ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

УДК 699.86:692.237

Г. Т. КАСЫМОВА
«Энергосбережение, энергоэффективность и экология» НИИЭЭ
г. Бишкек, Кыргызская Республика
e-mail: gulsara.kasimova@gmail.com
G.T. KASYMOVA
«Energysaving, energy efficiency and ecology» SRIEE, Bishkek, Kyrgyz Republic

А.М. АБДЫЛДАЕВА
КГУСТАим. Н. Исанова,
г. Бишкек, КыргызскаяРеспублика
e-mail: aabdyldaeva@rambler.ru
A.M. ABDYLDAEVA
KSUCTA n.a. N. Isanov,
Bishkek, Kyrgyz Republic
E.mail. ksucta@elcat.kg

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ С МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛЬЮ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА ПОМЕЩЕНИЯ ПРИ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ВНУТРЕННИХ И ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

COMPARISON OF NATURAL RESEARCH RESULTS WITH MATHEMATICAL MODEL OF THE THERMOHUMIDITY MODE OF THE INTERNAL BUILDING BY NON-STATIONARY INTERNAL AND EXTERNAL INFLUENCES

Берилген макала имараттардын нымдуулук режимдер нымдулуук теориясынын негизинде жылуулук жана нымдын ички жана тышкы стационардык эмес таасирлеринин алдындагы тышкы тосмо конструкцияларды изилдөөгө арналган. Жылуулук менен нымдын стационардык эмес ички жана тышкы таасирлеринин алдында калыптанган тосмолордун жана имараттардын жылуулук – нымдуулук режиминин математикалык модели авторлор тарабынан биринчи жолу иштелип чыккан. Бул моделге ылайык алгоритм иштелип чыкты жана эсептөөнүн программасы түзүлдү.

Өзөктүү сөздөр: *жылуулук жана нымдуулук режими, сырткы тосмо конструкциялары, жылуулук өткөрүмдүүлүк, нымдулуук өткөрүмдүүлүк, табигый изилдөөлөр, нымдуулук кудрети.*

Представленная статья посвящена исследованию вопросов тепловлажностного режима помещения и наружных ограждающих конструкций при нестационарных внутренних и внешних воздействиях теплоты и влаги на основе теории потенциала влажности. Авторами впервые разработана математическая модель тепловлажностного режима помещения и ограждений, которая формируется при нестационарных внутренних, и внешних воздействиях теплоты и влаги. В соответствии с этой моделью разработан алгоритм и составлена компьютерная программа расчета. Решение проведено в конечных разностях по неявной схеме. Проведено сравнение разработанной авторами математической модели помещений с результатами натурных экспериментальных исследований при нестационарных внутренних и внешних воздействиях теплоты и влаги.

Ключевые слова: *тепловлажностный режим помещения, наружные ограждающие конструкции, теплопроводность, влагопроводность, уравнение теплового баланса и влаги, натурные исследования, потенциал влажности.*

The presented article is devoted to the study of issues of the heat-moisture regime of a room and its envelope structures during non-stationary internal and external effects of heat and moisture based on the theory of the humidity potential.

For the first time the authors developed a mathematical model of the heat-humidity regime of room and its envelope, which is formed during non-stationary internal and external influences of heat and moisture. In accordance with this model, an algorithm and a computer calculation program were developed. The solution is carried out in finite differences in an implicit scheme. A comparison of the mathematical model developed by the authors with the results of full-scale experimental studies with non-stationary internal and external influences of heat and moisture was made.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

Key words: *heat and humidity conditions of a room, external envelope structures, therma conductivity, moisture conductivity, heat balance and moisture equation, field studies, humidity potential.*

При эксплуатации зданий, материалы ограждающих конструкций оболочки здания подвергаются периодическому увлажнению как при воздействиях внешних климатических факторов (температура, влажность, солнечная энергия атмосферные осадки и др.), так и внутренних, таких как теплопоступления и влаговыделения от технологического оборудования, конденсации и т.п.

Влагосодержание ограждающей конструкции зависит от особенностей строительного материала, от внешних и внутренних воздействий, от времени года, условий эксплуатации и других условий. Один и тот же материал при разных условиях может иметь совершенно различные свойства проводимости и аккумуляции теплоты, стойкости и долговечности, которые зависят от структуры твердой части, ее минералогического состава, объемной массы и, что особенно важно для строительных материалов, от их влагосодержания.

