

УДК 004.75

Лахно Валерій Анатолійович,

д.т.н., професор, завідувач кафедри комп'ютерних систем і мереж, Національний університет біоресурсів і природокористування України

valss21@ukr.net

Осипова Тетяна Юрїївна,

к.пед.н., доцент кафедри комп'ютерних систем і мереж, Національний університет біоресурсів і природокористування України

t_osipova@ukr.net

Матус Юрій Володимирович,

старший викладач кафедри комп'ютерних систем і мереж, Національний університет біоресурсів і природокористування України

umatus@ukr.net

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗЕРНОВОЇ МАСИ ЩО ЗБЕРІГАЄТЬСЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ЕЛЕВАТОРАМИ

***Анотація.** Автоматизовані системи управління технологічними процесами, на сучасних елеваторах, зерносховищах, комбікормових заводах, перевантажувальних комплексах та інших підприємствах, що виконують переробку і зберігання зерна, забезпечують контроль і підтримку в заданих межах параметрів збереження зерна, а також управління поточно-транспортними системами.*

Впровадження ЕОМ в систему управління таким складним об'єктом як елеватор, вимагає від розробника розробки нових, або удосконалення існуючих алгоритмів керування об'єктом. У процесі реалізації такої задачі вирішуються різноманітні оптимізаційні завдання. У статті використано поняття ситуації (S) в момент часу (t) і позначено як $S(t)$. Завдання системи управління полягає в тому, щоб на підставі знання про $S(t)$ і деяких додаткових знань про об'єкт видати, з якомога меншим запізненням, керуючі впливи на об'єкт. Показано, що підхід, пов'язаний з введенням в пам'ять ЕОМ таблиці рішень, є неефективним. У справжніх умовах застосування математичних моделей для вибору раціональних параметрів автоматизованої системи управління температурними режимами елеватора (АСУ ТРЕ), дозволяє отримати рішення, ефективно за широтою обліку факторів впливу, часу виконання і витраті коштів. При математичному моделюванні АСУ ТРЕ розглядається як складний комплекс різнорідних елементів. Будь-яка зміна будь-якого параметра або елемента установки в тій чи іншій мірі впливає на характеристики елеватора. У статті запропоновано загальний вигляд системи балансових рівнянь для АСУ ТРЕ та опис системою рівнянь процесу теплообміну в пористій структурі.

***Ключові слова:** об'єкт управління, автоматизована система управління температурними режимами елеватора (АСУ ТРЕ), математичне моделювання АСУ ТРЕ, алгоритм розрахунку тепловіддачі зернової маси.*

Автоматизовані системи управління технологічними процесами, на сучасних елеваторах, зерносховищах, комбікормових заводах, перевантажувальних комплексах та інших підприємствах, що виконують переробку і зберігання зерна, забезпечують контроль і підтримку в заданих межах параметрів збереження зерна, а також управління поточно-транспортними системами.

Для встановлення якісних і кількісних можливостей системи автоматизованого регулювання параметрів повітря в силососховищах елеватора і раціонального використання теплової енергії від різних джерел, необхідно мати уявлення про процеси теплового і масообміну, що відбуваються в приміщенні силососховища.

На елеваторах найбільш поширеним методом сушіння зерна є технологія, при якій проводиться повітряно-теплове сушіння зразка матеріалу до досягнення рівноваги з навколишнім середовищем. Ця рівновага умовно вважається рівноцінною повному видаленню вологи. На практиці застосовується висушування до постійної ваги. Частіше застосовують так звані прискорені методи сушіння. В цьому випадку сушіння закінчують, якщо два послідовних зважування досліджуваного зразка дають однакові або дуже близькі результати. Так як швидкість сушіння поступово зменшується, передбачається, що при цьому видаляється майже вся волога, що міститься в зразку. Тривалість визначення цим

методом становить зазвичай від кількох годин до доби і більше. У прискорених методах, сушіння ведеться протягом певного, значно більш короткого проміжку часу, при підвищеній температурі (наприклад, стандартний метод визначення вологості зерна сушінням розмеленої наважки при + 130 ° С протягом 40 хв). В останні роки для прискореного сушіння зерна стали застосовувати інфрачервоні промені.

