ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

PROCESSES AND MACHINERY OF AGRO-ENGINEERING SYSTEMS

УДК 631.236
DOI: 10.24412/1999-6837-2021-1-70-78

Кокиева[1,2] Г.Е., д-р техн. наук, ФГБОУ ВО «Арктический государственный агротехнологический университет»;

Друзьянова1,2 В.П., д-р техн. наук, профессор, ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова.

[1]Арктический государственный агротехнологический университет;

[2]Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова.

ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ ПАРНИКА

© Кокиева Г.Е., Друзьянова В.П., 2021

Резюме. В статье описывается система автоматизации микроклимата парника, представлена модель управления параметрами микроклимата.

Для поддержания определенной температуры воздуха в парниках применяются в основном две системы обогрева: водяная и воздушная. Накоплены обширные данные, свидетельствующие о том, что для районов Крайнего Севера наиболее эффективны светонепроницаемые парники с ограждающими конструкциями достаточно высокого сопротивления теплопередаче, предусматривающие выращивание растений при искусственном или совместном (полусветонепроницаемые парники) освещений. С 1 м2 таких сооружений можно получать по 140-300 кг овощей в год. При выращивании растений в культивационных помещениях в зимне-весеннее время приходится искусственно поддерживать климатические факторы, влияющие на рост и развитие растений. В связи с этим большое значение приобретает автоматическое регулирование этих факторов в соответствии с требованиями агротехники. Для автоматического поддержания температуры в парниках применяют двухпозиционную систему регулирования. Крупное тепличное производство в настоящее время развивается по пути внедрения технологий интенсивного выращивания овощных культур и использования автоматизированных систем управления технологическими процессами на базе микро- и мини ЭВМ. Одним из важных технологических процессов являются полив и подкормка растений минеральными удобрениями. Необходимость автоматизации этого процесса связана с трудоемкостью процесса приготовления растворов, точного поддержания в них заданной концентрации веществ, своевременной подачи и равномерного дозирования по всей площади теплицы при различных возмущениях внешней среды. Разработана для применения в компьютерных системах модель управления урожайностью при поиске оптимальных режимов работы.

Ключевые слова: теплица, уход за растениями, тепловое состояние, теплофизические модели, средства автоматизации, агротехнические мероприятия, производительность труда, обслуживающий персонал, малогабаритные укрытия, математические модели, способ обогрева, совершенствование, обогреваемые теплицы.

UDC 631.236

G. E. Kokieva, Dr. Tech. Sci.,
V.P. Druzianova, Dr. Tech. Sci., Professor,

STUDY OF THE AUTOMATED MICROCLIMATE CONTROL SYSTEM OF THE GREENHOUSE

Abstract. The article describes a greenhouse microclimate control automation system; the model of microclimate parameters control is presented.

Two heating systems, mainly water and air are used to maintain the certain air temperature in greenhouses. Extensive data indicating that opaque greenhouses with protective constructions of sufficient high resistance to heat transfer, providing the growth of plants under artificial or joint (semi-lightproof) lighting are more effective for the Far North regions have been accumulated. It is possible to get 140-300 kg of vegetables per year from 1 m2 of such constructions. Climatic factors that affect the growth and development of plants have to be maintained artificially when growing plants in cultivation rooms in winter and spring seasons. In this regard, the automatic regulation of these factors in accordance with the requirements of agricultural technology is of great importance. The two-position control system is used to maintain the temperature in greenhouses automatically. Large-scale greenhouse production is currently developing along the introducing of technologies for intensive vegetable crops cultivation and using of automated control systems for technological processes based on micro and mini computers. One of the important technological processes is watering and feeding plants with mineral fertilizers. The need to automate this process is associated with the laboriousness of the process of preparing solutions, accurate maintenance of adjusted concentration of substances in them, timely supply and uniform dosage over the entire area of the greenhouse under various external environment disturbances. The yield management model for use in computer systems has been developed when searching for optimal operating modes.