Наиболее сложным и важным вопросом тепломассообменного процесса в наружном ограждении здания является определение равновесной влажности теплоизоляционного или иного материального слоя многослойной конструкции в период эксплуатации зданий и сооружений. Эксплуатационное влажностное состояние ограждения наступает, когда влагосодержание материалов приближается к некоторому стабильному состоянию, равновесному относительно воздействующих на ограждение внутренней и наружной сред.

Как установлено натурными экспериментальными исследованиями [1, 2, 3], влагосодержание, относительная влажность изменяется в течение суток и сезонов года. К тому же существуют их более стабильные среднесуточные значения. В зимний период времени значения влажности близки к средним за год. Натурные экспериментальные исследования по изучению изменения температур на внутренней и наружной поверхности наружных стен жилого здания показали [4, 5], что в условиях г. Бишкек, эти температуры имеют значительные колебания. Эти результаты свидетельствуют, что колебания потерь и поступлений теплоты [6] следует учитывать при оптимизации теплового режима в помещениях[7].Как указанные потери и поступления теплоты, так и динамика теплового режима помещений зависят от влажностного состояния материальных слоев наружных ограждений. Следовательно, теплофизические характеристики материалов ограждения непосредственно влияет на условия микроклимата в помещениях. По этой причине расчетные теплотехнические показатели наружных ограждений выбираются исходя из данных об установившейся среднегодовой их влажности и теплотехнический расчет ограждений.

Процесс влагопередачи через ограждения зданий зависит от температуры и влажности материалов и окружающих сред, числа слоев конструкции, изменчивости условий влагообмена, а также от физических свойств материалов.

Существует много теорий и построений явления миграции влаги в материалах и влагопередачи наружных ограждений. Но далеко не все они позволяют правильно, надежно и во всей полноте провести расчет и прогнозировать влажностный режим материалов в конструкции при многообразных условиях реальной эксплуатации здания. Как показали теоретические и экспериментальные исследования наиболее полно влажностный режим материалов ограждений может быть описан с помощью потенциала влажности θ и относительного потенциала φ_Θ, пользуясь которыми можно оценить влажностное состояние внутреннего воздуха помещения, самих материалов конструкций и комплексное влажностное воздействие наружной среды на ограждение [8,9]. Влажностное состояние окружающих ограждение наружной и внутренней среды оценивается и измеряется шкалой потенциала влажности [8].

Для многих строительных материалов нет характеристик состояния влаги и влагопроводности в шкале потенциала влажности, что затрудняет практические расчеты. В лабораториях МИСИ, НИИ строительной физики и в других институтах [9,10,11] для некоторых материалов такие данные получены. Методика их определения достаточно проста и может широко применяться.

Потенциал влажности наружного климата является собирательным показателем сложных тепловлажностных воздействий на ограждение наружных факторов, таких как температура, влажность, солнечная радиация, скорость и направление ветра($t_н$,$q_н$, $\varphi_н$, $\vec{\vartheta}$, í). Потенциал влажности наружного воздуха не зависит от материала ограждающих конструкций и характеризуется только их произвольным сочетанием вышеуказанных наружных факторов [9]. Для количественной оценки влияния комплекса параметров наружной среды на $\Theta_н$, [9, 11] были проведены экспериментальные исследования по определению потенциала влажности в климатических условияхг. Москва Российской Федерации. В ходе эксперимента были получены рас счетные формулы и графики в зависимости от параметров наружной среды ($t_н$,$q_н$, $\varphi_н$, $\vec{\vartheta}$, í) по которой определяется потенциал

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

влажности наружного климата. Значения параметров наружного климата, определяющих потенциал влажности могут быть взяты по данным метеорологических наблюдений в различных точках страны [9, 10, 11].