Впровадження ЕОМ в систему управління таким складним об'єктом як елеватор, вимагає від розробника: по-перше, наповнення її програмами, пов'язаними з технологією управління, узгодження її динамічних характеристик з динамікою роботи реального об'єкта і, нарешті, узгодження фізичної форми сигналів, що надходять від об'єкта на ЕОМ і видаються з ЕОМ на об'єкт.

Якщо алгоритм управління носить жорсткий характер, досить простий і повністю відомий замовнику, і розробнику, то вельми легко запрограмувати роботу ЕОМ, заклавши в її пам'ять, наприклад, автоматну таблицю з урахуванням кодування входів і виходів, пов'язаних з об'єктом управління. Кодування внутрішніх станів при цьому може бути довільним.

Якщо ж алгоритм керування не носить жорсткого характеру і в процесі прийняття рішення про видачу сигналів на об'єкт управління вирішуються різні оптимізаційні завдання. Якщо, нарешті, на першому етапі експериментальної перевірки системи управління відбувається накопичення нової інформації про об'єкт, раніше невідомої замовнику або розробнику, то застосування ЕОМ стає виправданим.

Нехай в деякий дискретний момент часу (так як ЕОМ працює в дискретному часі, то має сенс розглядати роботу всієї системи управління також в дискретному часі) на вхід системи управління надходить набір сигналів, що характеризується вектором $\langle \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m, r_1, r_2, \dots, r_q \rangle$.

Будемо називати цей набір ситуацією в момент часу t і позначимо її як $S(t)$. Як моментальний фотографічний знімок $S(t)$ містить всю інформацію про об'єкт управління, яку можна зібрати в цей момент часу. Завдання системи управління полягає в тому, щоб на підставі знання про $S(t)$ і деяких додаткових знань про об'єкт видати, з якомога меншим запізненням, керуючі впливи на об'єкт, що утворюють вектор $\langle u_1, u_2, \dots, u_l \rangle$. Цей вектор ми будемо називати розв'язком у момент часу t і позначати як $U(t)$. Формально, завдання управління полягає в тому, щоб при появі на вході ЕОМ ситуації $S(t)$ ЕОМ видавала на виході деякий розв'язок $U(t)$, який буде технологічно допустимим, а при наявності декількох допустимих рішень, видавала найкраще рішення з точки зору деякого критерію управління Φ . Якщо при заданому Φ вибір $U(t)$ по $S(t)$ однозначний і процес цього вибору відомий розробнику, то залишається тільки запрограмувати цей процес і вкласти його в пам'ять ЕОМ.

Описаний підхід потребує, щоб до пам'яті ЕОМ була внесена таблиця, в лівій частині якої перераховані всі $S(t)$, допустимі технологією функціонування об'єкта, а в правій - множина рішень, яка технологічно допустима у даній ситуації і з якої потім необхідно обрати найкраще з точки зору критерію управління Φ . Але, на жаль, для скільки-небудь реального об'єкта управління розміри цієї таблиці будуть астрономічно великими. Підрахуємо, наприклад, число можливих ситуацій, які можуть виникнути на перетині. Мабуть для більшості реальних об'єктів, для яких необхідно будувати системи управління, справедливе виконання нерівності $|S(t)| \geq |U(t)|$.

Мета роботи: запропонувати підхід, пов'язаний з введенням в пам'ять ЕОМ таблиці рішень. Знайти інший підхід до вирішення проблеми, що виникла. Цей інший підхід пов'язаний з введенням в пам'ять ЕОМ двох моделей: моделі об'єкта управління і моделі прийняття рішення з управління.

Постановка задачі.

На рис. 1 показана схема взаємодії цих моделей. Модель об'єкта в пам'яті ЕОМ на етапі обчислення вихідних значень за результатами, отриманими з моделі прийняття рішень,

повинна імітувати реальну поведінку об'єкта, передбачаючи значення виходів цього об'єкта, які одержуються в результаті впливу на об'єкт від системи управління. Ці передбачені значення виходів об'єкта, що утворюють вектор $\langle \beta_1(t+1), \beta_2(t+1), \dots, \beta_m(t+1) \rangle$, подаються на модель прийняття рішення і одночасно на блок корекції. Блок корекції порівнює прогноз, одержуваний від моделі об'єкта, з реальними значеннями виходу об'єкта, які з'являться в результаті деяких керуючих дій на об'єкт управління. Інформація про неузгодженість прогнозу і реальності передається в модель прийняття рішень. Ця інформація утворює вектор $\langle w_1, w_2, \dots, w_n \rangle$. За необхідності модель прийняття рішень здійснює коригування моделі об'єкта. Відповідний вектор позначено на рис. 1 як $\langle v_1, v_2, \dots, v_s \rangle$. Коригувальний блок в цій структурі не потрібен тільки тоді, коли модель об'єкта апріорно повна.

