



ENERGIYA TEJAMKOR TEXNOLOGIYALAR VA QURILMALAR// ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ И УСТАНОВКИ//ENERGY SAVING TECHNOLOGIES AND INSTALLATIONS

ЕР ОСТИ МЕВА-САБЗАВОТ САҚЛАШ ОМБОРЛАРИДА ЭНЕРГИЯ ТЕЖАМКОР СОВУҚЛИК ТАЪМИНОТИ ТИЗИМИНИ ТАДҚИҚ ҚИЛИШ

Яхшибоев Ш.К., Вардияшвили А.А., Пардаев З.Э., Суюнов Р.М.

Карши муҳандислик-иқтисодиёт институти, 180100, Қарши, Ўзбекистон

Аннотация: Ушбу мақолада ер ости мева-сабзавот сақлаш омборларининг совуқлик таъминоти тизимида энергия тежамкор тупроқ ости совуқлик аккумуляторини қўллаш усуллари таклиф этилган. Дастлабки илмий тадқиқот натижаларига кўра Қашқадарё иқлими шароитида мавжуд табиий совуқлик манбалари таҳлил қилинди, NASA тизими маълумотлари асосида йиллар кесимида манфий ҳароратли суткалар сони ва совуқлик индекси аниқланди. Мазкур тизимни сақлаш омборларида қўллаш юзасидан дастлабки назарий тадқиқод натижалари келтирилган.

Калим сўзлар: табиий совуқлик тупроқ аккумулятори (ТСТА), совуқлик аккумулятори, табиий совуқлик, совуқлик индекси, математик моделлаштириш, паст потенциалли совуқлик манбалари.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ПОДЗЕМНЫХ ПЛОДООВОЩХРАНИЛИЩЕ

Яхшибоев Ш.К., Вардияшвили А.А., Пардаев З.Э., Суюнов П.М.

Каршинский инженерно-экономический институт, 180100, г. Карши, Узбекистан

Аннотация: В данной статье предложены методы использования энергоэффективной подземной батареи холода в системе холодоснабжения подземных складов плодоовощной продукции. По результатам предварительных научных исследований проанализированы естественные источники холода в климате Кашкадарыи, определено количество дней с отрицательной температурой и индекс холода на основе данных системы NASA. Представлены результаты предварительных теоретических исследований по применению данной системы на складах хранения.

Ключевые слова: естественный аккумулятор холода почвы (ГАЕХ), аккумулятор холода, естественный холод, индекс холода, математическое моделирование, низкопотенциальные источники холода.

STUDY OF ENERGY-SAVING COOLING SUPPLY SYSTEM IN UNDERGROUND FRUIT AND VEGETABLE STORAGE WAREHOUSES

Yakshiboev Sh.K., Vardiyashvili A.A., Pardaev Z.E., Suyunov P.M.

Karshi Engineering Economics Institute, 180100, Karshi, Uzbekistan



Abstract: This article proposes methods for using an energy-efficient underground cold battery in the refrigeration system of underground warehouses for fruit and vegetable products. Based on the results of preliminary scientific research, natural sources of cold in the climate of Kashkadarya were analyzed, the number of days with negative temperatures and the cold index were determined based on data from the NASA system. The results of preliminary theoretical studies on the use of this system in storage warehouses are presented.

Key words: natural soil cold accumulator (GANC), cold accumulator, natural cold, cold index, mathematical modeling, low-potential cold sources.

Киритиш. Жаҳонда мева-сабзавот омборларининг энергия самарадорлигини ошириш, уларнинг иссиқлик-совуқлик таъминоти тизимларида анъанавий ёқилғи-энергия ресурслари сарфини камайтириш ва атроф-муҳитга чиқадиган зарарли газлар миқдорини қисқартиришга алоҳида аҳамият берилмоқда. Ҳозирги кунда ривожланган мамлакатларда мева-сабзавот омборлари ва совутиладиган иншоотларнинг совуқлик таъминоти тизимларида дунёда умумий ишлаб чиқариладиган электр энергиянинг 20 фоизга яқини истеъмол қилинади. Мева-сабзавот омборларининг совутиш тизимларида қўлланиладиган буғ-компрессорли совутиш қурилмаларида 2,5-3,5 кВт совуқлик қувватини олиш учун 1 кВт электр энергияси сарфланади. Шу сабабли, мева-сабзавот омборларининг совуқлик таъминоти тизимларида ташқи ҳавонинг қайта тикланадиган табиий совуқлигини аккумуляциялаш ва энергия тежайдиган совутиш усулларидан фойдаланишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Жаҳонда совутиш қурилмаларини такомиллаштириш, бино ва иншоотларнинг иссиқлик-совуқлик таъминоти тизимларининг энергия самарадорлигини ошириш, қайта тикланадиган энергия манбаларидан фойдаланиш асосида совутиш тизимининг энергия сарфини камайтириш усулларини ишлаб чиқиш бўйича илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда.[1]

