

**UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI**

Cu titlu de manuscris

CZU: 621.56/.57+637.117(043.3)

**SLIPENCHI VICTORIN**

**ÎMBUNĂȚIREA EFICIENȚEI ENERGETICE A ECHIPAMENTELOR PENTRU  
PRELUCRAREA PRIMARĂ A LAPTELUI CU UTILIZAREA FRIGULUI NATURAL  
ȘI ARTIFICIAL (PE EXEMPLUL REGIUNII DE NORD A RM)**

**255.01 - TEHNOLOGII ȘI MIJLOACE TEHNICE PENTRU AGRICULTURĂ ȘI  
DEZVOLTAREA RURALĂ**

**Rezumatul tezei de doctor în științe inginerești**

**CHIȘINĂU 2022**

Teza a fost elaborată în cadrul departamentului „Electrificarea Agriculturii, Mecanică și Bazele Proiectării” al Universității Agrare de Stat din Moldova

**Conducător științific:**

**VOLCONOVICI Liviu**, doctor habilitat în științe tehnice, profesor universitar, UASM

**Referenți oficiali:**

1. **CEREMPEI Valerian** , doctor habilitat în științe tehnice, conferențiar universitar, UASM
2. **GUȚU Aurel**, doctor în științe tehnice, conferențiar universitar, UASM
3. **LEU Vasile**, doctor în științe tehnice, .Director General Interimar, SA Termoelectrica

Componența Comisiei de susținere publică a tezei de doctorat a fost aprobată de către Senatul UASM prin decizia din 3/12/21 după cum urmează:

1. **MARIAN Grigore**, Președinte, doctor habilitat în științe tehnice, profesor universitar, UASM
2. **VOLCONOVICI Liviu**, doctor habilitat în științe tehnice, profesor universitar, UASM
3. **GOLOVANOV Nicolai**, prof. emerit, doctor inginer Universitatea Tehnică din București, România.
4. **CANTEMIR Lorin**, doctor inginer, prof. univ. Membru corespondent al Academiei de Științe Române.
5. **GUȚU Aurel**, doctor în științe tehnice, conferențiar universitar, UASM
6. **LEU Vasile**, doctor în științe tehnice, Director General Interimar, SA Termoelectrica.
7. **CEREMPEI Valerian** , doctor habilitat în științe tehnice, conferențiar universitar, UASM

Susținerea tezei va avea loc la **30.11.2022** ora **13<sup>00</sup>** în ședința Comisiei de doctorat pe adresa: MD-2049, mun.. Chișinău,UTM, str. Mircești 56, etajul 3, sala 318.

Teza de doctor și rezumatul pot fi consultate pe site UTM și pe pagina web a ANACEC din Republica Moldova ([www.anacec.md](http://www.anacec.md)).

Rezumatul a fost expediat la 2022.

**Președintele Comisiei de doctorat**

doctor habilitat în științe tehnice, profesor universitar

**MARIAN Grigore,**

**Conducător științific**

doctor habilitat în științe tehnice, profesor universitar

**VOLCONOVICI Liviu**

**Autor**

**SLIPENCHI Victorin**

© **SLIPENCHI Victorin, 2022**

## CUPRINS

|   |    |
|---|----|
| REPERE CONCEPTUALE ALE CERCETĂRII.....  |    |
| CONȚINUTUL TEZEI.....   | 8  |
| 1. STUDIUL ACTUAL ȘI TENDINȚELE DE DEZVOLTARE A PROCESELOR<br>TEHNOLOGICE ȘI ECHIPAMENTELOR PENTRU PRELUCRAREA PRIMARĂ A<br>LAPTELUI CU UTILIZAREA FRIGULUI NATURAL ȘI ARTIFICIAL.....  | 8  |
| 2. METODOLOGIA DE CALCUL ȘI METODE DE FORMARE A PROCESELOR<br>TEHNOLOGICE AUTOMATIZATE CU CONSUM REDUS DE ENERGIE<br>ELECTRICĂ LA PRELUCRAREA PRIMARĂ A LAPTELUI CU FUNDAMENTAREA<br>PARAMETRILOR.....                          | 10 |
| 3. MODELE MATEMATICE ȘI METODE DE CALCUL A PROCESELOR<br>TEHNOLOGICE DE RĂCIRE A LAPTELUI CU UTILIZAREA FRIGULUI NATURAL<br>ȘI ARTIFICIAL.....  | 13 |
| 4. STUDIU REGIMURILOR DINAMICE, ENERGETICE SI DE AUTOMATIZARE<br>ALE ECHIPAMENTELOR LINIILOR PENTRU PRELUCRAREA PRIMARĂ A<br>LAPTELUI CU UTILIZAREA FRIGULUI NATURAL ȘI ARTIFICIAL ( PE<br>EXEMPLUL REGIUNII DE NORD A RM)..... | 19 |
| CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI.....  | 7  |
| BIBLIOGRAFIE.....   | 31 |
| LISTA PUBLICAȚIILOR AUTORULUI LA TEMA TEZEI.....  | 3  |
| ADNOTARE .....  | 37 |
| АННОТАЦИЯ.....  | 38 |
| ANNOTATION .....  | 39 |

## REPERE CONCEPTUALE ALE CERCETĂRII

### **Actualitatea și importanța problemei abordate.**

Din cauza nivelului tehnologic scăzut al majorității fermelor și a lipsei de echipamente moderne pentru prelucrarea laptelui, calitatea laptelui prelucrat în unele cazuri este încă sub nivel. În același timp, consumul de energie electrică la răcirea 1 t de lapte este esențial și constituie în medie 20 ... 25 kWh, iar durata gestionării de către operator a procesului de prelucrare este de peste 2500 ore pe an. Totodată au fost înregistrate pierderi de grăsime din lapte în timpul prelucrării laptelui în ferme.

Cerințele tehnice, ce sunt în continuă creștere față de echipamentele electrice, complexitatea și varietatea sistemelor și proceselor tehnologice automatizate, necesită elaborarea unei baze metodologice pentru sinteza sistemelor unificate, dezvoltarea metodelor practice pentru justificarea și formarea acestor sisteme, luând în considerare, pe cât e posibil, complexitatea și caracteristicile obiectului de dirijare. Prin urmare, cercetările științifice care vizează elaborarea și dezvoltarea bazei teoretice, metodelor pentru elaborarea de noi tehnologii eficiente de economie a energiei, mijloacelor tehnice și sistemului electrificat unificat, ce oferă o intensificare a procesului tehnologic de prelucrare a laptelui în ferme, sunt relevante și au un rol important în economia națională.

**Scopul lucrării** constă în elaborarea metodologiei, metodelor de calcul și modelelor matematice a proceselor de răcire a laptelui și de acumulare a frigului natural și artificial pentru fundamentarea regimurilor de funcționare și parametrilor sistemului cu consum redus de energie electrică cu utilizarea instalațiilor sezoniere ecologice și combinate pe tot parcursul anului.

### **Obiectivele cercetării:**

- studiul actual și tendințele de dezvoltare a proceselor tehnologice și echipamentelor pentru prelucrarea primară a laptelui
- elaborarea metodologiei de calcul și metodelor de formare și organizare structural- funcțională a proceselor tehnologice automatizate cu consum redus de energie electrică la prelucrarea primară a laptelui cu argumentarea parametrilor
- elaborarea modelelor matematice și metodelor de calcul a proceselor de răcire a laptelui în răcitoare capacitive și în flux, precum și de acumulare a frigului natural și artificial în regimuri de amestec și neamestec a agentului frigorific din acumulatele cu frig.
- studiu regimurilor dinamice, energetice și de automatizare a echipamentelor liniilor pentru prelucrarea primară a laptelui cu utilizarea frigului natural și artificial.
- elaborarea și implementarea instalațiilor automatizate combinate cu frig natural și artificial cu utilizarea grafurilor automate, determinarea duratei de utilizare a frigului natural în perioada rece a anului pentru regiunea de nord a RM.
- elaborarea metodei și algoritmului pentru identificarea utilajului de control al sistemului pentru prelucrarea laptelui, al cărui refuz de funcționare duce la cele mai esențiale situații de avarie și evaluarea lor prin determinarea daunelor tehnologice.

### **Ipoteza de cercetare.**

În baza dezvoltării tehnologiilor de economisire a energiei, a mijloacelor tehnice și a unui sistem electrificat de linii tehnologice pentru prelucrarea laptelui este propusă metodologia, în conformitate cu care liniile sunt considerate ca un singur obiect complex de interacțiune a mai multor elemente - factori tehnologici, energetici, operaționali, care influențează calitatea laptelui și indicatorii tehnici, economici și de fiabilitate.

Au fost dezvoltate bazele științifice, metodologice, modelele matematice și metodele practice pentru prelucrarea laptelui, oferind o intensificare a procesului de prelucrare a laptelui în ferme, îmbunătățind în același timp calitatea acestuia și caracteristicile energetice, de mediu și operaționale.

**Sinteza metodologiei de cercetare** constă în elaborarea metodologiei, metodelor de calcul și modelelor matematice a proceselor de răcire a laptelui și de acumulare a frigului natural și artificial pentru fundamentarea regimurilor de funcționare și parametrilor sistemului cu consum redus de energie electrică cu utilizarea instalațiilor sezoniere ecologice și combinate pe tot parcursul anului.

Totodată metodologia de cercetare include :

- cercetarea regimurilor dinamice, energetice și de automatizare a echipamentelor liniilor pentru prelucrarea primară a laptelui cu utilizarea frigului natural și artificial.

- elaborarea și implementarea instalațiilor automatizate combinate cu frig natural și artificial cu utilizarea grafurilor automate și determinarea duratei de utilizare a frigului natural în perioada rece a anului pentru regiunea de nord a RM.

### **Sumarul capitolelor tezei**

**Capitolul 1** include studiul actual și tendințele de dezvoltare a proceselor tehnologice și echipamentelor pentru prelucrarea primară a laptelui cu utilizarea frigului natural și artificial. Sunt analizate particularitățile condițiilor meteo-climatice la nordul RM, studiate echipamentele electrice, caracteristicile liniilor tehnologice și tendințele de dezvoltare a proceselor tehnologice automatizate pentru prelucrarea primară a laptelui. Sunt formulate scopul și obiectivele cercetării.

**În capitolul 2** s-a elaborat metodologia de calcul și metode de formare a proceselor tehnologice automatizate cu consum redus de energie electrică la prelucrarea primară a laptelui cu fundamentarea parametrilor

**În capitolul 3** sunt elaborate modele matematice și metode de calcul a proceselor tehnologice de răcire a laptelui cu utilizarea frigului natural și artificial. Au fost elaborate metode matematice a procesului de răcire a laptelui în răcitoare în flux și răcitoare capacitive cu amestecarea și neamestecarea agentului frigorific în acumuloarele cu frig natural și artificial. A fost propus modelul matematic și metoda de calcul a procesului de acumulare a frigului natural și artificial în acumulatorul cu frig.

**În capitolul 4** este efectuată cercetarea regimurilor dinamice, energetice și de automatizare a echipamentelor liniilor pentru prelucrarea primară a laptelui cu utilizarea frigului natural și artificial (pe exemplul regiunii de nord a RM). Au fost elaborate schemele structural-funcționale, grafurile automate și algoritmele de funcționare a instalațiilor sezoniere ecologice și instalațiilor combinate pe anul întreg. Sunt prezentate rezultatele evaluării indicilor de exploatare, tehnologici și energetici. Totodată a fost determinată durata de utilizare a instalațiilor sezoniere cu frig natural în perioada rece a anului la nordul RM.

#### **Implementarea rezultatelor științifice**

Rezultatele cercetărilor au fost implementate la ferma din s. Corbușeni și la ferma UASM. Componenta teoretică a cercetării este implementată în cadrul proiectului 20.80009.5107.04 „Adaptarea tehnologiilor durabile și ecologice de producere și păstrare a produselor agricole” pe perioada 2020-2023. Abordarea teoretică a cercetărilor efectuate se utilizează în cursurile de prelegeri și lecții practice „Surse regenerabile de energie în sectorul agrar” și „Proiectarea sistemelor de electrificare în sectorul agrar” respectiv pentru studenții anului 3 și 4, precum și în cursul de prelegeri și lecții practice la masterat “Automatizarea proceselor tehnologice în sectorul agrar” a FIATA din cadrul UASM. Rezultatele cercetărilor au fost publicate în 2 monografii utile pentru specialiștii din domeniul eficienței energetice în sectorul agrar.

**Aprobarea rezultatelor** obținute și a valorii teoretice și practice a lucrării au fost discutate și aprobate în cadrul a 9 conferințe naționale și internaționale și la 4 seminare științifice a UASM. Principalele rezultate ale tezei sunt prezentate în 33 de publicații, inclusiv în 2 monografii,

Rezultatele principale ale cercetării au fost prezentate, discutate și aprobate în dările de seamă anuale în cadrul ședințelor extinse a departamentului „Electrificarea Agriculturii, Mecanică și Bazele Proiectării” a Facultății de Inginerie Agrară și Transport Auto al UASM, 2018 - 2021.

Materialele expuse în teză au fost prezentate în cadrul următoarelor manifestări științifice: Simpozionului Științifico-Practic Internațional „Realizări și perspective în Inginerie Agrară și Transport Auto” Volumul 45. 2015. Chișinău, Republica Moldova; 7-й Международной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Москва : ВИАЭСХ, (РИНЦ), 2017. 1 (22)/2017; Conferința Internațională ENERGETICA MOLDOVEI-2016 Aspecte regionale de dezvoltare Ediția III. . Chișinău, Republica Moldova : ASM, 29 septembrie-01 octombrie 2016; Simpozionului Științific Internațional „Realizări și perspective în Ingineria Agrară și Transport Auto”, dedicat aniversării a 85 de ani de la fondarea Universității Agrare de Stat din Moldova Chișinău 2018; Conferința științifică a studenților și masteranzilor,

ediția 73 Universitatea Agrară de Stat din Moldova Chișinău 2020 Международная научно-техническая конференция «Доктрина продовольственной безопасности России: холодильные технологии как основа хранения сельскохозяйственной продукции» 29 июня 2020 года. МГУТУ имени К. Г. Разумовского, Москва, Россия; Conferința științifică a studenților și masteranzilor, ediția 74 Universitatea Agrară de Stat din Moldova Chișinău 2021; Simpozionul "Reglementarea utilizării resurselor naturale: realizări și perspective" Dedicat aniversării a 70 ani de la fondarea Facultății Cadastru și Drept octombrie 2021; Conferința științifică a studenților și masteranzilor, ediția 75 Universitatea Agrară de Stat din Moldova Chișinău 2022.

Cele mai relevante rezultate ale tezei au fost prezentate în revistele naționale „Știința agricolă”, a UASM (2017-2021), și „Journal of Engineering Science” a UTM (2020) și revista internațională, “EMERG - Energy. Environment. Efficiency. Resources. Globalization”, Editura AGIR, Romania (2020).