До останнього часу фахівці в області автоматичного управління намагалися описати об'єкти управління у вигляді тих класичних моделей, які були відомі вже давно. Ці моделі описують функціонування об'єкта або системою алгебраїчних рівнянь, або трансцендентними рівняннями, або звичайними диференціальними рівняннями, або, нарешті, комбінацією рівнянь зазначених типів. Інші типи аналітичних моделей (інтегральні, інтегрально-диференціальні і всякі інші види рівнянь) зустрічаються в теорії автоматичного управління набагато рідше.

При побудові статистичної моделі об'єкта можливі наступні труднощі, пов'язані з її реалізацією. По-перше, побудова моделі статистичними методами вимагає збору представницького статистичного матеріалу на реально функціонуючому об'єкті. Це можливо далеко не завжди. Розробник може отримати завдання на проектування системи управління об'єктом, якого ще просто не існує. В цьому випадку статистичному матеріалу взятися немає звідки. На багатьох об'єктах, які будувалися без розрахунку на сучасний рівень автоматизації, як правило, немає необхідних коштів для збору статистичної інформації. Для багатьох систем характерно нестационарне функціонування, що призводить до неможливості побудови однієї статистичної моделі об'єкта і вимагає побудови сукупності таких моделей і формування моделі зміни моделей. Все це різко обмежує використання методів ідентифікації, що ґрунтуються на регресійному або дисперсійному аналізі. У сучасній теорії ідентифікації існує багато методів, більш досконалих і потужних, ніж той, який ми тільки що розглянули [2]. Але всім цим методам в тій чи іншій мірі притаманні недоліки. Крім того, в будь-яких методах побудови моделей за допомогою теорії ідентифікації присутній елемент апріорного вгадування характеру цієї моделі. Тільки після вдалого вгадування і визначення тим чи іншим способом параметрів моделі можна говорити про вдалу побудову моделі об'єкта управління.

