

**MINISTERUL AGRICULTURII, DEZVOLTĂRII REGIONALE ȘI MEDIULUI AL
REPUBLICII MOLDOVA
UNIVERSITATEA AGRARĂ DE STAT DIN MOLDOVA
ȘCOALA DOCTORALĂ A PARTENERIATULUI INSTITUȚIILOR DIN ÎNVĂȚĂMÂNT
ȘI CERCETARE DIN AGRICULTURĂ**

Cu titlu de manuscris

CZU: 621.56/.57+637.117(043.3)

DAICU ANATOLIE

**ARGUMENTAREA REGIMURILOR DE FUNCȚIONARE ȘI A
PARAMETRILOR CONSTRUCTIVI - TEHNOLOGICI AI INSTALAȚIEI
ECOLOGICE AUTOMATIZATE CU FRIG NATURAL ȘI ARTIFICIAL
PENTRU RĂCIREA LAPTELUI**

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

Rezumatul tezei de doctor în științe tehnice

CHIȘINĂU 2020

Teza a fost elaborată în cadrul departamentului II „Electrificarea agriculturii, mecanica 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. **BERZAN Vladimir**, doctor habilitat în științe tehnice, profesor universitar, IE. AȘM
2. **GUȚU Aurel**, doctor în științe tehnice, conferențiar universitar, UASM
3. **LEU Vasile**, doctor în științe tehnice, ANRE.

Componența Comisiei de susținere publică a tezei de doctorat a fost aprobată de către Senatul UASM prin decizia din 30/10/20 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. **BERZAN Vladimir**, doctor habilitat în științe tehnice, profesor universitar, IE. AȘM
4. **GUȚU Aurel**, doctor în științe tehnice, conferențiar universitar, UASM
5. **LEU Vasile**, doctor în științe tehnice, ANRE.

Susținerea tezei va avea loc la 15.01.2021 ora 13.⁰⁰ în ședința Comisiei de doctorat din cadrul Școlii Doctorale a Parteneriatului Instituțiilor din Învățământ și Cercetare din Agricultură a Universității Agrare de Stat din Moldova pe adresa: MD-2049, mun. Chișinău, str. Mircești 56, Facultatea Inginerie Agrară și Transport Auto, etajul 3, sala 318.

Teza de doctor și rezumatul pot fi consultate la Biblioteca Republicană Științifică a Universității Agrare de Stat din Moldova și pe pagina web a ANACEC din Republicii Moldova (www.anacip.md).

Rezumatul a fost expediat la 10 decembrie 2020.

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

DAICU Anatolie

© **DAICU Anatolie, 2020**

CUPRINS

REPERE CONCEPTUALE ALE CERCETĂRII	4
CONȚINUTUL TEZEI.....	8
1. NOȚIUNI GENERALE PRIVIND UTILIZAREA FRIGULUI NATURAL ȘI A CELUI ARTIFICIAL ÎN PROCESUL DE RĂCIRE A LAPTELUI.....	8
2. SPORIREA PERFORMANȚEI INSTALAȚIILOR CU FRIG NATURAL ȘI ARTIFICIAL PENTRU RĂCIREA LAPTELUI UTILIZATE ÎN REPUBLICA MOLDOVA	11
3. STUDIU INSTALAȚIILOR MODERNIZATE COMBINATE PENTRU RĂCIREA LAPTELUI CU FRIG NATURAL ȘI ARTIFICIAL CA OBIECT DE DIRIJARE	19
CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI	23
BIBLIOGRAFIE.....	25
LISTA PUBLICAȚIILOR AUTORULUI LA TEMA TEZEI	27
ADNOTARE	30
АННОТАЦИЯ	31
ANNOTATION.....	32

REPERE CONCEPTUALE ALE CERCETĂRII

Actualitatea și importanța problemei abordate. Instalațiile frigorifice cu frig artificial pentru răcirea laptelui la etapa actuală nu sunt adecvate din punct de vedere ecologic, deoarece folosesc diferite tipuri de freon, având o putere electrică instalată și consum specific de energie electrică relativ mare.

E știut faptul, că în tehnica conservării produselor alimentare, chiar și o reducere mică a consumului de energie electrică la consumator este extrem de importantă. Spre exemplu, din literatura de specialitate este cunoscut, că economisirea 1 kWh de frig la consumator permite de a economisi 9 kWh la centrala electrică cu randamentul $\eta=0,45$, utilizând o linie de alimentare cu energie electrică cu $\eta=0,9$ și o instalație frigorifică cu $\eta=0,32$. Instalațiile cu frig natural și artificial au mai multe avantaje în comparație cu instalațiile frigorifice cu frig artificial, și anume:

- sunt mai ecologice, deoarece exclud utilizarea freonului în calitate de agent frigorific în perioada rece a anului, corespunzând, astfel, Hotărârii Convenției de la Viena și Protocoalelor de la Montreal și Kyoto, care impun unele măsuri ecologice în domeniul conservării produselor alimentare prin înlocuirea agenților frigorifici ce distrug stratul de ozon din atmosferă;
- putere electrică de circa 1.6 – 1.7 ori mai mică și un consum de energie electrică redus în limitele de la (78,1...104,1) kW h/t până la (14,0...17,0) kW h/t.
- construcție simplă;
- nivel mai înalt de fiabilitate.

Studiile în domeniu permit de a afirma că problematica îmbunătățirii performanțelor instalațiilor cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui este intens abordată atât în lucrările savanților de peste hotare, cât și ale cercetătorilor din Republica Moldova. În acest sens pot fi menționate lucrările cercetătorilor autohtoni L. Volconovici, M. Cernei, V. Crețu, A. Volconovici, precum și ale cercetătorilor de peste hotare B. Horbaniuc, Gh. Dumitrașcu, A. Musin, Iu. Țoi, A. Ucevatchin și alții. În lucrările autorilor nominalizați, sunt propuse soluții de utilizare a frigului natural și a celui artificial în procesul de răcire a laptelui și de păstrare a fructelor și legumelor la nivel de sistem, totodată constatăm, că actualmente se impune necesitatea studierii și îmbunătățirii performanțelor instalației cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui, îndeosebi în Republica Moldova, cu rezerve energetice primare limitate.

Prin urmare, problema sporirii performanțelor instalației cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui este nu doar relevantă, dar și necesară, în special pentru Republica Moldova.

Scopul lucrării.

Scopul lucrării constă în argumentarea regimurilor de funcționare și a parametrilor constructivi - tehnologici ai instalației ecologice automatizate cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui.

Obiectivele cercetării.

Pentru realizarea scopului lucrării, obiectivele cercetării în vederea îmbunătățirii indicilor tehnici, energetici și economici includ:

- reducerea puterii electrice a instalației frigorifice combinate prin utilizarea frigului natural și a celui artificial;
- reducerea esențială a consumului specific de energie electrică necesară la răcirea laptelui;
- reducerea utilizării cantităților diferitelor tipuri de freoni și uleiuri freonice.

Sub aspect aplicativ, au fost preconizate realizarea următoarelor obiective:

- studierea utilizării frigului natural și a celui artificial în procesul de răcire a laptelui;

- analiza regimurilor de funcționare și argumentarea parametrilor constructivi și tehnologici ai instalațiilor cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui;
- identificarea duratei și a eficienței de utilizare a instalațiilor cu frig natural cu acțiune sezonieră pe teritoriul în Republica Moldova;
- elaborarea modelului matematic al instalației cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui;
- elaborarea schemelor funcțional-structurale, a grafurilor automate și a algoritmilor de funcționare a instalației automatizate frigorifice cu consum redus de energie electrică pentru răcirea laptelui în răcitoare în flux și în răcitoare capacitive;
- evaluarea resurselor de reducere a energiei electrice la utilizarea frigului natural și a celui artificial pentru răcirea laptelui;
- evaluarea eficacității utilizării instalațiilor cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui ținând cont de defectarea echipamentelor electrice;
- elaborarea mostrelor experimentale necesare și efectuarea experimentărilor de laborator și în producție cu evaluarea indicilor tehnici, energetici și economici la Complexul Didactico-Experimental al UASM.

Ipoteza de cercetare: sporirea eficienței utilizării acumulatorului cu frig pentru răcirea laptelui în perioada rece a anului, precum și a acumulatorului cu frig și a instalației frigorifice în perioada caldă a anului, care permite de a asigura cantitatea de frig necesară în acumulator în afara orelor vârf. Utilizarea acumulatorului cu frig, inclusiv în perioada caldă a anului, la răcirea apei în acumulator de la instalația frigorifică creează posibilități favorabile pentru reducerea puterii electrice a instalației frigorifice, precum și pentru reducerea consumului specific de energie electrică în comparație cu utilizarea doar a instalației frigorifice, iar în perioada rece a anului utilizarea acumulatorului cu frig pentru răcirea laptelui creează posibilități pentru reducerea esențială a consumului specific de energie electrică și permite de a nu utiliza diferite tipuri de freoni.

În conformitate cu ipoteza acceptată în teză, a fost elaborat modelul matematic al instalației cu frig natural și artificial utilizate în procesul de răcire a laptelui, în baza căruia pot fi argumentați parametrii constructivi și tehnologici ai instalației respective, precum și identificată durata de utilizare a acumulatorului cu frig natural în perioada rece a anului.

Sinteza metodologiei de cercetare.

Metodologia de cercetare în cadrul tezei constă în determinarea eficienței energetice a instalației frigorifice pentru fundamentarea tehnologică a utilajului ecologic automatizat cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui. Problema acumulării frigului este condiționată de necesitatea de economisire a resurselor energetice. Motivele principale ale actualității problemei date sunt cheltuielile relativ mari pentru generarea frigului, precum și tariful semnificativ mai ieftin la energia electrică pe timp de noapte.

Creșterea prețului la energia electrică și la utilajul frigorific duce la creșterea prețului de cost al laptelui și, respectiv, al produselor lactate. În legătură cu cele relatate, sporirea eficacității utilajului frigorific și dezvoltarea tehnologiilor de producere a frigului fără freoni are o mare importanță statală, deoarece va permite reducerea esențială a consumului de energie electrică și asigurarea securității ecologice prin diminuarea acțiunii nocive a freonilor asupra stratului de ozon al terei. Metodologic, la crearea schemelor principiale ale instalației s-a ținut cont de beneficiile instalațiilor frigorifice combinate dotate cu acumulatori cu frig natural, după cum urmează:

- construcția compactă a blocului compresor-condensator și necesitatea minimală de freoni;

- puterea mare de acumulare a frigului și frecvența redusă de includere a compresoarelor;
- posibilitatea interacțiunii cu receptoarele cu frig natural;
- reducerea puterii electrice stabilite și costului surselor de frig artificial.

Utilizarea instalațiilor frigorifice combinate, dotate cu acumulatele cu frig natural sporește fiabilitatea sistemelor de răcire și siguranța ecologică, permite reechiparea gospodăriilor cu instalații frigorifice combinate, create pe baze constructive moderne, ceea ce va permite: reducerea cheltuielilor capitale și de exploatare la răcirea laptelui prin reducerea puterii electrice stabilite a compresoarelor, evaporatoarelor, utilajului auxiliar; reducerea cheltuielilor și consumului de energie pentru producerea frigului prin utilizarea tarifului preferențial de noapte, a unei mai joase temperaturi de condensare a agentului frigorific, inclusiv pe timp de noapte, utilizării frigului natural, aerului din exterior și a apelor subterane pentru răcirea agentului frigorific; sporirea fiabilității sistemului de răcire din contul existenței rezervei operative de frig.

