

DEVELOPMENT OF MECHATRONIC SYSTEMS OF MANAGING MICROCLIMATE OF GREENHOUSES

Atyhanov A.K., Mukatay N., Ospanov A.T.

Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan
nureke_phd@mail.ru

Key words: microclimate of greenhouses, a mathematical model, microclimate parameters

Abstract: The most important stage of technological objects of control algorithms research is to develop an object model that reflects the processes taking place in the facility. Typical solutions for the management objects based on the simplest models, operating parameters of the abstract. Such models, due to the abstract nature of the parameters do not allow a deep study and modify the characteristics of the object. For more in-depth research and synthesis of automatic control systems are of interest model, revealing the physical basis of the object.

ӘОЖ. 631.365.2:631.234

ЖЫЛЫЖАЙ МИКРОКЛИМАТЫНЫҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛІ

Атыханов А.Қ., Муқатай Н., Оспанов А.Т.

Қазақ ұлттық аграрлық университеті Алматы қаласы,
Қазақстан Республикасы, nureke_phd@mail.ru

Кілттік сөздер: жылыжай микроклиматы, математикалық модель, микроклимат параметрлері.

Объектіде болып жатқан процесстерді көрсететін объектінің моделін құрастыру технологиялық объектілерді басқару алгоритімін зерттеудің маңызды кезеңі болып табылады. Объектіні басқарудың типтік шешімдері абстрактілі параметрлерге сүйенген қарапайым модельдерге негізделген. Мұндай модельдер параметрлерінің абстрактілі сипаттамаларына байланысты объектіні тереңірек зерттеуге және сипаттамаларын өзгертуге мүмкіндік бермейді. Автоматты басқару жүйесін тереңірек зерттеу және талдау үшін объект жұмысының физикалық негізін ашатын модель ұсынылады.

1 Жылыжай микроклиматының модельдерінің түрлері

Жылыжай микроклиматының модельдерін негізгі екі түрге жіктейміз:

1. Жылыжайда жүріп жатқан физикалық жылу және масса алмасу процесстері жайлы мәліметтер пайдаланылатын принциналды модель. Процесстер физикалық талдамалары бар дифференциалды тендеулермен сипатталады.

2. Жылыжай микроклиматы «қара жәшік» ретінде қаралып, кіріс және шығыс өлшемдерінің өзара байланысын зерттейтін кибернетикалық модельдер. Бұл модельдердің параметрлері идентификациялау әдісімен тәжірибе жүзінде анықталады.

Қазіргі таңда жылыжай микроклиматының моделіне арналған көптеген зерттеу жұмыстары бар. Барлық модельдер фотосинтез процесіне негізделген.

[1]-де ұсынылған микроклимат моделі жылыжай микроклиматаның моделін құрастыруға негіз болады. Бұл жұмыста үздіксіз уақытта жұмыс істейтін принциналды модель қолданылған.

2 Жылыжай микроклиматының математикалық моделін құрастыру

Модель келесідей жеңілдетілген амалдарға сүйене отырып құрастырылған:

1. Модель жылыжайды қабырғалармен, шатырмен қоршалған ауа аумағы ретінде түсіндіреді. Микроклиматты сипаттайтын айнымалылардың кеңістікте таралуы ескерілмейді.

2. Даму процесі кезіндегі жеміс биомассасының өзгерісі есептелінбейді. Жеміс биомассасы тұрақты мән болып қала береді.

3. Басқарылатын объект тұрақты сыңайлы ретінде қарастырылады.

Жылыжай ішіндегі ауа температурасының өзгерісіне әсер ететін энергияның жылулық теңгерімінің теңдеуі келесідей:

$$\rho \cdot V \cdot C \cdot \frac{dT(t)}{dt} = Q_{\text{кіріс}} - (\sum Q_{\text{қоршау}} + Q_{\text{таза}}) \quad (1)$$

мұндағы ρ – ауа тығыздығы ($\text{кг}/\text{м}^3$);

V – ауа көлемі (м^3);

C – ауаның меншікті жылу сыйымдылығы ($\text{Дж}/\text{град} \cdot \text{кг}$);

$T(t)$ – жылыжай ішіндегі температура (град);

$Q_{\text{кіріс}}$ – қыздыру жүйесінен келетін жылу (Вт);

$\sum Q_{\text{қоршау}}$ – қоршаулар арқылы кететін жылу шығындары (Вт);

$Q_{\text{таза}}$ – Таза ауаны жылытуға кететін жылу шығыны (Вт);

(1) теңдеу мүшелерін жеке-жеке ашып көрсетейік.