Назарий тадқиқотлар. Ушбу йўналишда, жумладан, табиий совуқликдан фойдаланиш асосида мева-сабзавот омборларининг ҳарорат-намлик режимини мақбул даражада таъминлаш, қайта тикланадиган табиий совуқликни аккумуляция қилиш ва нобарқарор ҳарорат режимида табиий совуқликдан фойдаланиш тизимини самарадорлигини ошириш бўйича тадқиқотлар устувор ҳисобланади. Шу билан бирга ҳудуднинг табиий совуқлик манбаларидан фойдаланиш асосида ер ости мева-сабзавот омборларининг совуқлик аккумуляторли энергия самарадор совутиш тизимларини ишлаб чиқиш долзарб вазифалардан ҳисобланади. Республикада Қашқадарё жанубий вилоят ҳисобланади. Олиб борилган илмий тадқиқот натижалари ва адабиётлар таҳлили шуни кўрсатадики вилоятда қуйидаги совуқлик манбалари учрайди.

1-жадвал.

Паст потенциалли қайта тикланадиган табиий совуқлик манбаларининг иссиқлик-техник параметрлари(Қашқадарё вилояти).

| № | Паст потенциалли табиий совуқлик манбалари | Манбанинг ҳарорат даражаси |
|---|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| 1 | Ташқи ҳаво табиий совуқлиги | -10.....+5 ⁰ С (Қишда) |
| 2 | Ер ости сувлари(артезина сувлари) | +7 ÷ +12 ⁰ С |
| 3 | Тоғ дарёларнинг сувлари (Оқсув, Танҳоз, Қизилсув ва бошқалар) | +7 ÷ +12 ⁰ С |
| 4 | Табиий муз совуқлиги | t≤0 ⁰ С |



2-жадвал.

Турли совуқлик манбаларининг қиёсий кўрсаткичлари.

| № | Табиий совуқлик манбалари | Зичлик, кг/м ³ | Солиштирма иссиқлик сиғими | Совуқлик сиғими Q(1м ³) | |
|---|------------------------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| | | | | кЖ/м ³ | кВт*соат/м ³ |
| 1 | Ер ости совуқ сувлари | 1000 | 4,2 | 25200 | 7,0 |
| 2 | Ташқи ҳаво (t=0 ⁰ C да) | 1,29 | 1,05 | 7,74 | 0,00215 |
| 3 | Нам тупроқ (қумоқ) | 1700÷2000 | 2,0÷2,35 | 28200 | 7,83 |
| 4 | Музли сув(t≤0 ⁰ C) | 917÷920 | 2,09÷2,10 | 306820 | 85,2 |

Юқорида келтирилган маълумотлардан кўриниб турибдики Қашқадарё вилоятида паст потенциалли қайта тикланадиган табиий совуқлик манбалари мавжуд ва улардан совуқлик таъминоти тизимида фойдаланиш самарали натижалар беради.

Қашқадарё вилоятининг иқлими кескин континентал, ёзда об-ҳаво ҳарорати кўтарилиб, қишда ташқи ҳаво ҳарорати пасайиб кетади. Шу сабабли 2020-2022 йиллар кесимида сақлаш мавсуми(6 ой) давомида ҳаво ҳарорати 0÷+5 ва -5÷0 тенг бўлган кунлар NASA тизими маълумотлари асосида таҳлил қилинди. Таҳлил давомида манфий ҳароратли кунлар сони ва совуқлик индекси йиллар кесимида аниқланди. Натижалар жадвал кўринишда келтирилди.[2]

3-жадвал.