Sunt expuse recomandările de optimizare a șeptelului fermei de vaci mulgătoare prin intermediul modelului matematic elaborat.

Noutatea și originalitatea științifică, constă în: perfecționarea regimului de funcționare a instalațiilor cu frig natural cu acțiune sezonieră în liniile cu răcire în flux; determinarea valorilor optime ale dimensiunii instalației frigorifice cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui în baza modelului matematic elaborat și în corelație cu legea distribuției temperaturii aerului atmosferic pentru zona din centrul Republicii Moldova; identificarea resurselor tehnologice de reducere a energiei electrice prin utilizarea frigului natural și a celui artificial pentru răcirea laptelui; evaluarea performanței instalațiilor cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui în funcție de defecțiunile echipamentelor.

Sumarul capitolelor tezei.

Capitolul întâi al tezei prezintă un studiu de inițiere în cercetarea problemei utilizării frigului natural și a celui artificial în procesul de răcire a laptelui cu mențiunea cercetătorilor care are rezultate semnificative în elaborarea instalațiilor combinate cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui. Schema-bloc a liniei tehnologice de tip „Tandem” și „Elocica” sunt puncte de referință în efectuarea analizei comparative a utilizării frigului natural și a celui artificial în practica tehnologică. Eficiența economică prin economisirea energiei electrice stă la baza justificării metodelor de cercetare alese în lucrare și argumentează conceptual modelul matematic utilizat pentru definirea grafurilor automate a instalației frigorifice.

Capitolul doi are ca obiect de studiu perfecționarea regimurilor de lucru și fundamentarea parametrilor constructivi și tehnologici ai instalației de frig natural cu acțiune sezonieră pentru răcirea laptelui. Sunt elaborate și prezentate scheme tehnice care ulterior sunt realizate în utilaje funcționale cu calcularea parametrilor constructivi și funcționali ai acumulatorului cu frig natural. Valorile optime ale dimensiunii instalației frigorifice cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui sunt definite în baza modelului matematic elaborat și în corelație cu legea distribuției temperaturii aerului atmosferic pentru zona din centrul a Republicii Moldova. Argumentarea numărului de secții în cadrul acumulatorului cu frig natural reprezintă un rezultat util în realizarea practică a utilajului.

Capitolul trei reprezintă rezultatul elaborării instalației automatizate cu frig natural și artificial în baza utilizării grafurilor automate. În cadrul capitolului sunt prezentate valorile parametrilor utilajului funcțional pentru răcirea laptelui cu evaluarea efectului economic de economisire a energiei electrice prin intermediul nomogramei de determinare a puterii electrice a instalației frigorifice în conformitate

cu modelul matematic propus. Sunt prezentate, de asemenea, rezultatele calculului riscurilor de pierderi a producției în dependență de productivitatea medie anuală de lapte a fermelor și a utilizării diferitor tipuri de instalații frigorifice, precum și instalațiilor automatizate cu frig natural și artificial.

Implementarea rezultatelor științifice. Rezultatele cercetărilor au fost implementate în cadrul proiectului transfrontalier MIS ETC 1549 „Promovarea producției sustenabile și implementarea bunelor practici în fermele de bovine din zona transfrontalieră România, Republica Moldova și Ucraina”. Componenta teoretică a cercetării este implementată în cadrul proiectului 20.80009.5107.04 „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 ” pe perioada 2020-2023. Abordarea teoretică a cercetărilor efectuate se utilizează în cursurile de prelegeri „Surse regenerabile de energie în sectorul agrar” și „Proiectarea sistemelor de electrificare în sectorul agrar” respectiv pentru studenții anilor 3 și 4 a Facultății de Inginerie Agrară și Transport Auto în cadrul UASM.

Aprobarea rezultatelor științifice. Rezultatele principale ale cercetării au fost prezentate, discutate și aprobate în dările de seamă anuale în cadrul ședitei extinse a catedrei „Electrificarea Agriculturii și Bazele Proiectării”, a Facultății de Inginerie Agrară și Transport Auto al UASM, 2016 - 2019.

Materialele expuse în teză au fost prezentate în cadrul următoarelor manifestări științifice: Conferința Internațională Energetica Moldovei-2016 Aspecte regionale de dezvoltare Ediția III. Chișinău, Republica Moldova: ASM, 29 septembrie-01 octombrie 2016; Simpozionul Științific Internațional „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; Инновации в сельском хозяйстве, Теоретический и научно-практический журнал, По итогам 7-й Международной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Москва: (22)/2017; Simpozionul 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; 0. Энергосберегающие технологии. XI Республиканская научно-практической конференции с международным участием 20–21 ноября 2019 года, К 75-летию со дня основания БПФ ГОУ «ПГУ им. Т.Г. Шевченко, Бендеры 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.

Cele mai relevante rezultate ale tezei au fost prezentate în revistele naționale „Știința agricolă”, a UASM (2016-2020), și „Journal of Engineering Science” a UTM (2020) și revista internațională, “EMERG - Energy. Environment. Efficiency. Resources. Globalization”, Editura AGIR, Romania (2020).

Rezultatele cercetărilor pentru anul 2020 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 ședința senatului UASM din 27.11.2020.

Rezultatele principale ale cercetărilor științifice au fost publicate în monografia „Применение холода для охлаждения молока и хранения плодоовощной продукции”, UASM, Chișinău 2019.

Publicații la tema tezei. Rezultatele cercetărilor la tema tezei de doctor sunt reflectate în 24 de lucrări științifice, inclusiv o monografie, 7 articole în reviste internaționale și 16 articole în reviste naționale.

Volumul și structura tezei. Teza constă din 3 capitole; are un volum de bază de 117 pagini; conține 15 tabele, 47 figuri. 6 anexe. Lista surselor bibliografice citate include 113 titluri.

Cuvinte cheie: Instalația cu frig natural și artificial, răcirea laptelui, instalația cu acțiune combinată, instalație frigorifică, acumulator cu frig, complexul didactico-experimental UASM, schemă structural - funcțională, algoritm de funcționare, grafuri automate, model matematic, consum specific de energie electrică.

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. NOȚIUNI GENERALE PRIVIND UTILIZAREA FRIGULUI NATURAL ȘI A CELUI ARTIFICIAL ÎN PROCESUL DE RĂCIRE A LAPTELUI

În Capitolul 1 al tezei au fost investigate conceptele de bază și esența utilizării instalațiilor cu frig natural și artificial.

Capitolul I include:

- caracteristica generală și modelul monitoringului biotehologic al producerii și prelucrării primare a laptelui în Complexul Didactico-Experimental al UASM, Fig. 1;
- studiu privind instalațiile frigorifice pentru răcirea laptelui;
- studiu privind utilizarea frigului natural și a celui artificial pentru răcirea laptelui, Fig. 2. și Fig. 7.



Fig. 1 Ferma didactică, UASM



Fig. 2 Instalația frigorifică combinată pentru răcirea laptelui cu frig natural (a) și artificial (b)

Ferma didactică a UASM a fost, întemeiată cu sprijinul Proiectului finanțat de Uniunea Europeană cu denumirea "Promovarea Producției Sustenabile și Implementarea Bunelor Practici în Fermele de Bovine din Zona Transfrontalieră – România, Republica Moldova și Ucraina". Cea mai mare parte din cantitatea de lapte este comercializată Întreprinderii de Produse Lactate ÎCS "Lapmol" SRL, or. Călărași, iar o parte este folosită pentru creșterea vițelilor și în cadrul lecțiilor de laborator care se desfășoară în laboratorul de determinare a calității laptelui și a produselor lactate.

Monitorizarea biotehologică permite optimizarea productivității echipamentului, reducerea cheltuielilor de energie electrică, majorarea duratei de exploatare reducerea riscului apariției situațiilor de avarie.

Sistemele tradiționale aplicate pentru răcirea laptelui sunt alcătuite din instalații frigorifice cu compresor și răcitoare pentru lapte[1].

Actualmente, cele mai frecvent folosite sunt răcitoarele în flux. Principalele avantaje ale acestora sunt eficacitatea înaltă de răcire a laptelui și cheltuieli reduse de exploatare.

Prin intermediul răcitoarelor în flux, laptele se răcește până la temperatura de + 6 °C. Sistemele și instalații ecologice pentru răcirea laptelui sunt prezentate în fig. 3.

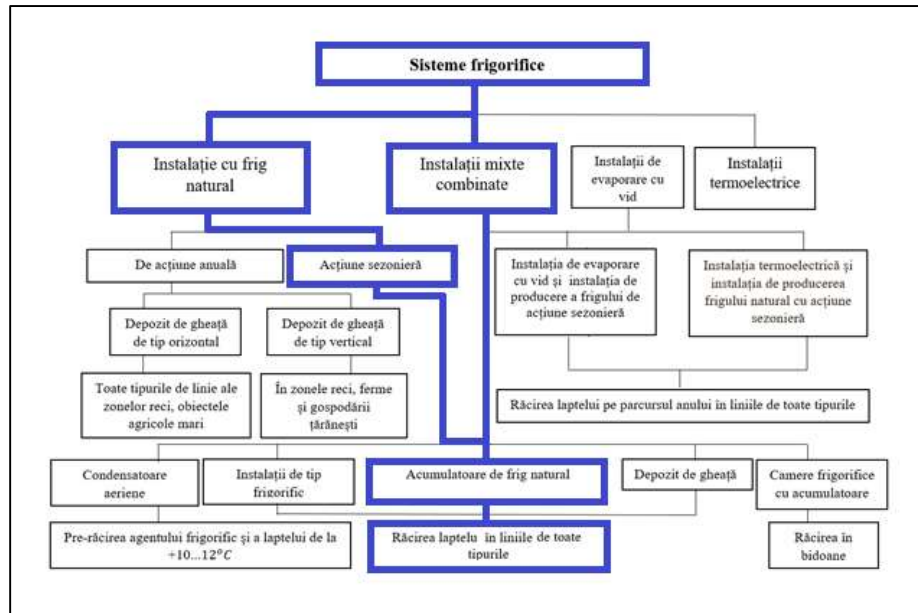


Fig. 3 Sisteme și instalații ecologice pentru răcirea laptelui

Instalația cu frig natural (Fig. 2 a) se utilizează la răcirea laptelui la temperatura aerului atmosferic $t \leq 4^{\circ}\text{C}$. În perioada caldă a anului, pentru $t \geq 4^{\circ}\text{C}$ se folosește instalația frigorifică combinată (Fig. 2 b).

O caracteristică specifică tuturor liniilor de prelucrare primară a laptelui este prezența instalației frigorifice, care are cea mai mare putere electrică dintre toate componentele liniei.

În toate tipurile de instalații frigorifice, drept agent frigorific servesc freonii care, sub aspect ecologic, sunt nocivi. [2,3] În plus, instalațiile frigorifice conțin mult metal, preponderent metale costisitoare – cupru, aluminiu.

Dintre toate tipurile de instalații frigorifice, numai tipurile TXY creează posibilități reale pentru regenerarea căldurii laptelui, care poate fi folosită pentru necesități sanitare și tehnologice ale fermei.

Defecțiunile la funcționarea instalațiilor frigorifice constituie peste 80% din toate defecțiunile liniei de prelucrare primară a laptelui [3]. S-a constatat că:

- cea mai mare daună tehnologică anuală în liniile de prelucrare primară a laptelui este provocată de instalația frigorifică și sistemul de dirijare al acesteia, Fig. 4;
- în liniile cu surse combinate, utilizarea acumulatorilor cu apă reduc considerabil daunele tehnologice în perioada rece a anului. Spre deosebire de instalația frigorifică, fiabilitatea de funcționare a acumulatorilor apă este de cel puțin de 2 ori mai înaltă.