Қыздыру жүйесінен келетін жылу:

$$Q_{\text{кіріс}} = G_{\text{жылу}} \cdot C_{\text{жылу}} (T_{\text{бас}} - T_{\text{соңғы}}) \quad (2)$$

мұндағы $G_{\text{жылу}}$ – жылу тасымалдағыш шығыны ($\text{кг}/\text{с}$);

$C_{\text{жылу}}$ – жылу тасымалдағыштың меншікті жылу сыйымдылығы ($\text{Дж}/\text{град} \cdot \text{кг}$);

$T_{\text{бас}}, T_{\text{соңғы}}$ – жылу алмастырғыштың кірісіндегі және шығысындағы температура (град).

Жылыжай қоршаулары арқылы кететін жылу шығындары [3, 47 бет]

$$Q_{\text{қоршау}} = \sum k \cdot F \cdot (T_{\text{ішкі}} - T_{\text{сыртқы}}) \quad (3)$$

мұндағы k – қоршаулар арқылы берілетін жылу коэффициенті ($\text{Дж}/(\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{°C})$);

F – қоршау ауданы (м^2);

$T_{\text{ішкі}}$ – жылыжай ішіндегі ауа температурасы (град);

$T_{\text{сыртқы}}$ – сырттағы ауа температурасы (град);

$T_{\text{ішкі}} - T_{\text{сыртқы}} \square \Delta T$ – ауа температурасының төмендеуі (град);

Таза ауаны жылытуға кететін жылу шығыны [3]:

$$Q_{\text{таза}} = G_{\text{таза}} \cdot C_{\text{ауа}} (T_{\text{ішкі}} - T_{\text{сыртқы}}) \quad (4)$$

мұндағы, $G_{\text{таза}}$ – жылыжайды желдетуге кететін таза ауа шығыны ($\text{кг}/\text{с}$);

$C_{\text{ауа}}$ – ауаның меншікті жылу сыйымдылығы ($\text{Дж}/\text{кг} \cdot \text{град}$);

$T_{\text{ішкі}}$ – жылыжай ішіндегі ауа температурасы (град);

$T_{\text{сыртқы}}$ – сырттағы ауа температурасы (град);

Ашылған (2), (3), (4) теңдеулерді қоя отырып, (1) теңдеуді толық жазамыз:

$$\rho \cdot V \cdot C \cdot \frac{dT(t)}{dt} = G_{\text{жылу}} \cdot C_{\text{жылу}} - \sum (k \cdot F) \cdot (T_{\text{ішкі}} - T_{\text{сыртқы}}) - G_{\text{таза}} \cdot C_{\text{ауа}} (T_{\text{ішкі}} - T_{\text{сыртқы}}) \quad (5)$$

Жылыжай атмосферасындағы судың массалық теңгерім теңдеуі келесідей:

$$\rho \cdot V \cdot \frac{dX(t)}{dt} = G_{\text{таза}} \cdot X_{\text{таза}} - G_{\text{шығ}} \cdot X_{\text{шығ}} + G_{\text{бу}} \quad (6)$$

мұндағы ρ – ауа тығыздығы ($\text{кг}/\text{м}^3$);

V – ауа көлемі (м^3);

$X(t)$ – жылыжай атмосферасының абсолюттік ылғалдылығы ($\text{кг}_{\text{су}}/\text{кг}_{\text{ауа}}$);

$G_{\text{таза}}$ – таза ауа шығыны ($\text{кг}/\text{с}$);

$X_{\text{таза}}$ – таза ауаның абсолютті ылғалдығы ($\text{кг}_{\text{су}}/\text{кг}_{\text{ауа}}$);

$G_{\text{шығ}} - \text{сыртқа шығатын ауа шығыны}$ ($\text{кг}/\text{с}$);