Тепловлажностный режим ограждающих конструкций гражданских и промышленных зданий формируется изменяющимися во времени тепловыми и влажностными воздействиями. Помещения с интенсивными внутренними влаго выделениями характеризуются обычно определенной периодичностью, продолжительность которого связана с рабочим и технологическим режимом (например: продолжительность рабочей смены, периодичность действия работы систем отопления и вентиляции и т.п.). В связи с периодическим действием систем кондиционирования микроклимата, возможно, что параметры воздушной среды не соответствуют допустимым значениям СНиПа [13]. В таких помещениях наблюдается выпадение конденсата на внутренней поверхности ограждающих конструкций, что является нежелательным явлением, приводящим к переувлажнению и разрушению конструкции. При длительных периодических тепловлажностных воздействиях в толще ограждающих конструкций происходит накопление влаги, которое ухудшает теплозащитные свойства конструкции.

Влажностный режим наружных ограждающих конструкций помещений при периодических тепловлажностных воздействиях изучен недостаточно. Возникла необходимость изучения в натурных условиях динамики параметров воздушной среды (температуры и влажности) при периодических воздействиях СКМ, их влияние на тепловлажностный режим ограждающих конструкций, а также сравнение результатов натурных исследований с математической моделью тепловлажностного режима помещения при периодических возмущающих внутренних и внешних воздействиях, полученной авторами [13,14].

Математическая модель, полученная авторами на основании решения уравнения теплопроводности и влагопроводности совместно с балансовыми уравнениями тепла и влаги воздушной среды помещения рассматривалась с позиции теории потенциала влажности, предложенной проф., д.т.н. Богословским В.Н. [8, 9, 10].

Распределение температуры и влажности в исследуемой области описывается уравнением теплопроводности с граничными условиями:

$$c_j \cdot p_j \frac{\partial t_j}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x}\left[\lambda_j(x) \cdot \frac{\partial t_j}{\partial x}\right]; \qquad (1)$$

где j – количество ограждений, x – толщина ограждающей конструкции, z – временная координата.

с граничными условиями для каждой составляющей с наружной стороны:

$$-\lambda_j^{н} \frac{\partial t_j}{\partial x}_{|x=0} = \alpha_j^{н}\left(t_j - t_{н}\right) + p_j \cdot \beta_j \cdot q_j; \qquad (2)$$

с внутренней стороны:

$$-\lambda_j^{в} \frac{\partial t_j}{\partial x}_{|x=\delta} = \alpha_{kj}\left(t_j - t_{в}\right) + \sum \alpha_{nj \neq i}\left(t_j - t_i\right) - \frac{\beta_{1j} \cdot \beta_{2j} \cdot F_0 \cdot q_j}{F_0} - (1-\rho_k)\frac{Q_{mx}}{F_0}; \qquad (3)$$

и уравнением влагопроводности с граничными условиями:

$$\eta_j(\theta,t) \cdot \rho_j \frac{\partial \theta_j}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x}[æ(\Theta,t)\frac{\partial \theta}{\partial x}]; \qquad (4)$$

для каждой составляющей с наружной стороны:

$$-æ_j^{н} \cdot (\theta,t)\frac{\partial \theta_j}{\partial x}_{|x=0} = \beta_{нj}\left(\theta_j - \theta_{н}\right); \qquad (5)$$

с внутренней стороны:

$$-æ_j^{в} \cdot (\theta,t)\frac{\partial \theta_j}{\partial x}_{|x=\delta} = \beta_{вj}\left(\theta_j - \theta_{в}\right); \qquad (6)$$

с начальными условиями для уравнений (1) и (4):

$$t_{jo}(o,x) = \varphi_{jo}(x); \qquad \theta_{jo}(o,x) = F_{jo}(x); \qquad (7)$$

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

Дифференциальные уравнения баланса по теплу и влаги воздушной среды:

$$\rho_k \cdot Q_{c.o} + \rho_k \cdot Q_м + G_в \cdot C_в (t_{пр} - t_в) + \sum \alpha_к \cdot F_j (t_j - t_в) = V_n \cdot \rho_в \cdot C_в \frac{\partial t_в}{\partial z} \quad (8)$$

$$W_{mx} + G_в \cdot \eta_в(\theta,t) \cdot (\theta_в - \theta_{пр}) + \sum \beta_j \cdot F_j (\theta_в - \theta_j) = V_n \cdot \rho_в \cdot \eta(\theta,t) \frac{\partial \theta}{\partial z}; \quad (9)$$

Алгоритмом расчета системы дифференциальных уравнений (1-9) предусматривается дискретизация времени и решение для каждого шага времени уравнений численным методом с помощью компьютерных программ. Комплекс программ, позволяет прогнозировать тепловлажностное состояние конструкций промышленных зданий и сооружений [13, 17].

