанівка» складається щорічний план проведення основних номенклатурних заходів, який затверджується директором. По лабораторії господарства розроблено інструкцію з техніки безпеки для лаборантів. При відборі проб лаборант знаходиться у виробничих приміщеннях, біля працюючих машин – це зобов'язує його бути акуратним та виконувати вимоги безпеки. Прийнята пшениця в господарстві зберігається у складах та силосних корпусах. Перед початком збирання склади миють від пилу, роблять ремонт, побілку та дерев'яні конструкції складів просочують вогнестійкими речовинами. Заходи безпеки при відборі проб: - зерно, яке привозять на автомобілях, має піддаватися контролю його якості, для цього лаборанти повинні відбирати проби з кузова автомобіля, при цьому необхідно бути обережним; - не можна перебувати внизу біля візуального містка при підході до нього автомобіля, а також стрибати в автомобіль з містка; - при вході на автомобіль щуп слід тримати в горизонтальному положенні, вістря щупа має бути укладено у футляр, щоб уникнути проколювання; - при відборі проб пневматичним пробовідбірником не можна ставати на гнучкі рукави, тому що можна зачепитися ногою і впасти [21]. 66 При обслуговуванні лабораторного обладнання лабораторії повинні бути оснащені необхідною апаратурою, реактивами. При обслуговуванні електрифікованої апаратури (сушільних шаф муфельних, розсіву-аналізаторів та інше) необхідно знати, що будь-який дотик до струмоведучих частин може стати причиною ураження струмом. При будь-якій несправності необхідно викликати електрика, у разі загоряння не можна застосовувати для гасіння воду і пінні вогнегасники слід користуватися тільки сухими вогнегасниками або піском. Ці реактиви повинні

зберігатися в спеціальній шафі, що закривається на ключ. При роботі з хімікатами слід дотримуватися спеціальних інструкцій. Складові частини обладнання повинні виконуватися з таким розрахунком, щоб виключалась можливість їх випадкового пошкодження, що може створити небезпеку. Елементи конструкцій виробничого обладнання не повинні мати гострих кутів, кромek і поверхонь з нерівностями, що становлять собою джерело небезпеки, якщо їх наявність не визначається функціональним призначенням обладнання. Виключається можливість випадкового дотику працюючих до гарячих і переохолоджених частин [61]. Конструкція обладнання повинна передбачити захист від ураження електричним струмом, а також виключати можливість накопичення зарядів статичної електрики в небезпечних кількостях. Обладнання, яке в процесі роботи виділяє виробничі шкідливості в навколишнє середовище (пил, дим, пару, газ, вологу), повинно бути герметизоване і забезпечене аспіраційно вентиляційними установками [6]. Виробниче обладнання повинно бути безпечним при монтажі, експлуатації, ремонті, транспортуванні і зберіганні, не наносити шкоди навколишньому середовищу, зберігати безпечний стан при виконанні заданих функцій у визначених умовах на протязі встановленого часу. Тому в проектній документації на виробниче обладнання передбачаються вимоги безпеки, вони містяться в спеціальному розділі технічного завдання, технічних умов та стандартів на обладнання, що випускається [38].

67 На території господарстві є свердловина, вода використовується для промислових цехів та для напування тварин. Територію господарства щодня прибирають. Сміття та непридатні відходи від переробки зерна вивозяться з території господарства на міське сміттєзвалище та знищуються спалюванням з метою запобігання поширенню карантинних бур'янів. Конституцією України закріплені права кожної людини на працю в умовах, що не загрожують її життю і здоров'ю, що відповідають усім вимогам безпеки і санітарним нормам. Але, незважаючи на докладені зусилля роботодавців, на проведення заходів щодо поліпшення