Rezultatele cercetărilor pentru anii 2020-2022 din cadrul proiectului „Adaptarea tehnologiilor durabile și ecologice de producere și păstrare a produselor alimentare sub aspect cantitativ și calitativ în funcție de integritatea sistemii de cultură și schimbărilor climatice”, au fost discutate și aprobate la ședințele senatului UASM.

Rezultatele principale ale cercetărilor științifice au fost publicate în monografia ”Возобновляемые источники энергии: состояние, ближайшая перспектива, технология и электрооборудование”, Chisinau Editura “Tehnica-Info” 2009 și în monografia „Применение холода для охлаждения молока и хранения плодоовощной продукции”, UASM, Chișinău 2019.

**Publicații la tema tezei.** Rezultatele cercetărilor sunt reflectate în 33 de lucrări științifice, inclusiv 2 monografii, 8 articole în reviste internaționale și 23 articole în reviste naționale.

**Volumul și structura tezei** constă din introducere, 4 capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografie cu 125 titluri, 6 anexe, 142 pagini de text de bază, 71 de figuri, 30 tabele, 127 formule.

**Cuvinte-cheie:** linie tehnologică, instalație cu frig natural și artificial, răcirea laptelui, modele matematice, metode de calcul, algoritm de funcționare, grafuri automate.

## CONȚINUTUL TEZEI

În **Introducere** sunt definite actualitatea și tema tezei, scopul și obiectivele lucrării, noutatea științifică, importanța teoretică și valoarea aplicativă a lucrării, principalele rezultate ale lucrării, implementarea rezultatelor și aprobarea acestora.

### 1. STUDIUL ACTUAL ȘI TENDINȚELE DE DEZVOLTARE A PROCESELOR TEHNOLOGICE ȘI ECHIPAMENTELOR PENTRU PRELUCRAREA PRIMARĂ A LAPTELUI CU UTILIZAREA FRIGULUI NATURAL ȘI ARTIFICIAL.

Capitolul I include:

- particularitățile condițiilor meteo – climatice la nordul RM.
- studiul actual și tendințele de dezvoltare a proceselor tehnologice automatizate și a mijloacelor tehnice ale liniilor de prelucrare primară a laptelui în ferme.
- studiul analitic a echipamentelor electrice ale liniilor tehnologice pentru prelucrarea laptelui și modalitățile de îmbunătățire a acestora
- caracteristicile liniilor tehnologice automatizate pentru prelucrarea laptelui ca obiecte de dirijare
- studiu influenței regimurilor de funcționare a utilajului electric asupra indicatorilor de calitate a laptelui prelucrat.
- Potrivit celui de al Cincilea Raport a Comisiei Interguvernamentale pentru Schimbări Climatice , temperatura medie a aerului la suprafața terestră a crescut în decursul ultimilor 130 de ani cu 0,9°C, iar pe continentul european aceasta este și mai semnificativă, însumând valori de peste 1°C. Fiecare dintre ultimele trei decenii au fost în mod succesiv mai calde decât precedentele, iar primul deceniu a secolului XXI a fost cel mai cald din seria observațiilor instrumentate.[1]

În aspect regional, temperatura medie la fel a suferit modificări esențiale. Astfel în partea de nord a RM aceasta constituie 9.1°C (Briceni), în timp ce în partea de sud (Cahul) ea atinge valoarea de 11.1°C Schimbările climatice actuale, însă, influențează semnificativ durata perioadei reci a anului. Conform Fig. 1. numărul zilelor cu temperaturi diurne sub 0°C pe teritoriul descrește și constituie în mediu 77-79 zile fata de perioadele anterioare cercetate când durata iernii varia în limitele 95 - 105 zile la nord, 80-95 zile în centru, 75 - 85 zile la sud [1]

Evoluția temperaturilor maxime ,medii si minime. ale aerului atmosferic pentru anii 2011-2020 pentru mun. Bălți sunt prezentate în capitolul 4, Fig.4.9 din teză. Analogic au fost obținute evoluțiile temperaturilor aerului atmosferic pentru or. Briceni și or. Soroca.

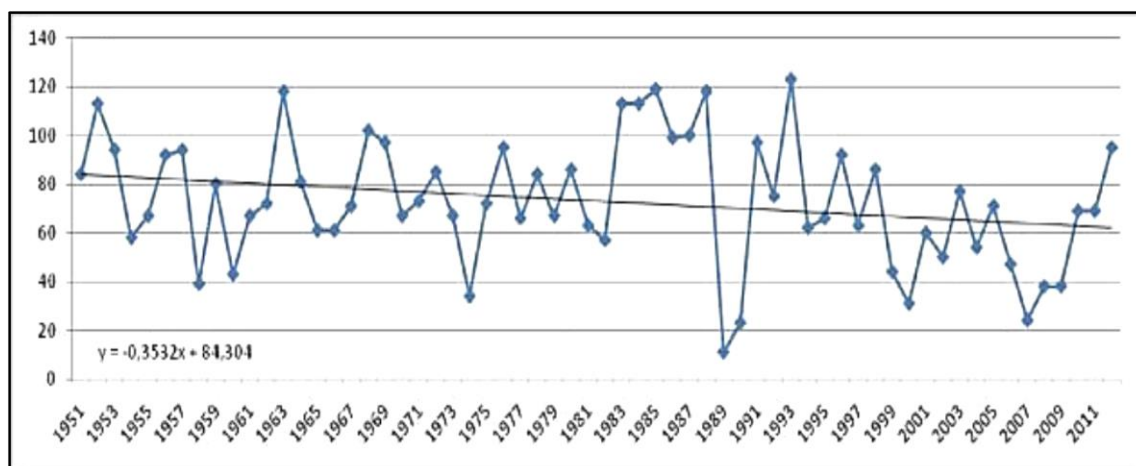
S-a stabilit:

-pentru mun.Bălți numărul de zile cu temperatura aerului atmosferic  $t \leq 0^{\circ}\text{C}$  pe durata de 10 ani variază de la 45 zile până la 116 zile.



-pentru or.Briceni numărul de zile cu  $t \leq 0^{\circ}\text{C}$  pe durata de 10 ani variază de la 58 zile până la 104 zile,  $\Delta T = 46$  zile;

-pentru or.Soroca numărul de zile cu  $t \leq 0^{\circ}\text{C}$  pe durata de 10 ani variază de la 67 zile până la 99 zile,  $\Delta T = 32$  zile;



**Fig. 1. Numărul de zile cu temperaturi diurne  $\leq 0^{\circ}\text{C}$  (nr. de zile, st. Bălți) [1]**

- Liniile tehnologice existente pentru prelucrarea laptelui în ferme nu îndeplinesc complexul de cerințe funcționale, energetice, de mediu, tehnice și economice. Echipamentul utilizat are o suprafață mare de contact cu mediul înconjurător. Un exemplu de astfel de echipamente este cântarul SMI-500 cu rezervor de colectare a laptelui BM-1000. Toate acestea au rezervoare deschise pentru colectarea și cântărirea laptelui. Sistemul de depozitare și evidența a laptelui este învechit și ar trebui înlocuit cu contoare moderne. Răcirea laptelui la  $10^{\circ}\text{C}$  menține stabilitatea bacteriologică timp de 5 ... 6 ore, iar până la  $4... 6^{\circ}\text{C}$  - peste 24 de ore [ 2 ].

Utilizarea celor mai noi tehnologii și mijloace tehnice modifică semnificativ structura liniilor tehnologice, modurile lor de funcționare și metodele de control al acestora, ceea ce duce la o complicație semnificativă a algoritmilor de control al procesului de prelucrare a laptelui și în consecință a sistemelor de automatizare. Unitățile individuale, cum ar fi un sistem de control al pompei pentru direcționarea laptelui, agentului frigorific și unitățile de control pentru dispozitivele de amestecare a laptelui în procesul de depozitare necesită o frecvență mare de comutare. În acest sens, este necesar să se treacă la o nouă bază de elemente cu indicatori de fiabilitate ridicată.

Liniile automatizate de prelucrare a laptelui cu consum redus de energie electrică care îndeplinesc cerințele moderne au devenit obiecte multifactoriale complexe. Prin urmare, metodele tradiționale de cercetare, aplicabile sistemelor relativ simple, în acest caz sunt ineficiente [3]. În evoluțiile științifice, noile metode de cercetare care utilizează tehnologii computerizate, realizările moderne în matematică și electronică sunt slab utilizate. De regulă, cercetarea se limitează la luarea în considerare a

modelelor simplificate cu doi factori, ceea ce nu face posibilă utilizarea sistemelor automate moderne cu conexiuni complexe. Rezultatele lucrării vor permite cercetătorilor să stăpânească metodele de modelare matematică a sistemelor complexe și metodele de cercetare și optimizare a proceselor multifactoriale, necesare pentru studiu și modelarea proceselor tehnologice moderne de economie a energiei la prelucrarea laptelui.

- În prezent, liniile tehnologice pentru prelucrarea laptelui sunt echipate cu un număr mare de rezervoare intermediare de colectare și reglare (RCR). Dispozitivele existente pentru evidența și controlul fluxurilor de lapte nu îndeplinesc cerințele necesare la prelucrarea primară a laptelui. Cântarele de lapte SMI-500 cu o capacitate de BM-1000, utilizate în unele ferme „rup” fluxul procesului. Capacitatea totală a liniei este cu 30% mai mare decât volumele necesare pentru plasarea și stocarea producției zilnice de lapte  $M_z$  în ferme [4]. Aceasta mărește suprafața de contact a laptelui cu suprafața echipamentelor lactate  $S_{ec}$  și a aerului  $S_a$ , ceea ce afectează valorile calitative a grăsimii laptelui, deoarece o cantitate semnificativă de grăsime din lapte se așază pe pereții echipamentelor lactate a RCR. [5.6]

- Astfel, utilizarea dispozitivelor pentru control și reglare pentru evidența și pomparea laptelui face posibilă reducerea de 6 ori a capacității totale a RCR, de 1,3 și 12,1 ori permite de a reduce suprafața de contact a laptelui cu utilajul tehnologic ale liniei și aerul înconjurător [5]. Totodată permite de a reduce contaminarea bacteriana a laptelui de la 347 până la 299 mii b/ml [6], reducerea suprafețelor de producție necesare și a consumului de metal al utilajului tehnologic până la 30%. Utilizarea dispozitivelor pentru control și reglare a fluxurilor de lapte în locul celor nereglabile face posibilă excluderea RCR din procesul tehnologic de prelucrare a laptelui și asigură prelucrarea acestuia într-un flux închis cu reducerea a 50% a timpului de lucru a operatorului.[7]

## **2.METODOLOGIA DE CALCUL ȘI METODE DE FORMARE A PROCESELOR TEHNOLOGICE AUTOMATIZATE CU CONSUM REDUS DE ENERGIE ELECTRICĂ LA PRELUCRAREA PRIMARĂ A LAPTELUI CU FUNDAMENTAREA PARAMETRILOR**

Capitolul II include:

- metoda de formare a proceselor tehnologice automatizate cu consum redus de energie electrică la prelucrarea laptelui cu utilizarea frigului natural și artificial.
- formarea liniilor tehnologice automatizate cu consum redus de energie electrică pentru prelucrarea laptelui la ferme.
- metodologia de calcul și fundamentarea parametrilor sistemului cu consum redus de energie electrică de răcire a laptelui cu utilizarea instalațiilor de acțiune sezonieră.
- metodologia de calcul și fundamentarea parametrilor sistemului cu consum redus de energie electrică de răcire a laptelui cu utilizarea instalațiilor de acțiune combinată pe anul întreg.

În metodele științifice utilizate în prezent de analiză a funcționării liniile tehnologice de regulă, sunt examinate în mod autonom, în afara oricărei conexiuni cu sistemele care interacționează cu acestea. În studiul relațiilor mecanice și energetice, influența mediului poate fi neglijată. Cu toate acestea, la studierea sistemului, luând în considerare efectul echipamentului tehnologic și al mediului asupra indicatorilor de calitate al laptelui prelucrat, asupra caracteristicilor procesului tehnologic, este necesară o abordare sistematică, metode noi de cercetare științifică, care să permită aprecierea relațiilor complexe între procesele tehnologice de prelucrare, mijloacele tehnice și mediul înconjurător.

Atunci când se elaborează procesele tehnologice automatizate cu consum redus de energie electrică pentru prelucrarea laptelui, structura sistemelor tehnologice și a sistemelor de control se schimbă semnificativ. Prin urmare, sunt necesare noi abordări metodologice care ar permite intensificarea procesului de prelucrare și ar lua în considerație toată varietatea de relații complexe dintre legăturile de linii tehnologice, inclusiv influența parametrilor echipamentelor electrice asupra indicatorilor de calitate al laptelui prelucrat, precum și cerințele energetice, de mediu și operaționale.

În conformitate cu îmbunătățirea valorile parametrilor tehnologiei și a mijloacelor tehnice de prelucrare primară a laptelui este de dorit să se efectueze în următoarele direcții:

- asigurarea prelucrării primare și transportului laptelui în fluxuri „închise” în condiții cu un număr minim de rezervoare de acumulare cu reglare, cu un contact minim cu aerul și suprafața interioară a echipamentului de prelucrare.
- elaborarea unor surse ecologice fiabile cu consum redus de energie electrică a sistemelor cu frig natural și artificial de răcire a laptelui și a sistemelor de răcire relativ „ieftine” datorită utilizării acestor surse.
- mărirea nivelului de automatizare și crearea de legături reglabile pentru prelucrarea, transportul și depozitarea produselor lactate.

Pentru a fundamenta parametrii mijloacelor tehnice și tehnologiilor cu consum redus de energie electrică și regimurilor de funcționare a acestora, inclusiv acumularea automatizată a frigului natural și artificial, a fost dezvoltată o metodă, care permite, în procesul de sinteză a sistemelor, să simplifice semnificativ calculele și evaluarea cantitativă a verigilor individuale și a liniei în ansamblu și, prin urmare să reducă esențial intensitatea muncii în căutarea soluțiilor optime.

Pentru o evaluare cantitativă a tehnologiilor cu consum redus de energie electrică, incluzând acumularea automatizată a frigului natural și artificial, este propus un sistem de indicatori care pot caracteriza verigi individuale sau o linie tehnologică în ansamblu. Metoda se bazează pe utilizarea unui sistem de indicatori unitari  $C_u$ , complecși  $C_c$  și indicatori complecși generalizați  $C_{cg}$  care

caracterizează diferite proprietăți ale sistemului studiat.

Indicatorii unitari  $C_u$  includ indicatori care variază în timpul funcționării sistemului conform unei legi aleatorii (de exemplu, temperaturile laptelui  $t_{L1}^{\circ}$ , agentului frigorific  $t_{af}^{\circ}$  și aerului ambiant  $t_0^{\circ}$ ; capacitatea de acumulare  $W_a$  etc.). În calitate de indicatori complecși  $C_c$  sunt luați indicatorii care caracterizează proprietățile energetice  $C_w$  și economice  $C_e$  ale sistemului. Indicatorul complex generalizat (ICG)  $C_{cg}$  caracterizează cantitativ nivelul tehnic absolut al sistemului ca un întreg.