Principalele avantaje ale utilizării acumulatorilor cu apă în comun cu instalațiile frigorifice sunt:

- economisirea energiei electrice și a apei;

- asigurarea unei fiabilități mai înalte a sistemelor de răcire ca rezultat al rezervei de frig acumulate în instalația cu frig natural, întreținere și reparație simplă;

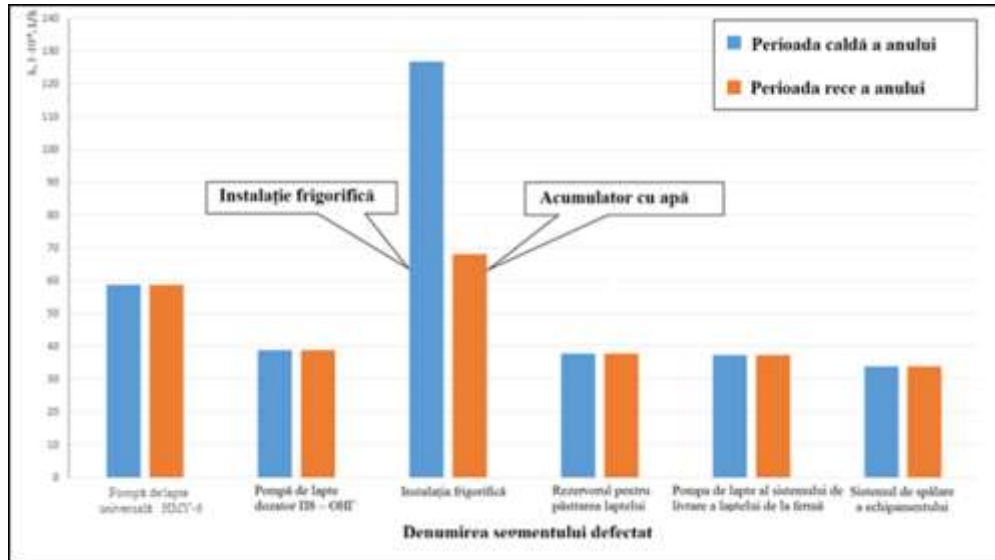


Fig. 4 Situațiile de avarie la defectarea echipamentului electric a liniei de prelucrare primară a laptelui

- posibilitatea folosirii tarifului preferențial la energia electrică, aplicat pe timp de noapte. Astfel, la utilizarea frigului acumulat între orele 22.00 – 6.00, costul energiei electrice, conform ANRE, se reduce cu 40%, [4] Fig. 5;
- prețul de cost redus al frigului utilizat la răcirea laptelui;
- ameliorarea situației ecologice în baza reducerii volumului de freoni și de uleiuri freonice folosite;
- nivel de zgomot redus.

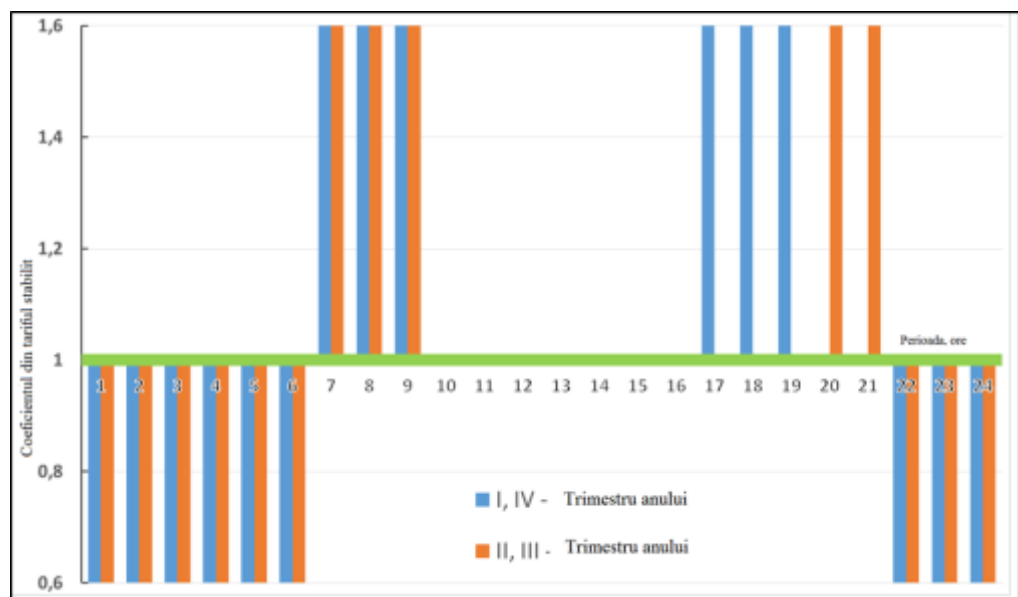
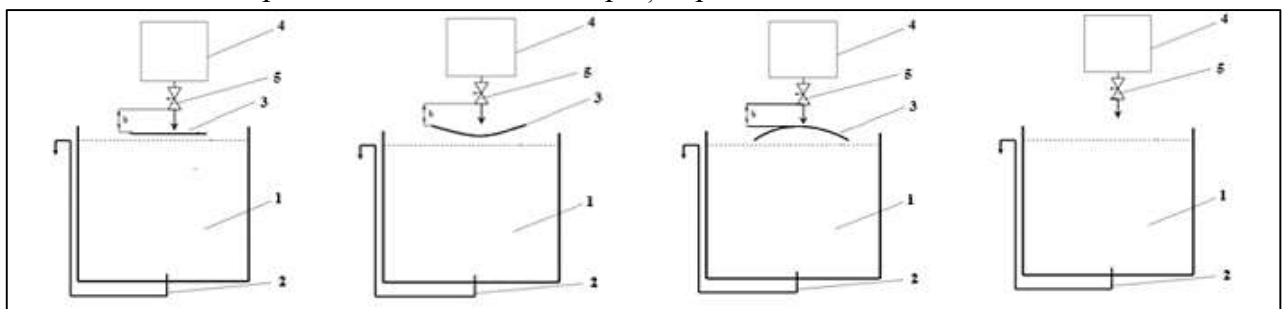


Fig. 5 Costul energiei electrice conform tarifulor diferențiate în dependență de perioada de consum

2. SPORIREA PERFORMANȚEI INSTALAȚIILOR CU FRIG NATURAL ȘI ARTIFICIAL PENTRU RĂCIREA LAPTELUI UTILIZATE ÎN REPUBLICA MOLDOVA

Capitolul 2 include:

- perfecționarea regimului de funcționare a instalațiilor de frig natural cu acțiune sezonieră în liniile cu răcire în flux[5,6];
 - studiu privind regimul de răcire a apei în acumulatorul cu frig natural în intervalele dintre mulsoari;
 - determinarea duratei și eficienței de utilizare a instalațiilor cu frig natural cu acțiune sezonieră pe teritoriul Republicii Moldova;
 - modelul matematic al instalației modernizate cu frig natural pentru răcirea laptelui cu acțiune sezonieră;
 - identificarea resurselor tehnologice de reducere a energiei electrice prin utilizarea frigului natural și a celui artificial pentru răcirea laptelui [7,8,9,10];
 - evaluarea performanței instalațiilor cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui în funcție de defecțiunile echipamentelor.
- S-a stabilit, că pentru asigurarea regimului de neamestec a apei este mai eficient de a utiliza acumulatorul cu apă cu sept orizontal Fig. 6.(a). În acest caz, K_{util} este în limitele 0.9...0.97, iar coeficientul de multiplicare a consumului de apă și lapte, în limitele 3.1...3.3.



a) sept orizontal

b) sept concav

c) sept convex

d) fără sept

Fig. 6. Modelul experimental al acumulatorului cu frig cu septuri de forme diverse

Instalația include: 1 – vas pentru apă; 2 – tub pentru scurgerea apei; 3 – sept; 4 – vas pentru apă; 5 – ventil; h – înălțimea căderii libere a apei.

- În liniile cu răcitor în flux, pentru două mulsoari este necesară asigurarea raportului între suprafața orizontală – S a acumulatorului și volumul acestuia – V , egal sau mai mare de 0,17. (Fig.7).



Fig.7 Acumulatorul cu frig natural pentru răcirea laptelui utilizat la Complexul Didactico-Experimental al UASM

Experimental s-a obținut răcirea apei de la 8°C până la 4°C , în timp de $h = 11,1$ ore (Fig. 8), deci mai puțin de 12 ore preconizate.

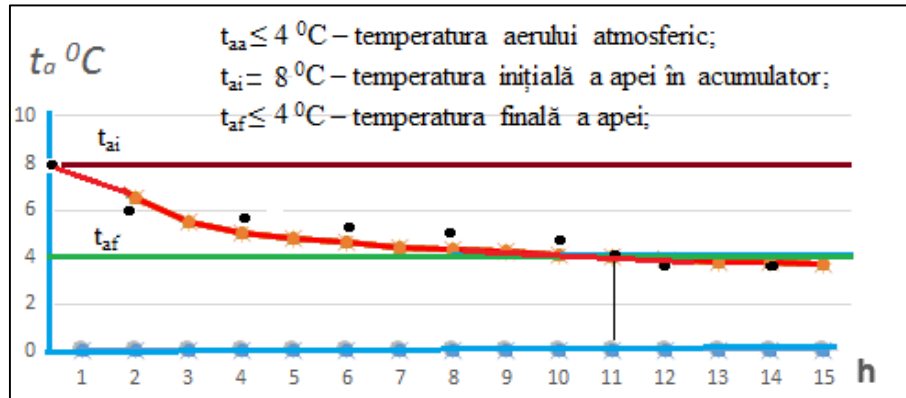


Fig. 8. Variația temperaturii de răcire a apei în acumulator cu frig natural în intervalele dintre mulșori $F(t)=f(h)$

- Schimbarea temperaturii mediului înconjurător – t în funcție de timpul T nu este un proces continuu, ci unul aliat, de aceea, pentru descrierea acestuia, este necesar de a prezenta graficul distribuției factorului t în dependență de factorul T [10, 11 12].
- A fost analizată funcționarea acumulatorului cu apă în intervalul de temperaturi a aerului atmosferic de la -15°C până la $+5^{\circ}\text{C}$, în baza legii distribuirii temperaturii aerului atmosferic $F(t)$ și aproximația acesteia pentru centrul Republicii Moldova, prezentată în Fig. 9.



Fig. 9. Legea distribuirii temperaturii aerului atmosferic $F(t)$ și aproximația acesteia.

La $t \geq +5^{\circ}\text{C}$ instalația se deconectează, deoarece nu este posibilă răcirea laptelui până la nivelul necesar – mai jos de 6°C .

În acest caz, a fost suficient de a se examina distribuția temperaturilor aerului atmosferic în intervalul indicat, tabelul 1.