умов праці, вдосконалення оснащення, забезпеченості засобами індивідуального захисту, що проводяться інструктажі, рівень виробничого травматизму має дуже високий показник як в окремо взятих регіонах, так і в цілому по країні. Високий рівень виробничого травматизму і пов'язані з ним соціально економічні наслідки сьогодні становлять серйозну проблему. На виробництві травми виникають внаслідок непередбаченої дії на робітника небезпечного виробничого фактору при виконанні ним трудових обов'язків [48]. Обладнання оснащене засобами захисту при раптовому припиненні роботи або порушенні встановленого процесу виробництва на підприємстві, що може призвести до травмування або загибелі людей. Це засоби сигналізації про порушення нормального режиму роботи, засоби автоматичної зупинки, гальмування у разі виникнення аварій, ввімкнення джерел енергії, настання нещасних випадків та професійних захворювань. В господарстві передбачено проведення профілактичних протипожежних заходів: - проводяться заняття з протипожежною групою по діям в різних надзвичайних ситуаціях; - приводяться в готовність протипожежні щити, вогнегасники; - створюються запаси води, піску; - приводяться у готовність безпечні у протипожежному відношенні 68 чергові засоби освітлення; - територія очищається від легкозаймистих матеріалів; - навколо ферми прокопується пожежозахисна смуга шириною 6-10 м, щоб вогонь з поля не перекинувся на територію ферми і інші заходи [61]. В районі створена аварійно-рятувальна команда (20 чол.), також функціонують комунальні служби (формування) по ремонту і відновленню газових, водопровідних мереж, електропостачання та ін., які приходять на допомогу на об'єкт в разі руйнувань від стихійного лиха. При виникненні надзвичайних ситуацій оповіщення населення здійснюватиметься шляхом передачі інформації по телефонній мережі

На природне середовище України дедалі більше впливає господарська діяльність людини. Особливо значний цей вплив у густонаселених районах з

розвинутою промисловістю, де екологічна небезпека – ймовірність зруйнування середовища проживання людини – особливо загрозлива. Особливу тривогу викликає забруднення сільськогосподарських угідь хімічними речовинами. Повільно проводяться роботи щодо збереження раніше створених полезахисних смуг, особливо у степовій та лісостеповій зонах, де залишилося лише 50% полезахисних насаджень. Природоохоронні заходи передбачають скорочення втрат води, насамперед під час зрошення, а також за рахунок будівництва і введення в дію об'єктів очищення стічних вод. Однак проблема ще далека від розв'язання. Деякі підприємства, особливо чорної металургії, хімії та нафтохімії, вугільної, харчової та інших галузей промисловості очищають не всю використану воду. У південних районах України розташовано багато оздоровчих закладів. Проте у зв'язку з частими аварійними скиданнями в море господарсько-побутових стічних вод у приморських містах періодично складається напружена ситуація внаслідок забруднення морської води і пляжів [23]. ТОВ «Розанівка» знаходиться в Баштанському районі Миколаївської області. Через м. Новий Буг проходить Одеська залізниця. Радіаційний фон Баштанського району Миколаївської області – 0,11 мЗв/год, питома активність техногенного цезія-137 – 10,54 Бк/кг, питома активність техногенного стронція-90 – 1,88 Бк/кг, питома активність природного радія-226 – 13,21 Бк/кг [23]. Клімат помірно-континентальний, теплий, посушливий з нестійким сніговим покривом. В середньому за рік випадає 350 мм опадів. Середньорічна температура повітря складає +13°C, при цьому найбільш холодним місяцем є січень, а теплим – липень. 70 Стан забруднення та основні напрями охорони на підприємстві наведено в таблиці 19 [

Масштаби забруднення території України та за її межами визначається кількістю та складом радіонуклідів, що були поширені у довкіллі внаслідок існування багатоденного джерела викиду радіоактивних речовин. Радіаційний аварійний фон порівняно із 1986 роком зменшився у сотні разів. Вжиті