С целью сравнения экспериментальных результатов натурных исследований с полученной математической моделью, авторами в качестве экспериментального объекта исследования был выбран красильный цех трикотажного предприятия Кыргызской Республики. Красильный цех представляет собой одноэтажное здание, размеры которого составляют 24*40*10 м, оборудованное приточно-вытяжной вентиляцией. Наружные стены здания выполнены из глиняного обыкновенного кирпича на цементно-песчаном растворе ρ=1800 кг/м^3, оштукатуренные с внутренней и внешней сторон цементно-песчаным раствором. Внутренняя поверхность стены окрашена масляной краской. Окна ленточного типа имеют двойное остекление в металлических рамках. Расстояние межстекольного пространства составляет δ=0,1 м.

Необходимо отметить, что основными источниками выделения теплоты и влаги в цехе являются: семь красильно-промывных машин типа МКП -1, две красильно-промывные машины типа МКПШ-1 и три красильно-промывных барабана типа КБ-50. Перечисленное оборудование работает в две смены. В цехе имеется приточная камера, подающая воздух через сеть. Схема размещения технологического оборудования в красильном цехе производственного трикотажного объединения представлена на рис.1.

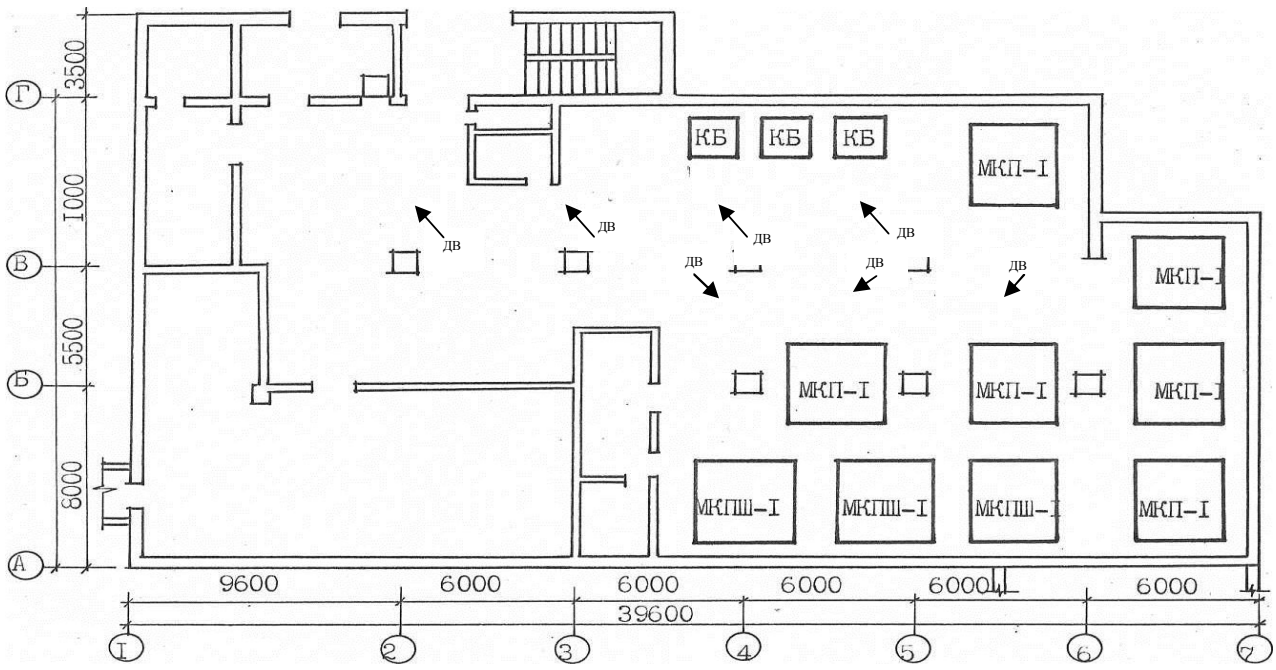

Рис. 1. Схема размещения технологического оборудования и датчиков влажности (ДВ) в красильном цехе промпредприятия

Для определения влияния параметров наружных климатических воздействий, а также температуры и потенциала влажности внутреннего воздуха в течение сменной работы технологического оборудования на составляющие тепловлажностного баланса цеха необходимо было провести натурные измерения.