Tabelul 1 Numărul de zile respectiv cu $t \leq -15^{\circ}\text{C}$, $t \leq -10^{\circ}\text{C}$, $t \leq -5^{\circ}\text{C}$, $t \leq 0^{\circ}\text{C}$, $t \leq 5^{\circ}\text{C}$

Anul	Numărul de zile				
	$t \leq -15^{\circ}\text{C}$	$t \leq -10^{\circ}\text{C}$	$t \leq -5^{\circ}\text{C}$	$t \leq 0^{\circ}\text{C}$	$t \leq 5^{\circ}\text{C}$
2015	3I 3/0,008	5I+1F+ 6/0,016	7I+10F+5D 22/0,060	29I+19F+10M+1A +1O+6N+22D 88/0,24	31I+28F+31M+17 A+17O+20N+30D 174/0,48
2016	3I 3/0,008	11I+2D 13/0,03	18I+1F+2N+12D 33/0,093	27I+12F+8M+17N +28D 92/0,25	31I+26F+28M+7A +23O+28N+29D 172/0,47
2017	4I 4/0,1	13I+3F 16/0,043	20I+12F+0M+0A+0O +0N+1D 33/0,093	31I+22F+4M+1A+ 0O+3N+17D 78/0,21	31I+28F+29M+20 A+11O+24N+29D 172/0,47
2018	1 1/0,003	6I+4F+4M +1N+2D 17/0,046	14I+6F+13M+8N+8D 49/0,13	24I+26F+20M+1A +3O+19N+28D 121/0,33	31I+28F+24M+3A +6O+21N+31D 144/0,39
2019	0 0/0	2I 2/0,005	22I+4F+1M+2N+ 5D 34/0,09	28I+16F+9M+1O+ 10N+18D 82/0,22	31I+28F+24M+10 A+5O+15N+29D 142/0,39

Notă: I-Ianuarie; F-Februarie; M-Martie; Aprilie; O-Octombrie;
N-Noiembrie; D-Decembrie.

A/B unde A este numărul de zile corespunzătoare temperaturii aerului (-15 ; -10 ; -5 ; 0 ; 5), iar B - 365 zile în an.

Distribuția pe luni a temperaturii aerului atmosferic t pentru centrul Republicii Moldova a fost obținută în baza analizei datelor meteorologice sistematice ale Serviciul Hidrometeorologic de Stat pentru șapte luni (ianuarie, februarie, martie, aprilie, octombrie, noiembrie și decembrie) ale anilor 2015-2019. În rezultatul analizei distribuției temperaturii aerului atmosferic din aceste grafice, Fig. 9 și Tabelul 2 s-a determinat numărul de zile:

- cu $t \geq 5^{\circ}\text{C}$, în timpul zilei;
- cu $t < 5^{\circ}\text{C}$, în timp de noapte;
- cu $t < 5^{\circ}\text{C}$ pe durata de 24 h.

Tabelul 2. Numărul de zile cu $t \geq 5^{\circ}\text{C}$, ziua, cu $t < 5^{\circ}\text{C}$ noaptea și cu $t < 5^{\circ}\text{C}$ pe durata de 24 h,

Luna	<i>N. de zile cu $t \geq 5^{\circ}\text{C}$, ziua</i>	<i>N. de zile, cu $t < 5^{\circ}\text{C}$ noaptea</i>	<i>N. de zile, cu $t < 5^{\circ}\text{C}$ pe durata de 24 h</i>
2015			
Ianuarie	7	31	24
Februarie	11	28	17
Martie	29	31	2
Aprilie	30	17	0
Octombrie	31	17	0
Noiembrie	24	20	0
Decembrie	16	30	14
Total	148	174	57

2016			
Ianuarie	8	31	23
Februarie	23	26	3
Martie	27	28	1
Aprilie	30	7	0
Octombrie	31	23	0
Noiembrie	7	28	21
Decembrie	10	29	19
Total	136	172	67
2017			
Ianuarie	2	31	29
Februarie	7	28	21
Martie	31	29	0
Aprilie	30	20	0
Octombrie	31	23	0
Noiembrie	4	28	24
Decembrie	10	29	19
Total	125	188	83
2018			
Ianuarie	11	31	20
Februarie	5	28	23
Martie	17	24	7
Aprilie	30	3	0
Octombrie	31	6	0
Noiembrie	12	21	9
Decembrie	4	31	27
Total	110	144	86
2019			
Ianuarie	3	31	27
Februarie	11	28	17
Martie	3	24	21
Aprilie	30	10	0
Octombrie	31	5	0
Noiembrie	22	15	0
Decembrie	23	29	6
Total	123	142	71

Din tabelul 2, reiese că instalația cu frig natural cu acțiune sezonieră poate fi utilizată de la:

- 57 până 174 zile pentru 2015;
- 67 până 172 zile pentru 2016;
- 83 până 188 zile pentru 2017;
- 86 până 144 zile pentru 2018;
- 71 până 142 zile pentru 2019.

O contribuție substanțială (de la 142 zile până la 188 zile) reprezintă utilizarea instalației cu frig natural cu acțiune sezonieră pe timp de noapte. Pe timp de zi, acest potențial este mult mai redus (de la 57 zile până la 86 zile).

- În baza perfecționării regimului de funcționare a IFN cu acțiune sezonieră în liniile cu răcitori în flux și capacitive, studierii regimului de răcire a apei în intervalele dintre mulsori, fundamentării

parametrilor constructivi ai utilajului, identificării căilor de majorare a duratei de utilizare a instalațiilor, determinării duratei de utilizare a lor pe teritoriul Republicii Moldova a fost elaborat modelul matematic de evaluare a performanței cu acțiune sezonieră [13].

Modelul matematic al instalației cu frig natural include următoarele relații funcționale:

- în regimurile de răcire a laptelui:

$V_a = f(V_1)$ – pentru septuri verticale și orizontale

unde:

V_a – volumul apei în instalația cu frig natural (acumulator), m^3 ;

V_1 – volumul laptelui, m^3 ;

- în regimurile de răcire a apei:

$S_{ev} = f(V_a)$ – pentru regimul de răcire a apei în intervalul dintre mulsori

unde:

S_{ev} – suprafața de evaporare a apei în acumulator, m^2 ;

- durata de utilizare a instalației cu frig natural IFN în perioada rece a anului pentru zona centru al Republicii Moldova: $\tau = f(t)$

unde: τ – durata de utilizare a instalației cu frig natural, zile;

t – temperatura aerului atmosferic, $t^\circ C$.

În liniile de răcire a laptelui cu răcitor în flux.

a) pentru septuri verticale:

$$V_a/V_1 = 3,6 \quad (1)$$

unde: $K_{util} = 0,83$ - coeficientului de utilizare și $n = 5$ - numărul de septuri;

$$V_a/V_1 = 3,33 \quad (2)$$

unde: $K_{util} = 0,9$ și $n = 9$

b) pentru septuri orizontale:

$$V_a/V_1 = 3.1 \dots 3.3 \quad (3)$$

unde: $K_{util} = 0,9 \dots 0,97$ și $n = 1$

Regimul de răcire a apei în intervalul dintre mulsori:

$$S_{ev}/V \geq 0,17 \text{ pentru două mulsori} \quad (4)$$

unde:

S_{ev} – suprafața de evaporare a apei în acumulator, m^2

V – volumul de apă al acumulatorului, m^3

Durata de utilizare a instalației cu frig natural IFN pentru centrul Republicii Moldova:

$$F(t) = 0,1 + 0,006t; \text{ pentru } -15 \leq t^\circ C \leq -10 \quad (5)$$

$$F(t) = 0,16 + 0,012t; \text{ pentru } -10 < t^\circ C \leq -5 \quad (6)$$

$$F(t) = 0,25 + 0,03t; \text{ pentru } -5 < t^\circ C \leq 0 \quad (7)$$

$$F(t) = 0,25 + 0,032t; \text{ pentru } 0 < t^\circ C \leq 5 \quad (8)$$

unde:

$F(t)$ -funcția (legea) distribuirii temperaturii aerului atmosferic

$t^\circ C$ – temperatura aerului atmosferic.

Pentru $t \leq 4^\circ C$ durata de utilizare a instalației cu frig natural este de $\tau = 149$ zile.

Parametrii constructivi optimali după consumul minim de materiale sunt:

I. pentru acumulatorul-răcitor de forma unui paralelipiped:

a) pentru realizarea parțială a regimului de neamestec al apei în acumulatorul cu septuri

verticale, când $K_{util}=0,83$ și $n = 5$

$$\begin{cases} h_{opt} = \sqrt[3]{0,3 \cdot V} \\ S_{opt} = \sqrt[3]{5,81 \cdot V^2} \end{cases} \quad (9)$$

b) pentru realizarea parțială a regimului de neamestec al apei în acumulatorul cu septuri verticale, $K_{util}=0,9$ și $n=9$

$$\begin{cases} h_{opt} = \sqrt[3]{0,28 \cdot V} \\ S_{opt} = \sqrt[3]{4,94 \cdot V^2} \end{cases} \quad (10)$$

c) pentru realizarea parțială a regimului de neamestec a apei în acumulatorul cu septul orizontal, $K_{util}= 0,97$ și $n=1$

$$\begin{cases} h_{opt} = \sqrt[3]{0,258 \cdot V} \\ S_{opt} = \sqrt[3]{4,25 \cdot V^2} \end{cases} \quad (11)$$

II. pentru acumulatorul-răcitor de forma unui cilindru:

a) pentru realizarea parțială a regimului de neamestec a apei în acumulator pentru septuri verticale, când $K_{util}=0,83$ și $n = 5$

$$\begin{cases} h_{opt} = \sqrt[3]{0,38 \cdot V} \\ S_{opt} = \sqrt[3]{7,37 \cdot V^2} \end{cases} \quad (12)$$

b) pentru realizarea parțială a regimului de neamestec a apei în acumulator pentru septuri verticale, $K_{util}=0,9$ și $n=9$

$$\begin{cases} h_{opt} = \sqrt[3]{0,35 \cdot V} \\ S_{opt} = \sqrt[3]{6,27 \cdot V^2} \end{cases} \quad (13)$$

c) pentru realizarea parțială a regimului de neamestec a apei în acumulator cu septel orizontal, $K_{util}= 0,97$ și $n=1$

$$\begin{cases} h_{opt} = \sqrt[3]{0,32 \cdot V} \\ S_{opt} = \sqrt[3]{5,39 \cdot V^2} \end{cases} \quad (14)$$

Dependența consumurilor specifice de energie electrică pentru răcirea laptelui de numărul de zile reci în an n cu durata de răcire a apei din acumulatorul cu frig respectiv de 6 și 8 ore[14]:

a) pentru 6 h respectiv -

$$Wsp = \frac{0,14}{n} \quad \text{pentru 100 t de lapte} \quad (15)$$

$$Wsp = \frac{0,07}{n} \quad \text{pentru 200 t de lapte} \quad (16)$$

$$Wsp = \frac{0,06}{n} \quad \text{pentru 300 t de lapte} \quad (17)$$

$$Wsp = \frac{0,05}{n} \quad \text{pentru 400 t de lapte} \quad (18)$$

$$Wsp = \frac{0,04}{n} \quad \text{pentru 500 t de lapte} \quad (19)$$

b) pentru 8h respectiv -

$$Wsp = \frac{0,18}{n} \quad \text{pentru 100 t de lapte} \quad (20)$$

$$Wsp = \frac{0,09}{n} \quad \text{pentru 200 t de lapte} \quad (21)$$

$$Wsp = \frac{0,08}{n} \quad \text{pentru 300 t de lapte} \quad (22)$$

$$Wsp = \frac{0,05}{n} \quad \text{pentru 400 t de lapte} \quad (23)$$

$$Wsp = \frac{0,05}{n} \quad \text{pentru 500 t de lapte.} \quad (24)$$

- S-a constatat, că consumul specific de energie electrică la răcirea laptelui variază în limitele: de la 78,1 kW h/t (fără aplicarea frigului natural la o productivitate anuală de lapte de 100 t) până la 14,0 kW h/t (cu aplicarea frigului natural la o productivitate anuală de lapte de 500 t) cu durata de răcire a apei din acumulatorul cu frig de 6 ore (1- variantă), Fig.10;