Мева-сабзавотларни сақлаш даврида ойлар бўйича манфий t≤0⁰C ҳароратли суткалар сони (Қарши ш).

| № | Йиллар | Ойлар | | | | | Манфий ҳароратли суткалар сони |
|---|--------|-------------|--------|-------|--------|------|--------------------------------|
| | | Ноябр | Декабр | Январ | Феврал | Март | |
| 1 | 2020 | 17 | 28 | 24 | 13 | 6 | 88 |
| 2 | 2021 | 15 | 9 | 14 | 12 | - | 50 |
| 3 | 2022 | 10 | 14 | 20 | 16 | 2 | 62 |
| | | 42 | 51 | 58 | 41 | 8 | 200 |
| | | жами | | | | | |

4-жадвал.

Ташқи ҳаво ҳарорати 0 ÷ +5⁰C бўлган суткалар сони.

| № | Йиллар | Ойлар | | | | | 0 ÷ +5 ⁰ C ҳароратли суткалар сони |
|---|--------|-------------|--------|-------|--------|------|-----------------------------------------------|
| | | Ноябр | Декабр | Январ | Феврал | Март | |
| 1 | 2020 | 4 | 3 | 7 | 13 | 7 | 34 |
| 2 | 2021 | 11 | 15 | 14 | 14 | 15 | 69 |
| 3 | 2022 | 18 | 14 | 11 | 7 | 5 | 55 |
| | | 33 | 32 | 32 | 34 | 27 | 158 |
| | | жами | | | | | |

Ўтказилган таҳлиллардан кўриниб турибдики паст ҳароратли суткалар сони умумий ҳисобда йиллар кесимида 88 кунни ташкил этади. Паст ҳароратли суткалар сони, сақлаш даври(6 ой)ни деярли 50% ни қоплайди. Демак сақлаш даври давоми(3 ой)да ташқи ҳаво табиий совуқлигидан сақлаш омборларида бирламчи совуқлик манбаи сифатида фойдаланиш мумкин [3].

Одатдаги мева-сабзавот сақлаш омборлари ер устида қурилган. Аксарият ташқи ҳаво ҳарорати кескин пасайиб кетганда, сақлаш омборини нафақат совутиш балки, иситишга эҳтиёж туғилади. Мазкур муаммони ечимига қаратилган ер ости мева сабзавот омборларида

ташқи ҳаво табиий совуқлиги асосидаги энергия тежамкор тупроқ ости совуқлик аккумулятори таклиф этилмоқда.

Бугунги кунда таклиф этилаётган қурилмани сақлаш бино-иншоотларида қўллаш мақсадида дастлаб назарий тадқиқотлар, математик моделлаштириш амалга оширилди. Қуйида назарий тадқиқотлар натижасида олинган натижалар келтирилган.

Асосий қисм. Қувурли иссиқлик алмаштиргичли ташқи ҳаво табиий совуқлигини аккумуляциялаш тизимлари кўриб чиқилган. ТСТАли иссиқлик алмашинув каналлари 1-расмда кўрсатилганидек жойлаштирилганда, бошланғич ҳароратга эга бўлган муҳит билан ярим чегараланган жисмнинг иссиқлик алмашинувини ҳисоблаш учун учинчи тур чегара шартларида А. В. Лыков ечимидан фойдаланиш мумкин. Ички юзадаги текис девор билан чегараланган тупроқ массивидаги ҳарорат майдонининг математик модели, яъни ташқи ҳаво билан совутишда иссиқлик алмашинуви қуйидаги дифференциал тенглама билан ифодаланади:

$$\frac{dt(x, \tau)}{d\tau} = a \frac{d^2 t(x, \tau)}{dx^2}; \quad \tau > 0; \quad 0 < \tau < \infty; \quad (1)$$