контрзаходи та процеси самоочищення природного середовища призвели до зменшення вмісту радіонуклідів в об'єктах навколишнього середовища, в продукції сільського господарства. А це, в свою чергу, зумовило зменшення доз зовнішнього та внутрішнього опромінення населення. В даному господарстві впроваджені заходи, щодо санітарної охорони ґрунту: загальні – впровадження сівозмін, правильний обробіток ґрунту, застосування мінеральних, органічних добрив; спеціальні – приведення в порядок старих скотомогильників. Також обладнана лагуна зберігання гною перед його утилізацією (органічні добрива на поля). Сівозміна – це науково обґрунтоване чергування сільськогосподарських культур і пари в часі і по території або тільки в часі, пов'язане з системами добрива і обробки ґрунту, доглядом за рослинами і інше. Сівозміни – головна ланка системи землеробства і господарства, на їх основі намічають програму добрива полів, захисту рослин, насінництва, обробки ґрунтів, визначають комплекс необхідних машин, витрати грошовоматеріальних засобів і праці, пов'язують систему лісосмуг, протиерозійних заходів, доріг, зрошування й осушення, з кормовиробництвом [45]. Лише сівозміни і науково обґрунтовані системи обробітку є основою стабільності землеробства, вони позитивно впливають на всі важливі ґрунтові режими [44]. Значний вплив на урожайність має родючість ґрунту, що залежить від багатьох факторів, проте основними під час вирощування сільськогосподарських культур є обробіток ґрунту та система удобрення, які сприяють підвищенню родючості ґрунту. Одним із важливих заходів відтворення і підвищення родючості ґрунтів є внесення органічних добрив, завдяки яким у ґрунт надходить 35-40% 72 поживних речовин. Для забезпечення бездефіцитного балансу гумусу необхідно щороку вносити органічні добрива [44]. В цілому мінеральні добрива завжди були і нині залишаються для багатьох господарств досить важливою складовою забезпечення вискоєфективного аграрного виробництва. Враховуючи агротехнологічні властивості мінеральних добрив, застосування їх при

вирощуванні сільськогосподарських культур з кожним роком зростає. Разом з цим ефективність добрив в значній мірі залежить від способу їх внесення та технологічних можливостей машин [45]. Внаслідок занепаду тваринництва в сільському господарстві відчутна гостра нестача органічних добрив, що призводить до інтенсивної дегуміфікації та погіршення агрофізичних властивостей ґрунтів. Дослідження підтверджують, що тривале застосування органічних добрив підвищує вміст гумусу у ґрунті, сприяє зростанню врожаю сільськогосподарських культур та запобігає закисленню ґрунтів [44].

ВИСНОВКИ

1. За даними досліджень розроблена модель розрахунку систем кондиціювання зернових терміналів, що включає розрахунок параметрів кондиціювання повітря методом сплайнів, розрахунок економічно-доцільної товщини ізоляції; розрахунок тепло-вологісного навантаження, підбір обладнання системи кондиціювання.

2. Використовуючи данні дослідження дозволило підібрати систему кондиціювання для зернових терміналів, що дозволяє підтримувати параметри повітря. У роботі показано дві принципіальні схеми подачі повітря зверху вниз та знизу вгору

3. За даною програмою розрахунку можливо визначити яке обладнання треба підібрати. Наприклад, визначити залежність величини тепло припливів та потужності повітрянагрівача (нагрів до 23 °C) від температури повітря, яке подається.

4. Показано що оптимальні результати дає сушка зерна теплим і, що дуже важливо, сухим повітрям. Перегрівши зерна при сушці (для різних культур - різні граничні температури близько 45 °C) призводить до погіршення якості клейковини аж до повної денатурації, а також до зниження активності ферментів. При сушці гігроскопічна вологість зерна має бути понижена з 18% більше до не більше 14% .

5. Сушка повинна проводитися в декілька прийомів, щоб в перервах волога перерозподілялася з внутрішніх частин зерен до зовнішньої поверхні, інакше поверхневі шари зерна розтріскуються, що призводить до погіршення сохранності, зниження виходу і якості готової продукції. Найбільш ефективним рішенням для сушки є використання заздалегідь підготовленого повітря з відносною вологістю не більше 2 з його підігріванням до 45 °C.