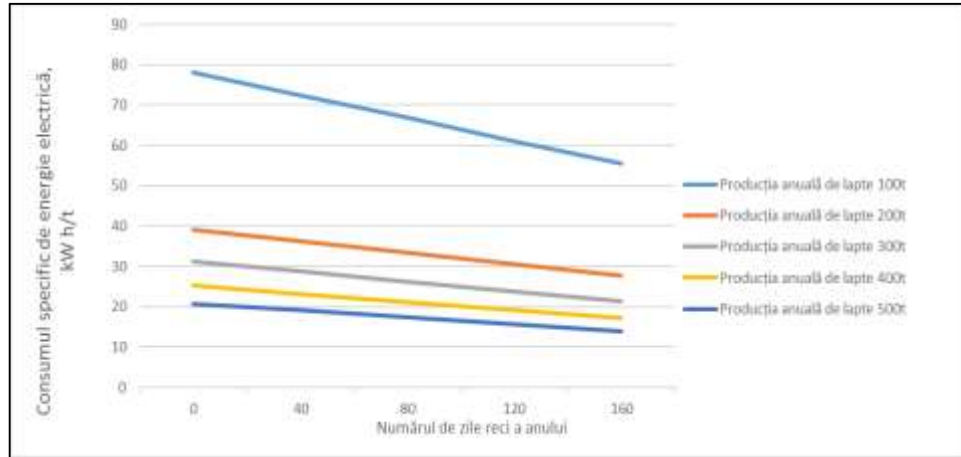


Fig. 10. Dependenta consumurilor specifice de energie electrică pentru răcirea laptelui de numărul de zile reci în an (durata de răcire a apei din acumulatorul cu frig, fiind de 6 ore)

- de la 104,1 kW h/t până la 17,0 kW h/t cu durata de răcire a apei din acumulatorul cu frig de 8 ore (varianta a 2-a), Fig. 11

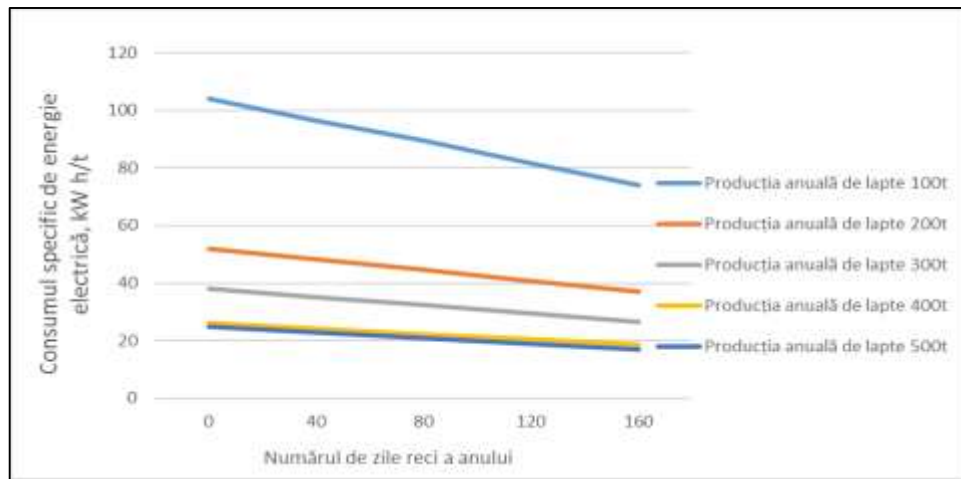


Fig.11 Dependenta consumurilor specifice de energie electrică pentru răcirea laptelui de numărul de zile reci în an (durata de răcire a apei din acumulatorul cu frig fiind de 8 ore)

În rezultatul calcului de optimizare a parametrilor procesului tehnologic de răcire a laptelui rezultă că cea mai mare reducere de energie electrică se obține de pe urma aplicării frigului natural la o productivitate anuală de lapte mai mică de 300 t (Fig. 12) [15].

De exemplu, la o productivitate anuală de lapte de 100 t, economia de energie electrică va constitui 22,6 kW h/t, durata de răcire a apei din acumulatorul cu frig fiind de 6 ore, și 30,1 kW h/t,

durată de răcire a apei din acumulatorul cu frig fiind de 8 ore. La o productivitate anuală de lapte de 400-500 t. durată de răcire a apei din acumulatorul cu frig, practic, nu influențează reducerea consumului de energie pentru răcirea laptelui, acesta fiind de 0,7-0,9 kW h/t.

Pentru ferma de bovine a UASM, cu o productivitate anuală de lapte de 175 t. economia de energie electrică va constitui 14 kW h/t, la o durată de răcire a apei din acumulatorul cu frig de 6 ore, și 18,5 kW h/t la o durată de răcire a apei din acumulatorul cu frig de 8 ore.

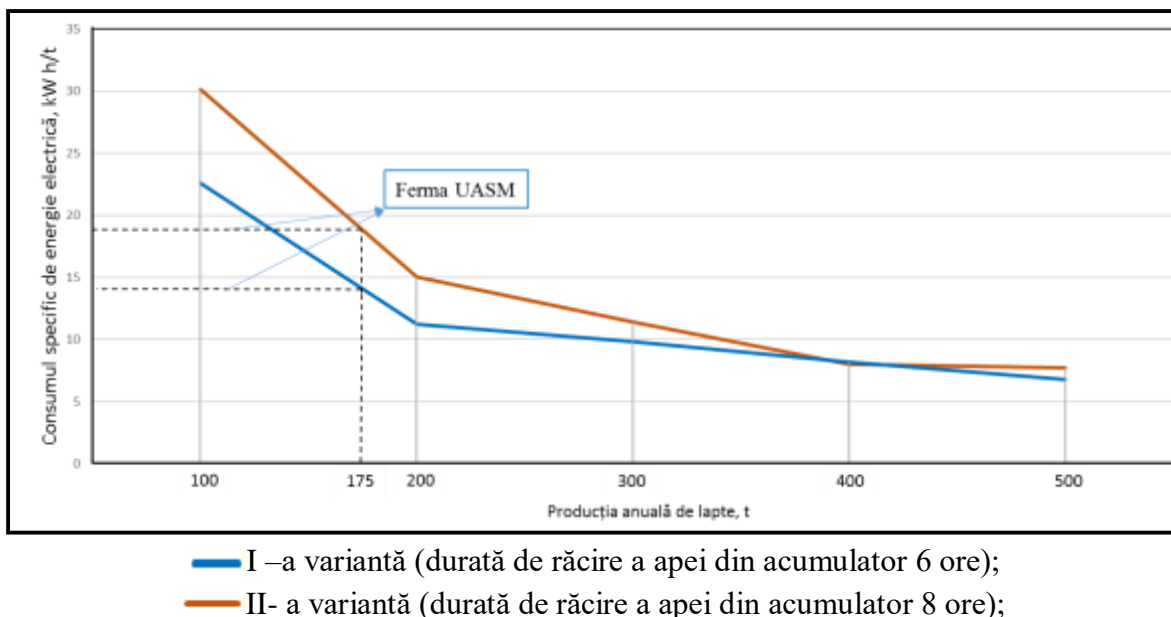


Fig. 12 Dependența diferenței consumurilor specifice de energie pentru răcirea laptelui (cu și fără aplicarea frigului natural) de productivitatea anuală de lapte.

- S-a determinat, că la productivitatea medie anuală de lapte între 6000 kg - 7000 kg,:
 - riscul pierderii profitului este comensurabil cu cheltuielile de exploatare și poate alcătui de la 11% până la 44% din cheltuielile pentru exploatare, Tabelul 3;
 - evidența riscului de pierderi schimbă distribuția locurilor de preferință, Tabelul 4;
 - volumul productivității anuale de lapte influențează distribuția locurilor preferențiale, Tabelul 4;
 - în toate condițiile examinate, nu avem nici o varianta unde cea mai mică valoare a cheltuielilor de exploatare să corespundă cu cea mai mică valoare de risc a pierderilor de profit, Tabelul 4.

Tabelul 3 Riscul pierderii profitului la o productivitate medie anuală de lapte 6000 kg și 7000 kg

No	Pierderea profitului pentru productivitatea medie anuală de lapte 6000 kg , %	Pierderea profitului pentru productivitatea medie anuală de lapte 7000 kg %
1	34	44
2	29	27
3	17	16
4	37	27
5	14	12
6	11	13

Tabelul 4 Cheltuieli de exploatare echipamentului și riscul de pierdere a profitului pentru productivitatea medie anuală de lapte 7000 kg

№ variantei	Echipamentul	Cheltuieli de exploatare (lei)	Locul	Risc de pierdere a profitului (lei)	Suma (lei)	Locul
1	2	3	4	5	6	7
1	Rezervor termos ПИМ-2,2 Instalația de termorefrigerare ТХУ-16 Instalația sezonieră (acumulator cu frig)	99729	3	43560	143289	4
2	Rezervor răcitor ППО 2-01 "ПІАКО" Rezervor răcitor ППО-2,5 Instalația de termorefrigerare ТХУ- 14 Instalația sezonieră (acumulator cu frig)	118801	6	31680	150481	6
3	Rezervor răcitor ППО-2- 01 Rezervor termos В1-ОМВ- 2Б Instalația de termorefrigerare ТХУ-14 Instalația sezonieră (acumulator cu frig)	89702	1	16830	106532	2
4	Rezervor răcitor МКА-2000ЛІ-2Б Rezervor răcitor ППО-2,5 Instalația de termorefrigerare ТХУ 14 Instalația sezonieră (acumulator cu frig)	117128	5	31284	148412	5
5	Rezervor răcitor МКА-2000-2Б Rezervor termos В1-ОМВ-2Б Instalația sezonieră (acumulator cu frig)	106052	4	16830	122882	3
6	Rezervor răcitor NEREHTA – 1000 l Instalația sezonieră (acumulator cu frig) la complexul didactico-experimental al UASM	92700	2	11220	103920	1

3. STUDIU INSTALAȚIILOR MODERNIZATE COMBINATE PENTRU RĂCIREA LAPTELUI CU FRIG NATURAL ȘI ARTIFICIAL CA OBIECT DE DIRIJARE

În Capitolul 3 al tezei este prezentată abordarea conceptuală a schemei structural-funcționale a grafurilor automate și a algoritmilor de funcționare a instalației frigorifice cu consum redus de energie electrică pentru răcirea laptelui [16,17].

Capitolul 3 include

- contribuții la elaborarea schemei structural-funcționale a grafurilor automate și a algoritmilor de funcționare a instalației frigorifice pentru răcirea laptelui cu consum redus de energie electrică;
- schema structural-funcțională, grafurile automate și algoritmi de funcționare a receptorului-acumulator cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui în răcitorul în flux;

- schema structurală și funcțională, grafurile automate și algoritmi de funcționare a instalației cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui în răcitor capacitiv;
- liniile tehnologice automatizate cu consum redus de energie electrică utilizate la prelucrarea primară a laptelui;
- evaluarea indicilor de exploatare și tehnologici ai instalațiilor cu frig natural și artificial;
- contribuții la elaborarea modelelor matematice ale liniilor tehnologice automatizate de prelucrare primară a laptelui.