При проведении натурных экспериментальных исследований тепловлажностного режима помещения (ТВРП) с целью сравнения с полученной математической моделью следует определить

температуру и потенциал влажности наружного воздуха, температуру и потенциал влажности внутреннего воздуха, а также величины теплопоступлений $Q_в$, влагопоступлений $W_в$ и данные по расходу воздухообмена $L_в$, при двухсменной работе технологического оборудования в течении суток и в различные периоды года.

Натурные исследования воздушной среды проводились в переходный, в зимний и в летний периоды времени года. В ходе натурных испытаний были определены нижеследующие параметры внутреннего и наружного воздуха:

- тепловлаговыделения от всех видов машин в течение суток;
- суточный ход температуры и потенциала влажности внутреннего воздуха;
- параметры воздуха на входе и выходе из воздухораспределительных устройств;
- температура и потенциал влажности на внутренней поверхности ограждения и внутренней среды.

Для определения температуры внутреннего и наружного воздуха в красильном цехе были установлены термограф метеорологический М-16 и гигрограф метеорологический М-21, с помощью которых регистрировались значения температур и относительной влажности в суточном разрезе при технологических процессах производства. Потенциал влажности воздушной среды в помещении определялся датчиком влажности (ДВ),изготовленным из листов фильтровальной бумаги размером 200 х 50 мм. Для более точного определения потенциала влажности воздуха в красильном цехе были установлены по три датчика влажности (ДВ) в различных точках помещения, удаленных друг от друга на расстоянии равном $S_р$=10 метров. Датчики влажности развешивались на строительных конструкциях красильного цеха таким образом, чтобы исключить воздействия солнечного излучения и влияния воздушных струй от приточно-вытяжной вентиляции. Схема расположения датчиков влажности и температуры в красильном цехе показана на рис. 1.

Температура датчика влажности замерялась медь-константановыми термопарами, подсоединенными к переносному потенциометру типа ПП-63 [15]. Влагосодержание фильтровальной бумаги ДВ определялось методом высушивания с использованием аналитических весов [16]. По определенным значениям температуры и влагосодержанию датчика влажности в шкале потенциала влажности [9] устанавливается потенциал влажности воздушной среды.

С помощью *J-d-Θ*диаграммы по графику зависимости $Θ= f(φ,t)$ [10]по измеренным значениям температуры и относительной влажности были определены значения потенциала влажности внутреннего воздуха$Θ_в$.

На рис. 2 и3 представлены экспериментальные данные (диаграммные ленты замеров) температуры и относительной влажности в суточном и недельном разрезах за зимний период времени (диаграммные ленты замеров температуры и относительной влажности). На рис. 5 представлен суточный ход температуры и относительной влажности за зимний период времени