Funcțiile cheie pentru care se realizează justificarea și selectarea tehnologiilor cu consum redus de energie electrică și a mijloacelor tehnice se bazează pe două criterii:  $C_w$  energetic și  $C_e$  economic.

$$C_w = C_{cg} \rightarrow \min, \text{ unde } C_u \leq C_{per} \quad (1)$$

$$C_e = C_{cg} E_v \rightarrow \min \quad (2)$$

unde  $C_{per}$  este valoarea permisă a indicatorului unitar;  $E_v$  este un coeficient care ia în considerare efectul economic real al variantei V.

Conform primului criteriu, funcția cheie este elaborată atunci când este necesar să se verifice strategia de economisire a energiei electrice selectată. Conform celui de-al doilea criteriu, funcția cheie este elaborată atunci când au fost selectate mai multe strategii pentru funcția  $C_w$  și este necesar să o alegeți pe cea mai eficientă.

În scopul formării liniilor tehnologice automatizate cu consum redus de energie electrică și pentru o combinație rațională a utilizării frigului natural și artificial în diferite localități ale RM, se propune o metodă care permite fundamentarea celei mai eficiente variante a unui sistem de răcire cu consum redus de energie electrică, în funcție de varianta de completare a liniei cu utilaj (cu mijloace tehnice) și temperatura medie a aerului atmosferic în timpul rece a anului  $\Delta^{\circ}\text{C}$  în zona de amplasare a obiectului. Nomograma este reprezentată grafic în coordonatele  $C_w - n - \Delta^{\circ}\text{C}$ , unde  $n$  este o valoare discretă a opțiunii de completare a liniei cu utilaj; Gradul de utilizare a potențialului frigului natural și combinația optimă de frig pentru natural și artificial în liniile tehnologice în ciclurile unei zi și anuale sunt determinate folosind modulul de economisire a energiei electrice  $C_w$

$$C_w = Q_{fa} / Q_{fn}, \quad (3)$$

unde  $Q_{fa}$ ,  $Q_{fn}$  este capacitatea de răcire a sursei artificiale și respectiv a sursei naturale de frig, kW.

Puterea necesară a instalației frigorifice reîncărcabile  $N_{fa}$  a sursei de frig artificial  $Q_{fa}$ , în funcție de capacitatea acumulatorilor de frig natural și artificial  $V_{acf}$ , este determinată din nomograma dezvoltată [2], elaborată în coordonatele  $Q_{fa} - N_{fa} - V_{acf}$ , unde  $N_{fa}$  - puterea instalată a utilajului electric al instalației frigorifice, kW;  $V_{acf}$  este capacitatea acumulatorului de frig natural și artificial,  $\text{m}^3$ .

Descrierea matematică a organizării funcțional-structurale a sistemului se bazează pe

arborele generalizat al funcțiilor [8] (Tabelul 2.1 din teză) și pe structura liniilor tehnologice automatizate cu consum redus de energie electrică pentru prelucrarea laptelui (Tabelul 2.2 din teză), luând în considerare opțiunile pentru completarea mijloacelor tehnice (Tabelul 2.3 din teză) și a schemelor standard existente. Ca rezultat, s-au format principalele versiuni standard ale liniilor tehnologice automatizate cu consum redus de energie electrică pentru diferite ferme care variază în ceea ce privește efectivele de animale și productivitatea lor, tehnologia adoptată, precum și soluțiile arhitecturale și de planificare (Fig. 2.7 ... 2.13 din teză). Aceste variante sunt o modificare a bine-cunoscutei variante standard [9,10], la care se adaugă noi module (verigi), inclusiv care folosesc frig natural. Un set unificat de utilaje electrice pentru astfel de linii va permite acoperirea tuturor varietăților posibile și a multor opțiuni tehnologice pentru utilajele care sunt utilizate în RM [11,12].

Conform metodologiei propuse, pentru a verifica principalele prevederi, s-a realizat elaborarea unor procese tehnologice automatizate cu consum redus de energie electrică de prelucrare a laptelui. Pentru a evalua nivelul tehnic și a selecta variantele optime pentru execuția liniilor tehnologice, a fost determinat un set de indicatori unitari, complecși, și generalizatori complecși pentru verigile cu consum redus de energie electrică și verigile de evidență a laptelui.

S-a stabilit că utilizarea instalațiilor de acțiune sezonieră (IAS) este recomandabilă dacă temperatura agentului frigorific din acumulator nu depășește 4 °C. Capacitatea de acumulare a IAS trebuie să asigure răcirea laptelui de la prima mulsură. Timpul dintre mulsurile ar trebui să fie suficient pentru a încărca acumulatorul de frig natural (AFN). Capacitatea rezervorului determină capacitatea de acumulare a IAS.

Sistemul de răcire a laptelui care utilizează instalații de acțiune combinată (IAC) prevede utilizarea atât a frigului natural, cât și a celui artificial, generat de o instalație frigorifică reîncărcabilă (IF).

În sezonul rece, instalația funcționează ca o IAS. În sezonul cald al anului, IF răcește agentul din acumulatorul cu frig AF, care apoi este utilizat pentru răcirea laptelui. Ca IF poate fi folosită cea staționar, care este în funcțiune la fermă, cât și cea reîncărcabilă, cu o capacitate de răcire inclusiv noaptea folosind un tarif preferențial la energia electrică. Conectarea și deconectarea IF se efectuează printr-o comandă de timp sau printr-o comandă de la senzorii de temperatură ai agentului frigorific din acumulatorul combinat. Puterea necesară a IF depinde de regimul de funcționare al acestuia împreună cu AF

Tehnologia de răcire nu necesită schimbarea schemelor și echipamentelor existente utilizate pentru răcirea laptelui.

Pe baza analizei efectuate s-a propus metoda de determinare a caracteristicilor tehnice și energetice ale unei linii cu consum redus de energie electrică.

### 3. MODELE MATEMATICE ȘI METODE DE CALCUL A PROCESELOR TEHNOLOGICE DE RĂCIRE A LAPTELUI CU UTILIZAREA FRIGULUI NATURAL ȘI ARTIFICIAL.

Capitolul III include:

- regimurile de răcire a laptelui și acumularea frigului natural și artificial. Cerințe tehnologice și restricții.
- modelul matematic și metoda de calcul a procesului de răcire a laptelui într-un răcitor în flux cu amestecarea și fără amestecarea agentului frigorific în acumulatorul de frig.
- modelul matematic și metoda de calcul a procesului de răcire a laptelui într-un răcitor capacitiv cu amestecarea și fără amestecarea agentului frigorific în acumulatorul de frig.
- modelul matematic și metoda de calcul a procesului de acumulare de frig natural și artificial în acumulatorul de frig.

Pentru a justifica parametrii și regimurile de funcționare eficiente ale unui sistem de răcire cu consum redus de energie electrică cu IAS și IAC, au fost cercetate două regimuri principale:

- regimul de răcire a laptelui folosind acumulatori cu frig natural și artificial (AF)

$$C_A = f(t_{L1}^0, t_{L2}^0, t_{af1}^0, t_{af2}^0, t_o^0, q_{af}, T_r, M_L), \quad (4)$$

unde  $C_A$  este raportul dintre cantitatea de apă (agent frigorific) din acumulatorul de frig  $V_{ac}$  la cantitatea de lapte răcit  $M_L$ ;  $t_{L1}^0$  - temperatura inițială a laptelui, înainte de răcire,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{L2}^0$  - temperatura finală a laptelui, după răcire,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{af1}^0$  este temperatura agentului frigorific la intrare în răcitor sau la ieșirea din acumulatorul de frig și a evaporatorului instalației frigorifice,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{af2}^0$  este temperatura agentului frigorific la ieșirea din răcitor,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t_o^0$  - temperatura aerului atmosferic (exterior),  $^{\circ}\text{C}$ ;  $q_{af}$  este productivitatea pompei agentului frigorific AF, ( $\text{m}^3/\text{h}$ );  $T_r$  este durata de răcire a laptelui, h;  $M_L$  - cantitatea de lapte răcit,  $\text{m}^3$ ;

- regimul de acumulare a frigului natural și artificial

$$Q_S = f(t_{L1}^0, t_{L2}^0, t_{af1}^0, t_{af2}^0, t_o^0, q_{af}, T_p, T_a, M_L), \quad (5)$$

unde  $Q_S$  este capacitatea de răcire a sistemului: sau a instalației frigorifice reîncărcabile,  $\text{mii kcal/h}$ ;  $T_p$  - durata de pauză dintre mulșori, h;  $T_a$  este durata acumulării de frig, h

Pentru a elabora modele matematice ale proceselor de răcire a laptelui, acumulării de frig și analizei balanței energetice al sistemului, sunt introduse următoarele cerințe tehnologice și restricții:

1. Temperatura finală a laptelui la ieșire din răcitorul în flux după răcire  $t_{L2}^0$  diferă de temperatura apei (agentului frigorific) de la intrare

în răcitorul în flux  $t_{af1}^0$  cu  $2^{\circ}\text{C}$  [ 3 ]

$$t_{L2}^0 = t_{af1}^0 + 2. \quad (6)$$

2. Din condițiile de funcționare ale răcitorului în flux, rezultă

$$q_{af} / q_l = 3, \quad (7)$$

$q_l$  - productivitatea pompei de lapte,  $\text{m}^3/\text{h}$ ;  $q_{af}$  - productivitatea pompei agentului frigorific,  $\text{m}^3/\text{h}$ ;

3. Temperatura laptelui refrigerat  $t_{L2}$  nu trebuie să depășească  $6^{\circ}\text{C}$ .

$$t_{L2}^0 < 6^{\circ}\text{C}; \quad (8)$$

4. Durata de răcire a laptelui  $T_r$  nu trebuie să depășească 2 ore

$$T_r < 2 \text{ ore}; \quad (9)$$

5. Laptele care intră pentru răcire este pre-răcit până la  $16^{\circ}\text{C}$

$$t_{L1}^{\circ} = 16^{\circ}\text{C}; \quad (10)$$

6. Durata acumulării de frig  $T_a$  nu trebuie să depășească durata de pauză dintre mulsori  $T_p$ : pentru două mulsori - 10 ore; pentru trei mulsori - 4 ore.

$$T_a < 10 \text{ h} - \text{pentru două mulsori}, \quad (11)$$

$$T_a < 4 \text{ h} - \text{pentru trei mulsori}. \quad (12)$$

7. Neglijăm pierderea de căldură,  $\Delta Q = 0^{\circ}\text{C}$ ,

8. În primul moment al procesului de răcire a laptelui, temperatura inițială a agentului frigorific din  $t_{af1}^{\circ}$  este considerată a fi egală cu temperatura aerului atmosferic din exterior  $t_0^{\circ}$ , cu condiția că  $0 < t_0^{\circ} < 3^{\circ}\text{C}$

$$t_{af1}^{\circ} = t_0^{\circ}, \quad 0 < t_0^{\circ} < 3^{\circ}\text{C}. \quad (13)$$

9.  $C_{TL}$ ,  $C_{TA}$  - capacitățile termice specifice ale laptelui și respectiv ale apei,  $\text{kJ}/(\text{m}^3 \cdot ^{\circ}\text{C})$ , le considerăm egale  $C_{TL} = C_{TA}$ .

10. La umplerea răcitorului capacitiv la jumătate din capacitatea sa, durata de răcire  $T_r$  nu trebuie să depășească 2 ore, adică

$$T_r < 2 \text{ ore}; \quad M_L = 1,25T; \quad T_r = 3T, \quad (14)$$

unde  $T$  este durata de răcire constant,  $h$  ( $3T = 2 \text{ h}$ ,  $T = 0,67 \text{ h}$ )

11. Coeficientul de transfer al căldurii în timpul procesului de răcire este egal cu  $1,87 \text{ kcal}/\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$  [ ]

$$c = C_{TL} / T = 1,25 / 0,67 = 1,87 \text{ kcal} / \text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} \quad (15)$$

12.  $V_r$  a răcitorului capacitiv este luată conform datelor pașaportului și este egală cu  $0,25 \text{m}^3$

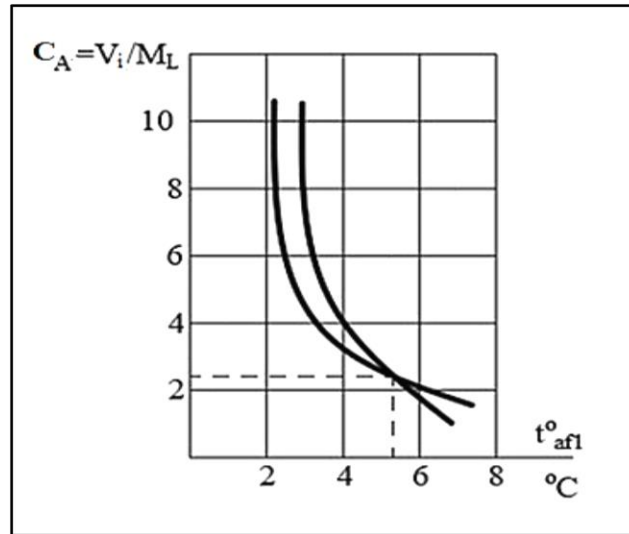
$$V_r = M_L / 5 = 0,25 \text{ m}^3 \quad (16)$$

S-a examinat procesul de răcire a laptelui într-un răcitor în flux cu amestecarea agentului frigorific în AF și modul de acumulare a frigului în AF, cu scopul de a determina cantitatea necesară de agent frigorific pentru răcirea a 1 tonă de lapte până la  $6^{\circ}\text{C}$  și capacitatea frigorifică a instalației frigorifice  $Q_{IF}$

Punctul de intersecție a celor două curbe  $C_A = f(t_{af1}^{\circ})$  și  $C_A = f(t_{af1}^{\circ})$  ( Fig. 2) este o soluție la problema dată și o variantă rațională a procesului de răcire a laptelui într-un răcitor în flux prin amestecarea agentului frigorific într-un acumulator cu frig natural.

$$C_A = \left[ \ln \left( \frac{t_{L1}^{\circ} - t_0^{\circ} - 2}{t_{L1}^{\circ} + 2t_{af1}^{\circ} - 2} \right) \right]^{-1} = \left[ \ln \left( \frac{11}{13 - t_{af1}^{\circ}} \right) \right]^{-1}, \quad (17)$$

$$C_A = \frac{V}{M_L} = \frac{t_{L1}^0 - t_{L2}^0}{t_{af1}^0 - t_0^0} = \frac{9}{t_{af1}^0 - 2}. \quad (18)$$



**Fig. 2** Dependența raportului  $C_A$  a volumului de agent frigorific din acumulatorul de frig  $V$  la cantitatea de lapte răcit  $M_L$  de temperatura agentului frigorific din acumulatorul cu frig natural  $t_{af1}^0$

Pentru două mulsori pe zi

$$Q_{af} = [M_L(t_{L1}^0 - 6)] / T_a = [10^3 (16 - 6)] / 10 = 1,0 \text{ mii kcal/h}$$

Pentru tehnologia de muls de trei ori

$$Q_{af} = [M_L(t_{L1}^0 - 6)] / T_a = [10^3 (16 - 6)] / 4 = 2,5 \text{ mii kcal/h}$$

Astfel, în comparație cu metoda tradițională de răcire a laptelui, acumularea artificială de frig în pauzele dintre mulsuri face posibilă reducerea capacității de răcire a instalației frigorifice de 5 ori în cazul a două mulsori și de 2 ori în cazul a trei mulsori pe zi.