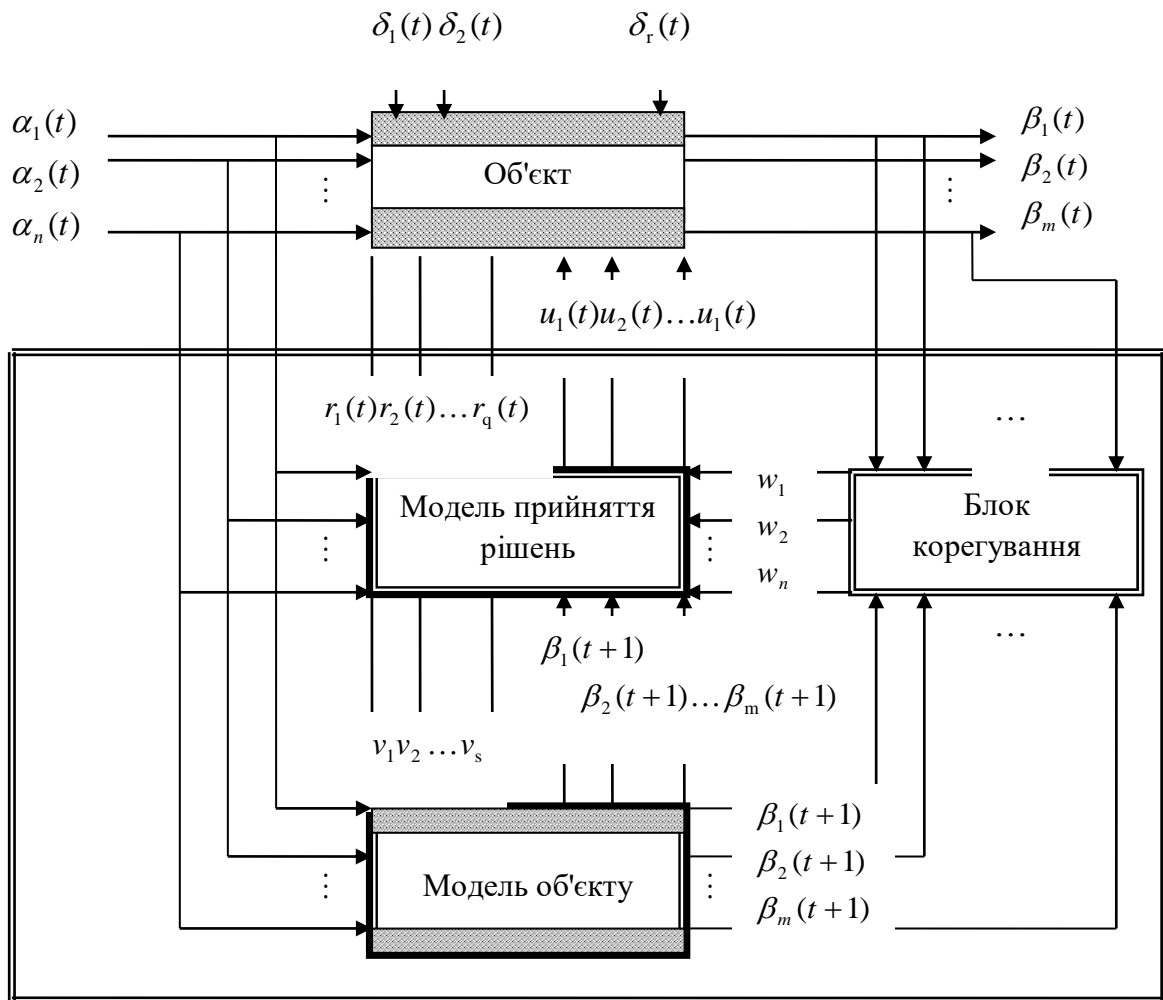


Рис. 1 . Схема взаємодії моделі об'єкта управління і моделі прийняття рішень з управління елеватором

Опис підходу. Обробка первинної інформації параметрів зернової маси, головними з яких є температура і вологість проводиться по сигналу, отриманому з команд ного приладу, наприклад датчика серії GC - ME, див. рис. 2.



Рис. 2. Датчик температури і вологості серії GC - ME

У справжніх умовах застосування математичних моделей для вибору раціональних параметрів автоматизованої системи управління температурними режимами елеватора (АСУ ТРЕ), дозволяє отримати рішення, ефективно за широтою обліку факторів впливу, часу виконання і витраті коштів.

Модель об'єкта в пам'яті ЕОМ на етапі обчислення вихідних значень за результатами, отриманими з моделі прийняття рішень, повинна імітувати реальну поведінку об'єкта, передбачуючи значення виходів цього об'єкта, що одержуються в результаті впливу на об'єкт від системи управління [2].

При математичному моделюванні АСУ ТРЕ розглядається як складний комплекс різномірних елементів. Будь-яка зміна будь-якого параметра або елемента установки в тій чи іншій мірі впливає на характеристики елеватора .

У кожному k -му елементі обладнання АСУ ТРЕ характер і кількісні залежності процесів визначаються законами термодинаміки, гідродинаміки тощо. Залежності між параметрами зв'язків можна однозначно описати системою рівнянь енергетичного, витратного балансів в елементах АСУ ТРЕ , а також рівняннями зміни ентальпії кожного з видів енергоносіїв (повітря, маса збереженого зерна, матеріал стінок силососховища тощо). Система балансів в елементах силососховища встановлює таке співвідношення між термодинамічними і витратними параметрами зв'язків, яке забезпечує отримання заданого навантаження системи регулювання температур повітря з певними конструктивно-компонувальними характеристиками.

Між параметрами і численними технологічними характеристиками окремих елементів АСУ ТРЕ мають місце досить складні залежності різного роду. Встановлення цих залежностей є завданням спільного теплового, гідравлічного, аеродинамічного та міцнісного розрахунків елементів АСУ ТРЕ при їх розробці.

