

UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI

Cu titlu de manuscris

CZU: 631.371:621.31:637.117(043.3)

URSATHI NICOLAI

**SPORIREA EFICIENȚEI ENERGETICE A INSTALAȚIEI CU
FRIG NATURAL ȘI ARTIFICIAL LA PUNCTELE DE
COLECTARE A LAPTELUI**

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

Rezumatul tezei de doctor în științe inginerești

CHIȘINĂU 2023

Teza a fost elaborată în cadrul departamentului ”Ingineria Fabricației”
Universitatea Tehnică a Moldovei

Conducător științific:

VOLCONOVICI Liviu, doctor habilitat în științe tehnice, profesor universitar, UTM

Referenți oficiali:

1. STIOPCA Oleg, dr., conf. univ., UTM
2. GOLOVANOV Nicolae, dr. ing., prof. emerit, Universitatea Politehnică din București
3. LUCACHE Dorin-Dumitru, dr. ing., prof., Universitatea Tehnică “Gheorghe Asachi”, Iași

Componența Comisiei de susținere publică a tezei de doctorat:

1. MARIAN Grigore, președinte, dr. hab., prof. univ. UTM
2. POPESCU Victor, secretar, dr., conf. univ., UTM
3. VOLCONOVICI Liviu, dr. hab., prof. univ. UTM
4. MAZURU Sergiu, dr. hab., conf. univ. UTM
5. STIOPCA Oleg, dr., conf. univ., UTM
6. GOLOVANOV Nicolae, dr. ing., prof. emerit, Universitatea Politehnică din București
7. LUCACHE Dorin-Dumitru, dr. ing., prof., Universitatea Tehnică “Gheorghe Asachi”, Iași

Susținerea tezei va avea loc la 20.09.2023 ora 13:00 în ședința Comisiei de susținere publică a tezei de doctorat pe adresa: MD-2045, Republica Moldova, mun. Chișinău, str. Studenților, 9/8, blocul de studii nr. 6 al UTM, aud. 6-210.

Teza de doctor și rezumatul pot fi consultate la Biblioteca Tehnico–Științifică a UTM, pe pagina web a UTM (www.repository.utm.md) și pe pagina web a ANACEC (www.anacec.md).

Rezumatul a fost expeditat la 21.08.2023

Secretar științific al Comisiei de Doctorat

dr., conf. univ.

POPESCU Victor

Conducător științific

dr. hab., prof. univ.

VOLCONOVICI Liviu

Autor

URSATII Nicolai

CUPRINS

REPERE CONCEPTUALE ALE CERCETĂRII.....	4
CONȚINUTUL TEZEI.....	9
1. Analiza situației actuale și identificarea soluțiilor de sporire a eficienței energetice la punctele de colectare a laptelui.....	9
2. Aspecte privind determinarea parametrilor tehnologici constructivi ai instalației ecologice de răcire a laptelui.....	11
3. Studiul regimurilor energetice de funcționare și de control ale instalației ecologice de răcire a laptelui	16
4. Cercetarea instalației ecologice pentru răcirea laptelui cu consum redus de energie electrică la punctele de colectare ca obiect de dirijare	23
CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI.....	26
BIBLIOGRAFIE.....	28
LISTA PUBLICAȚIILOR AUTORULUI LA TEMA TEZEI.....	29
ADNOTARE	32
ANNOTATION	33
АННОТАЦИЯ.....	34

REPERE CONCEPTUALE ALE CERCETĂRII

Actualitatea și importanța problemei abordate. Criza epidemiologică și problemele energetice apărute, atât în Republica Moldova cât și la nivel internațional crește povara economică a producătorilor agroalimentari. Sistemele energetice și alimentare sunt profund legate între ele. Aproximativ 30% din energia globală este consumată de sistemele de producere și procesare agroalimentare. Energia este, de asemenea, responsabilă pentru o treime din emisiilor de gaze cu efect de seră ale sistemelor agroalimentare. Ambele sisteme trebuie transformate pentru a satisface cererea actuală și viitoare de alimente și energie într-o manieră echitabilă, durabilă din punct de vedere a eficienței energetice și a protecției mediului [1].

Principala sarcină a producătorilor în prelucrarea primară a produselor agroalimentare și, în special, a produselor lactate este menținerea calității acestora care, în mod direct, depinde de temperatura de păstrare asigurată de instalațiile frigorifice [2].

Cercetările din domeniul tehnicii de păstrare a produselor agroalimentare sunt direcționate spre proiectarea și elaborarea instalațiilor frigorifice care utilizează frig natural sau frig natural combinat cu frig artificial, precum și a tehnologiilor moderne de calcul pentru controlul proceselor și regimurilor de răcire și acumulare de frig în cantități optime, care să reducă consumul de energie electrică în procesul de răcire și să ducă la creșterea eficienței tehnico-economice și economisirea energiei electrice [3]. Obiectivele menționate au fost analizate prin intermediul mai multor lucrări științifice [4 ... 9], care au confirmat că implementarea lor este foarte benefică din punct de vedere ecologic și tehnico-economic.

Reforma agriculturii de la independența Republicii Moldova până în prezent a dus la lichidarea fermelor mari de bovine din Republica Moldova, ceea ce a redus semnificativ volumul de lapte la nivel național. Datorită acestor circumstanțe companiile autohtone de prelucrare a produselor lactate au fost nevoite să înființeze puncte de colectare a laptelui de la producătorii casnici. În baza cercetărilor efectuate anterior s-a stabilit că laptele colectat de la producătorii individuali se păstrează în punctele de colectare de la 3 la 12 ore, în dependență de volumul colectat într-o tură și frecvența de transportare a acestuia la fabricile de prelucrare.

În majoritatea localităților rurale colectarea și răcirea laptelui se realizează în două ture, seara și dimineața, după care laptele este transportat spre fabrica de prelucrare.

Din punct de vedere legislativ cerințele tehnice și igienice față de punctele de colectare din Republica Moldova sunt aliniate cerințelor europene. Însă, în practică, datorită factorului financiar punctele de colectare a laptelui au fost dotate cu instalații frigorifice de fabricație învechită, iar în unele cazuri chiar cu instalații frigorifice de mâna a doua.

Rezultatele științifice prezentate de cercetătorii din Uniunii Europene arată că consum de

energie electrică a instalațiilor tipice de răcire a laptelui variază de la 17.6 până la 24.3 kWh pentru răcirea a unei mii litri de lapte, în dependență de clasa energetică a instalației [11]. De menționat și nivelul scăzut al fiabilității acestor instalații, ce rezultă defecțiuni frecvente, creșterea volumului de lapte alterat și poluarea mediului înconjurător deoarece în calitate de agent frigorific este utilizat freonul [12, 13].

Prin urmare, reducerea consumului de energie electrică și creșterea fiabilității sistemului de răcire la punctele de colectare a laptelui pe teritoriul Republicii Moldova este extrem de necesară și actuală.

Scopul tezei. Creșterea eficienței energetice a instalației cu frig natural și artificial la punctele de colectare a laptelui din Republica Moldova.

În calitate de **obiect al cercetărilor** au servit instalațiile frigorifice utilizate la punctele de colectare a laptelui din țară. Obiectul cercetărilor vizează aspectul teoretico-practic ales pentru un studiu amănunțit al căilor de sporire a eficienței energetice utilizând frigului natural și artificial cu abordarea problematicei ce ține de ecologie și sustenabilitatea agriculturii din Republica Moldova.

Subiectul cercetărilor include probleme de studiere și estimarea calitativă și cantitativă a parametrilor tehnologici constructivi ai obiectului cercetării prin eficientizarea utilizării frigului natural și artificial în procesul de răcire a laptelui, cu consum redus de energie electrică.

Obiectivele cercetării: analiza stadiului actual în privința utilizării frigului natural și artificial în procesul de răcire a laptelui și identificarea soluțiilor de sporire a eficienței energetice a instalațiilor frigorifice pentru punctele de colectare a laptelui din Republica Moldova; dezvoltarea modelelor matematice și metodelor de calcul al parametrilor tehnologici și constructivi ai instalației cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui; concretizarea regimurilor energetice, de funcționare și de control ale instalației ecologice de răcire a laptelui; implementarea instalației experimentale cu frig natural și artificial la un punct de colectare a laptelui din țară; stabilirea parametrilor tehnologici optimați pentru prerăcirea și răcirea laptelui la punctele de colectare.

Ipoieza de cercetare. Posibilitatea utilizării frigului natural ca o sursă regenerabilă disponibilă pe întreg teritoriul țării, în scopul reducerii consumului de energie electrică în procesul de răcire a laptelui. În cazul confirmării sporirii eficienței energetice, devine oportună stabilirea atractivității și competitivității frigului natural.

Metodologia de cercetare. Cercetările au fost realizate în cadrul departamentelor "Electrificarea Agriculturii, Mecanică și Bazele Proiectării" UASM, "Ingineria Fabricației" UTM și la punctul de colectare a laptelui gestionat de GȚ "Harabari Andrei Victor", prin:

- studiul datelor bibliografice, cu elucidarea neajunsurilor pe domeniu;
- analiza datelor statistice ale Serviciului Hidrometeorologic de Stat și Biroului National de Statistică;
- efectuarea experimentelor cu utilizarea dispozitivelor electronice de control, contor electric de

tip SL03A 3F (0.5-100 A) 220-400 V, termometrul de tip TP-300 cu diapazonul de măsurare -50°C ... +300°C, senzor de temperatură PT1000 cu diapazonul de măsurare -50°C ... +300°C și PH-metru mobil pentru lapte - HI98162.

Veridicitatea datelor obținute a fost asigurată de utilizarea metodelor de cercetare aprobate în domeniu, de repetabilitatea încercărilor și folosirea echipamentelor de cercetare validate în cadrul departamentului "Electrificarea Agriculturii, Mecanică și Bazele Proiectării" UASM.

Sumarul tezei: teza este alcătuită din adnotare în limbile română, engleză și rusă, lista abrevierilor, lista tabelor și figurilor, introducere, patru capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografie și anexe.

În introducere este prezentată actualitatea și importanța temei de cercetare, scopul și obiectivele tezei, sinteza metodologiei de cercetare și justificarea metodelor de cercetare alese, implementarea și aprobarea rezultatelor științifice.

Capitolul 1 include generalități cu privire la căile de reducere a consumului de energie electrice la răcirea și păstrarea laptelui, situația privind nivelul de dezvoltare a ramurii de producere a laptelui în ferme și în gospodăriile casnice de la independență până în prezent pe teritoriul Republicii Moldova.

Datorită faptului că, actualmente, volumul total de lapte produs în gospodăriile casnice este semnificativ mai mare ca cel produs în ferme s-a analizat modul de amenajare și funcționare a punctelor de colectare a laptelui, și a procesului de colectare, răcire, păstrare și livrare a laptelui de către punctele de colectare din Republicii Moldova.

Pentru formularea scopului și obiectivelor de cercetare s-au analizat diferite soluții care ar duce la sporirea eficienței energetice la punctele de colectare.

S-au analizat sistemele de răcire a laptelui din punct de vedere energetic și constructiv, s-au studiat lucrări științifice care indică avantajele implementării magneților permanenți pe rotorul motorului asincron de antrenare a compresorului instalațiilor frigorifice, utilizării instalațiilor ecologice de răcire a laptelui cu consum redus de energie electrică și a sistemelor de prerăcire a laptelui pentru reducerea consumului de energie electrică. Totodată s-au analizat soluțiile de reducere a consumului de energie electrică din rețeaua de distribuție prin utilizarea sistemelor fotovoltaice.

Capitolul 2 include aspectele teoretice privind determinarea parametrilor tehnologici-constructivi la elaborarea instalației ecologice de răcire a laptelui propusă pentru punctele de colectare din țară.

S-a dezvoltat metodologia de calcul și fundamentarea parametrilor constructivi ai instalației ecologice de răcire a laptelui cu frig natural, utilizând agent frigorific intermediar (apa sau saramura) și acumulatorul de frig termoizolat.

S-au dezvoltat modele matematice și metode de calcul ale procesului de răcire în flux a agentului frigorific intermediar cu acumularea frigului natural în acumulatorul de frig termoizolat, ale procesului de răcire a laptelui cu frig natural într-un răcitor capacitiv și ale procesului de prerăcire a laptelui cu gheață în timpul colectării mobile a acestuia de la producătorii casnici.

În capitolul 3 se prezintă componentele de bază incluse în schema structurală a instalației ecologice de răcire a laptelui cu consum redus de energie electrică, propusă spre elaborare pentru punctele de colectare.

S-au elaborat schemele structurale, grafurile automate și algoritmi de funcționare ale componentelor electrice din instalațiile ecologice.