• În Republica Moldova, cele mai eficiente sunt instalațiile combinate cu frig natural și artificial. Schema funcțional-structurală a instalației cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui în răcitor în flux sau în răcitor capacitiv este prezentată în figura 13, [18,19].

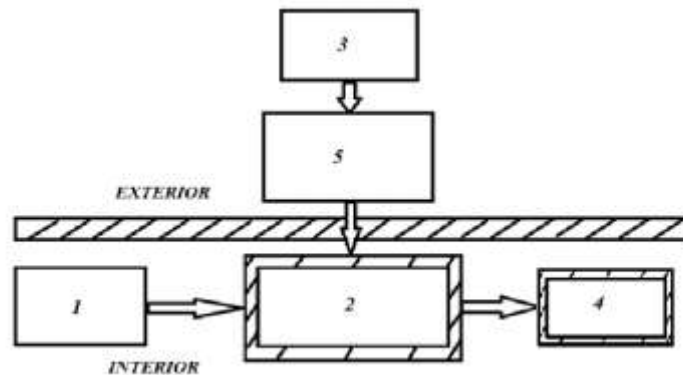


Fig. 13 Schema structurală și funcțională a instalației frigorifice și a acumulatorului cu apă pentru răcirea laptelui în răcitor în flux sau în răcitor capacitiv cu utilizarea frigului natural și artificial

1 – instalație frigorifică; 2 – acumulator cu frig cu izolare termică instalat în interiorul fermei; 3 – pulverizator; 4 – răcitor în flux sau în răcitor capacitiv pentru răcirea laptelui; 5 - acumulator cu frig instalat în exteriorul fermei.

Parametrii de control al procesului de răcire a laptelui răcitor în flux sau în răcitor capacitiv cu utilizarea frigului natural și artificial sunt [19, 20]:

- temperatura apei în acumulatorul cu apă instalat în exteriorul fermei;
- temperatura apei în acumulatorul cu apă și cu izolare termică, instalat în interiorul fermei;
- temperatura aerului atmosferic;
- temperatura laptelui răcit.

Ulterior au fost elaborate grafurile automate și algoritmi de funcționare a instalației frigorifice cu utilizarea frigului natural și artificial [20,21].

Ca exemplu, în figura 14 este prezentat graful automat al instalației frigorifice

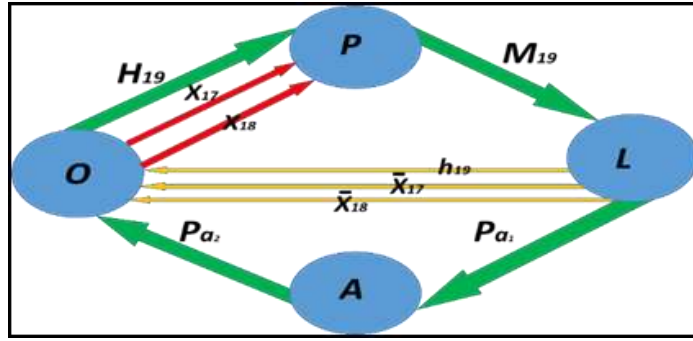


Fig. 14 Graful automat al instalației frigorifice M₁₉

Unde: O; P; L; A – stările de lucru ale instalației frigorifice M₁₉,

respectiv: oprire, pornire, lucru și avarie;

M₁₉ – instalația frigorifică (compresorul 1);

H₁₉ și h₁₉ – respectiv comanda de pornire și oprire;

H₁₉ – lipsa semnalului de oprire;

\bar{h}_{19} – lipsa semnalului de la butonul de oprire;

x₁₇ și x₁₈ – prezența semnalelor de la traductoarele 17 și 18;

\bar{x}_{17} și \bar{x}_{18} – lipsa semnalelor de la traductoarele 17 și 18;

\bar{h}_{19} – lipsa semnalului de la butonul de oprire;

Pa₁ și Pa₂ – prezența semnalelor de avarie;

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

Algoritmul de funcționare a instalației frigorifice elaborat în baza grafului automat prezentat în figura 14 are forma:

$$Y_{19} = (x_{17} \cdot x_{18} + H_{19}) \cdot \bar{h}_{19} \cdot \bar{P}a_1 \cdot \bar{P}a_2 \cdot M_{19} \quad (25)$$

S-a stabilit că temperaturile aerului atmosferic de facto (înregistrate la Complexul Didactico-Experimental al UASM) sunt cu 1-2 °C mai joase decât temperaturile aerului atmosferic înregistrate la Serviciul Hidrometeorologic de Stat, figura 15.

Această diferență de temperaturi ale aerului atmosferic, relativ mică, contribuie esențial la mărirea duratei de utilizare a acumulatorului cu frig în perioada toamnă/primăvară. Durata de utilizare a acumulatorului cu frig se mărește, toamna – cu 5 zile, și primăvara – cu 9 zile, în total cu 14 zile.

Chiar și în lunile octombrie și aprilie, în centrul Republicii Moldova, poate fi utilizată instalația pentru răcirea laptelui cu frig natural deoarece durata de răcire a apei τ constituie câteva ore și anume de la 4 până la 13 ore, pentru $t \leq 4^\circ\text{C}$.

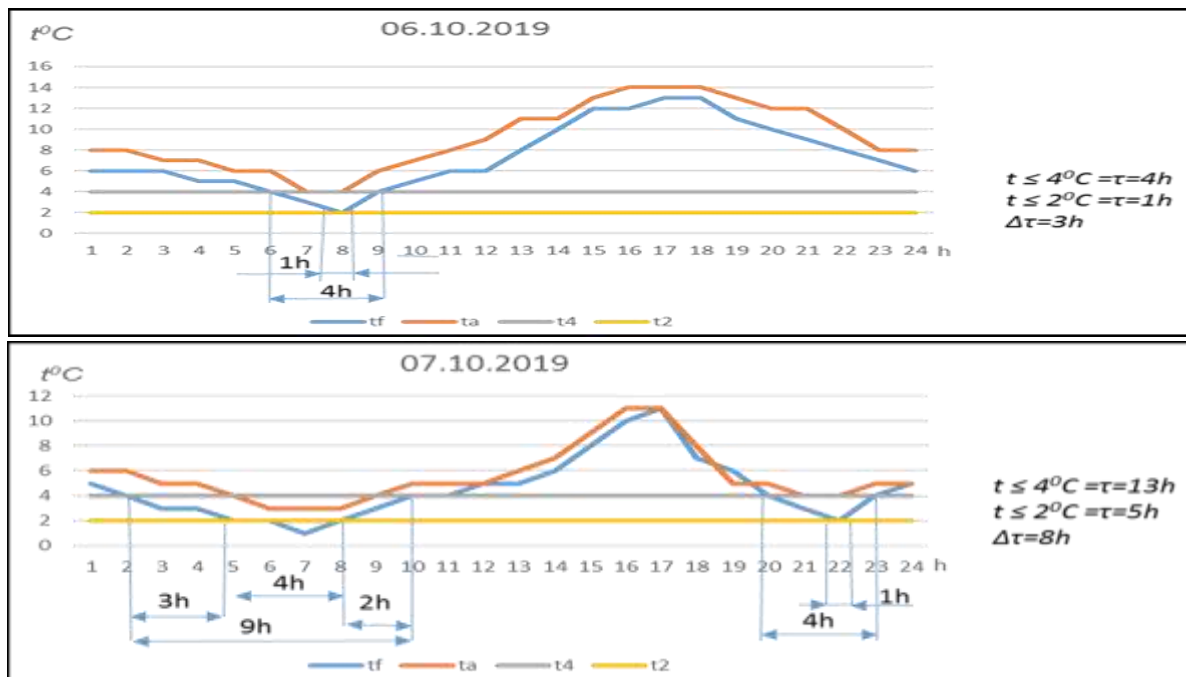


Fig. 15 Temperaturile aerului atmosferic pe durata de 24 h

- **tf** - temperaturile aerului atmosferic de facto (înregistrate la Complexul Didactico-Experimental al UASM)
- **ta** - temperaturile aerului atmosferic conform datelor a Serviciului Hidrometeorologic de Stat
- **t2** - temperatura aerului atmosferic $t=2^{\circ}\text{C}$
- **t4** - temperatura aerului atmosferic $t=4^{\circ}\text{C}$

τ - durata de răcire a apei respectiv pentru temperaturile aerului atmosferic $t \leq 4^{\circ}\text{C}$ și $t \leq 2^{\circ}\text{C}$;

- La ferma didactică a UASM s-a determinat experimental consumul specific de energie electrică la răcirea laptelui cu folosirea acumulatorului cu frig natural în perioada rece a anului, care constituie cca 0,5 kWh/t, tabelul 5.

La variația volumului acumulatorului cu frig de la 0 până la 2,0 m³ puterea instalației frigorifice N_{if} se reduce de la 2,5 kW până la 0,8 kW.

Tabelul 5 Consumul specific de energie electrică la răcirea laptelui(kwh/t) cu utilizarea acumulatorului cu frig natural în perioada rece a anului ($t \leq 4^{\circ}\text{C}$)

Data	Cantitatea de lapte muls zilnic, t	Consumul zilnic de energie electrică, kWh	Consumul specific de energie electrică, kWh/t
01.05.20	0,6	0,25	0,42
02.05.20	0,5	0,25	0,5
03.05.20	0,5	0,25	0,5
04.05.20	0,5	0,25	0,5
05.05.20	0,5	0,25	0,5

CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

1. Instalația cu frig natural se utilizează la răcirea laptelui la temperatura aerului atmosferic $t \leq 4^{\circ}\text{C}$ iar în perioada caldă a anului pentru $t > 4^{\circ}\text{C}$ se folosește instalația frigorifică combinată, care include instalația frigorifică și instalația cu frig natural.

Principalele avantaje ale utilizării instalației cu frig natural în comun cu instalația frigorifică sunt:

- economisirea energiei electrice și a apei;
- reducerea volumului de freoni și de uleiuri freonice folosite;
- asigurarea unei fiabilități de funcționare mai înalte;
- posibilitatea folosirii tarifului diferențiat la energia electrică, care conform ANRE se reduce cu 40%.

2. S-a stabilit, că:

- consumul specific de energie electrică pentru răcirea laptelui la utilizarea instalației propuse constituie în perioada rece a anului 0,5 kW h/t, față de 15...25 kW h/t la utilizarea instalațiilor frigorifice tipice;

- răcirea apei în instalația cu frig natural (pentru temperatura aerului atmosferic $t > 4^{\circ}\text{C}$) de la instalația frigorifică permite de a reduce puterea electrică a instalației frigorifice cu cca 1,6...1,7 ori;
- asigurarea procesului de neamestec a apei în instalația cu frig natural permite de a prelungi durata de utilizare a instalației în perioada rece a anului, de la 16 până la 59 zile pe an pentru centru RM.

3. S-a constatat, că:

- la răcirea laptelui de la 30°C până la 6°C este necesară o secție a instalației cu frig natural la temperaturile aerului atmosferic $t \leq 0^{\circ}\text{C}$, două secții pentru $0 < t \leq 2^{\circ}\text{C}$, și patru secții pentru $2 < t \leq 4^{\circ}\text{C}$;

- la răcirea laptelui de la 17°C până la 6°C este necesară o secție a instalației cu frig natural la temperaturile aerului atmosferic $t \leq 2^{\circ}\text{C}$ și două secții, pentru $2 < t \leq 4^{\circ}\text{C}$;

- pentru ferma didactică a UASM (cu 30 vaci mulgătoare) parametri optimali a acumulatorului cu frig sunt: $h_{\text{opt}} = 0,7 \text{ m}$ și $S_{\text{opt}} = 0,9 \text{ m}^2$.