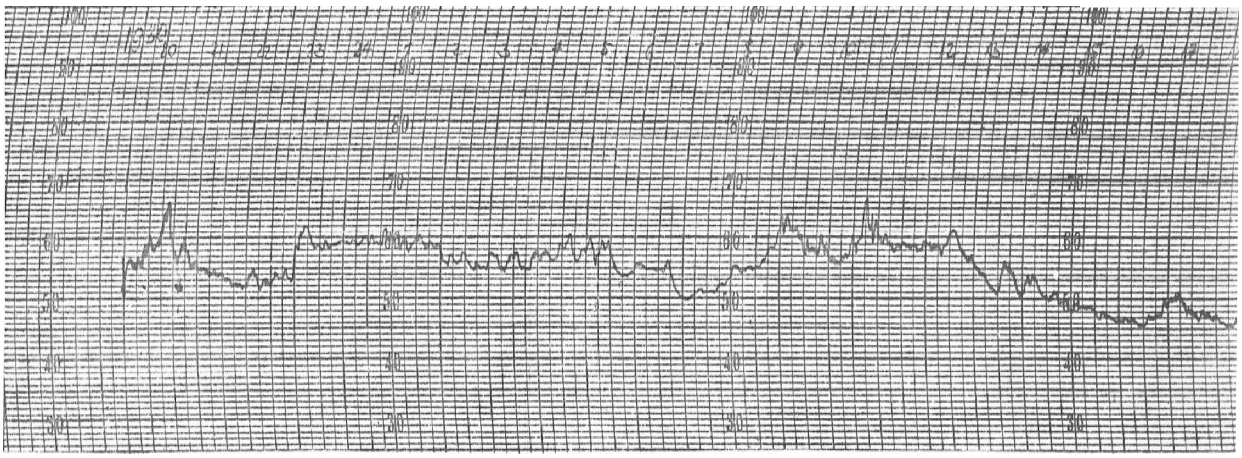

Рис. 2. Суточный ход относительной влажности внутреннего воздуха красильного цеха

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

Рис. 3. Недельный ход температуры внутреннего воздуха в красильном цехе

Температура и относительная влажность наружной среды регистрировалась суточными термографами и гигрографами, установленными на крыше красильного цеха в специальной метеорологической будке. Скорость воздуха наружной среды регистрировалась крыльчатым анемометром. Потенциал влажности наружного климата определялся по измеренным значениям температуры, относительной влажности наружного воздуха, солнечной энергии, скорости и направления ветра ($t_н$,$q_н$, $\varphi_н$, $\vec{\vartheta}$, i) [9, 11] .

Для проверки правильности проведения эксперимента параметры наружной среды $t_н$,$q_н$, $\varphi_н$, ü, í брались согласно метеорологическим данным, полученных на метеорологической станции г. Бишкек, расположенной на расстоянии 300 м от объекта исследования. Потенциал влажности наружного климата согласно метеорологическим данным определяется согласно вышеуказанному методу [9, 11] .

Тепло- и влагопоступления от основных источников выделения тепла и влаги, расположенных в исследуемом красильном цехе для летнего и зимнего периодов времени были получены в ходе реконструкции отопительно-вентиляционного оборудования. Параметры воздушной среды, общие поступления тепла в помещение, воздухообмен и влагопоступления в красильном цехе предоставлены руководством Минлегпрома КР.

В ходе натурных экспериментальных испытаний в зимнем, летним и переходном периодах года, проведенных в красильном цехе объекта обследования были впервые получены нижеследующие данные для условий г. Бишкек Кыргызской Республики:

-суточный ход температуры и потенциала влажности внутреннего воздуха, а также ход потенциала влажности, замеренный датчиком влажности при двухсменной работе технологического оборудования в летний, зимний и переходный периоды года (рис.4);

- суточный ход температуры и потенциала влажности наружного климата в летний, зимний и переходный периоды года, полученные в ходе экспериментальных исследований (рис. 5);

- усредненные значения температуры летнего и зимнего периодов года, полученные по данным натурных исследований и метеорологическим данным станции г. Бишкек, а также потенциала влажности, полученный с помощью датчика влажности, изготовленного из фильтровальной бумаги (внутренняя среда) и рассчитанный по предложенной авторами [4] формуле (наружная среда) (рис. 6 и 8);

- теплопоступления $Q_в$ и влагопоступления $W_в$, а также данные воздухообмена $L_в$, измеренные в процессе двухсменной работы технологического оборудования (рис.9).