6. Встановлено також, що має ефект зниження добового споживання енергії та оцінка часу підготовки після функціонування в нічному режимі очікування систем забезпечення мікроклімату в приміщенні з зернових терміналів.

Доведено, що технологічне та лабораторне обладнання, яке застосовується для оцінки якості зерна пшениці господарства, значно покращує її якість, що в свою чергу істотно подовжує термін зберігання зерна.

2. Встановлено доречність використання для якості зерна аналізатору Infratec 1241. Використання термогравіметричного методу визначення вологості може виступати контролем при виникненні спірних питань, оскільки він вимагає високих витрат часу, енергії та кваліфікованого персоналу для проведення аналізу.

3. Встановлено, що при використанні осушувача . рторрні фірми DANTERM

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Жихарева, Н. В. Інноваційні технології кондиціонування повітря в нестационарних умовах монографія / Н. В. Жихарева ; Одес. нац. технол. ун-т,. — Одеса : ТЕС, 2022. — 264 с.
2. Жихарева Н.В. Моделювання та оптимізація систем кондиціонування повітря / Н.В.Жихарева // —Одеса: «ТЭС», 2016. – 171 с.
3. Zhang Q. Development of typical year weather data for Chinese locations. // Q.Zhang, J.Huang, S. Lang / ASHRAE Transactions: Symposia, 2002, vol. 108.
4. Джеджула, В. В. Д 40 Вентиляція та кондиціонування громадських об'єктів : навчальний посібник / Джеджула В. В. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 71 с.
5. Системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря будівель: навч. посіб. для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» / М.Ф.Боженко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – , 2019. – 380 с.
6. Kogut V.. The filter on the basis of the ejector of the heat exchanger for purification of harmful substances from flue gases using heat exchanger as combustion gas filter / V Kogut. V.Bushmanov, N. Zhykharieva//AIP Conferenc Proceedings 2285, 030087 (2020);
7. Німич Г.В. Сучасні системи вентиляції і кондиціонування повітря / Г.В. Німич, В.А. Михайлов, Е.С. Бондарь. // - К.: ТОВ «Видавничий будинок. Аванпост–Прим». - 2005. – 630 с. 142
8. Жихарева Н.В. Математична модель плівкового зволожувача для плодоовочесховищ [Текст] / Н.В. Жихарева // // Холодильна техніка і технологія. 2014. № 6 (152). С.54–58
9. Лабай В.Й., Тепломасообмін / В.Й. Лабай // –Львів: Тріада плюс. 2004 – 260.
10. Погорелов А.І. Тепломасообмін : Навчальний посібник для вузів.— / А.І. Погорелов Львів. –:«Новий світ-2000». – 2004. – 144 с..