Key words: greenhouse, plant care, thermal condition, thermophysical models, automation tools, agrotechnical measures, labor productivity, service staff, small-sized shelters, mathematical models, heating method, improvement, heated greenhouses.

Введение. В овощеводстве защищенного грунта более половины эксплуатационных расходов связано с затратами на обогрев культивационных помещений. Кроме биологического топлива, для обогрева париковых применяют тепловые отходы промышленных предприятий, горячую воду или пар котельных и электрическую энергию. При невозможности использования тепловых отходов, отсутствии местных топливных ресурсов или их высокой стоимости экономически целесообразно для обогрева парников применять электрическую энергию. В качестве термочувствительных элементов используют контактные ртутные термометры, биметаллические или манометрические датчики температуры, а в качестве исполнительных органов применяют пускатели или контакторы. Для обеспечения техники безопасности при работе на электропарниках термочувствительные элементы включаются в сеть низкого напряжения 6-12 В. Опыт эксплуатации парников показывает, что выращивание растений на искусственных средах позволяет существенно повысить урожай овощей при сокращении вегетативного периода, снизить затраты труда по уходу за растениями, полностью исключить такие трудоемкие операции, как обработка и замена грунта в теплицах, а также значительно упростить процесс дезинфекции субстрата. Применение искусственных питательных

сред открывает широкие возможности для эффективного использования средств автоматизации производственных процессов, особенно при значительных площадях теплично-парникового хозяйства. Основными операциями, подлежащими автоматизации при выращивании овощей на искусственных средах, являются периодическая подача питательного раствора в рабочие стеллажи и отвод его в накопительный резервуар, а также подпитка раствора водой с периодическим или постоянным добавлением соответствующих солей. Необходимость в дополнительной подпитке раствора вызывается частичным поглощением его при прохождении через минеральный субстрат. В обычных парниках из-за большой площади светопрозрачных поверхностей возникают значительные теплопотери, для компенсации которых требуется определенный расход топлива в системе отопления. Парники могут обогреваться горячей водой, водяным паром, нагретым воздухом, инфракрасным излучением или продуктами сгорания топлива. При создании солнечного парника прежде всего нужно позаботиться о существенном снижении теплопотерь за счет применения теплоизоляции. Кроме того, необходимо обеспечить улавливание максимально возможного количества солнечной энергии и аккумулирование избыточной теплоты [3, с.62; 4, с.20; 8, с.10].

Методика исследования. Автоматическое регулирование температуры почвы в парниках в отдельных случаях можно осуществить посредством терморегулятора, установленного в воздушном пространстве парника. Один терморегулятор управляет одновременным включением и отключением воздушных и почвенных нагревательных устройств. Такое регулирование возможно при использовании нагревательных элементов с малой теплоемкостью, когда время запаздывания в питательном слое почвы меньше периода колебаний температуры воздушного пространства в парнике [1, с.154; 2, с.2;].

Результаты исследований. В соответствии с рассмотренными способами включения терморегуляторов выполнен расчет процесса двухпозиционного регулирования температуры в парнике, определены расход электрической энергии на обогрев и стоимость затрат на автоматизацию [5, с.6; 7, с.2]. Установлены зависимости коэффициента тепловых потерь в парнике от скорости ветра и степени утепления рам матами (рис. 1), величины времени запаздывания и зоны нечувствительности системы «объект-регулятор».