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

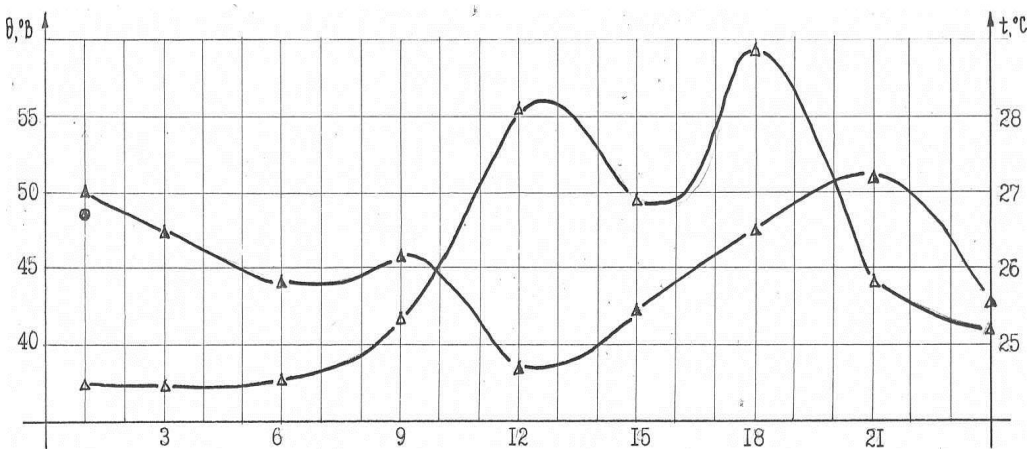

Рис. 4. Суточный ход температуры и потенциала влажности внутреннего воздуха в красильном цехе (зимний период года), замеренные термографами и датчиками влажности

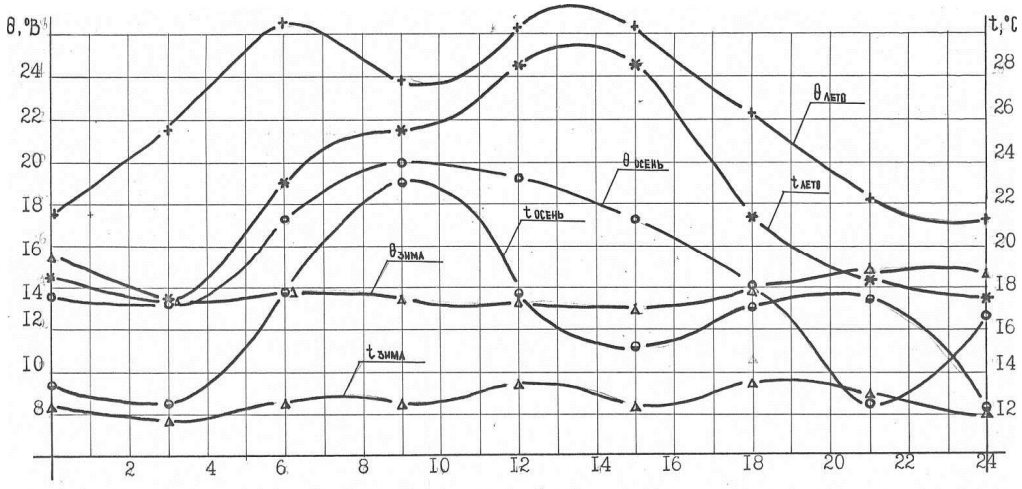

Рис. 5. Суточный ход температуры и потенциала влажности $\Theta_н$ наружного климата в летний, осенний и зимний периоды года (натурные исследования)

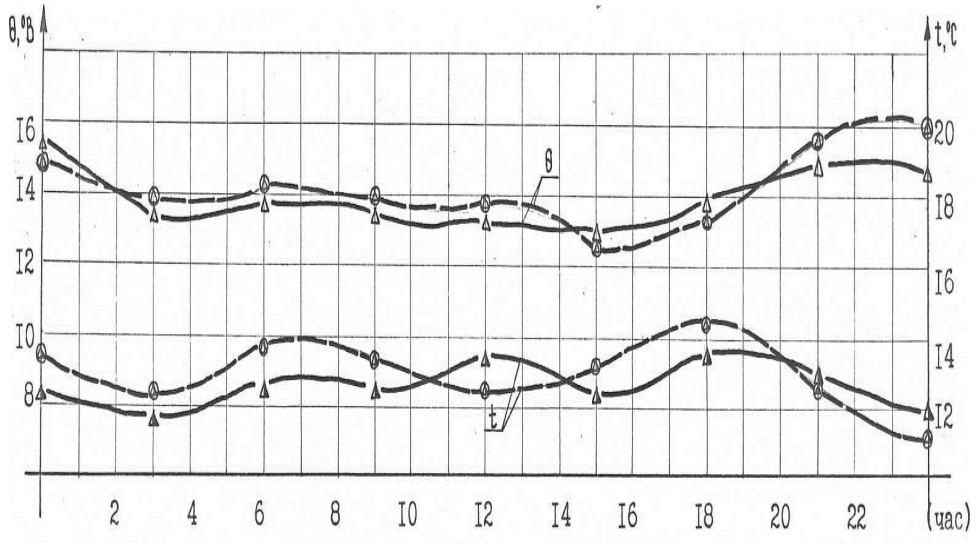

Рис. 6. Суточный ход температуры и потенциала влажности наружного воздуха в зимний период времени