S-a stabilit că grafurile automate și algoritmele de funcționare elaborate pentru procesul de răcire a agentului frigorific intermediar permit montarea schemei electrice pentru automatizarea procesului de răcire, trecând de la un regim la altul, în dependență de temperatura mediului și a agentului frigorific intermediar, asigurând răcirea acestuia până la temperaturi sub $+4^{\circ}\text{C}$. Schema structurală, graful automat și algoritmul de funcționare a regimului răcire a laptelui cu agent frigorific intermediar, permit asigurarea funcționării optime a procesului de răcire a laptelui prin monitorizarea temperaturii laptelui, asigurând răcirea acestuia până la temperatura prestabilită de păstrare de sub $+6^{\circ}\text{C}$.

S-au analiza fluxurile de energie electrică a echipamentelor electromecanice din PCL care au permis stabilirea consumului estimativ și a pierderilor de energie electrică pentru fiecare echipament acționat electric în parte, în dependență de durata de funcționare a acestuia, dar și stabilirea consumului de energie pentru funcționarea acestora în comun în dependență de regimul de răcire.

S-au argumentat regimurile de funcționare, automatizare și control ale procesului de răcire a agentului frigorific intermediar cu aer și a procesului de răcire a laptelui cu agent frigorific intermediar.

S-a determinat durata perioadei de utilizare a frigului natural în procesul de răcire a laptelui la punctele de colectare pentru Regiunea de Dezvoltare Nord a țării.

În capitolul 4 este prezentată instalația frigorifică experimentală pentru răcirea laptelui cu parametrii tehnici de bază, care este implementată la punctul de colectare a laptelui administrat de GȚ "Harabari Andrei Victor".

În baza datelor experimentale s-a stabilit consumul specific real de energie electrică la PCL, în perioada rece a anului când temperatura mediului ambiant este $\leq +4^{\circ}\text{C}$.

S-a efectuat studiul eficienței tehnico-economice la procesul de răcire a laptelui cu utilizarea instalației ecologice cu consum redus de energie electrică la punctele de colectare a laptelui.

S-au efectuat încercări experimentale cu privire la prerăcirea laptelui utilizând boxe cu gheață în vasul mobil de colectare, pentru prerăcirea laptelui în timpul colectării. S-a stabilit că procesul de prerăcire reduce consumul de energie electrică a instalației din PCL.

S-a efectuat studiul de fezabilitate privind implementarea sistemului fotovoltaic de tip On-Grid la PCL GȚ "Harabari Andrei Victor" fiind inclusă în studiu și investiția pentru o mașină de produs gheață.

Teza se finalizează cu prezentarea concluziilor generale și recomandărilor.

Implementarea rezultatelor științifice. Rezultatele cercetărilor au fost implementate la punctul de colectare a laptelui gestionat de GȚ "Harabari Andrei Victor" din s. Corbu r-nul Dondușeni. Componenta teoretică a cercetării științifice a fost implementată în perioada anilor 2020-2022 în proiectul științific instituțional: 20.80009.5107.04 (2020-2023) „Adaptarea tehnologiilor durabile și ecologice de producere a fructelor sub aspect cantitativ și calitativ în funcție de integritatea sistemii de cultură și schimbărilor climatice” și în cursurile de prelegeri la disciplinele "Proiectarea sistemelor de electrificare în sectorul agrar", "Surse regenerabile de energie în sectorul agrar" din programul de studii a ciclului I, precum și în cursul de prelegeri "Automatizarea proceselor tehnologice în sectorul agrar" din ciclul II, la departamentul Electrificarea agriculturii, mecanică și bazele proiectării din cadrul UASM.

Aprobarea rezultatelor obținute și a valorii teoretice și practice a tezei au fost aprobate în cadrul:

- concursului de burse regale pentru performanțe științifice 2021, organizat de Casa Regală a României – în rezultatul căruia s-a obținut bursa de merit a Regele Mihai I;
- conferinței științifice a studenților, masteranzilor și doctoranzilor din 23.03.2022 organizată la FIATA de UASM – unde s-a obținut Diploma de clasificare pe locul I pentru rezultate în cercetare;
- ședinței plene din 30.03.2022 a celei de-a 75-a conferință a studenților, masteranzilor și doctoranzilor UASM – unde s-a obținut Diploma de Excelență pentru performanțe în cercetare;
- simpozionului Științific Internațional "Reglementarea utilizării resurselor naturale: realizări și perspective" dedicate aniversării a 70 ani de la fondarea Facultății Cadastru și Drept, UASM-2021, în baza raportului științific prezentat;
- a patru seminare științifice organizate la Departamentul Electrificarea Agriculturii, Mecanică și Bazele Proiectării al FIATA;
- ședinței largite a departamentului "Ingineria Fabricației" UTM din 16.12.2022, prin prezentarea tezei la etapa primară;
- ședinței seminarului științific al Școlii Doctorale UTM din 31.03.2023, prin prezentarea tezei și recomandarea acesteia spre susținere publică.

CONȚINUTUL TEZEI

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

1. Analiza situației actuale și identificarea soluțiilor de sporire a eficienței energetice la punctele de colectare a laptelui

Include:

- generalități cu privire la căile de reducere a consumului de energie electrice la răcirea și păstrarea laptelui;
- situația actuală privind producerea laptelui în Republica Moldova;
- situația actuală privind punctele de colectare a laptelui pe teritoriul Republicii Moldova;
- analiza procesului de colectare, răcire, păstrare și livrare a laptelui în punctele de colectare din nordul Republicii Moldova;
- analiza sistemelor de răcire a laptelui din punct de vedere energetic și constructiv;
- studiul privind avantajele implementării magneților permanenți pe rotorul motorului asincron de antrenare a compresorului instalației frigorifice;
- studiul privind utilizarea instalațiilor ecologice de răcire a laptelui cu consum redus de energie electrică;
- sisteme de prerăcire a laptelui pentru reducerea consumului de energie electrică;
- analiza soluțiilor de reducere a consumului de energie electrică din rețea la punctele de colectare a laptelui cu utilizarea sistemelor fotovoltaice.

De la independență până în prezent, conform datelor Biroului National de Statistică (BNS) (vezi tabelul 1.1), s-a atestat o continuă scădere a efectivului de vite pe teritoriul țării noastre. Astfel de la 395000 capete în 1991 până la 67100 capete în 2023. În această perioadă micșorarea efectivului de vite atinge valori de cca 5.9 ori.

Companiile locale de prelucrare și procesare a laptelui au ca bază materia primă colectată de la producătorii casnici prin intermediul punctelor de colectare dotate cu instalații frigorifice, ca exemplu cea prezentată în Fig. 1.1, care sunt amplasate în localitățile rurale.

Actualmente conform informațiilor Agenției Naționale pentru Siguranța Alimentelor (ANSA) pe piața Republicii Moldova sunt autorizate 43 de unități de procesare a laptelui. Aceste unități neavând alte alternative au creat puncte de colectare a laptelui de la populație, colectând aproximativ 90 % din materia primă procesată.

În total pe teritoriul țării sunt funcționale și cu acte în regulă 669 de puncte de colectare a laptelui de la populație.

Procesul de colectarea a laptelui de la producătorii casnici în localitățile rurale din nordul Republicii Moldova are loc, de obicei, în două ture - seara și dimineața. Laptele colectat în tura de seară este răcit și păstrat în PCL până în dimineața zilei următoare.

Volumul de lapte colectat în tura de dimineață este mestecat cu laptele colectat în tura de seară și răcit până la temperatura de $+6 \dots +8^{\circ}\text{C}$, după care este pompat în autocisterna specializată și transportat pentru prelucrare.

Consumul mediu de energie electrică necesar pentru răcirea a 1000 litri de lapte la PCL din nordul Republicii Moldova s-a stabilit a fi de 20,9 kWh. Înlocuirea instalațiilor frigorifice utilizate în PCL cu instalații moderne prevăd costuri mari iar utilizarea celor existente au un consum de energie electrică mare, performanță de răcire limitată datorită suprafeței de contact relativ mică a aerului atmosferic cu agentul de frigorific și eficiență redusă a utilizării răcirii prin evaporare, precum și nivel scăzut de fiabilitate.

În prezent în literatura de specialitate sunt prezentate rezultatele cercetărilor cu privire la implementarea frigului natural în procesul de răcire a produselor agroalimentare, care permit reducerea semnificativă a costurilor energetice în procesul de răcire în perioada rece a anului.

La punctele de colectare a laptelui din țările europene unde acestea sunt dotate cu sisteme centralizate de aprovizionare cu apă, pentru reducerea consumului de energie electrică la răcirea laptelui și pentru încălzirea apei pentru necesitățile procesului tehnologic se folosesc sistemele de prerăcire a laptelui cu răcitor de flux (vezi Fig. 1).

Prerăcirea cu apă din sistemul centralizat reduce cheltuielile generale și de operare ale PCL prin reducerea semnificativă a duratei de răcire a laptelui cu instalația frigorifică, deoarece laptele intră în recipientul de răcire cu o temperatură de $+12 \dots +18^{\circ}\text{C}$.

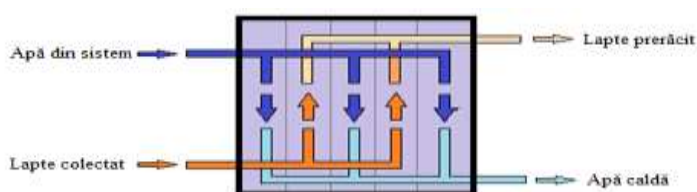


Fig.1. Sistem de prerăcire a laptelui cu răcitor în flux

În baza analizelor efectuate, în teză se propune dezvoltarea modelelor matematice și metodelor de calcul al parametrilor tehnologici și constructivi ai instalației cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui; concretizarea regimurilor energetice, de funcționare și de control ale instalației ecologice de răcire a laptelui; implementarea instalației experimentale cu frig natural și artificial la un punct de colectare a laptelui din țară; stabilirea parametrilor tehnologici optimali pentru prerăcirea și răcirea laptelui la punctele de colectare și efectuarea unui studiu de fezabilitate cu privire la implementarea sistemului fotovoltaic de tip On-Grid la PCL GȚ "Harabari Andrei Victor".

2. Aspecte privind determinarea parametrilor tehnologici constructivi ai instalației ecologice de răcire a laptelui

Include:

- noțiuni generale privind procesele de răcire a laptelui cu frig natural și artificial;
- dezvoltarea metodologiei de calcul și fundamentarea parametrilor constructivi ai instalației ecologice de răcire a laptelui cu frig natural;
- cerințe inițiale la dezvoltarea modelelor matematice ale procesului de răcire a laptelui și a agentului frigorific intermediar;
- dezvoltarea modelului matematic și metodei de calcul al procesului de răcire în flux a agentului frigorific intermediar cu frig natural;
- dezvoltarea modelului matematic și metodei de calcul a procesului de răcire a laptelui cu AFI din acumulatorul de frig;
- metodologia de calcul și modelul matematic pentru prerăcirea laptelui cu gheață în procesul de colectare mobilă de la producătorii casnici.

În procesul de răcire a laptelui în răcitor capacitiv, răcirea AFI (apei sau saramurii) în perioada rece a anului se propune a fi efectuată prin intermediul unei instalații sezoniere de captare și depozitare a frigului natural, care este dotată cu un schimbător de căldură (radiator cu ventilator) montat în afara PCL cu depozitarea AFI într-un acumulator termoizolat de frig.

Răcirea laptelui cu agentul frigorific intermediar din acumulatorul de frig pentru instalațiile cu răcire directă poate fi efectuată prin pereții răcitorului capacitiv sau prin instalarea unui schimbător de căldură suplimentar din inox alimentar în rezervorul capacitiv de răcire a laptelui, iar pentru instalațiile cu răcire indirectă combinarea circuitului de răcire existent cu circuitul de răcire propus.

Metodologia de calcul elaborată permite stabilirea parametrilor constructivi ai răcitorului în flux aer-AFI, ai ventilatorului și ai pompei în raport cu capacitatea de stocare a acumulatorului de frig termoizolat.

Pentru răcirea laptelui cu frig natural sunt necesare două schimbătoare de căldură și un acumulator de frig. Primul schimbător are menirea de a răci AFI (apa sau saramura) care se depozitează în acumulatorul de frig termoizolat. Pentru justificarea parametrilor schimbătorului menționat și a acumulatorului de frig (AF) se stabilește dependența:

$$C_{AFN} = f(t_{ia}, t_{ea}, t_{iafr}, t_{eaf}, q_{afr}, q_{ar}, T_{raf}, V_{af}, V_{ae}). \quad (1)$$

Schimbătorul doi prevede răcirea laptelui într-un schimbător de căldură capacitiv cu frigul natural din acumulatorul de frig termoizolat:

$$C_{IFC} = f(t_{il}, t_{fl}, t_{iafc}, t_{eafc}, q_{af}, T_{rl}, V_{af}, V_l). \quad (2)$$

Pentru dezvoltarea modelelor matematice ale procesului de răcire a laptelui, a agentului frigorific intermediar și pentru analiza echilibrelor energetice ale sistemelor de răcire, se impun următoarele cerințe:

- temperatura inițială a laptelui după colectare $t_{il} = +19^{\circ}C$;
- temperatura finală a laptelui răcit $t_{fl} = +6^{\circ}C$;
- temperatura agentului frigorific intermediar răcit $t_{fafr} = t_{iafc} = +4^{\circ}C$;
- temperatura inițială a agentului frigorific intermediar $t_{iafr} = +14^{\circ}C$;
- temperatura mediului ambiant $t_{ia} \leq +4^{\circ}C$ și $t_{ia} < t_{iafr}$;
- funcționarea schimbătorului în flux prevede că $t_{fafr} = t_{ia} + 2$ [90];
- timpul de răcire a laptelui $T_{rl} \leq 2h$;
- pierderea de căldură se neglijează;
- căldura specifică a AFI (apei) la presiune constantă este egală cu cea a laptelui $c_{af} = c_l = 4,185 \text{ kJ/kgK}$;
- căldura specifică a aerului la presiune constantă $c_a = 0.8382 \text{ kJ/kgK}$;

conform literaturii de specialitate [8, 101, 104] timpul de răcire constant $T = 0.67h$ sau $3T = 2h$ iar volumul de AFI din pereții IRC va fi $V_{arc} = 0.2 \cdot V$.