$$\text{бошланғич шартлар } \tau = 0, \quad t(x, 0) = t_0 = const, \quad (2)$$

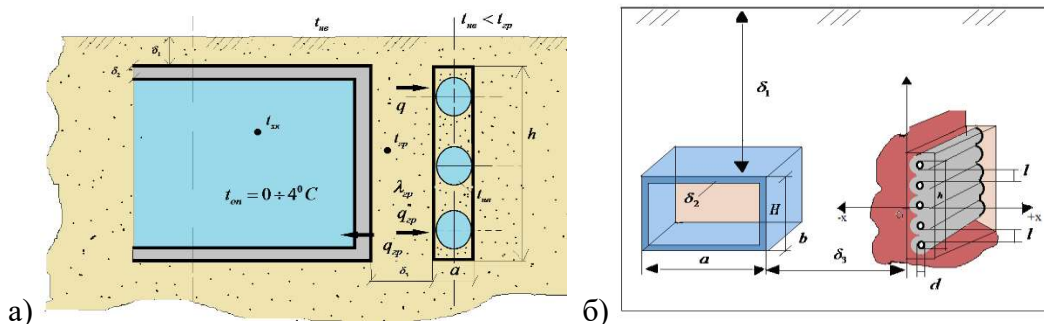
$$\text{чегара шартлари } x=0, \quad \lambda \frac{dt(0, \tau)}{dx} + \alpha [t_c - t(0, \tau)] = 0 \quad (3)$$

$$x \rightarrow \infty, \quad t(\infty, \tau) = t_0, \quad \frac{dt(\infty, \tau)}{dx} = 0. \quad (4)$$

Мақолада ТСТАнинг икки иш режимида ностационар иссиқлик алмашинув жараёнлари кўриб чиқилди [4].

1. ТСТА ишлаганда тупроқ массивини совутиш (Табиий совуқликни аккумуляциялаш режими).

1-расмда келтирилган иссиқлик алмашинуви схемасига мувофиқ қувурлар орасида жойлашган тупроқ массивининг совуқликни аккумуляциялаш имкониятларини эътиборсиз қолдириб, асосий совуқлик захиралари ТСТАнинг ўнг ва чап томонидаги тупроқ массивида бўлади деб ҳисобласак, (симметрик масала) у ҳолда ҳисоб схемасини ташқи ҳаво ўлчами $a \times h$ ёриқ шаклидаги канал бўйлаб ҳаракатланганда содир бўладиган учинчи тур чегара шартларида ярим чегараланган тупроқ массиви ва ҳаво ўртасидаги иссиқлик алмашинуви сифатида қараш мумкин [5].



1-расм. Тупроқ массивини совутишда иссиқлик алмашинувининг ҳисоб схемаси.

Ер ости каналини ташқи ҳаво билан шамоллатиш орқали текис девор атропофидаги тупроқ массивини совутиш учун, ҳарорат $t_{mx} < t_{myn}$ бўлганда (1)-(3) тенгламалар ечими ўлчамсиз ҳарорат функцияси шаклида қуйидаги кўринишда бўлади:

$$\theta = \frac{t(x, \tau) - t_{mx}}{t_{myn} - t_{mx}} = erf\left(\frac{x}{2\sqrt{a\tau}}\right) + e^{hx+h^2a\tau} erfc\left(\frac{x}{2\sqrt{a\tau}} + h\sqrt{a\tau}\right) \quad (5)$$



бу ерда, t_{mx} - ташқи ҳаво ҳарорати, $^{\circ}\text{C}$; t_{myn} - тупроқ массивининг ҳарорати, $^{\circ}\text{C}$; $a = \frac{\lambda}{c_p \cdot \rho}$ - тупроқнинг ҳарорат ўтказувчанлик коэффициентини, $\text{м}^2/\text{с}$; λ - тупроқнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; C_p - тупроқнинг иссиқлик сифими, $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$; ρ - тупроқ зичлиги, $\text{кг}/\text{м}^3$; τ - вақт, сек; $h = \frac{a_x}{\lambda_{myn}}$ - нисбий иссиқлик алмашилиш коэффициенти.

Канал юзаси F_k бўлганда, унинг барча ички сиртида аккумуляцияланган совуқлик миқдори қуйидагича бўлади [6].

$$Q_c = \frac{2\sqrt{\lambda_{myn} \cdot \delta_{myn} \cdot c_{myn}}}{\sqrt{\pi}} \cdot F_k (t_{myn} - t_x) \cdot \sqrt{\tau}. \quad (6)$$

2. Кондуктив иссиқлик алмашинувида тупроқни совутиш(ТСТА зарядсизланиш режими).