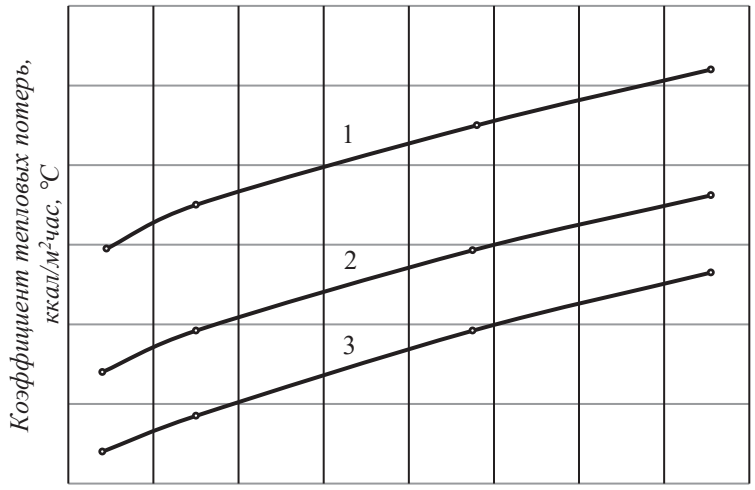

Рис. 1. Зависимость коэффициента тепловых потерь в теплице от скорости ветра: 1 – парники не укрыты матами; 2 – парники укрыты соломенными матами в один слой; 3 – парники укрыты соломенными матами в два слоя.

Уравнения объекта регулирования микроклиматом (парника) представляют собой экспоненциальную функцию с запаздывающим аргументом. Неравенство релейного терморегулятора включает в себя заданное значение температуры и зону нечувствительности системы «объект-регулятор».

В таблице 1 приведены показатели, которые влияют на микроклимат теплицы.

Таблица 1

Показатели, влияющие на микроклимат теплицы

№ п/п	Критерии
1	Внутренняя температура, как правило, будет выше, чем наружная (при инсоляции даже слишком высокая)
2	Температура грунта поднимается в достаточной мере, часто даже до слишком высоких значений, при которых прекращается прорастание семян некоторых растений. Грунт в теплице не промерзает
3	Количество освещения, поступающего в теплицу, почти наполовину меньше, чем под открытым небом
4	Влияние ветра устраняется почти полностью, что существенно повышает комфорт для человека и только частично — для растений
5	Могут появиться различные запахи
6	Воздухообмен уменьшается, растениям может не хватать углекислого газа (CO2)
7	В теплице влажность выше, чем это необходимо для растений, поскольку при длительной влажности наблюдаются образование плесени и рост грибов
8	Проникание насекомых-вредителей в теплицу также затруднено, если же они все-таки попадают в помещение, то начинают размножаться в благоприятных условиях теплицы, что на некоторых людей производит весьма удручающее впечатление
9	Затрудняется доступ полезных насекомых к растениям, поскольку они могут проникать в теплицу только через двери, вентиляционные люки или форточки
10	Теплица предохраняет от естественных дождей, и получение влаги растениями полностью зависит от человека, который ухаживает за ними
11	В неотапливаемой теплице избыточная влажность, как правило, не создает дополнительных затруднений для людей
12	При инсоляции, как правило, в теплице создаются благоприятные условия для пребывания людей
13	Благодаря наличию растений воздух в теплице содержит больше кислорода, чем в квартире

На рис. 2 показана схема обогреваемого парника простейшей конструкции. Модель, полученная для такой схемы на основе предлагаемой методики, может быть преобразована и для более сложных схем [6, с.204; 9, с.23].

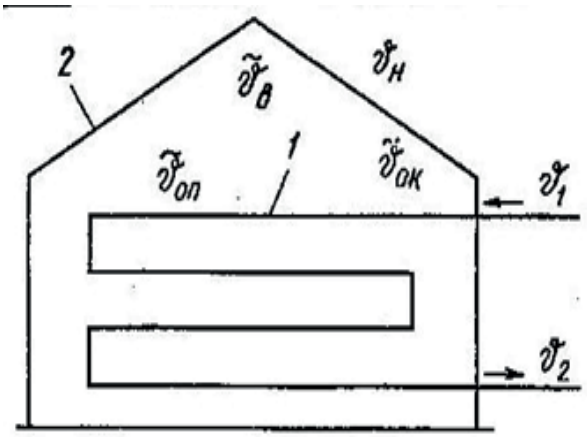

Рис.2. Схема обогреваемого парника: 1 - система водяного обогрева; 2 – ограждение.