$X_{\text{шығ}} - \text{сыртқа шығатын ауаның абсолюттік ылғалдылығы}$ ($\text{кг}_{\text{су}}/\text{кг}_{\text{ауа}}$);

$G_{\text{бу}}$ – бу шығыны ($\text{кг}/\text{с}$);

Жылыжай атмосферасындағы көмірқышқыл газдың массалық теңгерімінің теңдеуі [2, 81 бет] келесідей анықталады:

$$\rho \cdot V \cdot \frac{dM_{CO_2}(t)}{dt} = G_{таза} \cdot M_{CO_2 таза} - G_{шығыз} \cdot M_{CO_2 шығыз} + oxi(t, m) \quad (7)$$

$M_{CO_2}(t)$ – жылыжай ішіндегі атмосфераның құрамындағы CO_2 –нің абсолюттік мәні $кг_{CO_2}/кг_{ауа}$);

$M_{CO_2 таза}$ – таза атмосфераның құрамындағы CO_2 –нің абсолюттік мәні $кг_{CO_2}/кг_{ауа}$);

$M_{CO_2 шығыз}$ – жылыжайдан шығатын ауаның құрамындағы CO_2 абсолюттік мәні ($кг_{CO_2}/с$);

$oxi(t, m)$ – ауадағы қышқылдану процесі.

Құрастырылған теңдеулерге сүйене отырып температура, ылғылдылық және көмірқышқыл газын мәндерін алу үшін келесі мәндерді дифференциалды теңдеулерден кесіп аламыз.

(5) температура теңдеуін дифференциалды формада жазамыз:

$$\rho \cdot V \cdot C \cdot \frac{dT(t)}{dt} = G_{жылыу} \cdot C_{жылыу}(T_{бас} - T_{соңғы}) - \sum k \cdot F \cdot (T_{ішкі} - T_{сыртқы}) - G_{таза} \cdot C_{ауа}(T_{ішкі} \cdot T_{сыртқы})$$

$$\frac{dT(t)}{dt} = \frac{1}{\rho VC} \left[\begin{array}{l} G_{жылыу} \cdot C_{жылыу}(T_{бас} - T_{соңғы}) - \\ - \sum k \cdot F \cdot (T_{ішкі} \cdot T_{сыртқы}) - G_{таза} \cdot C_{ауа}(T_{ішкі} \cdot T_{сыртқы}) \end{array} \right] \quad (8)$$

Шығатын ауа температурасын жылыжай ішіндегі ауа температурасы ретінде аламыз ($T_{ішкі} = T$). Сонда теңдеу келесі түрге ие болады:

$$\frac{dT(t)}{dt} = \frac{1}{\rho VC} \left[\begin{array}{l} G_{жылыу} \cdot C_{жылыу}(T_{бас} - T_{соңғы}) - \\ - \sum k \cdot F \cdot (T(t) \cdot T_{сыртқы}) - G_{таза} \cdot C_{ауа}(T(t) \cdot T_{сыртқы}) \end{array} \right] \quad (9)$$

Бірінші реттік сызықты біртекті емес дифференциалды теңдеу алдық. Оны келесі түрде көрсетейік:

$$\frac{dT(t)}{dt} + \frac{(\sum k \cdot F + G_{таза} \cdot C_{ауа})}{\rho VC} T(t) = \frac{1}{\rho VC} \left[\begin{array}{l} G_{жылыу} \cdot C_{жылыу}(T_{бас} - T_{соңғы}) + \\ + T_{сыртқы} \sum k \cdot F + G_{таза} \cdot C_{ауа} \end{array} \right] \quad (10)$$

$\mu(t)$ қосымша функциясын анықтап аламыз:

$$\mu(t) = e^{\int \frac{(\sum k \cdot F + G_{таза} \cdot C_{ауа})}{\rho VC} dt}$$

$$\frac{(\sum k \cdot F + G_{таза} \cdot C_{ауа})}{\rho VC} = \text{const деп аламыз.}$$

сонда:

$$\mu(t) = e^{\frac{(\sum k \cdot F + G_{таза} \cdot C_{ауа})}{\rho VC} t} \quad (11)$$