Табиий совуқликни аккумуляциялашнинг актив режими ТСТАнинг ички сирти ҳарорати ташқи ҳаво ҳароратидан юқори бўлиши $t_{uc} > t_{mx}$ шарти билан амалга оширилиши мумкин. Шундай қилиб, иссиқлик алмашинуви қонунига асосан совуқликни аккумуляциялаш режими $t_{mx} \geq t_{uc}$ бўлганда тўхтайди. Яъни иссиқ мавсумда тупроқ массивида кондуктив иссиқлик алмашинуви натижасида аккумулятор ўз-ўзидан зарядсизланади.

ТСТАли ер ости каналларига иссиқлик кирмаган ҳолда, кейинги ҳарорат ўзгариши унинг иссиқлик ўтказувчанлиги ҳисобига тупроқ массивида совуқликнинг тарқалиши орқали амалга оширилади. Шу билан бирга, совуқлик захираларидан актив фойдаланишни бошлашдан олдин, кондуктив иссиқлик алмашинуви ҳисобига тупроқнинг иссиқлик ўтказувчанлиги туфайли тупроқ массиви ҳароратини ўзгариш қонунларини билиш муҳим. Ушбу масалани ҳал қилиш учун қувурли тупроқ иссиқлик алмаштиргич ички сиртида иссиқлик оқими нолга тенг деб тахмин қилиш мумкин, яъни,

$$x=0, \text{ да} \quad -\lambda_{myn} \frac{dt(x, \tau)}{dx} = 0, \quad (7)$$

Масалани ечимини соддалаштириш учун табиий совуқликни аккумуляциялаш режими тугаганидан кейин ТСТАли каналнинг девори яқинидаги тупроқ ҳароратини ўзгариш эгри чизикларини экспоненциал функциялар апроксимация қилади, яъни

$$t(x, \tau) = t_{0-cupm} \cdot e^{-n \cdot x} \quad (8)$$

Агар тупроқ массивида симметрик ҳарорат тақсимоти мавжуд бўлса, у ҳолда тупроқ ҳароратининг ўзгариши ушбу ифода орқали аниқланади:

$$t(x, \tau) = \begin{cases} t_{0-cupm} | e^{-nx} & x > 0 \text{ да} \\ t_{0-cupm} | e^{+nx} & x < 0 \text{ да} \end{cases} \quad (9)$$

бу ерда n - экспонента кўрсаткичи; t_{0-cupm} - ТСТА девори ички сиртини ҳарорати.

Агар иншоот атрофидаги тупроқ массиви чексизликка чўзилади ва чегарадаги (ички юзадаги) шарт (7) га мос келади деб тахмин қилсак, унда ушбу масаланинг математик ифодаси қуйидагича бўлади:

- иссиқлик ўтказувчанликнинг дифференциал тенгламаси

$$\frac{dF(x, \tau)}{d\tau} = a \frac{d^2 F(x, \tau)}{dx^2} \quad (10)$$

- бошланғич шarti $\tau=0$ $F(0, x) = e^{-nx}$ (11)

- чегара шarti $x=0; -\lambda_{myn} \frac{dF(x, \tau)}{dx} = 0$ (12)