11. Плодоовочесховища: проектування, оптимізація, розрахунки: підручник / М. Г. Хмельнюк, В. П. Кочетов, А. В. Форсюк, Н. В. Жихарєва ; Нац. ун-т харч. технологій. — Одеса : Бондаренко М. О., 2018. — 228 с
12. Жуковський, С.С. Аеродинаміка вентиляції : навч. посіб. / С. С. Жуковський, В. Й. Лабай ; Нац. ун-т "Львівська політехніка". — Львів : Вид-во Нац. ун-ту "Львівська політехніка", 2003. — 372 с.
13. Спосіб нагрівання повітря. Патент на винахід №u 121838 / Когут В.О., Бабой Є.О., Талибли Р.Е., Жихарєва Н.В., Хмельнюк М.Г., Дорошенко О.В., Заявка №u201907885 Публікація 27.07.2020 р , бюл. № 14.
14. Установка для нагрівання повітря. Патент на винахід №u 121951 / Когут В.О., Бабой Є.О., Талибли Р.Е., Жихарєва Н.В., Хмельнюк М.Г., Дорошенко О.В. Заявка №a201907887 Публікація 10.08.2020 р , бюл. № 15
15. Ежекційний охолоджувач повітря. Патент на корисну модель №u 117401 / Когут В.О., Бутовський Є.Д., Бушманов В.О., Хмельнюк М.Г., Жихарєва Н.В. Заявка №u201700181 Публікація 26.06.2017 р. бюл. № 12.
15. Спосіб охолодження повітря виробничих приміщень Патент на корисну модель №u 117837 / Когут В.О., Бутовський Є.Д., Бушманов В.О., Хмельнюк М.Г., Жихарєва Н.В. Заявка №u201700793 Публікація 10.07.2017 р. бюл. № 13
- 16 Anderson M.L. An Experimental System for Advanced Heating, Ventilating, and Air Conditioning (HVAC) Control [Tekst] / M.L. Anderson, P.M. Young, D.C. Hittle, C.W. Anderson // Energy and Buildings. – February 2007. – vol. 39, no. 2. – P. 113-119.
- 17 Baus Zoran L. Process control for thermal comfort maintenance using fuzzy logic [Tekst] / Zoran L. Baus, Srete N.Z. Nikolovski // Journal of electrical engineering. –2008. – vol. 59, no. 1. – P. 34–39.
- 18 Установка для виробництва шуги. Патент на корисну модель № u143626 / Когут В.О., Талибли Р.Е., Жихарєва Н.В., Хмельнюк М.Г., Дорошенко О.В., Заявка №u202000343 Публікація 10.08.2020 р бюл. № 15

- 19 Белова Е.М. Центральні системи кондиціонування повітря [Текст] / // Е.М. Белова – М.:Евроклімат, 2005. – 400 с.
- 20 Жихарева Н.В. Оптимізація енергозберігаючої системи кондиціонування повітря. [Текст] /Н.В. Жихарева // 5-а Міжнародна науково-технічна конференція «Сучасні проблеми холодильної техніки і технології». Збірник тез доповідей. – Одеса:ОДАХ, 2007. – С.56.
- 21 Тарасова В.А. Порівняльний аналіз термoeкономiчної моделі парокompрессионної холодильної установки/ В.А.Тарасова, Д.Х. Харлампиди [Текст] // Вісник НТУ «ХП». 2015. № 16 – 2015. – № 16. – С. 97–16.
- 22 Tsatsaronis D. Взаимодействие термодинамики и экономики для минимизации энергосберегающей системы. [Текст] / // Д.Тсатсаронис – Одесса: Студия «Негоциант», 2002. – 152с.
- 23 Бродянский В.М. Доступна енергія Землі та система життєзабезпечення Ч. 2. Ресурси Землі [Текст] / В.М.Бродянский // Технічні гази. – 2011. –№ 3. – С. 48–63. – ISSN 1682-0355
- 24 Morosuk T. Advanced exergoeconomic analysis of refrigeration machine: Part 1. Methodology and first evaluation [Text] / T. Morosuk, G. Tsatsaronis // Proc. 2011 Int. Mech. Eng. Congress at Denver (USA). – 2011. – P.
- 25 Morosuk T. Elements of exergoeconomics for the analysis of compressor heat pump [Text] / T.Morosuk // Heat Pipes, Heat Pumps, Refrigerators, Power Sources: VI Minsk International Seminar, 12–15September 2005. – Minsk, Belarus, 2005. – P. 403–409. 10. .
- 26 Frangopoulos C.A. Thermo-economic Functional Analysis and Optimization [Текст] /C.A.Frangopoulos // Energy. – 1987. – № 12(7). – P. 563–571. 13.
- 27 Тарасова В.А. Термoeкономическая модель теплонасосной установки на основе негэнтропийного подхода к формированию стоимости целевого продукта [Текст] / В.А. Тарасова, Д.Х. Харлампиди // Проблемы машиностроения. – 2014. –Т. 17, № 4. – С. 10–16. – ISSN 0131-2928. 14