Три основные формы модели в пространстве состояний:

Непрерывная

$$X = AX + BU(t) + CF(t), \qquad X(t_0) = X_0; \tag{1}$$

Дискретная

$$X[k+1] = \Phi X[k] + BU[k] + CF[k], \qquad X[0] = X_0; \tag{2}$$

Операторная

$$X(p) = W_U(p)U(p) + W_F(p)F(p), \tag{3}$$

где $A=[n\times n]$ мерная динамическая матрица; n– динамический порядок модели; $X=[n\times 1]$ – мерный вектор состояния; $B=[n\times m]$ – мерная матрица управлений; m– число независимых управлений; $U=[m\times 1]$ – вектор управления; t – время; $C=[n\times r]$ – мерная матрица возмущений; r– число независимых возмущений; $F=[r\times 1]$– мерный вектор возмущений; k– номер шага; $\Phi=[n\times n]$– мерная матрица перехода на один шаг; $W_U(p)=\Phi(p)B$, $W_F(p)=\Phi(p)C$ – передаточные матрицы по управлению и возмущению, определенные через операторное изображение матрицы перехода.

Для приведенной схемы теплицы температура обратного теплоносителя $x_1=\vartheta_2$; средняя температура обогревательных приборов $x_2=\vartheta_{оп}$; средняя температура воздуха в теплице $x_3=\vartheta_в$; средняя температура ограждения $x_4=\vartheta_{ок}$; температура теплоносителя на выходе теплообменника $u=\vartheta_1$; температура наружного $f_1=\vartheta_н$. Очевидно, для рассматриваемой модели $n=4$, $m=1$, $r=1$.

В результате идентификации получены параметры дискретной формы модели

$$\Phi = \begin{pmatrix} 0{,}0996 & 0{,}0943 & 0 & 0 \\ 0{,}3585 & 0{,}2573 & -0{,}017 & 0{,}2705 \\ 0 & 0{,}0103 & 0{,}0255 & -0{,}1715 \\ 0 & 0{,}0058 & 0{,}2122 & 0{,}0661 \end{pmatrix}$$

$$B = \begin{pmatrix} 0{,}1371 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix};$$

$$C = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0{,}0044 \\ 0{,}089 \end{pmatrix}.$$

Используя уравнение связи матриц дискретной и непрерывной форм моделей пространства состояний (1), (2)

$$\Phi = e^{A\tau}, \quad B = A^{-1}(e^{A\tau} - I)B, \quad C = A^{-1}(e^{A\tau} - I)C, \tag{4}$$

где τ– интервал дискретизации; $I=[n\times n]$ –мерная единичная матрица, будем иметь параметры модели (1) для масштаба времени $K_M=1200$:

$$A = \begin{pmatrix} -3{,}007 & 0{,}315 & 0 & 0 \\ 1{,}197 & -2{,}481 & 0{,}057 & 0{,}903 \\ 0 & 0{,}0344 & -3{,}255 & -0{,}573 \\ 0 & 0{,}019 & 0{,}709 & -3{,}119 \end{pmatrix};$$

$$B = \begin{pmatrix} 0{,}4579 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}; \qquad C = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0{,}13 \\ 0{,}0147 \end{pmatrix}.$$

Используя выражения для передаточных матриц $W_U(p)W_F(p)$ и матрицы перехода Ф(р), получим передаточные функции по температуре внутреннего воздуха, компоненты X_4 вектора состояния (для удобства последующих расчетов компоненты $\vartheta_в$, $\vartheta_{ок}$ поменяли местами)

$$W_U^{x_4}(p) = \frac{1{,}218p + 1}{3{,}79p^4 + 5{,}79p^3 + 7{,}753p^2 + 4{,}574p + 1}; \tag{5}$$

$$W_f^{x_4}(p) = \frac{2{,}535p^3 + 6{,}693p^2 + 5{,}782p + 1}{3{,}79p^4 + 5{,}79p^3 + 7{,}753p^2 + 4{,}574p + 1}. \tag{6}$$

Рассмотрели методику построения балансных моделей обогреваемых теплиц. Но прежде чем перейти к примерам их использования, покажем последовательность при расчете точности по этим моделям [10, с.16].