În baza cerințelor înaintate s-au dezvoltat modelele matematice pentru ambele procese de răcire.

- Modelul matematic și metoda de calcul a procesului de răcire a AFI într-un radiator (R) cu răcire forțată în flux de ventilatorul (V) și amestecarea ideală a AFI (apei sau saramurii) în acumulator de frig termoizolat (AFT), determină raportul volumului necesar de aer pentru răcirea unui volum de AFI și timpul necesar de răcire a agentului până la $+4^{\circ}C$, la temperatura mediului ambiant de $+2^{\circ}C$. În Fig. 2 este prezentată schema tehnologică a procesului de răcire a AFI într-un radiator cu răcire forțată în flux, cu stocarea și amestecarea ideală în acumulator de frig termoizolat propus spre implementare la PCL din Republica Moldova.

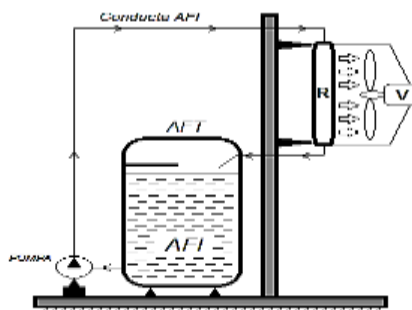


Fig. 2. Schema tehnologică a procesului de captare și depozitare a frigului natural

Ecuția bilanțului energetic pentru răcitorul în flux (radiatorul) pentru răcirea AFI se prezintă cu relația:

$$q_{af} \cdot c_{af}(t_{iafr} - t_{fafr}) = q_a \cdot c_a(t_{ea} - t_{ia}). \quad (3)$$

În baza condițiilor inițiale impuse se obțin relațiile de mai jos în baza cărora se trasează curbele $C_{AFN} = f(t_{ia})$ și $C'_{AFN} = f(t_{ea})$ Fig. 3:

$$C_{AFN} = 10 \cdot \left[\ln \left(\frac{t_{iafr} - 2}{t_{iafr} - t_{ia} - 2} \right) \right]^{-1} = 10 \cdot \left[\ln \left(\frac{12}{12 - t_{ia}} \right) \right]^{-1}, \quad (4)$$

$$C'_{AFN} = \frac{V_{ae}}{V_{af}} = \frac{5 \cdot (t_{iafr} - t_{fafr})}{t_{ea} - 2} = \frac{5 \cdot (14 - 4)}{t_{ea} - 2} = \frac{50}{t_{ea} - 2}. \quad (5)$$

Punctul de intersecție a curbelor $C_{AFN} = f(t_{ia})$ și $C'_{AFN} = f(t_{ea})$ prezentate în Fig. 3 reprezintă soluția optimă a procesului de răcire a AFI într-un schimbător de căldură cu răcire în flux depozitat într-un acumulator de frig natural termoizolat, pentru folosirea ulterioară la răcirea laptelui.

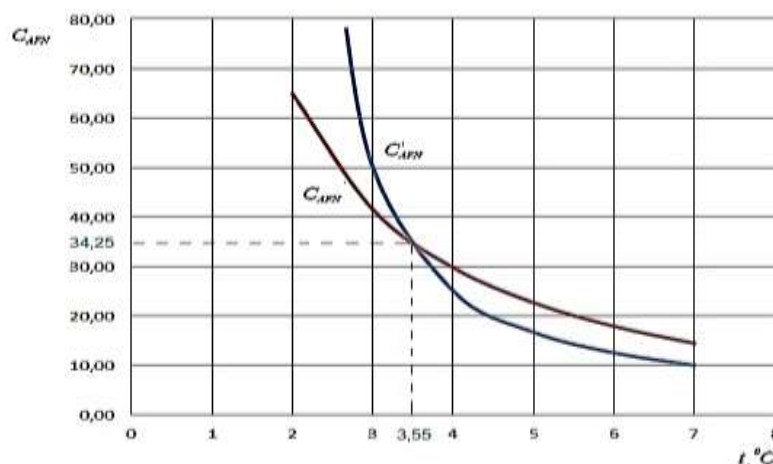


Fig. 3. Raportul dintre volumul estimativ necesar de aer pentru răcirea volumului de AFI în dependență de temperatura mediului ambiant.

Se stabilește raportul optim C_{AFN} pentru a aduce temperatura AFI în acumulatorul termoizolat de frig natural la temperatura $< +4^{\circ}\text{C}$:

$$C_{AFN} = 10 \cdot \left[\ln \left(\frac{t_{iafr} - 2}{t_{iafr} - t_{ia} - 2} \right) \right]^{-1} = 10 \cdot \left[\ln \left(\frac{12}{12 - t_{ia}} \right) \right]^{-1} = 34.25. \quad (6)$$

Pentru răcirea AFI într-un schimbător de căldură în flux de la temperatura de $+14^{\circ}\text{C}$ la $+4^{\circ}\text{C}$ cu temperatura aerului la intrarea în schimbătorul de căldură (radiator) de $+2^{\circ}\text{C}$, este necesară un volum echivalent de aer de 34.25 ori mai mare decât a AFI.

Respectiv timpul de răcire a 2.2 metri cubi de AFI de la temperatura de $+14^{\circ}\text{C}$, având parametri calculați și cei inițiali $q_{afr(apa)} = 3.0 \text{ m}^3 / \text{h}$ și $q_{aer} = 600 \text{ m}^3 / \text{h}$ va fi:

$$T_{traf} = \frac{V_{af}}{q_{afr}} \cdot N_{cp} = \frac{2.2}{3} \cdot 8.36 = 6.1 \text{ ore}. \quad (7)$$

- Modelul matematic a procesului de răcire a laptelui cu frig natural într-un răcitor capacitiv (IRC), unde AFI (apa sau saramura) din AFT este pompat prin pereții IRC

În Fig. 4 s-a prezentat schema tehnologică a procesului de răcire a laptelui cu frig natural. Scopul elaborării modelului matematic este stabilirea volumului necesar de AFI în regim de

neamestec cu un șeptel orizontal pentru răcirea laptelui de la temperatura inițială de $+19^{\circ}\text{C}$ până la temperatura de păstrare de $+6^{\circ}\text{C}$ într-o IRC cu timpul de răcire stabilit $T_{rl} = 2 \text{ ore}$.

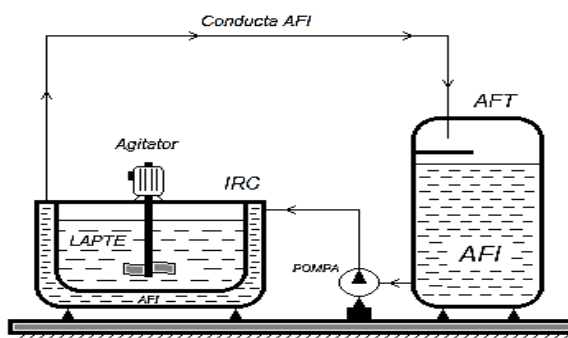


Fig. 4. Schema tehnologică a procesului de răcire a laptelui într-un schimbător de căldură capacitiv cu frig natural din AFT

Ecuția bilanțului energetic în procesul de răcire a laptelui în IRC va fi:

$$\frac{V_l}{T_{rl}} \cdot c_l \cdot (t_{il} - t_{fl}) = q_{af} \cdot c_{af} t_{iafc}. \quad (8)$$

Din relațiile obținute în teză și cerințelor inițial înaintate se determină că pentru răcirea laptelui în IRC cu frig natural la PCL cu colectarea laptelui în două ture, raportul volumului de AFI din AFT și volumul total de lapte răcit va fi:

$$C_{IFC} = \frac{V_{af}}{V_l} = \frac{2.155}{0.7} = 3.1. \quad (9)$$

La elaborarea instalației ecologice de răcire a laptelui cu consum redus de energie electrică în baza IRC existente la PCL este nevoie de un acumulator de frig natural cu capacitatea de stocare a AFI de 3.1 ori mai mare ca capacitatea IRC.

Ținând cont că în perioada caldă a anului temperatura laptelui după colectare este mult mai mare decât cea indicată în cerințele impuse inițial s-a elaborat model matematic generalizat care permite determinarea necesarului de gheață pentru prerăcirea laptelui în procesul de colectare mobilă până la temperatura prestabilită de $+19 \dots +20^{\circ}\text{C}$. Modelul se bazează pe principii fundamentale și ipoteze clar definite.

Pentru dezvoltarea modelului matematic se înaintează următoarele cerințe:

- temperatura laptelui proaspăt colectat $t_{0lp} = +27^{\circ}\text{C}$;
- temperatura medie a mediului ambiant în perioada caldă a anului $t_{mv} = +25^{\circ}\text{C}$;
- temperatura prestabilită de prerăcire $t_{pr} = +20^{\circ}\text{C}$;
- temperatura inițială a gheții $t_{ig} = -18^{\circ}\text{C}$;
- temperatura de topire a gheții $t_{og} = 0^{\circ}\text{C}$;
- căldura latentă a gheții $\lambda_g = 332 \cdot 10^3 \text{ J/kg}$;
- căldura specifică a apei egală cu cea a laptelui $c_{apa} = c_l = 4185 \text{ J/kgK}$;
- căldura specifică a gheții $c_g = 2100 \text{ J/kgK}$.

Cantitatea totală de gheață necesară pentru prăcirea laptelui proaspăt de la temperatura inițială la temperatura prestabilită de prăcire, poate fi determinată reieșind din bilanțul termic:

$$Q_g = Q_l + Q_r, \quad (10)$$

Iar: – fluxul de căldură a gheții

$$Q_g = Q_{g1} + Q_{g2} + Q_{g3} = m_g \left(c_g \cdot (t_{0g} - t_{ig}) + \lambda_g + c_{apa} \cdot (t_{pr} - t_{0g}) \right); \quad (11)$$

– fluxul de căldură a laptelui

$$Q_l = m_l \cdot c_l \cdot (t_{0lp} - t_{pr}); \quad (12)$$

– fluxul de căldură a rezervorului mobil

$$Q_r = A_{rm} \cdot K_{rm} \cdot (t_{mv} - t_{pr}); \quad (13)$$

În baza ecuațiilor obținute s-a stabilit raportul dintre masa de gheață și cea de lapte pentru prăcirea laptelui de la temperatura de +27°C la temperatura de prăcire de +20°C la temperatura mediului înconjurător de +25°C va fi:

$$K_g = \frac{m_g}{m_l} = \frac{23.48}{360} = 0.065. \quad (14)$$

Deoarece temperatura mediului ambiant este variabilă s-a elaborat graficul dependenței dintre masa de gheață și cea a temperaturilor mediului ambiant pentru diferite cantități de lapte.