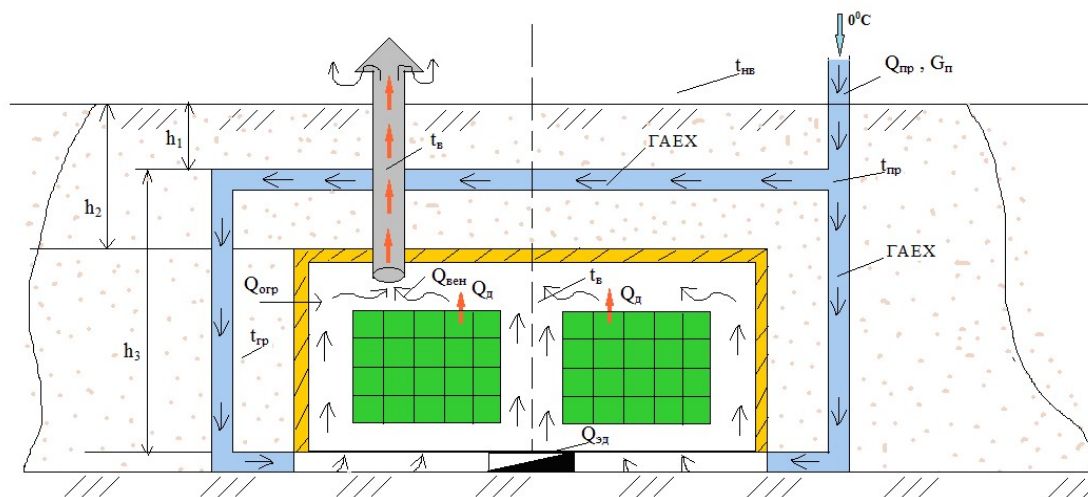
бу ерда $F(x, \tau) = \frac{t(x, \tau)}{t_{0.cupm}} = \theta(x, \tau)$ - тупроқ массивининг ўлчамсиз ҳарорати; $t(x, \tau)$ - аниқланадиган ҳарорат функцияси.

Масала юқоридаги шартлар бўйича қўйилганда ҳарорат функцияси $\theta(x, \tau)$ учун ечим куйидаги кўринишда бўлади:

$$\theta(x, \tau) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} e^{-q^2 a \tau} \cos(qx) \frac{n}{n^2 + q^2} dq = \exp(n^2 a \tau) \operatorname{erfc}(n \sqrt{a \tau}) \quad (13)$$

Шундай қилиб, (13) тенглама тупроқ совуқлик аккумуляторидаги иссиқлик алмашинувида ҳарорат функциясининг қийматларини топиш имконини беради. Олинган тенгламалар исталган вақтда, тупроқ иссиқлик алмаштиргич канали сиртидан исталган масофадаги тупроқ ҳароратини аниқлаш имконини беради.

ТСТАли ер ости мева-сабзавот омборининг ҳарорат режимини совуқ ҳавонинг сарфи ва ҳароратига боғлиқлигини тадқиқот қилиш мақсадида мева-сабзавот омбори иссиқлик балансининг математик модели ишлаб чиқилган бўлиб, ушбу модел ер ости совутиш камерасининг энергия тежайдиган ҳарорат режимини таъминлаш учун зарур бўлган табиий совуқлик миқдорини аниқлаш ва ТСТА билан уйғунлашган актив вентиляция тизимларининг иш режимини таҳлил қилиш имконини беради. 2-расмда ТСТАли ер ости мева-сабзавот омбори иссиқлик балансининг ҳисоб схемаси келтирилган.



2-расм. ТСТАли мева-сабзавот омбори иссиқлик балансининг ҳисоб схемаси.

Табиий совуқ ҳаво билан актив шамоллатиш тизимли ер ости совутиш камерасининг иссиқлик баланси тенграмасини ҳисоб схемасига мувофиқ куйидаги дифференциал тенглама кўринишида тузилди:

$$\rho \cdot V_x \cdot c_{px} \cdot \frac{dt_x(\tau)}{d\tau} = Q_c + Q_{веш} - Q_{оеш} - Q_{од} - Q_{max} , \quad (14)$$



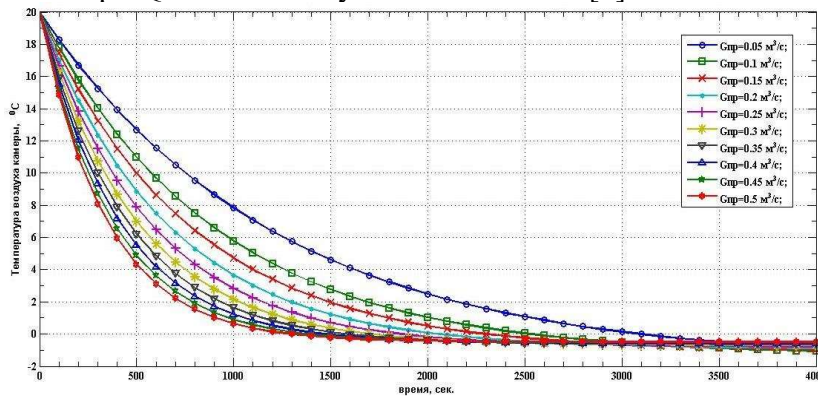
бу ерда Q_c - ташки ҳаво орқали киритилган табиий совуқлик (энергия) миқдори, Вт, $Q_{вен}$ - вентиляция орқали чиқарилган иссиқлик, Вт, $Q_{дев}$ - мева-сабзавот омбори деворлари орқали кирадиган иссиқлик оқими, Вт, $Q_{эд}$ - электродвигатель ишлагандаги иссиқлик оқими, Вт, Q_{max} - маҳсулотнинг нафас олиш иссиқлиги, Вт.