Результаты моделирования сравним с реальным состоянием теплицы. По результатам этого сравнения можно вычислить матрицу точности

$$\Omega = \{M[(X[k] - X_м[k])(X[k] - X_м[k])^т]\}. \tag{7}$$

Считая, что вектор ошибок моделирования подчиняется закону Гаусса, запишем выражение для совместной плотности распределения вероятностей ошибок на основе параметров Ф, *B, C* модели и матрицы точности **Ω**:

$$\pi(\varepsilon|\Phi, B, C, \Omega) = (2\pi)^{-2}|\Omega|^{½} \times\times \exp\left\{-\frac{1}{2}(X[k+1] - \Phi X[k] - BU[k] - Cf[k])^т \times\times \right.$$
$$\left. \Omega\,(X[k+1] - \Phi X[k] - BU[k] - Cf[k])\right\}. \tag{8}$$

Выражения (9) и (10) позволяют, задаваясь допустимым вектором ошибок моделирования $\varepsilon_{д}^{т} = [|\varepsilon_{д1}|, |\varepsilon_{д2}|, |\varepsilon_{д3}|, |\varepsilon_{д4}|]$, рассчитывать доверительную для полученного результата идентификации

$$П(\varepsilon) = 2Ф(\varepsilon^{т}\Omega\varepsilon), \quad (9)$$

где Ф(·) – функция Лапласа, для которой составлены специальные таблицы [10, с.18].

Для нашего случая при векторе допустимых ошибок $\varepsilon^{т}$=[2,2,4,1]°С доверительная вероятность П(ε) = 0,96.

Покажем несколько примеров использования моделей обогреваемых теплиц для синтеза регуляторов температуры на ЭВМ.

В результате преобразований выражений (8), (9) получим следующую структуру матриц:

$$\tilde{Ф} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ -\tilde{\varphi}_4 & -\tilde{\varphi}_3 & -\tilde{\varphi}_2 & -\tilde{\varphi}_1 \end{pmatrix}; \quad \tilde{B} = \begin{pmatrix} \tilde{b}_1 \\ \tilde{b}_2 \\ \tilde{b}_3 \\ \tilde{b}_4 \end{pmatrix}; \quad C = \begin{pmatrix} \tilde{c}_1 \\ \tilde{c}_2 \\ \tilde{c}_3 \\ \tilde{c}_4 \end{pmatrix}.$$

Нетрудно определить коэффициенты стабилизирующего цифрового регулятора в базисе преобразованной системы (9);

$$k_{pi} = d_i^* - \tilde{\varphi}_i, \quad (10)$$

Где – требуемые значения характеристического полинома матрицы Ф.

Приняв $d_1^* = 0{,}08$, $d_2^* = 0{,}12$, $d_3^* = 0{,}18$, $d_4^* = 0{,}24$ будет иметь для системы (22), (23) $k_{p,1} = 0{,}0796$, $k_{p,2} = 0{,}107$, $k_{p,3} = 0{,}238$, $k_{p,4} = -0{,}206$.