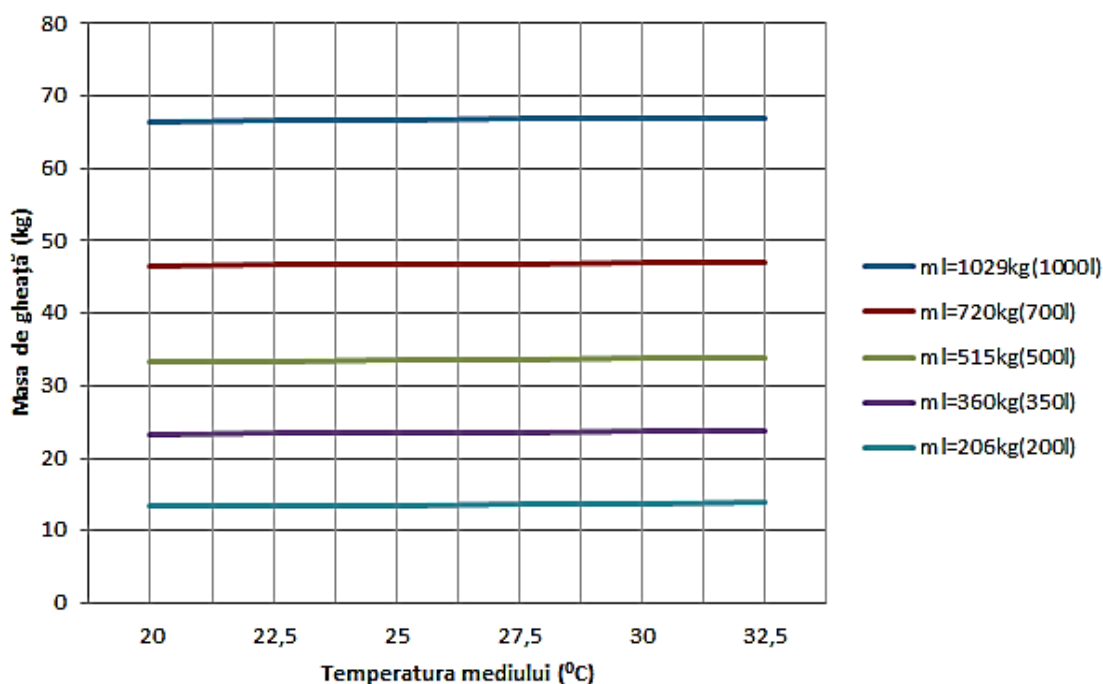


Fig. 5. Dependența cantității de gheață pentru diferite cantități de lapte în raport cu temperatura mediului

Din Fig. 5 se poate observa că influența temperaturii mediului ambiant în procesul de prăcire a laptelui în rezervorul mobil este scăzută, diferența maximă de gheață necesară pentru prăcirea aceleiași cantități de lapte nu depășește masa de 0.6 kg în diapazonul de temperatură a mediului de la +20 la +32.5°C. Acest lucru se datorează faptului că procesul de prăcire nu durează timp îndelungat.

3. Studiul regimurilor energetice de funcționare și de control ale instalației ecologice de răcire a laptelui

Include:

- elaborarea instalației ecologice de răcire a laptelui cu consum redus de energie electrică;
- schemele structurale a grafurilor automate și algoritmele de funcționare a componentelor electrice a instalației ecologice de răcire a laptelui;
- argumentarea regimurilor de funcționare, automatizarea și controlul procesului de răcire a agentului frigorific intermediar;
- argumentarea regimului de funcționare, automatizarea și controlul procesului de răcire a laptelui cu agent frigorific intermediar;
- analiza fluxurilor de energie electrică a echipamentelor din PCL;
- studiul fluxurilor energetice în regimul de răcire a agentului frigorific intermediar cu instalația ecologică cu frig natural;
- studiul fluxurilor energetice în regimul de răcire a agentului frigorific intermediar cu instalația ecologică cu frig natural și artificial;
- studiul fluxurilor energetice în regimul de răcire a agentului frigorific intermediar cu instalația ecologică cu frig artificial;
- studiul fluxurilor energetice în procesul de răcire a laptelui cu AFI din a cumulatorul de frig termoizolat;
- determinarea perioadei de utilizare a frigului natural în procesul de răcire a laptelui la punctele de colectare din nordul țării.

Utilajul frigorific de răcire a laptelui este principalul consumator de energie electrică din procesul de prelucrare a produselor lactate. Etapei primare de răcire a laptelui îi revine aproximativ 27-30 % din energia electrică consumată.

Analiza consumului de energie electrică la PCL, realizată de către noi în mai multe localități din zona de nord a Republicii Moldova a arătat că consumul mediu de energie electrică la PCL din nordul Republica Moldova este de cca. 21 kWh pentru răcirea a 1000 litri de lapte colectat.

Pentru reducerea consumului de energie electrică și a emisiilor nocive în mediul înconjurător se analizează regimurile de funcționare, energetice și de control a instalației ecologice propuse în Fig. 6.

Instalația propusă are la bază patru regimuri de lucru, trei dintre ele sunt destinate răcirii AFI și un regim de răcire a laptelui. Funcționarea acesteia este împărțită în două circuite de comandă, comanda cu regimurile de răcire a AFI și comanda procesului de răcire a laptelui.

Regimurile de răcire a AFI depind de perioada anului și temperaturile mediului ambiant, fiind împărțite în:

- regimul de răcire a AFI cu FA, preponderent acest regim este destinat pentru perioada caldă a anului când IFFA răcește AFI care ulterior este utilizat la răcirea laptelui;
- regimul de răcire cu frig natural și artificial a AFI, care este prevăzut pentru perioadele tranzitorii de la temperaturile calde la cele reci ale anului și invers;
- regimul de răcire cu frig natural a AFI, regim sezonier pentru perioada rece a anului care exclude utilizarea IFFA.

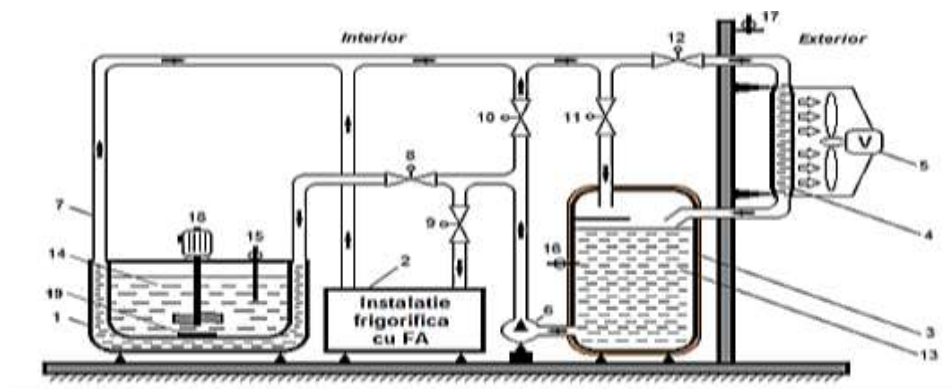


Fig. 6. Instalație ecologică pentru răcirea laptelui cu consum redus de energie electrică

1 - schimbător de căldură capacitiv, 2- instalație frigorifică cu frig artificial, 3- acumulator de frig termoizolat, 4- schimbător de căldură în flux, 5- ventilator, 6- pompă, 7- conductă de agent frigorific intermediar, 8,9,10,11,12- ventile cu acționare electrică, 13- agent frigorific intermediar, 14- lapte, 15,16,17- senzori de temperatură, 18- agitator, 19- senzor de presiune.

Regimul de răcire a laptelui este prevăzut pentru întreg anul utilizând AFI din acumulatorul de frig termoizolat în care se acumulează frig folosind regimurile de răcire a AFI.

În baza instalației propuse în Fig. 6, se stabilesc schemele structurale a grafurilor automate și algoritmi de funcționare pentru echipamentele electrice din PCL.

Pentru elaborarea grafurilor automate a echipamentelor electrice funcționale în procesul de colectare și răcire a laptelui este necesar de utilizat toate etapele de lucru care prevăd oprirea (O), pornirea (P), funcționarea (F) și defectarea (D) echipamentelor electrice (E) de bază prin intermediul următoarelor elemente de comandă și control:

H - comanda de pornire a circuitului electric a procesului de răcire a AFI;

S - comanda de pornire a circuitului electric a regimului de răcire a laptelui;

(comenzile H și S sunt independente și nu pot lucra concomitent aceste fiind coordonate de comutatorul de regim poziția "răcire AFI" sau poziția "răcire Lapte")

h - comanda de oprire a circuitului electric a procesului de răcire a AFI;

\bar{h} - lipsa comenzii de oprire a circuitului electric a procesului de răcire a AFI;

s - comanda de oprire a circuitului electric la răcirea laptelui;

\bar{s} - lipsa comenzii de oprire a circuitului electric la răcirea laptelui;

\bar{t} - lipsa semnalelor de la senzorii de temperatură;

E - echipamentul electric funcțional care se supune automatizării;

R_a - semnalul regimului de avarie;

\bar{R}_a - lipsa semnalului regimului de avarie;

v - prezența semnalului "deschis" a ventilului;

\bar{v} - prezența semnalului "închis" a ventilului;

M_a - semnal de funcționare a motorului de agitare a laptelui;

\bar{M}_a lipsa semnal de funcționare a motorului de agitare a laptelui;

g - semnalul de la senzorul de presiune cu privire la prezența laptelui în volum de minim 15% din capacitatea rezervorului frigorific;

\bar{g} - lipsa semnalului de la senzorul de presiune.

Pentru instalația ecologică propusă se recomandă programarea senzorilor cu prezența semnalelor la temperaturile: $t_{16} \geq +4^{\circ}C$, $t_{17} \leq +6^{\circ}C$ cu condiția că $t_{16} \geq t_{17}$, iar în procesul de răcire a laptelui $t_{15} \geq +6^{\circ}C$.

Regimul de răcire a agentului frigorific intermediar cu frig artificial (R_{FA}) prin intermediul instalației ecologice propuse se va implementa în perioada caldă a anului când temperatura mediului ambiant măsurată cu senzorul de temperatura (17) va fi mai mare de $+6^{\circ}C$. În acest regim ventilele (9) și (11) transmit semnal "deschis" iar (8), (10) și (12) transmit semnal "închis". Procesul de răcire se va încheia când temperatura AFI măsurată de senzorul (16) va fi mai mică de $+4^{\circ}C$.

Schema grafului automat a regimului de răcire a agentului frigorific intermediar cu frig artificial se prezintă conform Fig. 7.

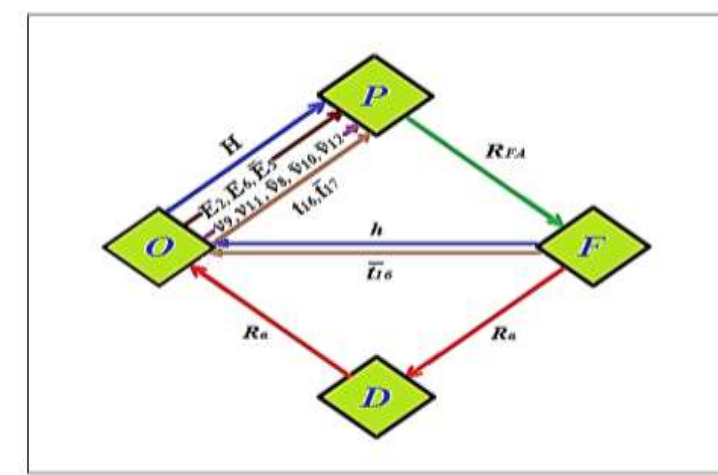


Fig. 7. Grafului automat a regimului de răcire a AFI cu FA

Algoritmul de funcționare a regimului de răcire a AFI cu FA se prezintă cu relația:

$$F_{FA} = (H + E_2 + \bar{E}_5 + v_9 \cdot v_{11} \cdot \bar{v}_8 \cdot \bar{v}_{10} \cdot \bar{v}_{12} + \bar{t}_{17}) \cdot E_6 \cdot \bar{R}_a \cdot t_{16} \cdot \bar{h}. \quad (16)$$

În cazul apariției semnalului sensorului de temperatura (17) în diapazonul de temperaturi de la +6°C la +4°C și menținerii semnalului sensorului (16) instalația va trece în regimul de răcire combinat a AFI cu frig natural și artificial, atunci ventilul (12) va trece în poziția ”deschis” iar (11) va trece în poziția ”închis” și ventilatorul de aer (5) se va conecta. Acest regim funcționează până când temperatura mediului ia valori sub +4°C. Graful automat pentru regimul combinat este prezentat în Fig. 8 suportă modificări de semnal, însă condițiile de oprire rămân aceleași ca și în cazul regimului precedent.

Acest regim este caracteristic perioadelor tranzitorii de timp dintre sezonul cald și cel rece, și invers.

Regimul de răcire cu frig natural și artificial se prezintă prin algoritmul de funcționare dat prin relația de mai jos:

$$F_{FC} = (H + E_2 + E_5 + v_9 \cdot v_{12} \cdot \bar{v}_8 \cdot \bar{v}_{10} \cdot \bar{v}_{11} + t_{17}) \cdot E_6 \cdot \bar{R}_a \cdot t_{16} \cdot \bar{h}. \quad (17)$$

În perioada rece a anului când temperatura mediului ambiant controlată de sensorul de temperatură (17) este <+4°C instalația frigorifică trece în regim de răcire a AFI cu frig natural. Procesul de răcire a agentului frigorific intermediar are loc prin pomparea acestuia cu ajutorul pompei (6) prin schimbătorul de căldură în flux (4) și acumulatorul de frig termoizolat (3) cu ventilele (10) și (11) deschise. În acest regim ventilele (8) , (9) și (11) sunt închise iar IFFA (2) este deconectată. Forțarea răcirii AFI prin schimbătorul (4) are loc cu ajutorul ventilatorului (5). Acest proces are loc până când temperatura AFI monitorizată de sensorul de temperatură (16) ajunge sub +4°C.