У загальному вигляді систему балансів рівнянь для АСУ ТРЕ можна представити таким чином [3]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^{J_k - N_k} (\gamma \cdot G \cdot I)_j + \sum_{n=1}^{N_k} (\gamma \cdot P)_n = 0; \\ \sum_{j=1}^{J_{k1}} G_j = 0; \\ (p' \pm \Delta p - p'')_{k1} = 0; \\ (I' \pm \Delta I - I'')_{k1} = 0, \end{array} \right. \quad (1)$$

де γ - коефіцієнт, що враховує втрати теплової енергії в навколишнє середовище

G - витрати енергоносія, м³/с;

I - ентальпія енергоносія, Дж/кг;

P - потужність системи, кВт;

p - тиск енергоносія, Па;

I - відповідний енергоносіє.

Процес теплообміну в пористій структурі, якою є збережена маса зерна, описуються наступною системою рівнянь:

$$\begin{cases} c_{pp} G \frac{dT_{cp}}{dx} = \lambda_{efn} \frac{d^2 T_{cp}}{dx^2}; \\ q_u = \alpha_u \Delta T_u; \\ \frac{d^2 T_{cn}}{dx^2} = 0; \end{cases} \quad (2)$$

де T_{cp}, T_{cn} - температура структури, що заповнена вологою (рідиною) і повітрям, відповідно, К;

$\lambda_{efp}, \lambda_{efn}$ - теплопровідність структури, заповненої рідиною і повітрям, відповідно, Вт/мК;

c_{pp}, c_{pn} - теплоємність рідини і повітря, відповідно, Дж/кгК;

q_u - тепловий потік, що йде на випаровування рідини із зернової маси, Вт/м²;

α_u - коефіцієнт тепловіддачі при випаровуванні, Вт/м²К.

Для розв'язуваної задачі прийняті наступні граничні умови:

– на нижній межі зернової маси: $x = 0, q = -\lambda_{efn} \frac{dT_n}{dx}, T_{cn} = T_{c1}$;

– у зоні вентилявання: $x = x_s, T_{cn} = T_k, q_{нжс} = -\lambda_{efp} \frac{dT_p}{dx}$,

де $q_{нжс}$ - тепловий потік на нагрів зернової маси від $T_{жсн}$ і T_k на верхній межі: $x = \delta, T_{сжс} = T_{жс1}$.

Для обраних граничних умов аналітичні рішення системи рівнянь (2) має вигляд:

$$\begin{cases} T_{cp} = T_{жс1} + \frac{q_{нжс}}{\lambda_{efp} f_{жс}} (e^{f_{жс}(\delta-x)} - 1) \\ T_{cn} = T_{c1} - \frac{q}{\lambda_{efn}} x, \end{cases} \quad (3)$$

де $f_{жс} = \frac{G c_{pp}}{\lambda_{efp}}$.

За описаною моделлю складено алгоритм розрахунку тепловіддачі зернової маси, який використовується в якості вхідного параметра АСУ ТРЕ.

Висновки. Таким чином, розроблена математична модель і алгоритм розрахунку процесу випаровування рідини з пористої структури зернової маси, що зберігається в елеваторі або зерноскладі, можуть бути використані для управління параметрами цього процесу в АСУ ТРЕ, а також проведення конструктивних і перевірочних розрахунків систем підтримки температури повітря і вологості в споруджуваних і використовуваних елеваторів, оснащених АСУ.

Список використаних джерел

1. Глушков В.М. Введение в АСУ. Изд. 2-е, исправленное и дополненное. М.:Техника, 1974. – 320 с.

2. Ткаченко А.Н., Кондратенко Г.В. Метафльтрация в линейных динамических системах // Тез. докл. II гор. семинара "Применение выч. техники и математического моделирования в прикладных научных исследованиях", Одесса, 1995.– С. 22-23.
3. Леонтьев А.И. Теория теплообмена. М.: Высш. Школа, 1979. – 495 с.

References

1. Glushkov VM Introduction to ACS. Ed. 2nd, corrected and supplemented. M.: Technology, 1974. - 320 p.
2. Tkachenko AN, Kondratenko GV Metafiltration in linear dynamical systems // Abstracts. doc. II mountains. Seminar "Application of Computational Engineering and Mathematical Modeling in Applied Scientific Research", Odessa, 1995. - P. 22-23.
3. AI Leont'ev. The theory of heat and mass transfer. M. : Higher. School, 1979 - 495 p.