(10) шығыс мәнін (11) мәніне көбейтеміз:

$$\frac{dT(t)}{dt} \cdot \mu(t) + \frac{(\sum k \cdot F + G_{таза} \cdot C_{ауа})}{\rho VC} T(t) \cdot \mu(t) = \frac{1}{\rho VC} \left[\begin{array}{l} G_{жылыу} \cdot C_{жылыу}(T_{бас} - T_{соңғы}) + \\ + T_{сыртқы} (\sum k \cdot F + G_{таза} \cdot C_{ауа}) \end{array} \right] \cdot \mu(t)$$

$$\frac{d(T(t) \cdot \mu(t))}{dt} = \frac{1}{\rho VC} \left[\begin{array}{l} G_{жылыу} \cdot C_{жылыу}(T_{бас} - T_{соңғы}) + \\ + T_{сыртқы} (\sum k \cdot F + G_{таза} \cdot C_{ауа}) \end{array} \right] \cdot \mu(t) \quad (12)$$

(12) теңдеуді интеграциялаймыз:

$$T(t) \cdot \mu(t) = \int \frac{1}{\rho VC} \left[\begin{array}{l} G_{жылыу} \cdot C_{жылыу}(T_{бас} - T_{соңғы}) + \\ + T_{сыртқы} (\sum k \cdot F + G_{таза} \cdot C_{ауа}) \end{array} \right] \cdot \mu(t) dt \quad (13)$$

$\frac{1}{\rho VC} \left[\begin{array}{l} G_{жылыу} \cdot C_{жылыу}(T_{бас} - T_{соңғы}) + \\ + T_{сыртқы} (\sum k \cdot F + G_{таза} \cdot C_{ауа}) \end{array} \right]$ көбейтіндіні интегралдан шығарып алып, теңдеудің екі жағында $\sum k \cdot F + G_{таза} \cdot C_{ауа}$ –ға көбейтеміз:

$$T(t) \cdot \mu(t) \cdot (\sum k \cdot F + G_{таза} \cdot C_{ауа}) = \frac{(\sum k \cdot F + G_{таза} \cdot C_{ауа})}{\rho VC} \cdot \left[\begin{array}{l} G_{жылыу} \cdot C_{жылыу}(T_{бас} - T_{соңғы}) + \\ + T_{сыртқы} (\sum k \cdot F + G_{таза} \cdot C_{ауа}) \end{array} \right] \cdot \int \frac{(\sum k \cdot F + G_{таза} \cdot C_{ауа})}{\rho VC} dt \quad (14)$$

Интегралды аламыз:

$$T(t) \cdot \mu(t) \cdot \left(\sum k \cdot F + G_{\text{таза}} \cdot C_{\text{ауа}} \right) = \left[G_{\text{жылыу}} \cdot C_{\text{жылыу}} (T_{\text{бас}} - T_{\text{соңғы}}) + T_{\text{сыртқы}} \left(\sum k \cdot F + G_{\text{таза}} \cdot C_{\text{ауа}} \right) \right] \cdot e^{\frac{\sum k \cdot F + G_{\text{таза}} \cdot C_{\text{ауа}}}{\rho V C} t} + \text{const} \quad (15)$$

const орнына T_0 қойып $T(t)$ -ны келесідей өрнектейміз:

$$T(t) = \frac{\left[G_{\text{жылыу}} \cdot C_{\text{жылыу}} (T_{\text{бас}} - T_{\text{соңғы}}) + T_{\text{сыртқы}} \left(\sum k \cdot F + G_{\text{таза}} \cdot C_{\text{ауа}} \right) \right] \cdot e^{\frac{\sum k \cdot F + G_{\text{таза}} \cdot C_{\text{ауа}}}{\rho V C} t} + T_0}{\left(\sum k \cdot F + G_{\text{таза}} \cdot C_{\text{ауа}} \right) \cdot e^{\frac{\sum k \cdot F + G_{\text{таза}} \cdot C_{\text{ауа}}}{\rho V C} t}} \quad (16)$$

мұндағы T_0 – бастапқы температура.