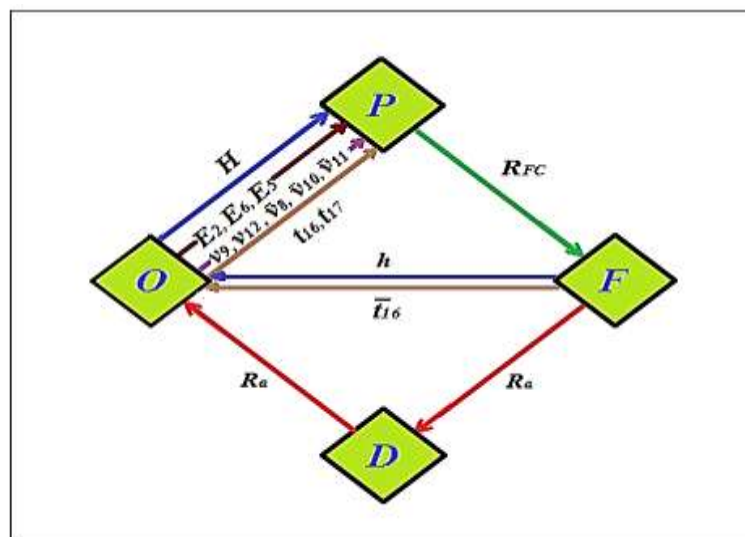


Fig. 8. Graful automat a regimului de răcire a AFI cu frig combinat

Cerințele față de parametrii de control ai regimului de răcire a AFI cu utilizarea frigului natural sunt:

- prezența semnalelor sensorilor de temperatură (16) și (17), unde (17) are valori <+4°C;

- echipamentele (5) și (6) funcționale în procesul de răcire;
- ventilele funcționale (10) și (12).

În baza cerințelor impuse se elaborează schema grafului automat prezentată în Fig. 9

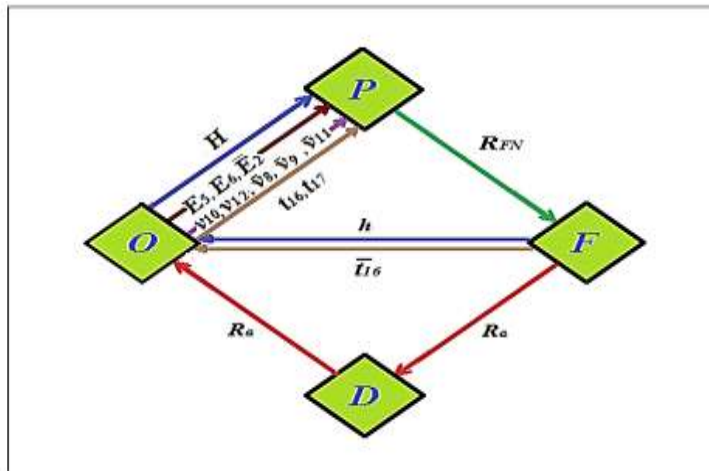


Fig. 9. Graful automat a regimului de răcire a AFI cu frig natural

Algoritmul de funcționare a instalației ecologice în regim de răcire a AFI cu frig natural se elaborează în baza Fig. 9 și are forma:

$$F_{FC} = (H + E_2 + E_5 + v_9 \cdot v_{12} \cdot \bar{v}_8 \cdot \bar{v}_{10} \cdot \bar{v}_{11} + t_{17}) \cdot E_6 \cdot \bar{R}_a \cdot t_{16} \cdot \bar{h}. \quad (18)$$

Analiza grafurilor automate obținute pentru instalația ecologică de răcire a laptelui cu consum redus de energie electrică pentru regimurile de răcire cu frig natural, combinat și artificial a AFI permite realizarea unui sistem al algoritmilor de funcționare în baza căruia se elaborează schema electrica de comandă, control și de forță al instalației:

$$\begin{cases} F_{FA} = (H + E_2 + \bar{E}_5 + v_9 \cdot v_{11} \cdot \bar{v}_8 \cdot \bar{v}_{10} \cdot \bar{v}_{12} + \bar{t}_{17}) \cdot E_6 \cdot \bar{R}_a \cdot t_{16} \cdot \bar{h} \\ F_{FC} = (H + E_2 + E_5 + v_9 \cdot v_{12} \cdot \bar{v}_8 \cdot \bar{v}_{10} \cdot \bar{v}_{11} + t_{17}) \cdot E_6 \cdot \bar{R}_a \cdot t_{16} \cdot \bar{h} \\ F_{FN} = (H + E_5 + \bar{E}_2 + v_{10} \cdot v_{12} \cdot \bar{v}_8 \cdot \bar{v}_9 \cdot \bar{v}_{11} + t_{17}) \cdot E_6 \cdot \bar{R}_a \cdot t_{16} \cdot \bar{h} \end{cases} \quad (19)$$

Circuitul doi de comandă a instalației propuse prevede comanda și controlul procesului de răcire a laptelui cu AFI răcit de circuitul întâi.

Pentru pornirea regimului de răcire a laptelui este necesar să se treacă la comanda de pornire a circuitului electric **S** și să fi prezent semnalul sensorului de temperatură (15)

Atunci automat ventilele (8) și (11) trec în poziția ”deschis” iar (9), (10) și (12) în poziția ”închis”.

Regimul de răcire a laptelui va fi asigurat dacă temperatura AFI va fie mai mică sau egală cu +5°C pentru a avea posibilitatea de a răci laptele până la temperatura de păstrarea <+6°C.

În procesul de răcire a laptelui echipamentul electric de bază este pompa (6) care pompează AFI rece depozitat în acumulatorul de frig termoizolat prin pereții schimbătorului de căldură capacitiv de răcire a laptelui. Drept urmare a acestor condiții graful automat a procesului de răcire a laptelui va avea forma Fig. 10.

În urma elaborării schemelor grafurilor automate sa stabilit că în procesul de trecere de la regimurile de răcire a AFI la regimul de răcire a laptelui, elementele acționate electric comune sunt pompa de AFI și ventilele, acestea fiind interconectate între circuitul electric unu și doi, ceea ce se observă din algoritmul de funcționare a regimului de răcire a laptelui:

$$F_{RL} = (S + v_8 \cdot v_{11} \cdot \bar{v}_9 \cdot \bar{v}_{10} \cdot \bar{v}_{12}) \cdot E_6 \cdot \bar{R}_a \cdot t_{15} \cdot \bar{s}. \quad (20)$$

În baza acestui algoritm se elaborează schema electrică a circuitului doi pentru comanda și controlul procesului de răcire a laptelui.

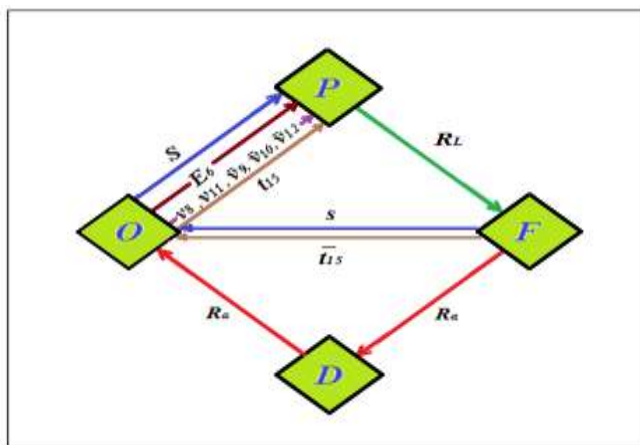


Fig. 10. Graful automat a regimului răcire a laptelui cu AFI

Energia electrică consumată la punctul de colectare a laptelui de instalația frigorifică ecologică în procesele de pompare și răcire a agentului frigorific intermediar (AFI), mestecarea și răcirea laptelui, pomparea în și din rezervorul de răcire a laptelui se transformă în energie mecanică sau termică prin acționarea pompei de AFI, ventilatorului, ventilelor, instalației frigorifice cu frig artificial, mestecătorului și pompei de lapte, iar o parte din ea se transformă în pierderi de energie.

Analiza fluxurilor energetice are la bază ecuația bilanțului energetic:

$$\sum W = \sum W_c + \sum W_p, \quad (21)$$

unde W - energia de intrare; W_c - energia consumată; W_p - pierderile de energie.

Calcululele componentelor ecuației bilanțului energetic se efectuează în baza parametrilor nominali ai echipamentelor electrice a instalației ecologice de răcire a laptelui și a celor auxiliare din punctul de colectare.

Instalația ecologică propusă are un consum anual de energie electrică redus în comparație cu instalațiile frigorifice existente la PCL, datorită regimurilor de funcționare sezoniere.

Pentru comparație în Tabelul 1 sunt prezentați parametrii nominali ai instalației clasice din PCL de tip JAPY tech -700 și ai parametrilor calculați a echipamentelor electrice pentru elaborarea instalației ecologice cu consum redus de energie electrică.

Tabelul 1. Parametrii nominali a echipamentului electric a IFFA și a instalației ecologice

Denumirea echipamentului electric	IFFA tip JAPY tech -700		Instalația ecologică cu eficiență energetică sporită	
	Puterea nominală P ₁ , kW	Randamentul	Puterea nominală P ₁ , kW	Randamentul
Motorul compresorului	3.0	0.78	3.0	0.78
Pompa AFI Tip GRS 15/6 (1.2-3.0 m ³ /h)	0.093	0.86	0.093	0.86
Ventilator (cu motor AJ112-4Y)	-	-	0.180	0.8
Mestecător de lapte	0.08	0,65	0.08	0.65
Panoul de comanda	0.02	0.9	0.02	0.9
Pompa de lapte	1.0	0,85	1.0	0.85

Analiza datelor obținute pentru fiecare regim de funcționare a instalației ecologice propusă spre implementare la punctele de colectare a laptelui permite stabilirea consumului necesar de energie electrică pentru întreg procesul de răcire a 700 litri de lapte, care sunt prezentate în Tabelul 2.

Tabelul 2. Consumul calculat de energie electrică în procesul de răcire a 700 l de lapte

Regimul de răcire	Consumul estimativ de energie electrică pentru răcirea a 2.2 m ³ de AFI (kWh)	Consumul estimativ de energie electrică pentru răcirea laptelui (kWh)	Consumul estimativ de energie electrică pentru întreg procesul de răcire a 700 litri de lapte (kWh)
Cu FN	1.8	0.4	2.2
Cu FC	11.5	0.4	11.9
Cu FA	14.0	0.4	14.4

Conform datelor obținute de la administratorii PCL din nordul republicii consumul mediu de energie electrică pentru răcirea a 1000 litri de lapte cu o instalație frigorifică clasică cu răcire directă cu freon este de 21 kWh.

Comparând cu datele obținute pentru regimurile de funcționare a instalației frigorifice ecologice propusă spre implementare avem:

- în procesul de răcire cu frig natural consumul de energie electrică se reduce de 6.5 ori;
- în procesul de răcire cu frig combinat consumul de energie electrică se reduce cu 1.2 ori;
- iar în procesul de răcire cu frig artificial diferența de consum poate fi neglijată, avantajul de bază a instalației ecologice în acest caz este că AFI poate fi răcit pe timp de noapte utilizând tarifele la energia electrică diferențiate, acest lucru ar oferi o economisire financiară de 40 %.

Analiza datelor statistice cu privire la temperaturile aerului atmosferic pentru șapte luni ale anilor 2017, 2018, 2019, 2020 și 2021 a stabilit că durata medie de utilizare a frigului natural este de 39 % din perioada unui an și cea de utilizare a frigului combinat de 5%. Reieșind din aceste date s-a stabilit că consumul anual de energie electrică se va reduce în mediu cu 34 la sută.

4. Cercetarea instalației ecologice pentru răcirea laptelui cu consum redus de energie electrică la punctele de colectare ca obiect de dirijare

Include:

- contribuții la modernizarea instalațiilor frigorifice de răcire a laptelui pentru PCL din țară;
- studiul eficienței tehnico-economice în procesul de răcire a laptelui cu utilizarea instalației ecologice cu consum redus de energie electrică la punctele de colectare;
- prerăcirea laptelui în procesul de colectare mobilă de la producătorii casnici;
- studiul de fezabilitate privind implementarea sistemului fotovoltaic de tip On-Grid la PCL GȚ ”Harabari Andrei Victor”.

Pentru a justifica aplicabilitatea metodologiei de calcul și a modelelor matematice, s-a elaborat mostra experimentală a instalației ecologice de răcire a laptelui cu consum redus de energie electrică cu două etape de răcire, răcirea AFI și răcirea laptelui, utilizând frigul natural și artificial. Instalația frigorifică experimentală a fost elaborată la PCL GȚ ”Harabari Andrei Victor”, care constă din două părți, partea din exteriorul PCL destinată răcirii sezoniere a AFI cu frig natural (Fig. 11a) și cea din interior, destinată atât răcirii AFI cât și răcirii laptelui (Fig. 11b). Pentru elaborarea instalației experimentale s-au utilizat materiale moderne de calitate, cu rezistență la uzură, care respectă cerințele mediului de lucru pentru sistemele de răcire. Parametrii tehnici ai instalației sunt prezentați în Tabelul 3.