Dacă de utilizat efectiv rezerva de frig în lapte suprarăcit  $t_{L2}^0 = 4 \dots 6^\circ\text{C}$  (aproximativ  $2^\circ\text{C}$ ), se poate de adăugat lapte încălzit cu  $t_{L1}^0 = 16^\circ\text{C}$  și astfel de obținut lapte cu  $t_{L2}^0 = 6^\circ\text{C}$ . În acest caz, temperatura agentului frigorific din AF va crește mai mult de  $4^\circ\text{C}$ . Din aceste condiții, este posibil să se determine productivitatea pompei agentului frigorific  $q_{af}$ , care asigură regimul optim de acumulare de frig de la instalația frigorifică (regimul de reîncărcare a AF)

$$q_{af} = \frac{C_A \cdot M_L}{4} \cdot \ln \frac{t_{sr}^0 - 2}{t_{sa}^0 - 2}, \quad (19)$$

unde  $q_{af}$  este productivitatea pompei agentului frigorific în regim de acumulare de frig de la instalația frigorifică sau productivitatea pompei agentului frigorific a instalației frigorifice, ( $\text{m}^3/\text{h}$ );  $t_{sr}^0$  este temperatura agentului frigorific în AF la sfârșitul răcirii laptelui,  $^\circ\text{C}$ ;  $t_{sa}^0$  - temperatura agentului frigorific la sfârșitul acumulării,  $^\circ\text{C}$ .

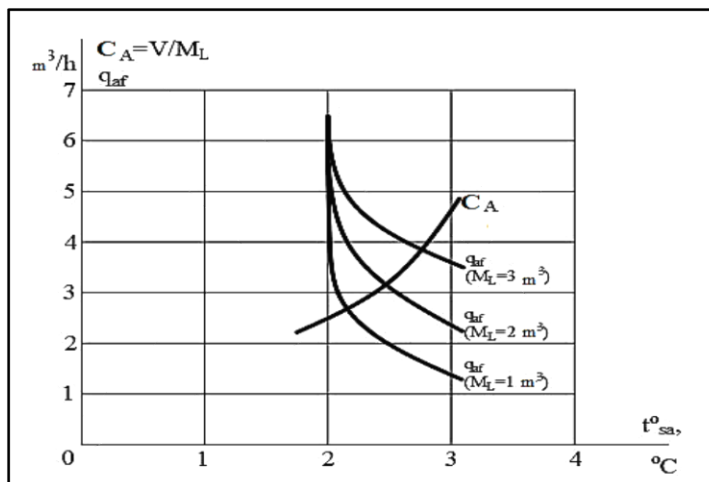
La  $t_{L1}^0 = 16^\circ\text{C}$  și  $t_{L2}^0 = 6^\circ\text{C}$ , obținem

$$C_A = [\ln \frac{t_{L1}^0 - t_{sa}^0 - 2}{t_{L1}^0 - t_{sr}^0 - 2}]^{-1} = [\ln \frac{14 - t_{sa}^0}{14 - t_{sr}^0}]^{-1}, \quad (20)$$

$$C_{A1} = \frac{V}{M_L} = \frac{t_{L1}^0 - t_{L2}^0}{t_{sr}^0 - t_{sa}^0} = \frac{10}{t_{sr}^0 - t_{sa}^0}. \quad (21)$$



Setând temperatura agentului frigorific la sfârșitul acumulării  $t_{sa}^{\circ}$ , este posibil să se determine valoarea  $t_{sr}^{\circ}$  la care  $C_A = C_{A1}$ , rezultatele calculului sunt prezentate în Fig. 3. care ne arată dependențele  $C_A = f(t_{sa}^{\circ})$  și  $q_{af} = f(t_{sa}^{\circ})$  pentru diferite valori ale laptelui prelucrat  $M_L$ .



**Fig. 3. Dependența productivității pompelor agentului frigorific  $q_{af}$  și  $C_A$  a raportului volumului agentului frigorific în acumulator  $V$  la cantitatea de lapte răcit  $M_L$  de temperatura finală a agentului frigorific în timpul acumulării de frig  $t_{sa}^{\circ}$**

După cum se vede din grafic, cu o creștere a valorii temperaturii de acumulare  $t_{sa}^{\circ}$ , productivitatea pompei agentului frigorific  $q_{af}$  scade exponențial, iar raportul  $C_A$  crește. Dacă plecăm de la condiția că  $q_{af} = C_A$ , atunci punctele de intersecție ale curbelor sunt opțiunea optimă pentru alegerea parametrilor pompei agentului frigorific și a temperaturii finale a agentului frigorific în timpul acumulării de frig  $t_{sa}^{\circ}$  în timpul  $T_a$ .

Astfel, odată cu amestecarea a agentului frigorific în AF, utilizarea efectivă a rezervei de frig în laptele suprarăcit permite reducerea raportului dintre volumul agentului frigorific și cantitatea de lapte răcit de 2,1 ori și productivitatea pompei agentului frigorific  $q_{af}$  de 1,4 ... 1,7 ori în comparație cu metoda de răcire a laptelui, când nu se folosește rezerva de frig din laptele suprarăcit.

S-a analizat procesul de răcire a laptelui într-un răcitor în flux cu răcirea în regim de neamestec a agentului frigorific în AF pentru a determina cantitatea necesară de agent frigorific pentru răcirea a 1 tonă de lapte până la  $6^{\circ}\text{C}$  și capacitatea frigorifică a instalației frigorifice  $Q_{IF}$

În regim de neamestec a agentului frigorific în AF în timpul răcirii laptelui cu un agent frigorific care are  $t_{af1} = 2..4^{\circ}\text{C}$ , temperatura laptelui răcit va fi sub  $6^{\circ}\text{C}$  ( $t_{L2} < 6^{\circ}\text{C}$ ), deoarece o parte din frig va dispărea odată cu laptele răcit. Pentru utilizarea optimă a rezervei de frig și asigurarea răcirii laptelui până la  $6^{\circ}\text{C}$  ( $t_{L2} = 6^{\circ}\text{C}$ ), raportul dintre cantitatea de agent frigorific  $V$  și cantitatea de lapte răcit  $M_L$  trebuie să fie egal cu

$$C_A = \frac{V}{M_L} = \frac{t_{L1}^{\circ} - 6^{\circ}\text{C}}{t_{L1}^{\circ} - t_{L2}^{\circ}} = \frac{3 \cdot (t_{L1}^{\circ} - 6^{\circ}\text{C})}{t_{L1}^{\circ} - t_{af1}^{\circ} - 2} \quad (22)$$

Astăzi, luând în considerație cerințele tehnologice și constrângerile adoptate anterior obținem

$$C_A = \frac{V}{M_L} = \frac{3 \cdot (t_{L1}^0 - 6^\circ\text{C})}{t_{L1}^0 - t_{af1}^0 - 2} = \frac{3 \cdot (16-6)}{16-2-2} = 2,5, \quad 23$$

$$t_{af2}^0 = (t_{L1}^0 + 2 t_0^0 - 2) / 3 = 6,0^\circ\text{C}, \quad 24$$

$$q_{af} = V / T_a = (C_A \cdot M_L) / T_a = (2,45 M_L) / 4 = 0,63 M_L \quad 25$$

În Fig. 4 din teză este prezentată dependența  $C_A = f(t_{af1})$  obținută în condițiile de limită

Astfel, raportul necesar a volumului de agent frigorific la cantitatea de lapte răcit  $C_A$  pentru răcirea 1 tonă de lapte până la  $6^\circ\text{C}$  va fi de 2,46, la  $t_0^0 = 2^\circ\text{C}$ . Temperatura agentului frigorific din AF la sfârșitul procesului de răcire va fi  $t_{af2}^0 = 6,0^\circ\text{C}$ . Odată cu utilizarea eficientă a rezervei de frig în laptele suprarăcit, raportul dintre cantitatea de agent frigorific și cantitatea de lapte refrigerat  $C_A$  și productivitatea pompei agentului frigorific în regimul de acumulare de frig  $q_{af}$  în regim de neamestec se va reduce de 1,2 ori.

Comparativ cu regimul de amestecare a agentului frigorific în AF regimul fără de amestecare a agentului frigorific permite o reducere de 3,3 ori a productivității pompei agentului frigorific în regimul de acumulare de frig  $q_{af}$  și, în consecință, a capacității de refrigerare a instalației frigorifice

S-a examinat procesul de răcire a laptelui într-un răcitor capacitiv cu amestecarea și neamestecarea a agentului frigorific în AF și regimul de acumulare de frig în AF, pentru a determina cantitatea necesară de agent frigorific pentru răcirea a 1,25 tone de lapte până la  $6^\circ\text{C}$  și capacitatea de răcire a instalației frigorifice  $Q_{IF}$

Ca rezultat, sa constatat că pentru răcirea laptelui într-un răcitor capacitiv de la  $16^\circ\text{C}$  la  $6^\circ\text{C}$  cu amestecarea agentului frigorific în AF timp de 2 ore, raportul optim  $C_a$  dintre volumul de agent frigorific  $V$  și cantitatea de lapte răcit  $M_L$  ar trebui să fie  $C_a = 3$ , iar productivitatea pompei agentului frigorific este  $q_{af} = 4 \text{ m}^3/\text{h}$ . În acest caz, temperatura agentului frigorific trebuie să fie  $t_{af1}^0 = 2,4^\circ\text{C}$ . În regimul de acumulare a frigului de la instalația frigorifică, productivitatea pompei agentului frigorific  $q_{af}$  se reduce de 2 ori și este  $q_{af} = 2 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Capacitatea de răcire a instalației frigorifice  $Q_{IF}$  a sistemului de răcire pentru răcirea a 1 tonă de lapte pentru întregul ciclu la  $T_p = T_r = 2\text{h}$  pentru liniile standard existente va fi

$$Q_{IF} = [ M_L ( t_{L1}^0 - 6 ) ] / T_p = [ 1,25 ( 16 - 6 ) ] / 2 = 6,25 \text{ mii kcal/h}$$

Pentru sistemele de răcire care utilizează un acumulator de frig natural, capacitatea frigorifică a instalației frigorifice  $Q_{IF}$  pentru reîncărcarea sa este determinată luând în considerare cerințele tehnologice acceptate și restricțiile enunțate mai sus. Având în vedere că  $T_a < 10$  ore - pentru două mulsori pe zi,  $T_a < 4$  ore - pentru trei mulsori pe zi, respectiv, obținem:

Pentru tehnologia de două mulsori

$$Q_{IF} = [ M_L \cdot ( t_{L1}^0 - 6 ) ] / T_a = [ 1,25 \cdot ( 16 - 6 ) ] / 10 = 1,25 \text{ mii kcal/h}$$

Pentru tehnologia de trei mulsori

$$Q_{IF} = [ M_L ( t_{L1}^0 - 6 ) ] / T_a = [ 1,25 ( 15 - 6 ) ] / 4 = 3,13 \text{ mii kcal/h}$$

Astfel, în comparație cu metoda tradițională de răcire a laptelui, acumularea artificială de frig în pauzele dintre mulsuri face posibilă reducerea capacității de răcire a instalației frigorifice de cca 5 ori pentru două mulsuri și de cca 2 ori pentru trei mulsuri.

În Tabelul 1 sunt prezente caracteristicile comparative ale parametrilor acumulatorului de frig natural și artificial: raportul dintre volumul agentului frigorific și volumul de lapte răcit  $C_A$ , productivitatea pompei agentului frigorific  $q_{af}$  pentru reîncărcarea AF și temperatura de acumulare  $t_{af1}^{\circ}$ , în funcție de metoda de răcire a laptelui. Cel mai eficient este regimul fără amestec a agentului frigorific, care permite acumularea de frig până la o temperatură mai joasă ( $t_{af1}^{\circ}=2^{\circ}\text{C}$ ) cu un raport minim al volumelor de agent frigorific față de lapte ( $C_A = 2,5$ ). Odată cu utilizarea eficientă a rezervei de frig în laptele suprarăcit, raportul dintre cantitatea de agent frigorific și cantitatea de lapte refrigerat  $C_A$  și productivitatea pompei agentului frigorific  $q_{af}$  în timpul acumulării de frig în regimul fără amestec a agentului frigorific, se micșorează de 1,2 ori

**Tabelul 1 Caracteristicile comparative ale parametrilor acumulatorului de frig, productivitatea pompei agentului frigorific pentru reîncărcarea AF și temperatura de acumulare în funcție de metoda de răcire a laptelui**

| Parametrii<br>acumulatorului de frig | Metoda de răcire |                 |                   |                 |
|--------------------------------------|------------------|-----------------|-------------------|-----------------|
|                                      | Răcitor în flux  |                 | Răcitor capacitiv |                 |
|                                      | Cu amestecare    | Fără amestecare | Cu amestecare     | Fără amestecare |
| $C_A$                                | 3,0              | 2,5             | 3,0               | 1,9             |
| $t_{af1}^{\circ}, ^{\circ}\text{C}$  | 2,4              | 2,0             | 2,4               | 2,0             |
| $q_{af}, \text{m}^3/\text{h}$        | 2,0-ML           | 0,63-ML         | 2,0               | 0,6             |

Coresponderea completă între durata de încărcare al AF și cantitatea de lapte răcit poate fi obținută dacă, în funcție de cantitatea de lapte și de temperatura acestuia, se modifică setarea duratei de timp de încărcare, cu consum specific minim de energie electrică. Pentru a pune în aplicare o astfel de lege de reglementare, este necesar de utilizat un microcontroler, care controlează evidența laptelui și dirijează prelucrarea acestuia [6]

#### **4. STUDIU REGIMURILOR DINAMICE, ENERGETICE SI DE AUTOMATIZARE ALE ECHIPAMENTELOR LINIILOR PENTRU PRELUCRAREA PRIMARĂ A LAPTELUI CU UTILIZAREA FRIGULUI NATURAL ȘI ARTIFICIAL ( PE EXEMPLUL REGIUNII DE NORD A RM).**

Capitolul IV include:

- cercetarea regimurilor dinamice a liniei tehnologice pentru prelucrarea laptelui cu consum redus de energie electrică.
- cercetarea regimurilor energetice a liniilor tehnologice pentru prelucrarea laptelui.
- investigarea daunelor în cazurile de refuz a sistemului utilajului electric al liniilor tehnologice pentru prelucrarea primară a laptelui.