Абсолютті ылғалдылық мәнін аламыз. Ылғалдылық теңдеуін (6) дифференциалдық формада жазамыз.

$$\rho \cdot V \cdot \frac{dX(t)}{dt} = G_{\text{таза}} \cdot X_{\text{таза}} - G_{\text{шығ}} \cdot X_{\text{шығ}} + G_{\text{бү}}$$

Шығыс ауаның ылғалдығын жылыжай ішіндегі ауа ылғалдығы ретінде қарастырып ($X_{\text{шығ}} = X$). Онда теңдеу келесідей болады:

$$\rho \cdot V \cdot \frac{dX(t)}{dt} = G_{\text{таза}} \cdot X_{\text{таза}} - G_{\text{шығ}} \cdot X + G_{\text{бү}} \quad (17)$$

Алынған бірінші реттік дифференциалдық теңдеуді каноникалық түрде көрсетеміз:

$$\rho \cdot V \cdot \frac{dX(t)}{dt} = G_{\text{шығ}} \cdot X = G_{\text{таза}} \cdot X_{\text{таза}} + G_{\text{бү}} \quad (18)$$

$$\frac{dX(t)}{dt} + \frac{G_{\text{шығ}}}{\rho \cdot V} \cdot X = \frac{G_{\text{таза}} \cdot X_{\text{таза}} + G_{\text{бү}}}{\rho \cdot V}$$

$\mu(t)$ көмекші функциясын анықтаймыз:

$$\mu(t) = e^{\int \frac{G_{\text{шығ}}}{\rho \cdot V} dt}$$

$\frac{G_{\text{шығ}}}{\rho \cdot V} = \text{const}$ деп аламыз, сонда:

$$\mu(t) = e^{\frac{G_{\text{шығ}} t}{\rho \cdot V}} \quad (19)$$

(18) шығыс мәнін (19) мәніне көбейтеміз:

$$\frac{dX(t)}{dt} \cdot e^{\frac{G_{\text{шығ}} t}{\rho \cdot V}} + \frac{G_{\text{шығ}}}{\rho \cdot V} \cdot X(t) \cdot e^{\frac{G_{\text{шығ}} t}{\rho \cdot V}} = \frac{G_{\text{таза}} \cdot X_{\text{таза}} + G_{\text{бү}}}{\rho \cdot V} \cdot e^{\frac{G_{\text{шығ}} t}{\rho \cdot V}}$$

Түрлендіреміз:

$$\frac{d \left(X(t) \cdot e^{\frac{G_{\text{шығ}} t}{\rho \cdot V}} \right)}{dt} = \frac{G_{\text{таза}} \cdot X_{\text{таза}} + G_{\text{бү}}}{\rho \cdot V} \cdot e^{\frac{G_{\text{шығ}} t}{\rho \cdot V}} \quad (20)$$

$\frac{G_{\text{таза}} \cdot X_{\text{таза}} + G_{\text{бү}}}{\rho \cdot V} = \text{const}$ деп алып, (20) –шы теңдеуді t бойынша интеграциялаймыз:

$$X(t) \cdot e^{\frac{G_{\text{шығ}} t}{\rho \cdot V}} = \frac{G_{\text{таза}} \cdot X_{\text{таза}} + G_{\text{бү}}}{\rho \cdot V} \int e^{\frac{G_{\text{шығ}} t}{\rho \cdot V}} dt \quad (21)$$

Теңдеудің екі жағында $G_{\text{шығ}}$ -қа көбейтіп және интегралын аламыз:

$$X(t) \cdot e^{\frac{G_{\text{шығ}} t}{\rho \cdot V}} \cdot G_{\text{шығ}} = \left(G_{\text{таза}} \cdot X_{\text{таза}} + G_{\text{бү}} \right) e^{\frac{G_{\text{шығ}} t}{\rho \cdot V}} + \text{const} \quad (22)$$

const-ның орнына X_0 қойып, $X(t)$ аламыз:

$$X(t) = \frac{\left(G_{\text{таза}} \cdot X_{\text{таза}} + G_{\text{бү}} \right) e^{\frac{G_{\text{шығ}} t}{\rho \cdot V}} + X_0}{e^{\frac{G_{\text{шығ}} t}{\rho \cdot V}} \cdot G_{\text{шығ}}} \quad (23)$$

мұндағы X_0 – бастапқы ылғалдылық.