4. Modelul matematic elaborat al acumulatorului cu frig natural și artificial permite de a argumenta parametrii constructivi - tehnologici a instalației, precum și durata de utilizare a acestea în perioada rece a anului în baza analizei datelor meteorologice sistematice ale centrului meteorologic al mun. Chișinău (perioada 2015 – 2019) și argumentării legii distribuției temperaturii aerului exterior și aproximația acesteia.

5. Parametrii de control al procesului de răcire a laptelui cu utilizarea frigului natural și artificial sunt:

- temperatura laptelui la intrare și ieșire din răcitoare;
- temperatura apei în instalația cu frig natural și artificial;
- temperatura aerului atmosferic.

Automatizarea instalațiilor cu frig natural și artificial în baza selectării parametrilor de control, elaborării grafurilor automate și formalizării algoritmilor de funcționare a instalațiilor nominalizate permite de a asigura răcirea laptelui la temperatura necesară de păstrare $4...6^{\circ}\text{C}$, atât în răcitoare în flux, cât și în răcitoare capacitive.

6. Tehnologia de răcire a laptelui cu aplicarea frigului natural dispune de rezerve mari privind reducerea consumului specific de energie electrică. După cum au demonstrat calculele, dacă parametrii instalației sunt ajustați la volumul de lapte, supus răcirii, atunci poate fi obținută o reducere a consumului specific de energie electrică de 1,4 – 1,48 ori, comparativ cu tehnologiile tradiționale.

Pentru reducerea consumului specific de energie electrică este necesară ajustarea instalațiilor tip prin conectarea unor instalații cu o capacitate mai mică precum și corectarea parametrilor acumulatorului cu frig natural și artificial.

7. Pentru reducerea consumului de energie electrică (cca 7,5 kW h/t) este necesară reglementarea duratei de răcire a apei din acumulatorul cu frig în funcție de producția zilnică de lapte, în special pentru fermele mici, gospodăriile țărănești și punctele de colectare a laptelui cu o productivitate anuală de lapte până la circa 300 t. S-a stabilit că pentru o productivitate anuală de lapte de 400-500 t, durata de răcire a apei din acumulatorul cu frig practic nu influențează reducerea consumului specific de energie electrică pentru răcirea laptelui, care constituie cca 0,6-0,8 kW h/.

8. Pentru ferma de bovine a UASM cu o productivitate medie anuală de lapte de 175 t. economia de energie electrică va constitui 14 kW h/t la o durată de răcire a apei din acumulatorul cu frig de 6 ore și 18,5 kW h/t la o durată de răcire a apei de 8 ore. Puterea electrică a instalației frigorifice la ferma didactică a UASM la utilizarea acumulatorul cu frig cu volumul $V_{af} = 1 \text{ m}^3$ și cu rezervorul răcitor NEREHTA – 1000 l cu puterea electrică de 2,5 kW, se reduce cu cca 60% și constituie până la 1,5 kW. La variația volumului acumulatorului cu frig de la 0 până la $2,0 \text{ m}^3$ puterea instalației frigorifice Nif se reduce de la 2,5 kW până la 0,8 kW.

9. În perioada rece a anului, utilizarea acumulatorului cu frig pentru răcirea laptelui, permite de a reduce consumul specific de energie electrică de 37,5 ori față de utilizarea doar a instalației frigorifice. Totodată în perioada caldă a anului, utilizarea combinată a acumulatorului cu frig și a instalației frigorifice permite de a reduce consumul specific de energie electrică de 1,9 ori.

Pentru anii 2019/2020 s-a stabilit că temperatura aerului atmosferic la locul instalării acumulatorului cu frig sunt cu 1- 2° C mai mici decât temperaturile aerului atmosferic înregistrate la stația meteorologică din mun. Chișinău. Această diferență de temperaturi a aerului atmosferic, relativ mică, contribuie esențial la mărirea duratei de utilizare a acumulatorului cu frig în perioada toamnă /primăvară respectiv cu 5 și 9 zile.

10. S-a constatat, că:

- riscul pierderii profitului este comensurabil cu cheltuielile de exploatare a echipamentului frigorific și poate alcătui de la 11% până la 44% din cheltuielile pentru exploatare la productivitatea medie anuală de lapte între 6000 kg - 7000 kg.
- evidența riscului de pierderi a profitului schimbă distribuția locurilor de preferință.
- volumul productivității anuale de lapte influențează distribuția locurilor preferențiale.
- în toate condițiile examinate nu avem nici o variantă unde cea mai mică valoare a cheltuielilor de exploatare a echipamentului frigorific să corespundă cu cea mai mică valoare de risc a pierderilor de profit.

Pentru implementarea tehnologiei utilizării frigului natural și artificial sunt propuse următoarele recomandări:

1. Instalațiile cu frig natural și artificial pot fi utilizate în diferite sectoare a complexului agroindustrial cum ar fi sectorul zootehnic, păstrarea legumelor, fructelor precum și crearea sistemelor baroclimaterice cu o atmosferă artificială a spațiului gazos.

2. De propus Agenției de Intervenție și Plăți pentru Agricultură de a promova realizarea instalațiilor de frig natural prin subvenționarea producătorilor agricoli care sunt gata să implementeze în procesului tehnologic sistemul de răcire a laptelui

3. Modelul matematic elaborat de recomandat specialiștilor în domeniu pentru optimizarea parametrilor constructivi tehnologici a acumulatorilor cu apă în comun cu instalațiile frigorifice.

4. În cadrul sectorului zootehnic autohton se propune de a promova rezultatele științifice obținute în realizarea tehnologiei de răcire a laptelui cu aplicarea frigului natural și artificial prin intermediul aplicațiilor, întrunirilor de specialiști de profil și conferințe de diseminare a rezultatelor științifice.
5. De a introduce în planul de studiu a Universității Agrare de Stat din Moldova abordarea teoretică a cercetărilor efectuate în cursurile de prelegeri „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 „Automatizarea proceselor tehnologice în agricultură” pentru studenții ciclului II (masterat) la specialitatea „Electrotehнологii în mediu rural” a facultății de Inginerie Agrară și Transport Auto.

BIBLIOGRAFIE

1. Volconovici, L., Crețu, V., 1. Volconovici, A., Răcirea laptelui cu aplicarea frigului natural și artificial. Chișinău: Editura Tehnica Info, 2009. ISBN: 978-9975-63-278-2.
2. ISO 5707:2007. Milking machine installations — Construction and performance, The International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2007.
3. Mein G.A., Williams D.M.D and Reinemann D.J. NMC. 2000. Effects of milking on teat-end hyperkeratosis: Mechanical forces applied by the teat cup liner and responses of the teat. 42nd Annual Meeting of the National Mastitis Council, Fort Worth Texas, USA, January 26-29, 2003.
4. 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. Волконович Л., Кушнир М., Кирияк И., Стёпка О. Барьеры на пути развития возобновляемых источников энергии. Доклады итоговой научной конференции инженерно-технического института за 2013г. Тирасполь : с.п., 2013 pp. 163-165.
6. Волконович, Л., Кушнир, М., Кирияк, И., Звонкий, В. Пути построения ресурсов сберегающих автоматизированных технологий. Доклады итоговой научной конференции инженерно-технического института за 2013 г. Тирасполь : с.п., 2013. pp. 158-161.
7. Козловцев, А.П., Квашенников, В.И., Константинов, М.М., Козловцева, С.П. Секционный аккумулятор природного холода для охлаждения молока на фермах. В: Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии 2016; Вып. 4. - С. 43-46. ISSN
8. 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.
9. 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/>
10. 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>
11. Мохначева, Ю.В. Анализ устройств для охлаждения молока с использованием

- естественного холода. В: Идеи молодых ученых: экономика и агроинженерия, Челябинск, 2018. - С. 57-69. ISBN 978-5-88156-802-3.
12. 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.
 13. Мультап А.А., Энергосберегающая комбинированная система охлаждения молока с использованием природного холода и водоледяного аккумулятора http://elib.altstu.ru/journals/Files/pv2011_021/pd17204multan.pdf
 14. Мусин А., Марьяхин Ф., Учеваткин А. Влияние режимов работы электроприводов технологической линии на показатели качества обрабатываемого молока. 2012. Vol. 63, pp. 17-26.
 15. Учеваткин, А. И., Марьяхин, Ф. Г., Мальнев, В. П., Лавров, В. А. Исследование режимов работы энергосберегающих технологических линий обработки молока. Научные труды Российской инженерной академии менеджмента и агробизнеса. п. Челюскинский : ФГБОУ «РИАМА», 2002. pp. 218 - 239.
 16. Шилин, В.А., Герасимов, О.А., Лобачев, А.В. Использование естественного холода как охлаждающего агента для молока. В: Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2012, №2, с. 195-200. ISSN 2226-4302. Доступен: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-estestvennogo-holoda-kak-ohlazhdayuschego-agenta-dlya-moloka>
 17. 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.
 18. 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: опыт, проблемы и пути их решения : материалы VIII Международной научно-практической конференции. 7-8 февраля 2017 г. - Ульяновск. 2017, ч. 1., с. 54-57. ISBN 978-5-9909322-3-4. // doc3.7
 19. Фокин, А.И., Цой, Ю.А., Зиганшин, Б.Г. [и др.]. Комбинированная установка для охлаждения молока с использованием искусственного и естественного холода. В: Техника и оборуд. для села. 2015, N 10, с. 11-12.
 20. Кушнир, М. Выбор и обоснование оптимальных параметров и режимов работы, автоматизированных энергосберегающих технологических систем охлаждения молока. Simpozionului Științifico-Practic Internațional „Realizări și perspective în inginerie agrară și transport auto” dedicat aniversării a 65 ani de la fondarea Facultății de Inginerie Agrară și Transport Auto. Chișinău : UASM, 2015. Lucrări Științifice Volumul 45, pp. 437 - 440. ISBN 978-9975-64-276-7.
 21. WPS, Wisconsin Public Service. In-line milk cooling. Saving energy > Energy efficiency for your farm > In-line milk cooling >. [Online] 2018. https://accel.wisconsinpublicservice.com/business/milk_cooling.aspx.