Уравнение комбинированного цифрового регулятора находится из условия равенства нулю текущей ошибка регулирования:

$$u[k] = \beta_1^{-1}\left\{\sum_{i=2}^{4} u[k-i]\beta_i - \sum_{i=1}^{5}(\varphi_i y\,[k-i] - \gamma_i f\,[k-i])\right\}. \quad (11)$$

В результате расчетов по формулам (21), (22), (24, 27) получены следующие параметры цифрового комбинированного регулятора:

$$\beta^{т} = [-2{,}058;\ 1{,}724;\ 1{,}311;\ -0{,}093];$$
$$\gamma^{т} = [10{,}623;\ -12{,}113;\ -31{,}77;\ 5{,}674].$$

Заметим, что параметры цифровых регуляторов синтезированы в преобразованном базисе, т. е. для состояния $\tilde{X}$. Поэтому для перехода к истинному вектору состояния необходимо применить обратное преобразование $X = S^{-1}\tilde{X}$.

Выводы. Таким образом, представлена модель теплицы при управлении параметрами микроклимата, разработанная для применения в компьютерных системах управления урожайностью для поиска оптимальных режимов работы.

Предложены балансные динамические модели, позволяющие наиболее полно использовать ЭВМ для исследования режимов теплопотребления обогреваемых теплиц, а также для синтеза регуляторов температуры.

Список литературы

1. Болотских, Н. Н. Зарубежные технологии инфракрасного обогрева теплиц / Н. Н. Болотских //Науковий вісник будівництва. Збірник наукових праць, вип. 1(79). - Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2015. – С. 150-158.

2. Инфракрасное отопление теплиц [Электронный ресурс]. – URL : http://fomaxfilm.narod.ru , 2015. – 3 с.

3. Нормы технологического проектирования теплиц и тепличных комбинатов для выращивания овощей и рассады. НТП 10-95. – Москва : Минсельхозпрод РФ, 1995. – 85 с.

4. Нормы технологического проектирования селекционных комплексов и репродукционных теплиц. НТП-АПК 1.10.09.001 – 02. – Москва : Минсельхоз РФ, 2002. – 29 с.

5. Отопление теплиц с подогревом почвы. Украина: «ТЕПЛОДАРЕЦЬ віддам тепло в добрі руки». [Электронный ресурс]. - URL: http://teplodarets.com.ua, 2015. – 7 с.

6. Овощеводство защищенного грунта / В.А. Брызгалов, В.Е. Советкина, Н.И. Савинова / под ред. В.А. Брызгалова. – Ленинград : Колос, 1983. – 352 с.

7. Системы инфракрасного обогрева на основе пленочных электронагревателей в растениеводстве. [Электронный ресурс]. - URL: http://www. teploomsk.ru , 2015. – 2 с.

8. Свод правил СП 107.13330.2012. Теплицы и парники. Актуализированная редакция СНиП 2.10.04-85. – Москва : Минрегионразвития РФ, 2012. – 18 с.

9. Соколов, Н.С. Технологии пятого поколения / Н.С. Соколов // Теплицы России. – 2015. - №1. – С. 22-24.

10. Шишкин, П.В. Полностью закрытая теплица с технологией поддержания параметров микроклимата на основе управления разделенными воздушными потоками (технология CODA- Control Of Devided Airflows) / П.В. Шишкин, В.О Олейников //Теплицы России. – 2016. - №2. – С.15-20.

References

1. Bolotskikh, N. N. Zarubezhnye tekhnologii infrakrasnogo obogreva teplits (Foreign technologies of infrared heating of greenhouses), N. N. Bolotskikh, Naukovii visnik budivnitstva. Zbirnik naukovikh prats', vip. 1(79), Kharkiv: KhDTUBA, KhOTV ABU, 2015, PP. 150-158.

2. Infrakrasnoe otoplenie teplits [Elektronnyi resurs] (Infrared heating of greenhouses [Electronic resource]), URL: http://fomaxfilm.narod.ru, 2015, 3 p.

3. Normy tekhnologicheskogo proektirovaniya teplits i teplichnykh kombinatov dlya vyrashchivaniya ovoshchei i rassady. NTP 10-95 (Norms of technological design of greenhouses and greenhouse complexes for growing vegetables and seedlings. NTP 10-95), Moskva, Minsel'khozprod RF, 1995, 85 p.