Лахно Валерий Анатольевич,

д.т.н., профессор, профессор, заведующий кафедрой компьютерных систем и сетей, Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины
valss21@ukr.net

Осипова Татьяна Юрьевна,

к.п.н., доцент, доцент кафедры компьютерных систем и сетей, Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины
t_osipova@ukr.net

Матус Юрий Владимирович,

старший преподаватель кафедры компьютерных систем и сетей, Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины
umatus@ukr.net

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ХРАНЯЩЕЙСЯ ЗЕРНОВОЙ МАССЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕВАТОРОМ.

Автоматизированные системы управления технологическими процессами, на современных элеваторах, зернохранилищах, комбикормовых заводах, перегрузочных комплексах и других предприятиях, выполняющих переработку и хранение зерна, обеспечивают контроль и поддержку в заданных пределах параметров хранения зерна, а также управления поточно-транспортными системами.

Внедрение ЭВМ в систему управления таким сложным объектом как элеватор, требует от разработчика разработки новых или усовершенствование существующих алгоритмов управления объектом. В процессе реализации такой задачи решаются различные оптимизационные задачи. В статье использованы понятия ситуации (S) в момент времени (t) и обозначены как $S(t)$. Задача системы управления состоит в том, чтобы на основании знания о $S(t)$ и некоторых дополнительных знаний об объекте выдать, с как можно меньшим опозданием, управляющие воздействия на объект. Показано, что подход, связанный с введением в память ЭВМ таблицы решений, является неэффективным. В настоящих условиях применения математических моделей для выбора рациональных параметров автоматизированной системы управления температурными режимами элеватора (АСУ ТРЭ), позволяет получить решение, эффективное по широте учета факторов влияния, времени выполнения и расходованию средств. При математическом моделировании АСУ ТРЭ рассматривается как сложный комплекс разнородных элементов. Любое изменение любого параметра или элемента установки в той или иной степени влияет на характеристики элеватора. В статье предложен общий вид системы балансовых уравнений для систем ТРЭ и описание системой уравнений процесса теплообмена в пористой структуре.

Ключевые слова: *объект управления, автоматизированная система управления температурными режимами элеватора (АСУ ТРЕ), математическое моделирование АСУ ТРЕ, алгоритм расчета теплоотдачи зерновой массы.*

Valerii Lakhno,

Ph.D., Professor, Head of Computer Systems and Networks Department, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

valss21@ukr.net

Tatyana Osypova,

Ph.D., Associate Professor, Department of Computer Systems and Networks, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

t_osipova@ukr.net

Yurii Matus,

Senior Lecturer, Department of Computer Systems and Networks, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

umatus@ukr.net

MATHEMATICAL MODELING OF GRAIN PARAMETERS WEBSITE FOR AUTOMATED SLEEVE CONTROL SYSTEMS

Automated process control systems at modern elevators, granaries, feed mills, reloading complexes and other enterprises that perform grain processing and storage, provide control and support within specified grain storage parameters, as well as management of flow-transport systems.

The introduction of computers into the management system of such complex object as the elevator requires the developer to develop new or improve existing algorithms for object management. Various optimization problems are solved in the process of realization of this task. The article uses the concept of situation (S) at time (t) and is denoted as $S(t)$. The task of the control system is to, based on knowledge of $S(t)$ and some additional knowledge about the object, to give, as little delay as possible, control effects on the object. It is shown that the approach associated with computer memory entry of the solution table is ineffective. In the present conditions, the use of mathematical models for the choice of rational parameters of the automated system of temperature control of the elevator (ACE TRE), allows to obtain a solution that is effective in the breadth of the factors of influence, lead time and cost. In mathematical modeling, ACS TRE is considered as a complex of heterogeneous elements. Any modification of any parameter or element of the installation in one way or another affects the characteristics of the elevator. The article presents a general view of the system of balance equations for the ACS TRE and a description of the system of equations of the process of heat exchange in a porous structure.

Keywords: *control object, automated system of temperature control of the elevator (ACE TRE), mathematical modeling of ACE TRE, algorithm for calculating the heat transfer of grain mass.*