LISTA PUBLICAȚIILOR AUTORULUI LA TEMA TEZEI

• Monografii

1. Волконович Л., Кушнир М., Дайку А. et al. Применение холода для охлаждения молока и хранения плодоовощной продукции. Монография. Государственный аграрный университет Молдовы. Chișinău, 2019, ISBN 978-9975-56-625-4.(637.133.1+664.8.037):621.565, стр.764

• Articole în reviste din străinătate recunoscute

2. Волконович Л., Волконович А., Дайку А., 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
3. Волконович Л., Дайку А.С., 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
4. Волконович Л., Слипенки В., Дайку А. 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
5. Волконович Л., Волконович А., Дайку А. et al. Разработка алгоритмов управления процесса хранения фруктов и овощей с применением естественного холода. În: *Иновации в сельском хозяйстве*, № 23,17 стр. 48-56, ISSN 2304-4926.
6. Волконович Л., Слипенки В., Дайку А. 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
7. **Daicu A.**, 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
8. **Daicu A.**, 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. vol. 6, № 4, p. 13-22, doi: 10.37410/EMERG.2020.4.0

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

9. Волконович Л., Стёпка О, Дайку А. 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.
10. Волконович Л., Кушнир М., Дайку А. 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

11. Волконович Л.Ф., Слипенки В.Е., Дайку А.С. 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
 12. Волконович Л., Учеваткин А, Дайку А., et al. Комплексный анализ автоматизированных энергосберегающих технологических процессов для охлаждения молока. În: *Știința agricolă*, № 2 2017 UASM, p. 92-99 УДК 637.117.02 ISSN 1857-0003
 13. Дайку, А. Разработка алгоритмов управления процесса хранения фруктов и овощей с применением естественного холода. În: *Știința agricolă*, № 1 2019, UASM, p. 131-137. ISSN 2587-3202 (electronic) ISSN 1857-0003 (print) <http://www.sa.uasm.md> CZU 664.84/.85.037.1
 14. **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
 15. **Anatolie Daicu**, Augustin Volconovici, Ala Chirsanova, 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.
 16. **Anatolie Daicu**, Elena Scripnic, Augustin Volconovici, 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**
 17. Волконович Л., Кушнир М., Дайку А. 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.
 18. Волконович Л., Волконович А., Дайку А. 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.
 19. Волконович Л., Волконович А., Дайку А. 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.
 20. Кушнир М., Волконович А., Дайку А. 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.
 21. Волконович Л., Волконович А., Дайку А. 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.

22. Побединский В., Волконович Л., **Дайку А.** Модель и принципы биотехнологического мониторинга производства молока на учебно-экспериментальном комплексе. 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,133- 1, УДК: 637.1.02(478-25) CZU 082:378.663(478-25)=135.1=161.1, U 56
23. Cușnir M., Ucevatchin A., **Daicu A.** 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
24. Волконович А., Слипенки В., **Дайку А.** et al. Методика определения оптимальных сроков хранения фруктов и овощей с применением естественного и искусственного холода. 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.,382-386, CZU 637.13.02, CZU 082:378.663(478-25)=135.1=161.1 U 56

ADNOTARE

la teza de doctor în științe tehnice cu tema „Argumentarea regimurilor de funcționare și a parametrilor constructivi - tehnologici ai instalației ecologice automatizate cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui”, Daicu Anatolie, Chișinău, 2020

Teza este constituită din introducere, trei capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografie cu 113 titluri, 6 anexe, 117 pagini de text de bază, 47 de figuri, 15 tabele, 127 formule. Rezultatele cercetărilor sunt reflectate în 24 de lucrări științifice, inclusiv o monografie, 7 articole în reviste internaționale, 16 articole în reviste naționale.

Cuvinte-cheie: instalație frigorifică, acumulator cu apă, frig natural, răcirea laptelui, model matematic, eficiență energetică, grafuri automate, algoritm de funcționare.

Scopul lucrării constă în argumentarea metodologiei de răcire a laptelui cu frig natural și artificial prin identificarea parametrilor constructivi și tehnologici ai instalației ecologice automatizate.

Obiectivele cercetării: îmbunătățirea indicilor tehnici, energetici și economici ai instalației frigorifice combinate prin utilizarea frigului natural și a celui artificial; reducerea puterii electrice a instalației frigorifice combinate; reducerea esențială a consumului specific de energie electrică necesară la răcirea laptelui; perfecționarea regimurilor de funcționare și argumentarea parametrilor constructivi și tehnologici ai instalațiilor cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui; evaluarea eficacității utilizării instalațiilor cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui ținând cont de defectarea echipamentelor electrice.

Noutatea și originalitatea științifică constă în fundamentarea metodologică a utilizării frigului natural și artificial în cadrul utilajului de răcire a laptelui și a dimensiunii acumulatorului cu frig care permite argumentarea parametrilor constructivi și tehnologici ai instalației ecologice automatizate.

Problema științifică importantă soluționată: îmbunătățirea indicilor tehnici, energetici și economici ai instalației frigorifice combinate prin utilizarea frigului natural și a celui artificial în baza modelului matematic elaborat și în corelație cu legea distribuției temperaturii aerului atmosferic pentru zona din centrul Republicii Moldova.

Semnificația teoretică a lucrării constă în contribuția metodologică la determinarea parametrilor optimați ai instalației frigorifice combinate pentru Republica Moldova, care asigură o economisire a resurselor energetice.

Valoarea aplicativă a lucrării: a fost modernizată instalația frigorifică cu frig natural și artificial cu argumentarea parametrilor constructivi tehnologici optimați ai acumulatorului cu frig.

Implementarea rezultatelor științifice. Rezultatele cercetărilor au fost implementate în cadrul proiectului transfrontalier MIS ETC 1549 „Promovarea producției sustenabile și implementarea bunelor practici în fermele de bovine din zona transfrontalieră România, Republica Moldova și Ucraina”. Componenta teoretică a cercetării este implementată în cadrul proiectului 20.80009.5107.04 „Adaptarea tehnologiilor durabile și ecologice de producere și păstrare a fructelor sub aspect cantitativ și calitativ în funcție de integritatea sistemelor de cultură și schimbărilor climatice ” pe perioada 2020-2023. Abordarea teoretică a cercetărilor efectuate se utilizează în cursurile de prelegeri „Surse regenerabile de energie în sectorul agrar” și „Proiectarea sistemelor de electrificare în sectorul agrar” respectiv pentru studenții anului 3 și 4 a facultății de Inginerie Agrară și Transport Auto în cadrul UASM.

АННОТАЦИЯ

докторской диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук с темой „ Обоснование режимов работы и конструктивно-технологических параметров автоматизированной экологической установки с естественным и искусственным холодом для охлаждения молока”, Дайку Анатолие, Кишинев, 2020

Структура диссертации состоит из введения, содержит три главы, общие выводы и рекомендации, библиографию из 113 названий, 6 приложений, 117 страниц основного текста, 47 рисунка, 15 таблиц, 127 формул. Результаты исследования отражены в 24 научных статьях, в том числе в одной монографии, 7 статьях в международных журналах и 16 статьях в национальных журналах.

Ключевые слова: холодильная установка, аккумулятор воды, естественный холод, охлаждение молока, энергоэффективность автоматные графы, алгоритм функционирования.

Цель исследования заключается в обосновании методологии охлаждения молока с применением естественного и искусственного холода с определением конструктивных и технологических параметров автоматизированной экологической установки.

Задачи исследования: улучшение технико-энергетических и экономических показателей комбинированной холодильной установки за счет использования естественного и искусственного холода; снижение электрической мощности комбинированной холодильной установки; значительное снижение удельного расхода электроэнергии на охлаждение молока; совершенствование режимов работы и обоснование конструктивных и технологических параметров установок естественного и искусственного холода; оценка эффективности использования установок естественного и искусственного холода для охлаждения молока с учетом выхода из строя электрооборудования.

Научная новизна и оригинальность заключается в обосновании методологии использования естественного и искусственного холода для охлаждения молока, что позволяет аргументировать конструктивные и технологические параметры автоматизированной экологической установки.

Важная научная проблема, которая решена в диссертационной работе это улучшение технико-энергетических и экономических показателей комбинированной холодильной установки за счет использования естественного и искусственного холода на основе разработанной математической модели во взаимосвязи с законом распределения температуры атмосферного воздуха для центра РМ

Теоретическая значимость работы заключается в методологическом вкладе в определение оптимальных параметров комбинированной энергосберегающей холодильной установки для РМ.

Практическая ценность работы заключается в модернизации установки естественного и искусственного холода с обоснованием оптимальных конструктивных и технологических параметров аккумулятора холода.

Внедрение научных результатов. Результаты исследования внедрены в рамках институционального проекта MIS ETC 1549 «Содействие устойчивому развитию и внедрение передовой практики на животноводческих фермах в приграничной зоне Румынии, Республики Молдова и Украины». Теоретическая составляющая исследования внедрена в проекте 20.80009.5107.04 «Адаптация устойчивых и экологических технологий производства и хранения плодовой продукции с точки зрения количества и качества в зависимости от целостности системы растениеводства и изменения климата» на период 2020-2023 гг. Теоретические исследования использованы в курсах лекций «Возобновляемые источники энергии в аграрном секторе» и «Проектирование систем электрификации в агропромышленном комплексе» для студентов 3 и 4 курсов факультета сельскохозяйственной инженерии и автомобильного транспорта, ГАУМ.

ANNOTATION

for the PhD thesis in technical sciences” Argumentation of the operating regimes and of the constructive-technological parameters of the automated ecological installation with natural and artificial cold for milk cooling”, Daicu Anatolie, Chisinau, 2020

The structure of the thesis includes introduction, three chapters, conclusions and recommendations, list of references from 113 sources, 6 appendixes, 117 pages of the main text, 47 figures, 15 tables, 127 formulas. The research results are reflected in 24 scientific papers, including a monograph, 7 articles in international journals, 16 articles in national journals.

Key words: refrigeration system, water accumulator, natural cold, milk cooling, energy efficiency automatic graphs, operating algorithm.

The main goal of this research consists in the argumentation of the methodology of cooling milk with natural and artificial cold by defining the constructive-technological parameters of the automated ecological installation.

The objectives: improving the technical, energetic and economical indices of the combined refrigeration system by using natural and artificial refrigeration; reducing the electrical power of the combined refrigeration system; the significant reduction in the specific consumption of electricity required for cooling milk; improving the operating regimes and proving the constructive and technological parameters of the installations with natural and artificial cold for cooling the milk; evaluation of the effectiveness of the use of installations with natural and artificial cold for cooling the milk taking into account the failure of electrical equipment.

The scientific innovation consists in the methodological substantiation of the use of natural and artificial cold in the milk cooling machine and in the size of the cold accumulator which allows the argumentation of the constructive and technological parameters of the automated ecological installation.

The important scientific problem solved: improving the technical, energetic and economical indices of the combined refrigeration installation by using natural and artificial cold based on the mathematical model developed and in correlation with the law of atmospheric air temperature distribution for the area in the center of the Republic of Moldova.

The theoretical importance of the paper consists in the methodological contribution to the determination of the optimal parameters of the combined refrigeration installation for the Republic of Moldova, which ensures a saving of energy resources.

The practical importance: the refrigeration system with natural and artificial cold was modernized with optimizing the technological constructive parameters of the cold accumulator.

Implementation of scientific results. The research results were implemented within the institutional project MIS ETC 1549:” Promoting sustainable production and implementing good practices in the farms from the cross-border area Romania, the Republic of Moldova and Ukraine”. The theoretical component of the research is implemented within the project 20.80009.5107.04:” Adaptation of sustainable and ecological technologies for fruit production in terms of quantity and quality according to the integrity of the crop system and climate change” for the period of 2020-2023. The theoretical approach of the research is used in the lecture courses "Renewable energy sources in the agricultural sector" and "Design of electrification systems in the agricultural sector" for students of years 3 and 4 of the Faculty of Agricultural Engineering and Auto Transport within SAUM.

DAICU ANATOLIE

**ARGUMENTAREA REGIMURILOR DE FUNCȚIONARE ȘI
PARAMETRILOR CONSTRUCTIVI - TEHNOLOGICI A INSTALAȚIEI
ECOLOGICE AUTOMATIZATE CU FRIG NATURAL ȘI ARTIFICIAL
PENTRU RĂCIREA LAPTELUI**

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

Rezumatul tezei de doctor în științe tehnice

Aprobat spre tipar: 04.12.2020
Hârtie ofset. Tipar digital.
Coli de tipar:2.0

Formatul hârtiei A4
Tiraj 50 exemplare
Comanda nr.15

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