Қуйидаги бошланғич шартни тузамиз $\tau = 0, t_x(\tau) = t_x(0)$.

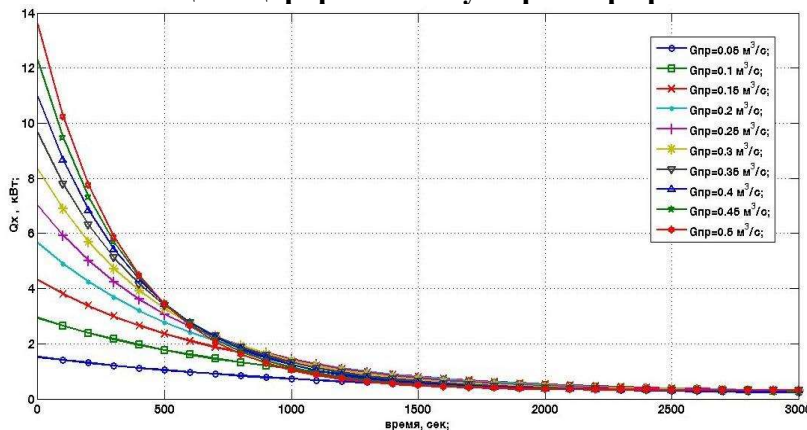
Бошланғич шартларни ҳисобга олган ҳолда, Эйлер усули ёрдамида ТСТАли мева-сабзавот омборининг иссиқлик баланси тенгламасининг ечими қуйидаги кўринишда олинди:

$$t_x(\tau) = \frac{t_x(0) \cdot \frac{G_{mx} \cdot \rho_x \cdot c_{px} \cdot t_{mx} + G_x \cdot \rho_x \cdot c_{px} \cdot t_x + k \cdot F_{дев} \cdot t_{мын} - N_{эд} \cdot n - q_0 \cdot m_u \cdot e^{bt_x}}{G_{mx} \cdot \rho_x \cdot c_{px} + G_x \cdot \rho_x \cdot c_{px} + k \cdot F_{дев}} \cdot \left[1 - \exp\left(\frac{G_{mx} \cdot \rho_x \cdot c_{px} + G_x \cdot \rho_x \cdot c_{px} + k \cdot F_{дев}}{\rho_x \cdot V_x \cdot c_{px}} \tau\right) \right]}{\exp\left(\frac{G_{mx} \cdot \rho_x \cdot c_{px} + G_x \cdot \rho_x \cdot c_{px} + k \cdot F_{дев}}{\rho_x \cdot V_x \cdot c_{px}} \tau\right)} \quad (15)$$

Демак, ТСТАли ер ости мева-сабзавот омбори иссиқлик балансининг умумий ечими (15) тенглама кўринишида бўлади. ТСТАли ер ости мева-сабзавот омборининг иссиқлик баланси математик моделлаштириш асосида ўтказилган ҳисоб-тадқиқотлари MATLAB/SIMULINK дастури асосида амалга оширилди. Ҳисоб-тадқиқот натижалари 3 ва 4-расмларда келтирилган. Моделлаштириш асосида ташки ҳаво ҳарорати -3°C бўлганда сифими 30 тонна бўлган мева-сабзавот омборининг оптимал ҳарорат режими $0 \div +4^{\circ}\text{C}$ ни таъминлаш учун зарур бўлган табиий совуқлик миқдори $Q=14-16$ кВт бўлиши аниқланди. [7]



3-расм. Совуқ ҳаво сарфига ва вақтга боғлиқ ҳолда ТСТАли ер ости совутиш камераси ички ҳаво ҳароратининг ўзгариш графиги.