- 28 Мацевитий Ю.М. Системно-структурний аналіз парокомпресорних термотрансформаторів [Текст] / // / Ю.М. Мацевитый, Э.Г. Братута, Д.Х. Харлампида, В.А.Тарасова. – Харьков: ИПМаш им. А.Н. Подгорного НАН Украины, 2014. – 269 с. – ISBN 978-966-02-7218-7.
- 29 Wall G. Thermoeconomic Optimization of a Heat pump System [Tekst] / G. Wall // EnergyJournal. – 1986. – Vol. 11, № 11(10). – P. 957–967.
- 30 Тарасова В.А. Сравнительный анализ термоэкономических моделей формирования эксергетической стоимости холода [Текст] / В.А. Тарасова, Д.Х. Харлампида // Технічні газети. – 2013. – № 6. — С. 55–63. – ISSN 1682-0355.
31. М.Г. Хмельнюк, О.Сгф. Подмазко, І.О. Подмазко "Холодильні установки та сфери їх використання" підручник для вищих навчальних закладів, Херсон, Грінь, 484с., 2014.
- 32 Холодильні установки, (І.Г. Чумак, В.П. Чепурненко, С.Ю.Ларьяновський та інші.), підручник для вищих навчальних закладів, в двох томах, Київ, "Либідь", 1995.
33. Холодильні установки. Проектування: Учбовий посібник / Чумак І.Г., Чепурненко В.П., Лагутін А.Ю. та ін. – Одеса: Друк, 2008. - том 1 – 3.
34. І.Г.Чумак, В.П.Чепурненко, С.Ю.Ларьяновський та інші. "Холодильні установки" Одеса, "Рефпринтінфо" 2003. 531с;
- 3511.Asheville, North Carolina: National Climatic Data Center, U.S. Department of Commerce. Test Reference Year (TRY), tape reference manual, TD9706. 1976, vol. 86
36. Asheville, North Carolina: National Climatic Data Center, U.S. Department vol. 50-100
- 37 ISO 159274:2005. Hygrothermal performance of buildings — Calculation and presentation of climatic data — Part 4: Hourly data for assessing the annual energy use for heating and cooling, 2005. vol. 50

- 38 Zhang Q., Huang J., Lang S. Development of typical year weather data for Chinese locations. ASHRAE Transactions: Symposia, 2002, vol. 108.
- 39 Lund H. Short Reference Years and Test Reference Years for EEC countries. Thermal Insulation Laboratory, Techn. Univ. of Denmark. Final report EUR 10208 EN, 1985. vol. 125
- 40 Targo Kalamees and Jarek Kurnitski. Estonian test reference year for energy calculations. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Engineering. 2006, March, vol. 12, No. 1.
- 41 Thevenard D.J. and Brunger A.P. The Development of Typical Weather Years for International Locations: Part I, Algorithms, and Part II: Production, ASHRAE Transactions, 2002, vol. 108, No. 2.
- 42 Tammelin T. and Erkio E. Energialaskennan saatiedot — suomalainen testivuosi. Report 1987: No. 7, Ilmatieteen laitos, Helsinki, 1987. vol. 150
- 43 Lam J.C., Hui S.C.M. and Chan A.L.S. A statistical approach to the development of a typical meteorological year for Hong Kong. Architectural Science Review, 1996, vol. 39, No. 4.
- 44 Технологія післязбиральної обробки та сушіння зерна. URL : <https://propozitsiya.com/ua/tehnologiya-pislyazbiralnoyi-obrobki-ta-sushinnyazerna> (дата звернення 09.10.2021).
45. Топчак Н. В. Вдосконалення нормативного забезпечення якості зерна пшениці та її оцінювання : автореф. дис.к. т. наук : 05.01.02. Львів, 2015. 27 с.
46. Хімічний склад основного компонента зернової маси. URL : <https://buklib.net/books/22309/> (дата звернення 07.11.2021).