- determinarea duratei de utilizare a instalațiilor cu frig natural pentru răcirea laptelui în perioada rece a anului la nordul RM.
- elaborarea schemelor structural- funcționale, grafurilor automate și algoritmilor de funcționare a instalațiilor sezoniere ecologice și instalațiilor combinate pe anul întreg cu utilizarea frigului natural și artificial.
- rezultatele evaluării indicilor de exploatare, tehnologici , energetici și perspectivele de utilizare ai instalațiilor cu frig natural și artificial.

- Analiza regimurilor dinamice de funcționare a utilajului liniei tehnologice cu tehnologia cu consum redus de energie electrică indică că blocul de dirijare al pompei de lapte a separatorului de aer 1, pompei distribuitorului 2, pompei lichidului de răcire 3, precum și dispozitivul de amestecare al rezervoarelor de termos, are o frecvență mare de operații ( $3 \cdot 10^{-5}$  -  $2 \cdot 10^{-6}$  operații/h) [2 ], care în procesul de utilizare a utilajului pe bază de rele prin contacte afectează operabilitatea și fiabilitatea utilajului electric ale verigilor și ale întregului sistem în ansamblu. Prin urmare, pentru a îmbunătăți calitatea funcționării liniei, fiabilitatea acesteia, este necesar de utilizat indicatori de fiabilitate ridicată, folosind circuite de control combinate, inclusiv elemente de contacte cu rele și elemente fără contact realizate pe circuite integrate, elemente logice și contacte controlate magnetic.

- În Fig. 4.3 ... 4.5 din teză sunt prezentate diagramele fluxurilor de energie electrică ale unei linii tehnologice tipice și, respectiv, a unei linii cu consum redus de energie electrica, pentru anotimpurile calde și reci ale anului. Valorile fluxurilor de energie electrică obținute sunt indicate în tabelele 4.1, 4.2, 4.3 și 4.4 din teză.

Analiza componentelor ecuației bilanțului energetic, arată că există rezerve pentru îmbunătățirea caracteristicilor energetice ale liniilor tehnologice pentru prelucrarea laptelui. Aceste rezerve includ utilizarea energiei termice a laptelui furnizat pentru prelucrare  $\Sigma W_1$  (în medie 266 kWh/zi). Utilizarea răcirii naturale a aerului și a apei pentru răcirea laptelui este, de asemenea, o mare rezervă. Această operație consumă în medie 282 kWh pe zi ceea ce reprezintă 28% din cantitatea totală de energie consumată de linie pentru prelucrarea zilnică a laptelui.

În sezonul rece, utilizarea sistemelor cu frig natural permit răcirea laptelui fără utilizarea compresoarelor  $W_C$ , a pompelor de apă circulantă  $W_{AP}$  și a ventilatoarelor turnului de răcire  $W_4$ . În plus, cu această tehnologie, necesitatea unui turn de răcire dispare, deoarece condensatorul utilajului frigorific este răcit de apa curentă, care se încălzește în timpul procesului de răcire și este destinată necesităților tehnologice ale fermei.

În sezonul cald, datorită răcirii preliminare a laptelui, consumul de energie pentru răcirea acestuia este redus cu cca 40%, iar capacitatea de răcire și capacitatea instalată a utilajului frigorific sunt reduse de 2 ori. Acesta permite o economie de cel puțin 130 kWh de energie electrică pe zi.

Caracteristicile energetice comparative ale unei linii tehnologice tipice pentru prelucrarea laptelui și ale unei linii cu consum redus a energiei electrice sunt prezentate în tab. 4.4. din teză

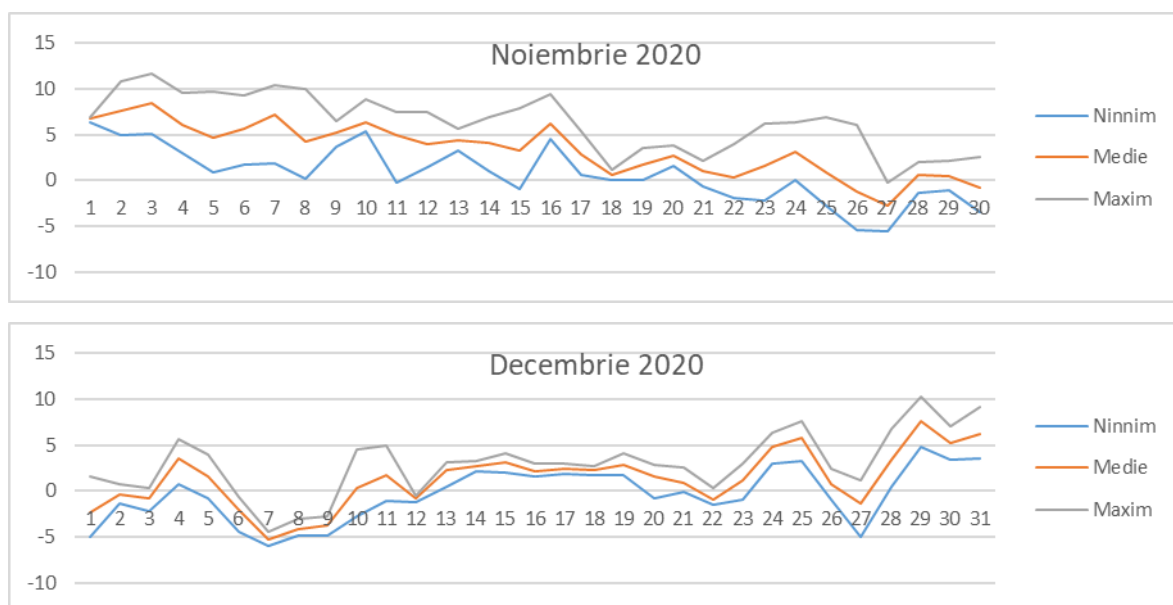
Astfel, utilizarea acumulatorilor de frig natural și artificial în liniile tehnologice pentru prelucrarea laptelui, generează un mare efect economic și nu necesită costuri capitale semnificative și modificări ale sistemelor de echipamente electrice existente.

- Pentru a reduce influența daunelor cauzate de defectarea verigilor liniei și a sistemului de echipamente electrice care funcționează în condiții reale ale fermei, fiabilitatea verigilor ar trebui să fie majorată prin intermediul utilizării sistemelor de control combinate care folosesc la bază elemente fără contact și relee cu contact, realizate într-un design special protejat și având o probabilitate înaltă de funcționare fără refuzuri. Cu această bază de elemente avem posibilitatea de a reduce valoarea daunelor de cca 5 ... 10 ori [ 2,3 ].

- S-a determinat durata de utilizare a instalațiilor cu frig natural pentru răcirea laptelui la nordul Republicii Moldova utilizând datele din ultimii 10 ani de la stațiile meteo din mun. Bălți, or. Briceni și or. Soroca. Instalațiile cu frig natural (acumulatoarele cu apă) pot fi utilizate până la temperatura de  $t \leq 0^{\circ}\text{C}$  în regim de amestec a apei în instalații și până la  $t \leq 5^{\circ}\text{C}$  în regim de neamestec al apei.

În Fig.4.9 din teză sunt prezentate date privind temperatura aerului atmosferic pe perioada rece a anului, pentru anii 2011-2020, mun. Bălți și analogic pentru or. Soroca și or. Briceni .

În calitate de exemplu, în Fig.4 sunt prezentate valorile temperaturilor aerului atmosferic pe perioada rece a anului (noiembrie, decembrie) 2020.



**Fig.4 Temperaturile aerului atmosferic pe perioada rece a anului, pentru anii 2011-2020, mun. Bălți**

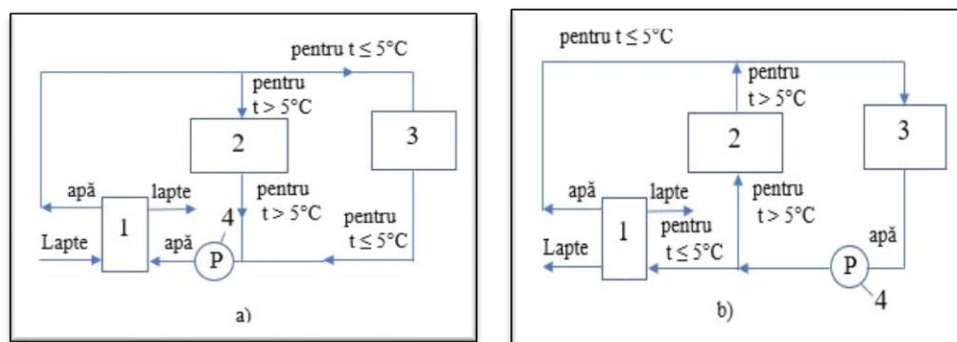
În tab. 4.7, 4.8 și 4.9 din teză sunt prezentate numărul de zile în perioada rece a anului cu  $t \leq 0^{\circ}\text{C}$  și  $t \leq 5^{\circ}\text{C}$  pentru anii 2011-2020, pentru mun. Bălți, or. Briceni și or. Soroca.

S-a constatat, că pentru nordul R.M. (mun. Bălți, or. Briceni și or. Soroca), utilizarea instalațiilor cu frig natural în regim de neamestec al apei în instalație este posibilă de la 4,5 luni până la 6 luni.

În regim de amestec al apei în instalațiile cu frig natural acestea pot fi utilizate doar de la 45 zile (1,5 luni) până la 116 zile (3,9 luni).

Regimul de neamestec al apei în instalațiile cu frig natural permite de a mări durata de utilizare a instalațiilor la nordul Republicii Moldova de 1,5 – 3 ori față de regimul de amestec al apei.

- Schemele structural –funcționale pentru răcirea laptelui cu utilizarea frigului natural și artificial sunt prezentate în Fig.5. În perioada rece a anului pentru temperatura aerului atmosferic răcirea laptelui are loc de la acumulatorul cu apă 3, Fig.5.a. În perioada caldă a anului răcirea apei în acumulatorul 3 are loc de la instalația frigorifică 2, Fig.5.b.



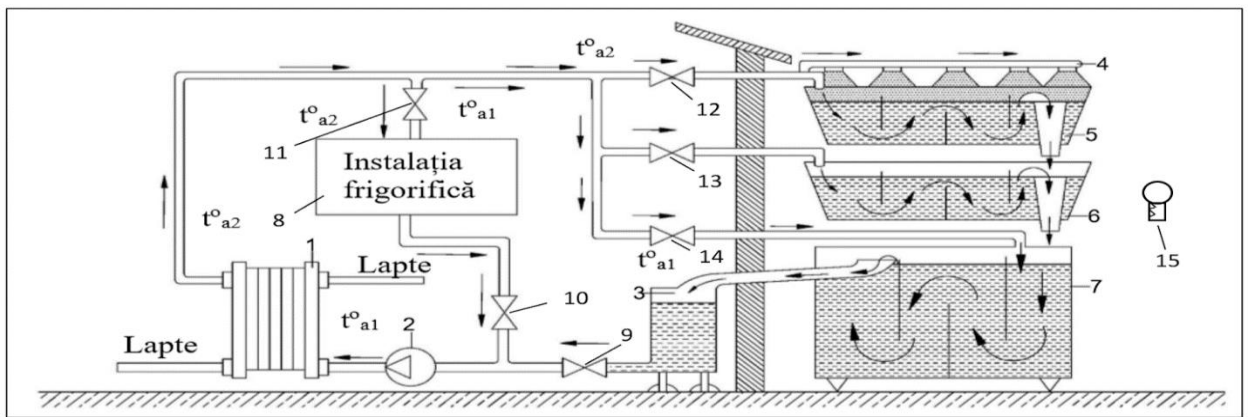
**Fig.5 Scheme structural- funcționale pentru răcirea laptelui cu utilizarea frigului natural și artificial. a- cu instalație sezonieră; b- cu instalație combinată pe anul întreg.**

1-răcitor în flux; 2-instalație frigorifică cu compresor; 3-acumulator cu apă; 4-pompa pentru apă.

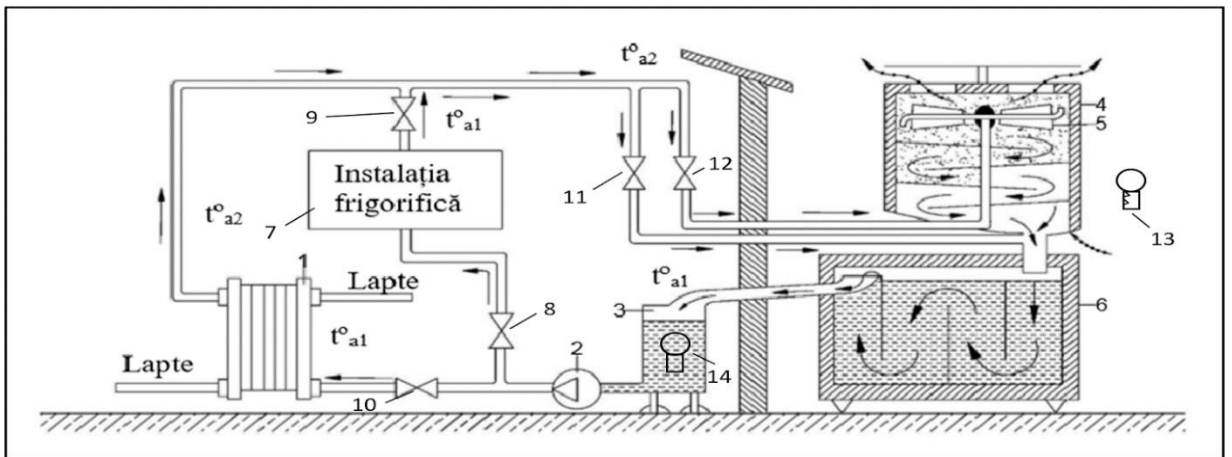
În Fig.6 și Fig.7 sunt prezentate schema tehnologică cu utilizarea instalațiilor de funcționare sezonieră (IFS) și schema tehnologică cu utilizarea instalațiilor de funcționare combinată pe anul întreg.

Grafurile automate elaborate conform instalației sezoniere pentru răcirea laptelui cu răcitoare în flux sunt prezentate în Fig. 4.13-4.16 din teză. În calitate de exemplu sunt prezentate Fig.8 și Fig.9.

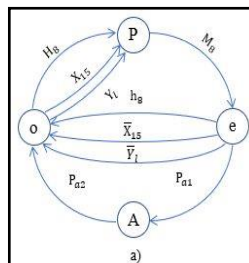
Grafurile automate elaborate conform instalației combinate pentru răcirea laptelui cu răcitoare în flux sunt prezentate în Fig. 4.16-4.20 din teză.