CO_2 құрамының мәнін табамыз. Жылыжай атмосферасындағы көмірқышқыл газының массалық теңгерімін (7) дифференциалдық түрде жазамыз:

$$\rho \cdot V \cdot \frac{dM_{\text{CO}_2}(t)}{dt} = G_{\text{таза}} \cdot M_{\text{CO}_2 \text{ таза}} - G_{\text{шығ}} \cdot M_{\text{CO}_2 \text{ шығ}} + \text{oxi}(t, m)$$

Сыртқа шығатын ауаның құрамындағы CO_2 –ні жылыжай ішіндегі ауаның құрамындағы CO_2 деп алайық ($M_{CO_2\text{шығыз}} = M_{CO_2}$). онда теңдеу келесідей болады:

$$\rho \cdot V \cdot \frac{dM_{CO_2}(t)}{dt} = G_{таза} \cdot M_{CO_2\text{таза}} - G_{шығыз} \cdot M_{CO_2}(t) + \text{oxi}(t, m) \quad (24)$$

Алынған бірінші реттік дифференциалдық теңдеуді келесідей көрсетейік:

$$\frac{dM_{CO_2}(t)}{dt} + \frac{G_{шығыз}}{\rho \cdot V} \cdot M_{CO_2}(t) = \frac{G_{таза} \cdot M_{CO_2\text{таза}} + \text{oxi}(t, m)}{\rho \cdot V} \quad (25)$$

$\mu(t)$ қосымша функциясын анықтаймыз:

$$\mu(t) = e^{\int \frac{G_{шығыз}}{\rho \cdot V} dt}$$

$\frac{G_{шығыз}}{\rho \cdot V} = \text{const}$ деп аламыз:

$$\mu(t) = e^{\frac{G_{шығыз}}{\rho \cdot V} t} \quad (26)$$

(25) шығыс мәнін (26) мәніне көбейтеміз:

$$\frac{dM_{CO_2}(t)}{dt} e^{\frac{G_{шығыз}}{\rho \cdot V} t} + \frac{G_{шығыз}}{\rho \cdot V} \cdot M_{CO_2}(t) \cdot e^{\frac{G_{шығыз}}{\rho \cdot V} t} = \frac{G_{таза} \cdot M_{CO_2\text{таза}} + \text{oxi}(t, m)}{\rho \cdot V} \cdot e^{\frac{G_{шығыз}}{\rho \cdot V} t}$$

Түрлендіреміз:

$$\frac{d\left(M_{CO_2}(t) \cdot e^{\frac{G_{шығыз}}{\rho \cdot V} t}\right)}{dt} = \frac{G_{таза} \cdot M_{CO_2\text{таза}} + \text{oxi}(t, m)}{\rho \cdot V} \cdot e^{\frac{G_{шығыз}}{\rho \cdot V} t} \quad (27)$$

$\frac{G_{таза} \cdot M_{CO_2\text{таза}} + \text{oxi}(t, m)}{\rho \cdot V} = \text{const}$ деп алып, теңдеуді интегралдаймыз:

$$M_{CO_2}(t) \cdot e^{\frac{G_{шығыз}}{\rho \cdot V} t} = \frac{G_{таза} \cdot M_{CO_2\text{таза}} + \text{oxi}(t, m)}{\rho \cdot V} \int e^{\frac{G_{шығыз}}{\rho \cdot V} t} dt \quad (28)$$

Теңдеудің екі жағында $G_{шығыз}$ -қа көбейтеміз және интегралын аламыз:

$$M_{CO_2}(t) \cdot e^{\frac{G_{шығыз}}{\rho \cdot V} t} \cdot G_{шығыз} = (G_{таза} \cdot M_{CO_2\text{таза}} + \text{oxi}(t, m)) \cdot e^{\frac{G_{шығыз}}{\rho \cdot V} t} + \text{const} \quad (29)$$

Const-тың орнына M_{CO_2} -ні қойып $M_{CO_2}(t)$ бейнелейміз:

$$M_{CO_2}(t) = \frac{(G_{таза} \cdot M_{CO_2\text{таза}} + \text{oxi}(t, m)) \cdot e^{\frac{G_{шығыз}}{\rho \cdot V} t} + M_{CO_2 0}}{e^{\frac{G_{шығыз}}{\rho \cdot V} t} \cdot G_{шығыз}} \quad (30)$$

мұндағы $M_{CO_2 0}$ - көмірқышқыл газының бастапқы мәні.