Tabelul 3. Parametrii tehnici ai instalației experimentale de răcire a laptelui

Puterea instalată a IFFA	kW	3.0
Volumul vasului capacitiv de răcire a laptelui	l	700
Puterea pompei Tip GRS 15/6 (3.0 m ³ /h; 1.9 m ³ /h; 1.2 m ³ /h)	kW	0.093; 0.060; 0.040
Puterea motorului ventilatorului	kW	0.180
Volumul acumulatorului de frig	m ³	2.2
Dimensiunile radiatorului	m	$L_z = 0.656$; $L_h = 0.686$; $L = 0.091$
Volumul radiatorului	l	7.5
Furtun d32	m	18
Ventile d32	buc	5
Conector furtun forma T	buc	5

În Fig. 11a este prezentată partea exterioară a instalației experimentale ecologice cu consum redus de energie electrică care este destinată răcirii AFI (apa sau saramura), alcătuită dintr-un schimbător de căldură, ventilator cu motor, senzor de temperatură și furtune de conexiune cu AFT.

Această parte a instalației este utilizată doar în perioada rece a anului când temperatura mediului ambiant este sub 6⁰C.

Partea instalației din interiorul PCL este prezentată în Fig. 11b și este alcătuită din următoarele componente de bază - IFFA, pompa AFI, acumulatorul de frig și schimbătorul de căldură capacitiv destinat răcirii laptelui.

Instalația experimentală a fost utilizată pe parcursul anului 2021 la punctul de colectare a laptelui GȚ ”Harabari Andrei Victor” din r-nul Dondușeni, s. Corbu , datele de consum lunar al energiei electrice pentru răcirea laptelui și a volumului de lapte colectat și răcit la PCL sunt prezentate în Anexa 5 a tezei.



Fig. 11 Instalație frigorifică experimentală, combinată cu frig artificial și natural
a – secțiunea instalației frigorifice din exteriorul PCL
b- secțiunea instalației frigorifice din interiorul PCL

Pentru stabilirea consumului specific real de energie electrică pentru răcirea a 1000 litri de lapte s-au monitorizat parametrii variabili care influențează durata de răcire a agentului frigorific intermediar și a laptelui în perioada 21-27.11.2021, AFI supus răcirii avea în prima zi de evaluare temperatura inițială de +14°C, datele obținute sunt prezentate în Tabelul 4.

Tabelul 4. Consumul real de energie electrică la PCL în perioada rece a anului

Perioada de monitorizare	21.11.21	22.11.21	23.11.21	24.11.21	25.11.21	26.11.21	27.11.21
Temperatura mediului ambiant, °C	-1	+3	+2	0	-2	+1	-4
Temperatura inițială a AFI, °C	+14	+10	+10	+9	+8	+10	+8
Durata de răcire a AFI până la temperatura finală de +4°C	4.25	5.0	4.75	3.75	3.5	4.0	3.33
Volumul de lapte colectat și răcit în două ture, mii litri	0.52	0.49	0.53	0.51	0.5	0.53	0.48
Temperatura inițială a laptelui în tura I, după mestecarea cu laptele din tura II din ziua precedentă, °C	+13	+15	+14	+13	+12	+14	+11
Temperatura inițială a laptelui în tura II, °C	+18	+20	+20	+19	+18	+19	+17
Durata de răcire a laptelui din două ture	1.5	1.4	1.5	1.5	1.4	1.5	1.4
Consumul zilnic de energie electrică, kWh	1.5	1.7	1.7	1.4	1.3	1.5	1.3
Consumul specific de energie electrică, kWh/1000 litri	2.9	3.5	3.2	2.7	2.6	2.8	2.7

Datele practice obținute în decursul a șapte zile consecutive cu temperaturi ale mediului ambiant cuprinse între -4°C și +3°C arată că consumul specific de energie electrică pentru răcirea a o mie de litri de lapte colectat este cuprins între 2.6 - 3.5 kWh, ceea ce confirmă corectitudinea calculului analitic din capitolul 3 unde s-a obținut consumul specific de energie electrică de 3,12 kWh pentru întreg procesul de răcire a 1000 litri de lapte la temperatura mediului de +2°C.

Rezultatele evaluării pe parcursul anului 2021 a indicilor energetici la PCL administrat de GȚ ”Harabari Andrei Victor” sunt indicate în Tabelul 5.

Indicii energetici obținuți în baza datelor experimentale indică o reducere a consumului de energie electrică (EE) în perioada rece de 6.4 ori, iar în perioada tranzitorie dintre anotimpuri 1.2 ori.

Tabelul 5. Rezultatele evaluării indicilor energetici ai instalației frigorifice experimentale

Regimurile de răcire a laptelui în dependență de perioada anului	Indicii experimentali						Indicii calculați	
	Temperatura mediului înconjurător °C	Temperatura inițială a laptelui °C	Temperatura laptelui răcit °C	Durata de funcționare, h	Puterea, kW	Energia consumată, kWh	Volumul laptelui răcit, litri	Consumul specific de energie electrică, kWh/1000l
Procesul de răcire a laptelui cu frig natural (în perioada rece)	0 +2	+19	+6	7.6	0.29	2.2	700	3.2
Procesul de răcire a laptelui cu frig artificial (în perioada rece)	0 +2	+19	+6	4.7	3.0	14.1	700	20.1
Procesul de răcire a laptelui cu frig combinat (în perioada tranzitorie)	+4 +6	+25	+6	3.7	3.3	12.2	700	17.4
Procesul de răcire a laptelui cu frig artificial (în perioada caldă)	+25	+29	+6	4.8	3.0	14.4	700	20.6

Studiul eficienței tehnico-economice cu privire la implementarea frigului natural la PCL studiat a stabilit că durata de recuperare a investiției pentru reutilizarea IF existente în instalația ecologică de răcire a laptelui cu consum redus de energie electrică este de 2 ani și 7 luni.

Pe parcursul anului 2020 la PCL GȚ "Harabari Andrei Victor" după colectarea mobilă a laptelui de la producătorii casnici s-au efectuat periodic măsurări ale temperaturii laptelui în momentul depozitării în rezervorul instalației frigorifice din PCL, în urma cărora s-a stabilit că temperatura medie a laptelui în momentul depozitării în instalația frigorifică din PCL în lunile noiembrie-aprilie este de +19.4°C fapt ce reduce riscul de alterare a laptelui în timpul colectării iar în perioada caldă, în lunile mai-octombrie temperatura medie a laptelui este de +27°C, perioadă care necesită soluții de prerăcire în timpul colectării. Drept soluție în teză s-a propus prerăcirea laptelui cu gheață.

Încercările experimentale cu privire la prerăcirea laptelui în procesul de colectare mobilă de către PCL GȚ "Harabari Andrei Victor" utilizând boxe cu gheață în vasul mobil în perioada 15.07-19.07.2021 au demonstrat că raportul optim de gheață pentru prerăcirea laptelui este de 6.5 kg la 100 kg lapte, această metodă de prerăcire permite reducerea temperaturii laptelui în limitele de +18 ... +20°C, dar și a consumului de energie electrică de către IF din PCL cu 42%.

Procesul de obținere a gheții prevede costuri suplimentare, privind procurarea mașinii de gheață și consum de energie electrică. În teza sa efectuat un studiu de fezabilitate care prevede obținerea energiei electrice din surse regenerabile. S-a stabilit că implementarea unui sistem fotovoltaic de tip On-Grid la PCL de 3 kW cu productivitatea anuală de 5265 kWh ar acoperi în întregime necesarul de energie electrică a PCL inclusiv pentru producerea gheții pentru prerăcire. Răscumpărarea investiției care cuprinde sistemul fotovoltaic și mașina de gheață ar dura 6.5 ani.

CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

- În rezultatul analizei stadiului actual în privința utilizării frigului natural și artificial în procesul de răcire a laptelui și identificarea soluțiilor de sporire a eficienței energetice a instalațiilor frigorifice pentru punctele de colectare a laptelui din Republica Moldova au fost punctate căile posibile de reducere a consumului de energie electrică la PCL din țară. Prioritar a fost pus accent pe reutilarea instalațiilor frigorifice existente la punctele de colectare a laptelui din RM în instalații ecologice cu agent frigorific intermediar și cu acumulator de frig care posedă un șir de avantaje printre care mai importante sunt: fiabilitate sporită a sistemului de răcire datorită acumulării și depozitării frigului natural sau artificial în acumulatorul de frig termoizolat; cheltuieli reduse la deservire și întreținere; eficiență energetică sporită în perioada rece a anului; posibilitatea utilizării tarifului diferențiat la energie electrică, prin răcirea agentului frigorific intermediar pe timp de noapte, când tariful este redus cu 40 la sută; reducerea poluării mediului în perioada rece a anului prin excluderea din procesul de răcire a instalației frigorifice cu frig artificial ce funcționează pe bază de freon; consum redus de materiale pentru reutilare.
- Dezvoltarea de modele matematice și metode de calcul pentru parametri tehnologici și constructivi ai instalației de răcire a laptelui cu frig natural și artificial facilitează construcția acestora la nivelul optim al parametrilor. Îmbunătățirea metodei de calcul și justificarea caracteristicilor constructive ale instalației permit ajustarea dimensiunilor radiatorului, ventilatorului și pompei în funcție de capacitatea de stocare a acumulatorului de frig termoizolat. Modelele matematice dezvoltate pentru procesul de răcire a agentului frigorific intermediar și a laptelui stabilesc parametri tehnologici lapte-agent frigorific intermediar și agent frigorific intermediar – aer.
- În baza rezultatelor bazate pe modelul matematic a procesului de răcire a laptelui în răcitor capacitiv cu agent frigorific intermediar (apă) elaborat în acest studiu s-a stabilit că raportul volumului de AFI din acumulatorul de frig termoizolat și volumului de lapte răcit pentru tipul instalației propuse este de $C_{IFC}=3.1$, iar a celor bazate pe modelul matematic a procesul de răcire a AFI, s-a stabilit că volumul necesar de aer cu temperatura de $+2^{\circ}\text{C}$ pentru răcirea agentului frigorific intermediar de la $+14^{\circ}\text{C}$ la $+4^{\circ}\text{C}$ are coeficientul echivalent de $C_{AFN}=34.25$. Calculele efectuate cu folosirea modelului matematic dezvoltat pentru procesul de prerăcire a laptelui în timpul colectării mobile de la producătorii casnici au arătat că cantitatea de gheață raportată la cantitatea de lapte necesar de a fi prerăcit de la temperatura de $+27^{\circ}\text{C}$ până la temperatura $+20^{\circ}\text{C}$ este de 6.5 %.
- În rezultatul concretizării regimurilor energetice, celor de funcționare și de control ale instalației ecologice de răcire a laptelui s-au stabilit parametri tehnico-economici și de control pentru procesul de exploatare a instalației. Astfel, puterea electrică a instalației experimentale de la punctul de colectare a laptelui administrat de GȚ "Harabari Andrei Victor" în cazul răcirii cu frig natural este de 0.3 kW, fiind de 10 ori mai mică în raport cu puterea instalației cu frig artificial. Calculele teoretice au derivat că consumul specific de energie electrică pentru răcirea a 1000 litri de lapte cu instalația ecologică de răcire a laptelui cu eficiență energetică sporită în perioada rece a anului când temperaturile aerului sunt sub $+2^{\circ}\text{C}$ este de până la 3.2 kWh, în comparație cu 20.9 kWh la utilizarea instalațiilor frigorifice tipice.