**Fig.6** Schema tehnologică a unui sistem de răcire a laptelui cu consum redus de energie electrică cu utilizarea instalațiilor de funcționare sezonieră (IFS) pentru regiunea de nord a RM 1 – răcitor in flux; 2 - pompă; 3 - rezervor intermediar; 4 - bloc de pulverizare al acumulatorului de frig natural (AFN); 5 - rezervorul de sus al AFN; 6 - rezervorul de migloc al AFN; 7- rezervorul de jos al AFN. 8-instalație frigorifică 9,10,11 12,13 și14-ventile electrice,15-traductor de temperatură a aerului,



**Fig. 7** Schema tehnologică a unui sistem de răcire a laptelui cu consum redus de energie electrică cu utilizarea instalațiilor de funcționare combinata (IFC) pentru regiunea de nord a R.M. 1 - răcitor in flux; 2 - pompă; 3 - rezervor intermediar; 4 - bloc de pulverizare; 5 - conducte de pulverizare cu plăci aerodinamice; 6 - acumulator de frig natural și artificial. 7-,instalație frigorifică, 8,9,10,11și12-ventile electrice, 13-traductor de temperatură a aerului



**Fig. 8** Graful automat al instalației frigorifice  $M_8$

unde: O; P; L; A - stările de funcționare ale instalației frigorifice  $M_8$  , respectiv oprire, pornire, lucru și avarie;

$M_8$  – instalația frigorifică (cu compresor);

$H_8$  și  $h_8$  – respectiv comanda de pornire și oprire;

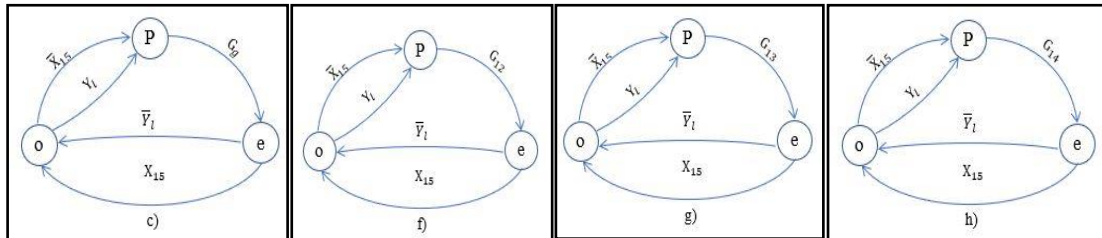
$\bar{h}_8$  – lipsa semnalului de la butonul de oprire;

$x_{15}$  ,  $\bar{x}_{15}$ – prezența și lipsa semnalului de la traductorul 15 ;

$Y_1$  ,  $\bar{Y}_1$ – prezența și lipsa semnalului de la pompa 1 ;

$Pa_1$  și  $Pa_2$  – prezența semnalelor de avarie;

$\bar{P}a_1$  și  $\bar{P}a_2$  – lipsa semnalelor de avarie;



**Fig.9 Graful automat ale ventilelor 9, 12 ,13 si 14 din teză**

unde:O; P; L;-stările de funcționare ale ventilelor 9,12 ,13 si 14 , respectiv oprire, pornire si lucru;

$X_{15}$ ,  $\bar{X}_{15}$  – prezența și lipsa semnalului de la traductorul de temperatură a aerului atmosferic 15;

$Y_1$ ,  $\bar{Y}_1$  – prezența și lipsa semnalului de la pompa 1 ;

În baza grafurilor automate și algebrei logice au fost elaborate algoritmele de funcționare a instalației sezoniere ecologice și instalației combinate pentru răcirea laptelui pe anul întreg cu utilizarea frigului natural și artificial.

Algoritmii de funcționare conform grafurilor automate Fig. 4.13...4.16 și Fig. 4.17...4.20 din teză au forma:

- Algoritmele instalației sezoniere ecologice pentru răcirea laptelui în răcitoare în flux.

$$Y_8 = (H_8 + X_{15} \cdot Y_1) \cdot \bar{h}_8 \cdot \bar{P}_{a1} \cdot \bar{P}_{a2} \cdot M_8$$

$$Y_2 = (Y_1 + H_2) \cdot \bar{h}_2 \cdot \bar{P}_{a1} \cdot \bar{P}_{a2} \cdot M_2$$

$$Y_9 = \bar{X}_{15} \cdot G_9; Y_{10} = X_{15} \cdot G_{10}; Y_{11} = X_{15} \cdot G_{11};$$

$$Y_{12} = \bar{X}_{15} \cdot Y_1 \cdot G_{12}; Y_{13} = \bar{X}_{15} \cdot Y_1 \cdot G_{13}; Y_{14} = \bar{X}_{15} \cdot Y_1 \cdot G_{14};$$

- Algoritmele instalației combinate pentru răcirea laptelui în răcitoare în flux pe anul întreg.

$$Y_7 = (H_7 + X_{13} \cdot Y_1) \cdot \bar{h}_7 \cdot \bar{P}_{a1} \cdot \bar{P}_{a2} \cdot M_7$$

$$Y_2 = (Y_1 + H_2) \cdot \bar{h}_2 \cdot \bar{P}_{a1} \cdot \bar{P}_{a2} \cdot M_2$$

$$Y_8 = X_{13} \cdot Y_1 \cdot G_8; Y_9 = X_{13} \cdot Y_1 \cdot G_9; Y_{10} = Y_1 \cdot G_{10};$$

$$Y_{11} = (X_{13} + Y_1) \cdot G_{11}; Y_{12} = (X_{13} + Y_1) \cdot G_{12};$$

Analogic au fost elaborate grafurile automate Fig. 4.21...4.28 din teză și algoritmele de funcționare pentru răcirea laptelui in răcitoare capacitive.



- Algoritmile instalației sezoniere ecologice pentru răcirea laptelui în răcitoare capacitive.

$$Y_8 = (H_8 + X_{15} \cdot X_{16}) \cdot \bar{h}_8 \cdot \bar{P}_{a1} \cdot \bar{P}_{a2} \cdot M_8$$

$$Y_2 = (X_{16} + H_2) \cdot \bar{h}_2 \cdot \bar{P}_{a1} \cdot \bar{P}_{a2} \cdot M_2$$

$$Y_9 = \bar{X}_{15} \cdot X_{16} \cdot G_9; Y_{10} = X_{15} \cdot X_{16} \cdot G_{10}; Y_{11} = X_{15} \cdot X_{16} \cdot G_{11};$$

$$Y_{12} = \bar{X}_{15} \cdot X_{16} \cdot G_{12}; Y_{13} = \bar{X}_{15} \cdot X_{16} \cdot G_{13}; Y_{14} = \bar{X}_{15} \cdot X_{16} \cdot G_{14};$$

- Algoritmile instalației combinate pentru racirea laptelui în răcitoare în capacitive pe anul întreg.

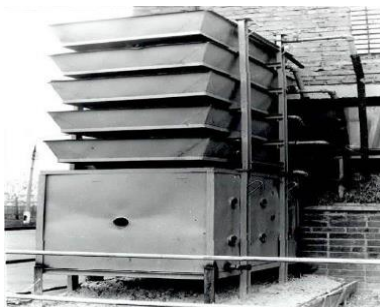
$$Y_7 = (H_7 + X_{13} \cdot X_{14}) \cdot \bar{h}_7 \cdot \bar{P}_{a1} \cdot \bar{P}_{a2} \cdot M_7$$

$$Y_2 = (H_2 + X_{14} \cdot \bar{X}_{13}) \cdot \bar{h}_2 \cdot \bar{P}_{a1} \cdot \bar{P}_{a2} \cdot M_2$$

$$Y_8 = X_{13} \cdot X_{14} \cdot G_8; Y_9 = X_{13} \cdot X_{14} \cdot G_9; Y_{10} = X_{14} \cdot G_{10};$$

$$Y_{11} = (\bar{X}_{13} + X_{14}) \cdot G_{11}; Y_{12} = (\bar{X}_{13} + X_{14}) \cdot G_{12};$$

- În Fig.10 este prezentată instalația sezonieră cu frig natural pentru răcirea laptelui de la ferma din s. Corbu, r-nul Dondușeni ,iar în Fig. 11 - instalația combinată cu frig natural și artificial pentru anul întreg.



**Fig. 10 Instalație sezonieră cu frig natural (ferma din s. Corbu, r-nul Dondușeni)**

S-a stabilit, că pentru  $t=3...4$  °C și numărul de secții  $n=6$  temperatura laptelui răcit este de 5,6...6,0°C, deci nu depășește temperatura necesară de păstrare a laptelui. Pentru numărul de secții  $n=5$  temperatura laptelui răcit depășește 6,0 °C(6,3...6,5 °C)



**Fig. 11 Instalație combinată cu frig natural și artificial (ferma din s. Corbu, r-nul Dondușeni).**

Consumul specific de energie electrică la răcirea laptelui(kwh/t) cu utilizarea acumulatorului cu frig natural în perioada rece a anului este prezentat în tabelul 2.

**Tabelul 2 Consumul specific de energie electrică la răcirea laptelui(kwh/t) cu utilizarea acumulatorului cu frig natural în perioada rece a anului ( $t \leq 0^{\circ}\text{C}$ )**

| Data     | Temperatura aerului atmosferic, $^{\circ}\text{C}$ | Cantitatea de lapte muls zilnic, t | Consumul zilnic de energie electrică, kWh | Consumul specific de energie electrică, kWh/t |
|----------|--|------------------------------------|---|---|
| 05.02.21 | -2   | 0,4                                | 0,24                                      | 0,6   |
| 06.02.21 | -6   | 0,3                                | 0,21                                      | 0,7   |
| 07.02.21 | -5   | 0,3                                | 0,21                                      | 0,7   |
| 08.02.21 | -8   | 0,4                                | 0,24                                      | 0,6   |
| 09.02.21 | -6   | 0,4                                | 0,32                                      | 0,8   |
| 10.02.21 | -3   | 0,4                                | 0,28                                      | 0,7   |

Rezultatele evaluării indicilor energetici de la ferma din s. Corbu r- nul Dondușeni sunt prezentate în Tab. 3.

**Tabelul 3. Indicii energetici ai instalației**

| Regimul de răcire   | Indicii experimentali                  |  |        |             |                    |                          | Indicii de calcul      |  |
|---|--|--|--------|-------------|--------------------|--------------------------|------------------------|--|
|   | de temperatură                         |  |        | puterea, kw | durata de lucru, h | Energia consumată, kw.-h | Masa laptelui răcit, t | Consumul specific de energie electrică, kW.h/t |
|   | Temperatura aerului $^{\circ}\text{C}$ | temperatura laptelui, $^{\circ}\text{C}$ |        |             |                    |                          |                        |  |
|   |  | inițială                                 | finală |             |                    |                          |                        |  |
| 1. Răcirea laptelui cu utilizarea acumulatorului cu frig, (perioada rece a anului)                                | -1... - 4                              | 16                                       | 6      | 1,5         | 0,2                | 0,3                      | 0,4                    | 0,75   |
| 2. Răcirea laptelui cu utilizarea unei instalației frigorifice (perioada rece a anului)                           | -1... - 4                              | 16                                       | 6      | 2,5         | 3,0                | 7,5                      | 0,4                    | 18,75  |
| Răcirea laptelui cu utilizarea unei instalației frigorifice (Perioada caldă a anului)                             | 21                                     | 32                                       | 6      | 2,5         | 6,0                | 15                       | 0,4                    | 37,5   |
| Răcirea laptelui cu utilizarea unei instalației frigorifice și a acumulatorului cu frig (Perioada caldă a anului) | 21                                     | 32                                       | 6      | 2,5         | 3,2                | 8,0                      | 0,4                    | 20,0   |

În perspectivă, având în vedere, că R.M este o țară agrară, este extrem de important de utilizat frigul natural și artificial și pentru păstrarea fructelor și legumelor. În acest domeniu am publicat peste 15 articole științifice [33,35,36,37,39,42,47,48,49,50,52,62.81,82,85,103 din teză], inclusiv 2 monografii

## CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

1. Lipsa unei baze științifice sistematizate pe problema obținerii de produse lactate de înaltă calitate în ferme împiedică dezvoltarea de propuneri și recomandări concrete, fundamentate, pentru elaborarea unor tehnologii automatizate progresive de prelucrare a laptelui . Sunt necesare noi tehnici metodologice și metode practice pentru sinteza tehnologiilor automatizate cu consum redus de energie electrică, mijloace tehnice și un sistem unificat de echipamente electrice, care să asigure intensificarea procesului de prelucrare a laptelui în ferme și care să garanteze obținerea produselor lactate de calitate necesară cu îmbunătățirea caracteristicilor energetice, de mediu și operaționale.

Este necesară o abordare sistemică între procesele tehnologice de prelucrare primară a laptelui, mijloacele tehnice și mediul înconjurător.

2. Pentru o evaluare cantitativă a tehnologiilor cu consum redus de energie electrică, incluzând acumularea automatizată a frigului natural și artificial, este propus un sistem de indicatori care pot caracteriza verigi individuale sau o linie tehnologică în ansamblu. Metoda se bazează pe utilizarea unui sistem de indicatori unitari  $C_u$ , complecși  $C_c$  și indicatori complecși generalizați  $C_{cg}$  care caracterizează diferite proprietăți ale sistemului studiat.

Indicatorii unitari  $C_u$  includ indicatori care variază în timpul funcționării sistemului conform unei legi aleatorii (de exemplu temperaturile laptelui  $t_{L1}^{\circ}$ , agentului frigorific  $t_{af1}^{\circ}$  și aerului ambiant  $t_0^{\circ}$ ). În calitate de indicatori complecși  $C_c$  sunt luați indicatorii care caracterizează proprietățile energetice  $C_w$  și economice  $C_e$  ale sistemului. Indicatorul complex generalizat  $C_{cg}$  caracterizează cantitativ nivelul tehnic al sistemului ca un întreg.

3. La formarea liniilor tehnologice automatizate cu consum redus de energie electrică cu o proporție optimă a utilizării frigului natural și artificial pe criteriu energetic  $C_w$ , se propune o metodă care permite fundamentarea celei mai eficiente variante în funcție de varianta de completare a liniei cu utilaj și temperatura medie a aerului atmosferic  $\Delta^{\circ}\text{C}$  în timpul rece a anului în zona de amplasare a obiectului (Fig. 2.2). Nomograma este reprezentată grafic în coordonatele  $C_w - n - \Delta^{\circ}\text{C}$ , unde  $n$  este o valoare discretă a opțiunii de completare a liniei cu utilaj.

4. Modelele matematice elaborate ale procesului de răcire a laptelui și acumulare a frigului natural și artificial fac posibilă fundamentarea parametrilor sistemului de răcire, stabilirea unei legături între principalii parametri ai mijloacelor tehnice cu consum redus de energie electrică cu tehnologia de prelucrare a laptelui și cu temperatura aerului atmosferic, minimizarea consumului de energie electrică și utilizarea în mod optim a capacității acumulatorilor de frig natural și artificial .

5. S-a stabilit că, în comparație cu metoda tradițională de răcire a laptelui, regimul de

acumulare de frig artificial, efectuat în pauzele dintre mulsori, face posibilă reducerea capacității de răcire a instalației frigorifice reîncărcabile de până la 5 ori pentru două mulsuri și până la 2 ori pentru trei mulsuri.