4-расм. Совуқ ҳаво сарфи ва вақтга боғлиқ ҳолда табиий совуқлик қувватини ўзгариш графиги.

Ўтказилган назарий тадқиқотлар таҳлили шуни кўрсатадики, совутиш ҳавосини сарфи $G_{тх}=0,05$ м³/сек ва совутиш давомийлиги эса 3000 сек (50 мин.) бўлган ҳолда $t_{тх}=0^{\circ}\text{C}$ ҳароратли совуқ ҳаво билан таъминланганда мева-сабзавот омборидаги ҳаво ҳарорати дастлабки $t_x=20^{\circ}\text{C}$





дан аста-секин $+1^{\circ}\text{C}$ гача пасаяди (қишки нав олма учун оптимал сақлаш ҳароратигача). Совутиш ҳавосининг сарфи $G_{\text{тх}}=0,05$ дан $G_{\text{тх}}=0,5$ $\text{м}^3/\text{с}$ гача ортиши билан совутиш давомийлиги 3 марта камаяди, яъни 1000 секундга тенглашади. Шу билан бирга, мева-сабзавот омбори ичида керакли ҳарорат режимини сақлаш учун сизими 30 тонналик омбор учун 10-14 кВт қувватга эга табиий совуқлик керак бўлади.[7]

Хулоса.

1. Табиий совуқликни аккумуляциялаш режимида ер ости мева-сабзавот омборининг тупроқ массивини совутилишида ностационар иссиқлик алмашинувининг математик модели ишлаб чиқилган. Ностационар совутиш режимида тупроқ ҳарорат майдонини моделлаштириш асосида омбор деворидан кирадиган иссиқлик оқимини ҳисобга олган ҳолда ярим чегаранланган тупроқ массивининг ҳарорат ўзгаришини ҳисоблаш учун тенглама олинган.

2. Тупроқ массиви билан совутувчи ҳаво ўртасидаги ностационар иссиқлик алмашинувини математик моделлаштириш асосида биринчи ва иккинчи турдаги чегаравий шартларда тупроқда ҳарорат тақсимланишини аниқлайдиган тенгламалар олинди.

3. Совутиш камераси ҳавоси ва тупроқ массиви орасидаги иссиқлик алмашинувининг физик шароитлари ва ностационар ҳарорат режимини ҳисобга олиб, совуқ ҳаво сарфи ва совутиш давомийлигига боғлиқ равишда ички ҳаво ҳароратининг ўзгаришини аниқлаш имконини берадиган табиий совуқлик аккумуляторли ер ости мева-сабзавот омбори иссиқлик балансининг математик модели ишлаб чиқилган.

Фойдаланилган адабиётлар рўйхати

1. Зейгарник Ю. А., Попель О. С., Низовский В.Л., Низовский Л.В. Сезонного аккумулярование природного холода// Ползуновский вестник № 4 2012. С.-190-195.
2. Узаков Г.Н. Способы повышения энергоэффективности систем теплохладоснабжения плодоовощехранилищ с использованием нетради-ционных источников энергии. Автореф.дисс.д.т.н. – Ташкент: 2016. 82 с.
3. <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/power.larc.nasa.gov>.
4. Лыков А.В. Тепломассообмен. М.: Энергия. 1972-560 с.
5. Узаков Г.Н., Яхшибоев Ш.К. Научные основы аккумулярования естественного холода в подземных плодоовощехранилищах/ Монография. – Карши: “Интеллект” 2021. 124 с.
6. Узаков Г.Н., Яхшибоев Ш.К., Вардияшвили А.А. Математическое моделирование процессов теплообмена при аккумуляровании естественного холода в грунтовом массиве// Научно-технический журнал ФерПИ.-Фергана, 2021.- Том 25.№ 5. С. 118-122.
7. Узаков Г.Н., Яхшибоев Ш.К. Математическая модель теплового баланса подземного плодоовощехранилища с грунтовым аккумулятором естественного холода// Проблемы энерго-и ресурсосбережения. -Ташкент, 2021.- № 3. С. 153-163.