- Grafurile automate și algoritmele de funcționare elaborate pentru fiecare regim de funcționare în parte permit montarea schemei electrice pentru automatizarea întregului proces de răcire trecând de la un regim la altul în dependență de temperatura mediului, temperatura agentului frigorific intermediar și temperatura laptelui, asigurând răcirea acestuia până la temperatura necesară de păstrare.
 - Implementarea instalației experimentale cu frig natural și artificial la punctul de colectare a laptelui studiat a arătat o reducere a consumului anual de energie electrică în procesul de răcire a laptelui cu cca 27%. Datele experimentale obținute în decursul a 7 zile consecutive cu temperaturi a mediului ambiant cuprinse între -4°C și +3°C ne-au demonstrat că consumul specific de energie electrică pentru răcirea a 1000 litri de lapte colectat este cuprins între 2.6 - 3.5 kWh, ceea ce confirmă corectitudinea calculelor teoretice bazate pe modelele matematice și metodelor de calcul dezvoltate în lucrare.
 - În baza utilizării datelor statistice ale Serviciul Hidrometeorologic de Stat cu privire la temperaturile aerului atmosferic pentru lunile octombrie-aprilie ale anilor 2017-2021, s-a stabilit că durata de utilizare a instalației frigorifice cu funcționare în regim de răcire cu frig natural este cuprinsă între 130 și 174 de zile pentru nordul Republicii Moldova.
 - S-a stabilit că reutilizarea instalațiilor tipice în instalații ecologice cu frig natural și artificial cu acumularea frigului în acumulatori termoizolate este ușor de realizat datorită construcției simple și prevăd investiții relativ mici, care au o durată de răscumpărare de până la 3 ani.
 - S-a stabilit că, în cazul utilizării parametrilor tehnologici optimi pentru prerăcirea laptelui cu gheață în procesul de colectare mobilă de la producătorii casnici, raportul gheață/lapte este 6.5/100 kg. Astfel, utilizarea experimentală a boxelor cu gheață în vasul mobil în decursul zilelor de 15.07.2021-19.07.2021 a demonstrat că prerăcirea laptelui reduce semnificativ riscul alterării acestuia, reducând în timp scurt temperatura laptelui de la cea de după mulsură la nivelul temperaturilor de +18 ... +20°C.
 - S-a stabilit că implementarea unui sistem fotovoltaic de tip On-Grid la PCL de 3 kW cu productivitatea anuală de 5265 kWh ar acoperi în întregime necesarul de energie electrică a PCL inclusiv pentru producerea gheții pentru prerăcire. Durata de recuperare a unor astfel de investiții se estimează la cca 6.5 ani.
- În baza rezultatelor cercetărilor științifice efectuate în teză, se recomandă:**
- Utilizarea metodologiei de calcul și a modelelor matematice la reutilizarea instalațiilor frigorifice tipice în instalații frigorifice cu consum redus de energie electrică de la punctele de colectare a laptelui din țară. Aceasta va facilita implementarea frigului natural și artificial în procesul de răcire și depozitare a agentului frigorific intermediar în acumulatori de frig termoizolate.
 - Folosirea prerăcirii cu gheață a laptelui în timpul procesului de colectare mobilă la fiecare punct de colectare din țară. Această măsură va ajuta la reducerea riscului de a obține cantități de lapte care nu îndeplinesc cerințele normative de aciditate.
 - Pentru reducerea costurilor facturilor la energia electrică consumată pentru obținerea gheții și răcirii laptelui este eficient să se implementeze, la punctele de colectare a laptelui, instalații de energie regenerabilă de tip panouri fotovoltaice cu sistem de funcționare On-Grid și cu contorizare bidirecțională,
 - Introducerea în planul de învățământ al Universității Tehnice a Moldovei subiecte ce țin de frigului natural și artificial pentru răcirea laptelui în curricula cursului de prelegeri ”Tehnologii de renovare a utilajului agricol.

BIBLIOGRAFIE

1. IRENA and FAO. 2021. *Renewable energy for agri-food systems – Towards the Sustainable Development Goals and the Paris agreement*. Abu Dhabi and Rome. 89 p. ISBN: 978-92-9260-341-8 [IRENA] and 978-92-5-135235-9 [FAO] <https://doi.org/10.4060/cb7433en>.
2. DAICU A., et al. *Combined automated installation deployment for milk cooling*. In: Journal of Engineering Science, vol. XXVII 3, Chişinău UTM, 2020 pp. 65-75, ISSN 2587-3474.
3. BHAT, R., et. al. *Global Dairy Sector: Trends, Prospects, and Challenges*. In: Sustainability 2022, (14) (accesat 15.10.2022) Disponibil: <https://doi.org/10.3390/su14074193>.
4. KOZLOVTSEV, A., KOROVIN, G. *Natural cold milk cooling system* In: IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 666 (2019) 012070, 6 p. IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/666/1/012070.
5. AGUSTRIYANTO, R., MOCHNI E., S. *Dynamic Study and PI Control of Milk Cooling Process*. In: International Journal on Advance Science, Engineering and Information Technology. Vol.12 (2022) No. 5, pp. 1836-1843. ISSN: 2088-5334.
6. SHANNAQ, R., AUCKAILI, A., FARID, M. *Cooling of milk on dairy farms: an application of a novel ice encapsulated storage system in New Zealand*. In: Food Engineering Innovations Across the Food Supply Chain 2022, pp. 207-228. (accesat 28.08.2022). Disponibil: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821292-9.00006-6>.
7. DAICU, A. *Argumentarea regimurilor de funcţionare şi a parametrilor constructivi - tehnologici ai instalaţiei ecologice automatizate cu frig natural şi artificial pentru răcirea laptelui*. Teza de doct. în ştiinţe inginereşti Chişinău, 2020. 155 p. (accesat 13.06.2021) Disponibil: http://www.cnaa.md/files/theses/2021/56597/anatolei_daicu_thesis.pdf.
8. ВОЛКОНОВИЧ Л., et al., *Применение холода для охлаждения молока и хранения плодоовощной продукции*. Chişinău, Moldova, Tipografia "Prit-Caro", 2019, 228 p. ISBN 978-9975-56-625-4.
9. SEGERS, O. *Modeling Milk Cooling Within A Dairy Farm To Minimize Electricity Costs*. In: BSc Thesis Electrical Engineering 2022. 16 p. (accesat 15.09.2022). Disponibil: http://essay.utwente.nl/92249/1/Segers_BA_EEMCS.pdf.
10. SHINE, Ph., UPTON, J., SEFEEDPARI, P., MURPHY, M. D. *Energy Consumption on Dairy Farms: A Review of Monitoring, Prediction Modelling, and Analyses*. In: Energies 2020,13, 1288; doi:10.3390/en13051288
11. COSSU, M., et al. *Evaluation of the Energy Utilization Index in Sheep Milk Cooling Systems*. In: Energies 2020(13,2127), 16 p. doi:10.3390/en13092127, ISSN 1996-1073.
12. DAICU, A., et al. *Contribuţii la elaborarea mijloacelor tehnice de automatizare a proceselor de conservare a alimentelor cu utilizarea frigului natural*. Chişinău. In: Ştiinţa agricolă, nr. 2. CE UASM, 2019, pp. 95-102. ISSN 1857-0003 /ISSNe 2587-3202.
13. ЯРУТИЧ, В. *Исследование состояния процессов охлаждения молока*. Минск, Перспективная техника и технологии в АПК pp. 232-235. УДК. 637.117.

LISTA PUBLICAȚIILOR AUTORULUI LA TEMA TEZEI

Articole în reviste științifice

1. **URSATII, Nicolai**, VOLCONOVICI, Augustin, CHIRSANOVA, Alla et al. *Contribuții la îmbunătățirea parametrilor tehnico-economici ai instalațiilor frigorifice din punctele de colectare a laptelui*. In: Știința Agricolă. 2021, Nr. 1, pp. 97-103. ISSN 1857-0003.

<https://www.doaj.org/article/9efaa585c15e49098932481b993eed23>

2. Tudor AMBROS, **Nicolai URSATII**. *Some Aspects of Micro-HPP Utilization in the Republic of Moldova*. In: Problemele Energeticii Regionale. 2015, Nr. 3(29), pp. 100-105. ISSN 1857-0070.

<https://www.doaj.org/article/ab801ff299234a9984360e32f169e5d4>

3. Victor POPESCU, **Nicolai URSATII**, Mihail MELENCIUC, Onorin VOLCONOVICI, Tatiana BALAN, Maria ALII. *Studiul privind reducerea consumului de energie electrică în procesul de păstrare a produselor agroalimentare*. In: Intellectus 1/2023, pp. 184-189. ISSN 1810-7087.

<https://www.agepi.gov.md/ro/intellectus/intellectus-1-2023>

4. Victor POPESCU, Vitali VIȘANU, **Nicolai URSATII**, Anatol CECAN, Tatiana TODIRAȘ. *Sistem electric cu fiabilitate sporită pentru întreprinderile specializate în deshidratarea produselor agricole*. In: Intellectus 1/2023, pp. 198-203. ISSN 1810-7087.

<https://www.agepi.gov.md/ro/intellectus/intellectus-1-2023>

5. AMBROS, Tudor, BURDUNIUC, Marcel, **URSATII, Nicolai**. *Fluxes and Dispersion Reactances of the Asynchronous Machine of the Asynchronous Machine*. In: Buletinul AGIR, Nr. 3, România 2012, pp. 335-340 ISSN 2247-3548.

<https://www.buletinulagir.agir.ro/articol.php?id=1404>

6. AMBROS, Tudor, **URSATII, Nicolai**, BURDUNIUC, Marcel. *Study on synchronous generator with smooth air gap*. In: Buletinul AGIR, Nr. 4, România 2011, pp. 7-10. ISSN 2247- 3548.

<https://www.buletinulagir.agir.ro/articol.php?id=1036>

Articole în lucrările conferințelor și altor manifestări științifice

1. СЛИПЕНКИ, В., КИРСАНОВА, А., УРСАТИЙ, Н. et al. *Передовой зарубежный и отечественный опыт развития технологий и линий первичной обработки молока на фермах*. In: Lucrări științifice UASM, 2022, V. 55. Materialele Simpozionului Științific Internațional "Reglementarea utilizării resurselor naturale: realizări și perspective", pp. 365-367. ISBN 978-9975-64-271-2.

<https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=MD2022100153>

2. **URSATII, N.** *Contribuții la perfecționarea mașinilor electrice cu magneți permanenți pentru implementare în agricultura modernă*. In: Lucrări științifice UASM, 2022, V. 55. Materialele Simpozionului Științific Internațional "Reglementarea utilizării resurselor naturale: realizări și perspective", pp. 368-371. ISBN 978-9975-64-271-2.

<https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=MD2022100151>

3. ВОЛКОНОВИЧ, А., СКРИПНИК, Е., УРСАТИЙ, Н. et al. *Особенности, цели и задачи исследований автоматизированных технологических линий обработки молока как объектов управления*. In: Lucrări științifice UASM, 2022, V. 55. Materialele Simpozionului Științific Internațional "Reglementarea utilizării resurselor naturale: realizări și perspective", pp. 372-376. ISBN 978-9975- 64-271-2.

<https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=MD2022100152>

4. СЛИПЕНКИ, В., КИРСАНОВА, А., УРСАТИЙ, Н. et al. *Анализ процесса учета, транспортировки, очистки и охлаждения молока на фермах*. In: Lucrări științifice UASM, 2022, V. 55. Materialele Simpozionului Științific Internațional "Reglementarea utilizării resurselor naturale: realizări și perspective", pp. 381-385. ISBN 978-9975-64-271-2.

<https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=MD2022100149>

5. **URSATII, N.** *Metodologia de măsurare a rezistenței izolației instalațiilor electrice folosite în domeniul agroindustrial.* In: Lucrări științifice UASM, 2022, V. 55. Materialele Simpozionului Științific Internațional "Reglementarea utilizării resurselor naturale: realizări și perspective", pp. 386-396. ISBN 978- 9975-64-271-2.
<https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=MD2022100148>
6. **ВОЛКОНОВИЧ, А., ВОЛКОНОВИЧ, О., УРСАТИЙ, Н.** et al. *Аналитический обзор и анализ тенденций развития автоматизированных технологических процессов и технических средств линий обработки молока на фермах.* In: Lucrări științifice UASM, 2022, V. 55. Materialele Simpozionului Științific Internațional "Reglementarea utilizării resurselor naturale: realizări și perspective", pp. 398-401. ISBN 978-9975-64-271-2.
<https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=MD2022100345>
7. **URSATII, Nicolai, VOLCONOVICI, Ina.** *Măsuri pentru sporirea eficienței energetice a instalațiilor frigorifice agroalimentare.* In: Tezele celei de-a 75-a conferință științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor, Chișinău, 2022, pp. 137. ISBN 978-9975-64- 336-8.
<http://repository.utm.md/handle/5014/22527>
8. **URSATII, Nicolai, VOLCONOVICI, Onorin.** *Clasificarea instalațiilor frigorifice din punctele de colectare a laptelui gestionate de SA "Inlac".* In: Tezele celei de-a 75-a conferință științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor, Chișinău, 2022, pp. 138. ISBN 978-9975-64-336-8.
<http://repository.utm.md/handle/5014/22528>
9. **URSATII, Nicolai, VOLCONOVICI, Onorin.** *Analiza consumului de energie electrică la punctele de colectare a laptelui din nordul Republicii Moldova.* In: Tezele celei de-a 75- a conferință științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor, Chișinău, 2022, pp. 139. ISBN 978-9975-64-336-8.
<http://repository.utm.md/handle/5014/22529>
10. **URSATII, Nicolai, SLIPENCHI, Victorin.** *Soluții de prerăcire a laptelui în procesul de colectare de la producătorii casnici.* In: Tezele celei de-a 75-a conferință științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor, Chișinău, 2022, pp. 140. ISBN 978-9975-64- 336-8.
<http://repository.utm.md/handle/5014/22530>
11. **VOLCONOVICI, Ina, URSATII, Nicolai.** *Metodologia de cercetare a instalațiilor de răcire a laptelui cu utilizarea frigului natural și artificial.* In: Tezele celei de-a 74-a conferință științifică a studenților, 20 mai 2021. Chișinău, 2021, pp. 147. ISBN 978- 9975-64-320-7.
https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/145127
12. **URSATII, Nicolai.** *Soluții de reducere a consumului de energie electrică a instalației frigorifice de răcire a laptelui.* In: Tezele celei de-a 74-a conferință științifică a studenților, 20 mai 2021. Chișinău, 2021, pp. 149. ISBN 978-9975-64-320-7.
https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/145129
13. **VOLCONOVICI, Ina, URSATII, Nicolai.** *Modelul monitoringului biotehologic de producere și prelucrare primară a laptelui cu utilizarea frigului natural și artificial la ferma didactică a UASM.* In: Tezele celei de-a 74-a conferință științifică a studenților, 20 mai 2021. Chișinău, 2021, pp. 151-152. ISBN 978-9975-64-320-7.
https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/145132
14. **URSATII, Nicolai.** *Studiul materialelor folosite la construcția mașinilor electrice.* In: Tezele celei de-a 74-a conferință științifică a studenților, 20 mai 2021. Chișinău, 2021, pp. 153. ISBN 978-9975-64-320-7.
https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/145135

15. URSATII, Nicolai, VOLCONOVICI, Ina. *Argumentarea parametrilor constructivitehnologici ai motoarelor de acționare a compresoarelor depozitelor frigorifice de păstrare a fructelor.* In: Tezele celei de-a 73-a conferință științifică a studenților, 20 mai 2020. Chișinău, 2020, p. 106. ISBN 978-9975-64-313-9.

https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/147981

16. URSATII, Nicolai, VOLCONOVICI, Ina. *Caracteristicile electromagnetice în generatorul sincron axial cu magneți permanenți.* In: Tezele celei de-a 73-a conferință științifică a studenților, 20 mai 2020. Chișinău, 2020, p. 113. ISBN 978-9975-64-313-9.

https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/147989

17. URSATII, Nicolai, BURDUNIUC, Marcel. *Optimizarea construcției mașinii sincrone cu magneți permanenți.* In: Conferința Tehnico-Științifică a Colaboratorilor, Doctoranzilor și Studenților, Universitatea Tehnică a Moldovei, 8 – 10 decembrie, 2011. Chișinău, 2012, vol. 1, pp. 272-273. ISBN 978-9975-45-208-3.