Сөйтіп, жылыжай микроклиматын сипаттайтын теңдеулер жүйесі келесідей түрге ие:

$$\left\{ \begin{array}{l} T(t) = \frac{\left[\frac{G_{жылы} \cdot C_{жылы} (T_{бас} - T_{соңғы}) + T_{сыртқы} (\sum k \cdot F + G_{таза} \cdot C_{ауа}) \right] \cdot e^{\frac{(\sum k \cdot F + G_{таза} \cdot C_{ауа})}{\rho V C} t} + T_0}{(\sum k \cdot F + G_{таза} \cdot C_{ауа}) \cdot e^{\frac{(\sum k \cdot F + G_{таза} \cdot C_{ауа})}{\rho V C} t}} \\ X(t) = \frac{(G_{таза} \cdot X_{таза} + G_{бу}) \cdot e^{\frac{G_{шығыз}}{\rho \cdot V} t} + X_0}{e^{\frac{G_{шығыз}}{\rho \cdot V} t} \cdot G_{шығыз}} \\ M_{CO_2}(t) = \frac{(G_{таза} \cdot M_{CO_2\text{таза}} + \text{oxi}(t, m)) \cdot e^{\frac{G_{шығыз}}{\rho \cdot V} t} + M_{CO_2 0}}{e^{\frac{G_{шығыз}}{\rho \cdot V} t} \cdot G_{шығыз}} \end{array} \right. \quad (31)$$

Бұл жұмыста келтірілген модель (31) жылыжай микроклиматын сипаттайды және басқару алгоритімін сараптауға және талдауға мүмкіндік береді. Модель микроклимат параметрлерінің жылыжай аумағы және биіктігі бойынша таралуын қарастырмайды.

Қорытынды

Модель жылыжай микроклиматының параметрлері бойынша есептеулер жүргізуге, микроклиматтың әр параметрінің қалғандарына әсерін болжауға мүмкіндік береді, сондай-ақ, модель көмегімен бақылау сапасының көрсеткіштерін есептей аламыз.

ӘДЕБИЕТ

1. Семенов, В.Г. Математическая модель микроклимата теплицы. / В.Г. Семенов, Е.Г. Крушель // Известия ВолгГТУ. – 2009. -№6. – с.32-35.
2. Олссон, Г. Цифровые системы автоматизации и управления. / Г. Олссон, Д. Пиани. – СПб.: Невский диалект, 2001г. – 557 с.
3. А.Г. Егизаров. Общая теплотехника, теплоснабжение и вентиляция. Учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 1982. – 215 с.

REFERENCES

1. Semenov, V.G. Mathematical model of greenhouse's microclimate. / V.G. Semenov, Y.G. Krushel // News VolgGTU. – 2009. -№6. – p.32-35.
2. Olsson, G. Digital systems of automation and controlling. / G. Olsson, D. Piyani. – СПб.: Nevsk dialect, 2001y. – 557 p.
3. A.G. Yegizarov. Total heating equipment, heating and ventilation. Textbook for universities. – М.: Stroiizdat, 1982. – 215 p.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МИКРОКЛИМАТА ТЕПЛИЦЫ**Атыханов А.К., Мукатай Н., Оспанов А.Т.****Ключевые слова:** Микроклимат теплицы, математическая модель, параметры микроклимата

Аннотация. Важнейшей стадией исследования алгоритмов управления технологическими объектами является разработка модели объекта, которая отражает происходящие процессы в объекте. Типовые решения по управлению объектами основаны на простейших моделях, оперирующих абстрактными параметрами. Такие модели, в связи с абстрактным характером параметров, не дают возможности глубокого изучения и изменения характеристик объекта. Для более глубокого исследования и синтеза систем автоматического управления представляют интерес модели, раскрывающие физические основы работы объекта.