4. Normy tekhnologicheskogo proektirovaniya selektsionnykh kompleksov i reproduktsionnykh teplits. NTP-APK 1.10.09.001-02 (Standards for the technological design of breeding complexes and reproductive greenhouses. NTP-APK 1.10.09.001 – 02), Moskva, Minsel'khoz RF, 2002, 29 p.

5. Otoplenie teplits s podogrevom pochvy (Heating of greenhouses with soil heating), Ukraina: "TEPLODARETs'' viddam teplo v dobri ruki". [Elektronnyi resurs], URL: http://teplodarets.com.ua, 2015, 7 p.

6. Ovoshchevodstvo zashchishchennogo grunta (Vegetable growing of protected soil), V.A. Bryzgalov, V.E. Sovetkina, N.I. Savinova, pod red. V.A. Bryzgalova, Leningrad, Kolos, 1983, 352 p.

7. Sistemy infrakrasnogo obogreva na osnove plenochnykh elektronagrevatelei v rastenievodstve [Elektronnyi resurs] (Systems of infrared heating on the basis of membranous electric heaters in plant growing [Electronic resource]), URL: http://www.teploomsk.ru, 2015, 2 p.

8. Svod pravil SP 107.13330.2012. Teplitsy i parniki (Code of rules CR 107.13330.2012. Greenhouses and hotbeds), Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 2.10.04-85, Moskva, Minregion-razvitiya RF, 2012, 18 p.

9. Sokolov, N.S. Tekhnologii pyatogo pokoleniya (The fifth generation technologies), N.S. Sokolov, Teplitsy Rossii, 2015, No 1, PP. 22-24.

10. Shishkin, P.V. Polnost'yu zakrytaya teplitsa s tekhnologiei podderzhaniya parametrov mikroklimata na osnove upravleniya razdelennymi vozdushnymi potokami (tekhnologiya CODA-Control Of Devided Airflows) (Completely closed greenhouse with the technology of maintaining the microclimate parameters based on the control of separated air flows (CODA technology - Control Of Devided Airflows)), P.V. Shishkin, V.O Oleinikov, Teplitsy Rossii, 2016, No 2, PP.15-20.

Информация об авторах

***Кокиева[1,2] Галия Ергешевна**, д-р техн. наук, декан инженерного факультета ФГБОУ ВО «Арктический государственный агротехнологический университет», 677007, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Сергеляхское шоссе, 3 км, дом 3; тел.89248666537; kokievagalia@mail.ru;*

***Друзьянова[1,2] Варвара Петровна**, д-р техн. наук, профессор, заведующая кафедрой «Эксплуатация автомобильного транспорта и автосервис» автодорожного факультета ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», 677000, Россия, Республика Саха (Якутия), 677000, г. Якутск, ул. Белинского, д. 58.; тел.89841138724; druzvar@mail.ru.*

Information about the authors

***Galia E. Kokieva[1,2]**, Doctor of Technical Sciences, Dean of the Faculty of Engineering; 1Arctic State Agrotechnological University; 3, 3 km Sergelyakhskoe sh., Yakutsk, Sakha Republic (Yakutia); Russia; 677007; phone number: 89248666537; E-mail: kokievagalia@mail.ru.*

***Varvara P. Druzianova[1,2]**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department "Operation of Road Transport and Car Service" of the Faculty of Road Traffic; 2North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, 58, Belinsky st., Yakutsk, Sakha Republic (Yakutia), Russia; 677007; mobile: 89841138724; E-mail: druzvar@mail.ru.*

[1]Arctic State Agrotechnological University, 3, 3 km Sergelyakhskoe sh., 677007, Yakutsk, Sakha Republic (Yakutia), Russia;

[2]North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, 58, Belinsky st., 677007, Yakutsk, Sakha Republic (Yakutia), Russia.