<http://repository.utm.md/handle/5014/3299>

18. URSATII, Nicolai. *Coeficientul de umplere a spațiului înfășurării statorice a mașinii sincrone fără creștături.* In: Conferința Tehnico-Științifică a Colaboratorilor, Doctoranzilor și Studenților, Universitatea Tehnică a Moldovei, 17 – 19 noiembrie, 2010. Chișinău, 2011, vol. 1, pp. 357-358. ISBN 978-9975-45-065-2. ISBN 978-9975-45-158-1.

<http://repository.utm.md/handle/5014/3836>

19. URSATII, Nicolai. *Influența geometriei magnetului permanent asupra curbei inducției magnetice din întrefer.* In: Conferința Tehnico-Științifică a Colaboratorilor, Doctoranzilor și Studenților, Universitatea Tehnică a Moldovei, 17 – 19 noiembrie, 2010. Chișinău, 2011, vol. 1, pp. 359-361. ISBN 978-9975-45-065-2. ISBN 978-9975-45-158-1.

<http://repository.utm.md/handle/5014/3837>

20. URSATII, Nicolai. *Studiul caracteristicilor electromagnetice al mașinii sincrone cu magneți permanenți.* In: Conferința Tehnico-Științifică a Colaboratorilor, Doctoranzilor și Studenților, Universitatea Tehnică a Moldovei, 10-12 decembrie 2009. Chișinău, 2010, ISBN 978-9975-45-141-3.

<http://repository.utm.md/handle/5014/22537>

21. MORARU, Victor, URSATII, Nicolai. *Model de calcul al factorilor de emisii al gazelor cu efect de sera la diferite puncte de consum a energiei.* In: Conferința Tehnico-Științifică a Colaboratorilor, Doctoranzilor și Studenților, Universitatea Tehnică a Moldovei, 10-12 decembrie 2009. Chișinău, 2010, ISBN 978-9975-45-141-3.

<http://repository.utm.md/handle/5014/22536>

22. URSATII, Nicolai. *Studiul asupra câmpului magnetic al generatorului sincron cu magneți permanenți.* In: Conferința Tehnico-Științifică a Colaboratorilor, Doctoranzilor și Studenților, Universitatea Tehnică a Moldovei, 15-17 noiembrie 2007. Chișinău, 2008, ISBN 978-9975-45-068-3.

<http://repository.utm.md/handle/5014/22538>

23. AMBROS, Tudor, URSATII, Nicolai. *Armature's reaction in synchronous devices with smooth magnetic gap.* In: Conference on Electrical and Power Engineering: Proc. EPE 2010, 28-30 octombrie 2010, Iași, România, 2010, V. 2, p. 150-152. ISBN 978-606-13-0079-2; 978-606-13-0078-5.

https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/163389

ADNOTARE

URSATII Nicolai. Tema „Sporirea eficienței energetice a instalației cu frig natural și artificial la punctele de colectare a laptelui”, Chișinău, 2023.

Structura tezei: introducere, patru capitole, unul de analiză și trei de bază, concluzii generale și recomandări, bibliografie cu 116 titluri, 118 pagini de text de bază, 9 anexe, 23 tabele, 234 de formule, 78 de figuri. Rezultatele cercetărilor sunt publicate în 29 de lucrări științifice.

Cuvinte-cheie: eficiență energetică, frig natural, punct de colectare a laptelui, consum redus de energie electrică, model matematic, instalație frigorifică, surse regenerabile.

Scopul tezei. Creșterea eficienței energetice a instalației cu frig natural și artificial la punctele de colectare a laptelui din Republica Moldova.

Obiectivele cercetării: analiza stadiului actual în privința utilizării frigului natural și artificial în procesul de răcire a laptelui și identificarea soluțiilor de sporire a eficienței energetice a instalațiilor frigorifice pentru punctele de colectare a laptelui din Republica Moldova; dezvoltarea modelelor matematice și metodelor de calcul al parametrilor tehnologici și constructivi ai instalației cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui; concretizarea regimurilor energetice, de funcționare și de control ale instalației ecologice de răcire a laptelui; implementarea instalației experimentale cu frig natural și artificial la un punct de colectare a laptelui din țară; stabilirea parametrilor tehnologici optimali pentru prerăcirea și răcirea laptelui la punctele de colectare.

Noutatea și originalitatea științifică constă în: demonstrarea oportunității utilizării frigului natural în procesul de răcirea a laptelui pentru condiții concrete, specifice Regiunii de Dezvoltare Nord a țării; formularea unor recomandări noi cu privire la prerăcirea laptelui în procesul de colectare mobilă de la producătorii casnici, bazate pe utilizarea boxelor cu gheață.

Problema științifică soluționată. Efectele utilizării frigului natural și concretizării regimurilor energetice de funcționare și control asupra eficienței energetice al instalațiilor frigorifice utilizate la punctele de colectare a laptelui.

Semnificația teoretică se referă la dezvoltarea modelelor matematice și metodelor de calcul ale parametrilor tehnologici și constructivi ai instalației cu frig natural și artificial pentru punctele de colectare a laptelui din Republica Moldova.

Valoarea aplicativă constă în posibilitatea utilizării tehnologiei propuse la punctele de colectare a laptelui pentru reducerea consumului de energie electrică și a emisiilor nocive în mediul înconjurător, datorită excluderii din procesul de răcire în perioada rece a anului a instalației cu freon.

Implementarea rezultatelor științifice. Rezultatele obținute în acest studiu au fost implementate în perioada anilor 2020-2022 în proiectul științific nr. 20.80009.5107.04 - „Adaptarea tehnologiilor durabile și ecologice de producere a fructelor sub aspect cantitativ și calitativ în funcție de integritatea sistemii de cultură și schimbărilor climatice” și la elaborarea instalației experimentale la PCL din s. Corbu r. Dondușeni.

ANNOTATION

URSATII Nicolai. Title "Increasing the energy efficiency of the installation with natural and artificial cold at the milk collection points", Chisinau, 2023.

The thesis consists of: introduction, four chapters, one analytical and three basic, general conclusions and recommendations, bibliography with 116 titles, 118 pages of basic text, 9 annexes, 23 tables, 234 formulas, 78 figures. The research results are published in 29 scientific papers.

Key words: energetic efficiency, natural cold, milk collection point, low electricity consumption, mathematical model, refrigeration plant, renewable sources.

The aim of the paper. Increasing the energy efficiency of the plant with natural and artificial cold at milk collection points in the Republic of Moldova.

The objectives: analysis of the current state regarding the use of natural and artificial cold in the milk cooling process and the identification of solutions to increase the energy efficiency of refrigeration facilities for milk collection points in the Republic of Moldova; development of mathematical models and methods for calculating the technological and constructive parameters of the plant with natural and artificial cold for cooling milk; concretization of the energy, operation and control regimes of the ecological milk cooling facility; implementation of the experimental facility with natural and artificial cold at a milk collection point in the country; establishing the optimal technological parameters for the pre-cooling and cooling of milk at the collection points.

The scientific novelty and originality consists in: demonstrating the opportunity of using natural cold in the milk cooling process for specific conditions, specific to the Northern Development Region of the country; formulation of new recommendations regarding pre-cooling of milk in the mobile collection process from home producers, based on the use of ice boxes.

The scientific problem solved. The effects of the use of natural cold and the concretization of energy regimes of operation and control on the energy efficiency of refrigeration facilities used at milk collection points.

The theoretical significance refers to the development of mathematical models and calculation methods of the technological and constructive parameters of the installation with natural and artificial cold for the milk collection points in the Republic of Moldova.

Application value consists in the possibility of using the proposed technology at milk collection points to reduce electricity consumption and harmful emissions in the environment, due to the exclusion of the freon installation from the cooling process during the cold period of the year.

Implementation of scientific results. The results obtained in this study were implemented during the years 2020-2022 in the scientific project no. 20.80009.5107.04 - "Adaptation of sustainable and ecological technologies of fruit production in quantitative and qualitative aspects depending on the integrity of the culture system and climate change" and to the development of the experimental facility at the MCP in Corbu village, Donduseni district.

АННОТАЦИЯ

УРСАТИЙ Николай. Тема «Повышение энергоэффективности установки с естественным и искусственным холодом на пунктах сбора молока», Кишинев, 2023 г.

Структура диссертации: введение, четыре главы, одна аналитическая и три основные, общие выводы и рекомендации, библиография из 116 наименований, 118 страниц основного текста, 9 приложений, 23 таблиц, 234 формул, 78 рисунка. Результаты исследований опубликованы в 29 научных работах.

Ключевые слова: энергоэффективности, естественный холод, пункт сбора молока, снижение потребления электроэнергии, математическая модель, холодильная установка, возобновляемые источники.

Цель диссертации. Увеличение энергоэффективности установки с естественным и искусственным холодом на пунктах сбора молока из Республике Молдова.

Задачи исследования: анализ современного состояния использования естественного и искусственного холода в процессе охлаждения молока и определение решений по повышению энергоэффективности холодильных установок пунктов приема молока в Республике Молдова; разработка математических моделей и методов расчета технологических и конструктивных параметров установки с естественным и искусственным холодом для охлаждения молока; конкретизация энергетических, рабочих и управляющих режимов установки экологического охлаждения молока; внедрение экспериментальной установки с естественным и искусственным холодом на пункте сбора молока в стране; установление оптимальных технологических параметров предварительного охлаждения и охлаждения молока в пунктах сбора.

Научная новизна и оригинальность заключается в: демонстрации возможности использования естественного холода в процессе охлаждения молока для конкретных условий, характерных для северного региона освоения страны; разработка новых рекомендаций по предварительному охлаждению молока в процессе мобильного сбора от домашних производителей, основанных на использовании ледогенераторов.

Решаемая научная задача. Влияние использования природного холода и конкретизации энергетических режимов работы и управления на энергетическую эффективность холодильных установок, используемых в пунктах приема молока.

Теоретическая значимость связана с разработкой математических моделей и методов расчета технологических и конструктивных параметров установки с естественным и искусственным холодом для молокоприемных пунктов Республики Молдова.

Ценность применения заключается в возможности использования предлагаемой технологии в пунктах приема молока для снижения потребления электроэнергии и вредных выбросов в окружающую среду, за счет исключения фреоновой установки из процесса охлаждения в холодный период года.

Внедрение научных результатов. Результаты, полученные в этом исследовании, были реализованы в течение 2020-2022 годов в научном проекте №. 20.80009.5107.04 - «Адаптация устойчивых и экологических технологий производства плодов в количественном и качественном аспектах в зависимости от целостности системы культуры и изменения климата» и в разработке экспериментальной установки в пункте приема молока в селе Корбу, Дондюшанского района.

NICOLAI URSATII

**SPORIREA EFICIENȚEI ENERGETICE A INSTALAȚIEI CU
FRIG NATURAL ȘI ARTIFICIAL LA PUNCTELE DE
COLECTARE A LAPTELUI**

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

Rezumatul tezei de doctor în științe ingineresti

Aprobat spre tipar: 21.08.2023
Hârtie ofset. Tipar digital.
Coli de tipar: 2.0

Formatul hârtiei 60x84 1/16
Tiraj 50 exemplare
Comanda nr.21-08/23

SRL „EL CAMINO”
Chișinău, str. Calea Orheiului 75A of. 12
tel. +37379641445