Utilizarea rezervei de frig în laptele suprarăcit cu amestecarea a agentului frigorific în AF, permite reducerea raportului dintre volumul agentului frigorific și volumul laptelui răcit de cel puțin 2 ori, iar productivitatea pompei agentului frigorific de 1,4 ... 1,7 ori comparativ cu metoda tradițională de răcire a laptelui.

6. Cel mai eficient regim este deplasarea agentului frigorific fără amestec în AF, care permite acumularea de frig până la o temperatură mai mică de 2°C cu un raport minim dintre volumul agentului frigorific și lapte  $C_A = 2,45$ . Odată cu utilizarea eficientă a rezervei de frig în laptele suprarăcit, raportul dintre cantitatea de agent frigorific și cantitatea de lapte răcit și productivitatea pompei agentului frigorific în timpul acumulării de frig în regim fără de amestec în AF sunt reduse de 1,2 ori. În comparație cu regimul de amestec, regimul de neamestec a agentului în AF permite de cel puțin 2 ... 3 ori reducerea capacității de răcire a instalației frigorifice reîncărcabile.

7. Algoritmii de funcționare elaborați în baza grafurilor automate și algebrei logice a instalației sezoniere ecologice cu 6 secții și instalației combinate pe anul întreg cu utilizarea frigului natural și artificial permit să asigure răcirea laptelui până la temperatura de păstrare  $t \leq 6$  °C cu un consum specific de energie electrică de 0,6-0,8 kWh/t în perioada rece a anului și 20 kWh/t în perioada caldă a anului.

8. Pentru nordul Republicii Moldova numărul de zile cu  $t \leq 5$  °C constituie între 133 zile și 186 zile. În acest caz utilizarea instalațiilor cu frig natural în regim de neamestec al apei este posibilă între 4,5 - 6 luni. Regimul de neamestec al apei în instalațiile cu frig natural permite de a mări durata de utilizare a instalațiilor la nordul Republicii Moldova de 1,5 – 3 ori față de regimul de amestec al apei.

9. Durata de funcționare al IF și consumul specific de energie electrică timp de 7 luni (aprilie-octombrie) se reduc în medie cu cca 16%, atunci când direcția de mișcare a fluxului agentului frigorific se modifică în regimurile de răcire a laptelui (de jos în sus) și de acumulare de frig (de sus în jos) în acumulatorul de frig.

10. În perspectivă, având în vedere, ca R.M este o țară agrară, este extrem de important de utilizat frigul natural și artificial, nu numai pentru răcirea laptelui, dar și pentru păstrarea fructelor și legumelor. În acest domeniu am publicat peste 15 articole științifice și sunt coautor la 2 monografii. S-a constatat, că indiferent de categoria de fiabilitate a alimentării cu energie electrică a depozitului pentru păstrarea fructelor și legumelor, puterea transformatorului 10/0,4kV până la 40 kVA se micșorează cu o treaptă.

Secțiunile cablurilor și a conductoarelor 0,4 kV exterioare și interioare a depozitului pentru păstrarea fructelor și legumelor, respectiv se micșorează cu o treaptă și cu doua trepte .

În baza cercetărilor efectuate se recomandă:

1. de a înainta către AIPA propunerea pentru implementarea instalațiilor cu frig natural și artificial prin subvenționarea fermierilor din domeniu.

2. automatizarea evidenței și pomparii laptelui, care face posibilă reducerea de 6 ori a capacității totale a rezervoare intermediare de colectare și reglare (RCR). RCR, permite de 1,3 și 12,1 ori de a reduce suprafața de contact a laptelui cu utilajul tehnologic ale liniei și aerul înconjurător. Totodată permite de a reduce contaminarea bacteriana a laptelui de la 347 până la 299 mii b/ml, reducerea suprafețelor de producție necesare și a consumului de metal al utilajului tehnologic până la 30%. Utilizarea dispozitivelor pentru control și reglare a fluxurilor de lapte în locul celor nereglabile face posibilă excluderea RCR din procesul tehnologic de prelucrare a laptelui și asigură prelucrarea acestuia într-un flux închis cu reducerea a 50 la sută a timpului de lucru a operatorului. Principalul avantaj al IMRF este faptul că, utilizarea lor în liniile tehnologice, permite utilizarea instalației de muls și liniei tehnologice într-un singur sistem de transport al fluxului și efectuarea procesului de prelucrare a laptelui într-un flux închis complet izolat de aerul ambiant ( Fig. 1.8 din teză).

3. pentru sistemul utilajului electric al pompei de lapte a separatorului de aer, a pompei de agent frigorific, precum și unitatea de control pentru dispozitivul de amestecare al rezervoarelor de lapte, care au o frecvență mare de declanșări cca  $3 \cdot 10^{-5}$  -  $2 \cdot 10^{-6}$  1/h de mărit indicatorii de fiabilitate utilizând circuite de control combinate, inclusiv utilajul pe bază de relee prin contact și elemente fără contact realizate pe microcircuite integrate, elemente logice și contacte controlate magnetic.

4. de a utiliza mijloacele tehnice argumentate ce asigură încărcarea acumuloarelor de frig natural și artificial ai sistemului de răcire până la valorile lor de proiectare, reglarea puterii reale a surselor de frig natural și artificial în funcție de temperatura agentului frigorific și a consumului minim de energie de frig acumulată în procesul de răcire a laptelui.

5. utilizarea modelelor matematice elaborate pentru optimizarea parametrilor acumuloarelor cu apă în comun cu instalațiile frigorifice pentru racirea laptelui atât în racitoare în flux, cât și în racitoare capacitive.

6. utilizarea prerăcirii laptelui de la 32 la 16°C în sezonul cald, cu scopul de a reduce capacitatea de răcire și capacitatea instalată a utilajului frigorific cu cel puțin 30 ... 40%, ceea ce permite economisirea a cel puțin 30 kWh de energie electrică pe zi la răcirea laptelui.

7. introducerea în planul de studiu a UTM abordarea teoretică a cercetărilor efectuate în cursurile de prelegeri și lecții practice, „Surse regenerabile de energie în sectorul agrar” și „Proiectarea sistemelor de electrificare în sectorul agrar” pentru studenții ciclului I, precum și în cursul de prelegeri și lecții practice la ciclul II “Automatizarea proceselor tehnologice în sectorul agrar” . Cu rezultatele cercetărilor publicate în 2 monografii să fie familiarizați specialiștii din domeniul eficienței energetice în sectorul agrar.

## BIBLIOGRAFIE

1. Sîrbu Rodica Influența condițiilor agrometeorologice în formarea productivității viței de vie pe teritoriul Republicii Moldova Academia de Științe a Republicii Moldova, Institutul de ecologie și geografie cu titlul de manuscris CZU. 551.583.1:634.8 pag.130 ,Chișinău, 2015
  2. Волконович, Л., et al. Автоматизация ресурсосберегающих технологических процессов в сельском хозяйстве. Monografie Chișinău : Tipografia A.Ș.M. pag.430, 2007.
  3. Volconovici, L, Crețu, V., Volconovici, A., Răcirea laptelui cu aplicarea frigului natural și artificial Monografie. Chișinău: Editura Tehnica Info, 2009. ISBN: 978-9975-63-278-2.
  4. ISO 5707:2007. Milking machine installations — Construction and performance, The International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2007. National Agency for Energy Regulation of the Republic of Moldova [online]. Accessed: 3 May 2020. Available: <http://www.anre.md/tarife-in-vigoare-3-204>
  5. Козловцев, А.П., Квашенников, В.И., Шахов, В.А. Предпосылки использования комбинированного аккумулятора природного холода на основе фазовопереходных теплообменников [Для охлаждения молока]. В: Достижения науки и техники АПК. 2017, N 7, с. 66-68.
  6. Коршунов, А.Б., Иванов, В.В. Энергосберегающий модуль для охлаждения молока с использованием природного холода и хладоносителей с низкой температурой замерзания. В: Вестник ВИЭСХ / Всерос. науч.-исслед. ин-т электрификации сел. хоз-ва. Москва, 2016, N 2(23), с. 127-131. ISSN 2304-5868. Доступен: <https://vestnik.viesh.ru/journal/vypusk-2-23-2016/>
  7. Коршунов, А.Б., Коршунов, Б.П. Аккумуляционные установки для охлаждения молока на фермах. В: Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2019, N3 (35). с. 114-117. ISSN 2226-4302. Доступен: <https://cyberleninka.ru/article/n/akkumulyatsionnye-ustanovki-dlya-ohlazhdeniya-moloka-na-fermah>
  8. Volconovici L., Crețu V., Volconovici A., Zvonkii V., Cușnir M. Mathematical model of the ecological system with electricity consumption for milk cooling in the Republic of Moldova. Proceedings of the 8-th International Conference on electromechanical and power systems. Sielmen : s.n., 2011.
  9. Мусин А., Марьяхин Ф., Учеваткин А. Влияние режимов работы электроприводов технологической линии на показатели качества молока. 2012. Vol. 63, pp. 17-26.
  10. Бруздаева, С.Н., Гудкова, Т.Ю. Энергосберегающая комбинированная установка для охлаждения молока с использованием вторичных источников энергии. В: Аграрная наука и образование на современном этапе развития материалы VIII Международной научно-практической конференции. 7-8 февраля 2017 г. - Ульяновск. 2017, ч. 1., с. 54-57..
  11. Volconovici, L., Crețu, V., Volconovici, A., Zvonkii, V., Cușnir, M.. Experimental researches of the ecological system for cooling of milk with low energy consumption. Proceedings of the 8-th International Conference on electromechanical and power systems. Sielmen : s.n., 2011.
- Побединский В., Волконович Л., Дайку А., Модель и принципы биотехнологического мониторинга производства молока на учебно-экспериментальном комплексе. Simpozionului Științific International „Realizări și perspective în Ingineria Agrară și Transport Auto”, dedicat aniversării a 85 de ani de la fondarea UASM, Chișinău 2018 p.133- **Monografii**

1. Волконович Л., Стребков Д., **Слипенки В.**, et al. Возобновляемые источники энергии: состояние, ближайшая перспектива, технология и электрооборудование. Monografie, Chisinau Editura "Tehnica-Info" 2009, ISBN 978-9975-63-279-9 стр. 403
2. Волконович Л., Кушнир М., **Слипенки В.** et al. Применение холода для охлаждения молока и хранения плодоовощной продукции. Монография. Государственный аграрный университет Молдовы. Chişinău, 2019, ISBN 978-9975-56-625-4.(637.133.1+664.8.037):621.565, стр.764

. **Articole în reviste din străinătate recunoscute**

3. Волконович Л., Волконович А., **Слипенки В.**, et al. Определение продолжительности использования энергосберегающих установок естественного и искусственного холода для хранения фруктов и овощей на территории Республики Молдова. În: *Иновации в сельском хозяйстве*, № 22, 2017, стр.58-65, ISSN 2304-4926
4. Волконович Л., **Слипенки В.**, Кушнир Н., et al. Анализ структурных схем энергосберегающего процесса хранения фруктов и овощей с применением естественного и искусственного холода. În: *Иновации в сельском хозяйстве*. № 22, 2017 стр. 65-72, ISSN 2304-4926
5. Волконович Л., **Слипенки В.** et al. Определение и оценка параметров процесса хранения фруктов и овощей с применением естественного холода. În: *Иновации в сельском хозяйстве*. № 23, 2017 стр. 40-47, ISSN 2304-4926
6. Волконович Л., Волконович А., **Слипенки В.** et al. Разработка алгоритмов управления процесса хранения фруктов и овощей с применением естественного холода. În: *Иновации в сельском хозяйстве*, № 23, 2017 стр. 48-56, ISSN 2304-4926.
7. Волконович Л., Слипенки В., **Слипенки В.** et al. Методика определения оптимальных сроков хранения фруктов и овощей с применением естественного и искусственного холода. În: *Иновации в сельском хозяйстве*. № 24, 2017 стр. 44-49, ISSN 2304-4926
8. **Слипенки В.**, Volconovici A., Chirsanova A. et al. Determining the duration and efficiency of use of installations with natural cold for milk cooling in the Republic of Moldova. În: *EMERG - Energy. Environment. Efficiency. Resources. Globalization*, vol. 6, №.2, p. 24-38, 2020, doi: 10.37410/EMERG.2020.2.02
9. **Слипенки В.**, Volconovici A., Cernei M., et al. Structural and functional diagram, automatic graphs and operating algorithms of the natural and artificial cold receiver/accumulator for milk cooling. În: *EMERG - Energy. Environment. Efficiency. Resources. Globalization*, vol. 6, № 4, p. 13-22, doi: 10.37410/EMERG.2020.4.0

10. Daicu A., Volconovici A., **Slipenchi V.** et al. Combined automated installation deployment for milk cooling. În: Journal of Engineering Science, vol. XXVII 3, UTM, 2020 p. 65-75, doi: 10.5281/zenodo.3949666

• **Articole în reviste din Registrul Național al revistelor de profil, categoria B**

11. Волконович, Л., Кушнир, М., **Слипенки В** Применение естественного и искусственного холода для охлаждения молока. Știința agricolă. : UASM, 2017. No 2 (2017)

12. Волконович Л., Кушнир М., **Слипенки В.** **Комплексный анализ автоматизированных энергосберегающих технологических процессов для охлаждения молока.** În: Știința agricolă, nr. 2 (2017) p. 92-99

13. Chirsanova A., **Slipenchi V.**, Volconovici A. et al. Расчет толщины намораживания льда в льдохранилищах систем естественного холода для охлаждения молока и хранения плодоовощной продукции. În: Știința agricolă, nr. 1 2020, UASM, p. 127-136

14. Волконович Л.Ф., Волконович А.Л., **Слипенки В.Е.** . **Методика определения оптимальных сроков хранения фруктов и овощей с применением естественного и искусственного холода.** În: Инновации в сельском хозяйстве. Теоретический и научно-практический журнал 3 (24)/2017 p, 44-49

15. **Слипенки В. Оценка параметров процесса хранения фруктов и овощей с применением естественного холода на территории Республики Молдова.**

Государственный Аграрный Университет Молдовы. În: Știința Agricolă, nr. 1 (2019) p. 147-153 ISSN 2587-3202 (electronic)

16. Волконович Л., Стёпка О, **Слипенки В.** et al. Математическая модель и производственные испытания установок сезонного действия для охлаждения молока. În: *Știința agricolă*, nr. 1 2016, UASM, p.126-134, ISSN 1857-0003.

17. Волконович Л., Кушнир М., **Слипенки В.** et al. Определение эффективности при модернизации биотехнических систем с учётом ситуации экономического риска. În: *Știința agricolă*, № 2 2016 UASM, p.104-110 УДК 631.171.1 ISSN 1857-0003

18. Волконович Л.Ф., Слипенки В.Е., **Слипенки В.** et al. Применение естественного и искусственного холода для охлаждения молока. În: *Știința agricolă*, № 2,2017, UASM p. 84-91 УДК 637.117.02 ISSN 1857-0003

19. Anatolie Daicu, **Victorin Slipenchi**, Onorin Volconovici et al. Contribuții la elaborarea mijloacelor tehnice de automatizare a proceselor de conservare a alimentelor cu utilizarea frigului natural. În: *Știința agricolă*, №. 2 2019, UASM. p. 95-102, doi: 10.5281/zenodo.3625515 CZU: 664.84/.85.037.1: 004



20. Anotolie Daicu, Augustin Volconovici, **Victorin Slipenchi**, et al. Combined automated installation deployment for milk cooling. În: *JES, Journal of Engineering Science*, vol. XXVII 3, UTM, 2020 p. 65-75, doi: 10.5281/zenodo.3949666 UDC 004.9:621.565:637.

21. **Slipenchi Victorin** et alt. Elaborarea instalației frigorifice automatizate cu consum redus de energie electrică pentru răcirea laptelui. În: *Știința agricolă*, №. 1 2020, UASM, p. 107-114, doi: 10.5281/zenodo.3947164 CZU: 637.133.1.

- **Articole în culegeri naționale**

22. Волконович Л., Кушнир М., **Слипенки В.** et al. Исследование временных режимов работы системы электрооборудования звеньев технологической линии обработки молока с энергосберегающей технологией. În: *Materialele Simpozionului Științific International „Utilizarea eficientă a resurselor hidro-funciare în condițiile actuale – realizări și perspective”* dedicat aniversării a 65 ani de la fondarea Facultății Cadastru și Drept Chișinău 2016 p.251-255 УДК637.13.02, ISBN 978-9975-64-285-9.

23. Волконович Л., Волконович А., **Слипенки В.** et al. Имитационные методы определения эффективности биотехнических систем. În: *International conference “energy of Moldova – 2016. Regional aspects of development”* 29 September -1 October, 2016 - Chisinau, Republic of Moldova 409, Государственный Аграрный Университет Молдовы Министерство Сельского Хозяйства и Пищевой Промышленности Республики Молдова.

24. Волконович Л., Волконович А., **Слипенки В.** et al. Технологический и экономический эффекты биотехнических систем в животноводстве. În: *International conference “energy of Moldova – 2016. Regional aspects of development”* 29 September -1 October, 2016 - Chisinau, Republic of Moldova 409, Государственный Аграрный Университет Молдовы Министерство Сельского Хозяйства и Пищевой Промышленности Республики Молдова.

25. Кушнир М., Волконович А., **Слипенки В.** et al. Исследование энергетических режимов работы технологических линий обработки молока. În: *Materialele Simpozionului Științific International „Utilizarea eficientă a resurselor hidro-funciare în condițiile actuale – realizări și perspective”* dedicat aniversării a 65 ani de la fondarea Facultății Cadastru și Drept Chișinău, 2016 p.256-261 УДК 637.13.02, ISBN 978-9975-64-285-9.

26. Волконович Л., Волконович А., **Слипенки В.** et al. Исследование ущербов при отказах системы электрооборудования технологических линий обработки молока. În: *Materialele Simpozionului Științific International „Utilizarea eficientă a resurselor hidro-funciare în condițiile actuale – realizări și perspective”* dedicat aniversării a 65 ani de la fondarea Facultății Cadastru și Drept Chișinău, 2016 p.262-265 УДК 637.13.02, ISBN 978-9975-64-285-9.

27. Cușnir M., Ucevatchin A., **Slipenchi V.** et al. Analiza complexă a proceselor tehnologice automatizate de răcire a laptelui, eficiente din punct de vedere energetic. În: *Lucrări științifice volumul 51, Inginerie Agrară și Transport Auto, Materialele Simpozionului Științific International „Realizări și perspective în Ingineria Agrară și Transport Auto”*, dedicat aniversării a 85 de ani de la fondarea Universității Agrare de Stat din Moldova, Chișinău 2018 p, 374-382, CZU 637.13.02 CZU 082:378.663(478-25)135.1,161.1, U 56
28. Волконович Л.; Волконович А; **Слипенки В.;** Аналитический обзор существующего электрооборудования технологических линий обработки молока и пути дальнейшего его совершенствования. Universitatea Agrară de Stat din Moldova *Lucrări Științifice Volumul 55, Cadastru și Drept Chișinău, 2022.* pp. 335-340
29. Волконови А.; Скрипник Е.; **Слипенки В.;** Особенности, цели и задачи исследований автоматизированных технологических линий обработки молока как объектов управления Universitatea Agrară de Stat din Moldova *Lucrări Științifice Volumul 55, Cadastru și Drept Chișinău, 2022* pp. 367-372
30. Волконович А.; Волконович О. **Слипенки В.** Аналитический обзор и анализ тенденций развития автоматизированных технологических процессов и технических средств линий обработки молока на фермах Universitatea Agrară De Stat Din Moldova *Lucrări Științifice Volumul 55, Cadastru și Drept Chișinău, 2022* pp.381-398
31. **Слипенки В.;** Кирсанова А.; Волконович А.; . Анализ процесса учета, транспортировки, очистки и охлаждения молока на фермах Universitatea Agrară De Stat Din Moldova *Lucrări Științifice Volumul 55, Cadastru Și Drept Chișinău, 2022.* pp.377-381
32. **Слипенки В.;** Кирсанова А.; Малай Л.; Передовой зарубежный и отечественный опыт развития технологий и линий первичной обработки молока на фермах UASM. *Lucrări Științifice Volumul 55, Cadastru și Drept Chișinău, 2022.* pp.360-365
33. Ursatii Nicolai, **Slipenchi Victorin.** Soluții de prerăcire a laptelui în procesul de colectare de la producătorii casnici. Tezele celei de-a 75-a conferință științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor. – Chișinău : CE UASM, 2022. P. 13

## ADNOTARE

**La teza de doctor în științe tehnice cu tema „Îmbunătățirea eficienței energetice a echipamentelor pentru prelucrarea primară a laptelui cu utilizarea frigului natural și artificial (pe exemplul regiunii de nord a RM).”, Slipenchi Victorin, Chișinău, 2022**

**Teza este constituită din** introducere, 4 capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografie cu 125 titluri, 6 anexe, 142 pagini de text de bază, 71 de figuri, 30 tabele, 127 formule. Rezultatele cercetărilor sunt reflectate în 33 de lucrări științifice, inclusiv 2 monografii, 8 articole în reviste internaționale și 23 articole în reviste naționale.

**Cuvinte-cheie:** linie tehnologică, instalație cu frig natural și artificial, răcirea laptelui, modele matematice, metode de calcul, algoritmi de funcționare, grafuri automate.

**Scopul lucrării** constă în elaborarea metodologiei, metodelor de calcul și modelelor matematice a proceselor de răcire a laptelui și de acumulare a frigului natural și artificial pentru fundamentarea regimurilor de funcționare și parametrilor instalațiilor sezoniere ecologice și combinate pe tot parcursul anului.

**Noutatea și originalitatea științifică** constă în contribuția metodologică și elaborarea modelelor matematice și metodelor de calcul a procesului de răcire a laptelui în răcitoare capacitive și în flux și acumulare de frig natural și artificial în regimuri de amestec și neamestec a agentului frigorific în acumulatorul cu frig

**Problema științifică importantă soluționată:** îmbunătățirea indicilor tehnici, energetici, economici și de mediu ai procesului de răcire a laptelui și acumulare a frigului natural și artificial, în baza elaborării modelelor matematice și metodelor de calcul în corelație cu temperaturile aerului atmosferic pentru nordul RM.

**Semnificația teoretică** a lucrării constă în contribuția metodologică și în elaborarea modelelor matematice și metodelor de calcul la fundamentarea sistemului cu consum redus de energie electrică la răcirea laptelui cu utilizarea instalațiilor sezoniere ecologice și combinate pe tot parcursul anului pentru nordul R M .

**Valoarea aplicativă a lucrării:** au fost îmbunătățiți indicatorii tehnici, energetici, economici și de mediu a instalațiilor cu frig natural și artificial pentru nordul R. M.

**Implementarea rezultatelor științifice.** Rezultatele cercetărilor au fost implementate la ferma din s.Corbu r-l Dondușeni și la ferma UASM. Componenta teoretică a cercetării este implementată în cadrul proiectului 20.80009.5107.04 „Adaptarea tehnologiilor durabile și ecologice de producere și păstrare a produselor agricole ” pe perioada 2020-2023. Abordarea teoretică a cercetărilor efectuate se utilizează în cursurile de prelegeri și lecții practice „Surse regenerabile de energie în sectorul agrar” și „Proiectarea sistemelor de electrificare în sectorul agrar” respectiv pentru studenții anului 3 și 4, precum și în cursul de prelegeri și lecții practice la masterat “Automatizarea proceselor tehnologice în sectorul agrar” a FIATA din cadrul UASM. Rezultatele cercetărilor au fost publicate în 2 monografii utile pentru specialiștii din domeniul eficienței energetice în sectorul agrar.

## ANNOTATION

**In the doctoral thesis in technical sciences with the topic Improving energy efficiency a equipment for the primary processing of milk using natural cold and artificial (on the example of the northe region of the Republic of Moldova). ”, Slipenchi Victorin, Chisinau, 2022**

**The thesis consists** of an introduction, 4 chapters, general conclusions and recommendations, bibliography with 125 titles, 6 annexes, 142 pages of basic text, 71 figures, 30 tables, 127 formulas. The research results are reflected in 33 scientific papers, including 2 monographs, 8 articles in international journals and 23 articles in national journals.

**Key words:** technological line, natural and artificial cold installation, milk cooling, mathematical models, calculation methods, operating algorithm, automatic graphs.

**The aim of the paper is to develop the methodology**, calculation methods and models mathematics of the processes of cooling milk and the accumulation of natural and artificial cold for substantiation of operating regimes and parameters of ecological seasonal installations and combined throughout the year.

**The scientific novelty and originality** consists in the methodological contribution and the elaboration mathematical models and methods for calculating the milk cooling process in capacitive coolers and in the flow and accumulation of natural and artificial cold in mixing and non-mixing regimes of the agent refrigerator in the cold storage

**The important scientific problem solved:** the improvement of technical, energy, economic and environmental consequences of the process of cooling milk and accumulating natural and artificial cold, based on the development of mathematical models and calculation methods in correlation with air temperatures atmospheric for the north of the RM.

**The theoretical significance** of the paper consists in the methodological contribution and in the elaboration mathematical models and calculation methods to substantiate the system with low consumption of electricity for cooling milk with the use of ecological and combined seasonal installations on all year round for the north of the R M.

**Applicative value of the paper:** technical, energy indicators have been improved, economic and environmental conditions of natural and artificial cold installations for northern R. M.

**Implementation of scientific results.** The research results were implemented at farm from corbu village, district donduşeni and at the uasm farm. The theoretical component of the research is implemented in the project 20.80009.5107.04 „Adaptation of sustainable technologies and ecological production and storage of agricultural products ” for the period 2020-2023. Addressing theory of the research conducted is used in the lectures and practical lessons “Sources renewable energy in the agricultural sector ” and ”Design of electrification systems in the agricultural sector agrarian ”respectively for the students of the 3rd and 4th year, as well as during the lectures and practical lessons at master's degree "Automation of technological processes in the agricultural sector" of FIATA with in UASM. The research results were published in 2 useful monographs for specialists in the field energy efficiency in the agricultural sector.

## АННОТАЦИЯ

**Структура диссертации** состоит из введения, содержит 4 главы, общие выводы и рекомендации, библиографию из 125 названий, 6 приложений, 142 страниц основного текста, 71 рисунка, 30 таблиц, 127 формул. Результаты исследования отражены в 33 научных статьях, в том числе в 2-х монографиях, 8 статьях в международных журналах и 23 статьях в национальных журналах.

**Ключевые слова:** технологическая линия, установка естественного и искусственного холода, охлаждение молока, математические модели, методы расчета, алгоритмы функционирования, автоматные графы.

**Цель работы:** состоит в разработке методологии и методов расчета и математических моделей процесса охлаждения молока и аккумуляирования естественного и искусственного холода с обоснованием режимов функционирования и параметров экологических установок сезонного действия и комбинированных установок круглогодичного действия.

**Задачи исследования:** разработка методологии и методов формирования структурно – функциональной организации автоматизированных технологических процессов с энергосберегающей технологией; разработка математических моделей и методов расчета процессов охлаждения молока и аккумуляирования естественного и искусственного холода; исследование динамических, энергических и автоматизированных режимов работы электрооборудования линий; разработка и внедрение комбинированных установок естественного и искусственного холода, определение продолжительности использования естественного холода в холодный период года на севере РМ.

**Научная новизна и оригинальность работы** состоит во вкладе в методологии и разработке математических моделей и методов расчетов процессов охлаждения молока в емкостных и проточных охладителей и аккумуляирование естественного и искусственного холода в режиме смешивания и вытеснения холодоносителя в аккумуляторе холода.

**Научная проблема** состоит в улучшении технических, энергетических и экономических показателей процесса охлаждения молока и аккумуляирования естественного и искусственного холода, на основе разработанных математических моделей и методов расчета во взаимосвязи с температурой атмосферного воздуха на севере Республики Молдова.

**Теоретическая значимость** работы состоит в методологическом вкладе и в разработке математических моделей и методов расчетов для обоснования системы с минимизированными затратами электроэнергии с использованием экологических установок сезонного действия и комбинированных установок круглогодичного действия.

**Внедрение научных результатов.** Результаты исследований были внедрены на фермах с. Корбу Дондошанского р-на и в ГАУМ. Теоретическая составляющая исследования внедрена в проекте 20.80.009.5107.04 «Адаптация устойчивых и экологических технологий производства и хранения плодоовощной продукции с точки зрения количества и качества в зависимости от целостности системы растениеводства и изменение климата» на период 2020 – 2023гг. Теоретические исследования используются в курсах, лекциях и практических занятиях «Возобновляемые источники энергии в аграрном секторе» и в « Проектирование электрических систем в аграрном секторе» для студентов 3 и 4 курсов, а так же в курсах лекций и практических занятий по автоматизации технологических процессов в аграрном секторе, для магистров ГАУМ. Результаты исследований были опубликованы в 2-х монографиях полезные для специалистов в области энергетической эффективности в аграрном секторе.

**SLIPENCHI VICTORIN**

**ÎMBUNĂȚIREA EFICIENȚEI ENERGETICE A ECHIPAMENTELOR PENTRU  
PRELUCRAREA PRIMARĂ A LAPTELUI CU UTILIZAREA FRIGULUI NATURAL  
ȘI ARTIFICIAL (PE EXEMPLUL REGIUNII DE NORD A RM)**

**255.01 - TEHNOLOGII ȘI MIJLOACE TEHNICE PENTRU AGRICULTURĂ ȘI  
DEZVOLTAREA RURALĂ**

**Rezumatul tezei de doctor în științe tehnice**

Aprobat spre tipar: 28.09.2022  
Hârtie ofset. Tipar digital.  
Coli de tipar:2.0

Formatul hârtiei A4  
Tiraj 50 exemplare  
Comanda nr.13

Centrul Editorial UTM  
Chișinău, str. Mircești, 42  
tel. 022-432-575