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

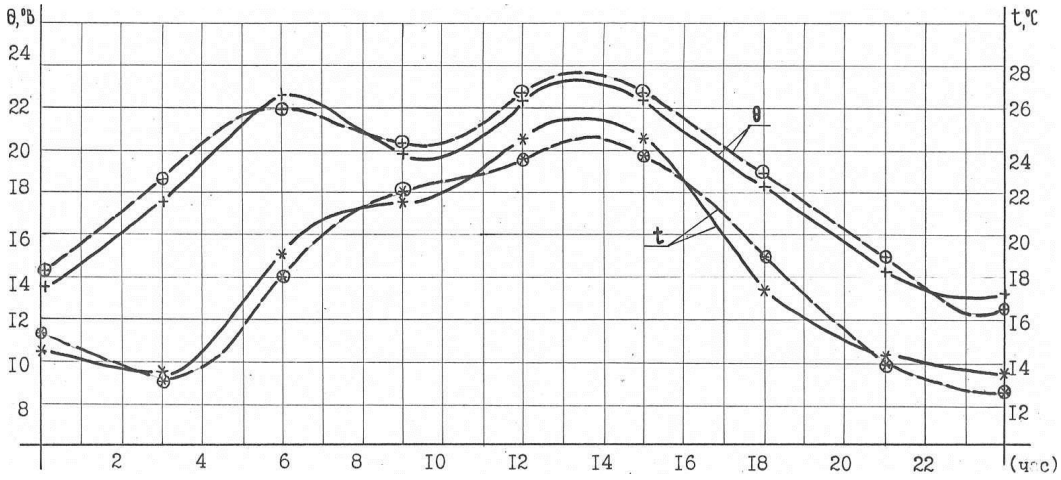

Рис.7. Суточный ход температуры и потенциала влажности наружного воздуха (летний период года)

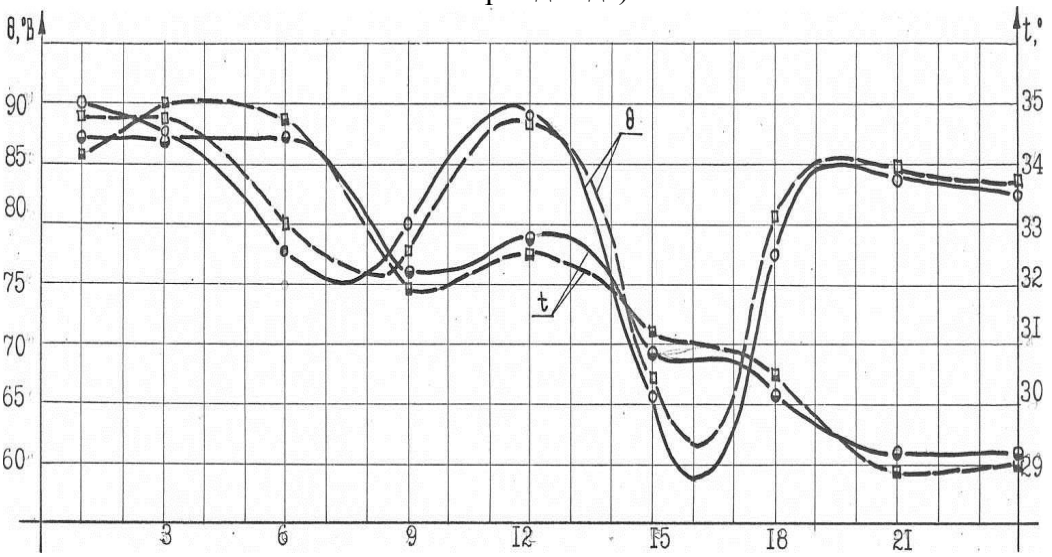

Рис. 8. Суточный ход температуры и потенциала влажности внутреннего воздуха в красильном цехе (осенний период), замеренные термографами и датчиками влажности

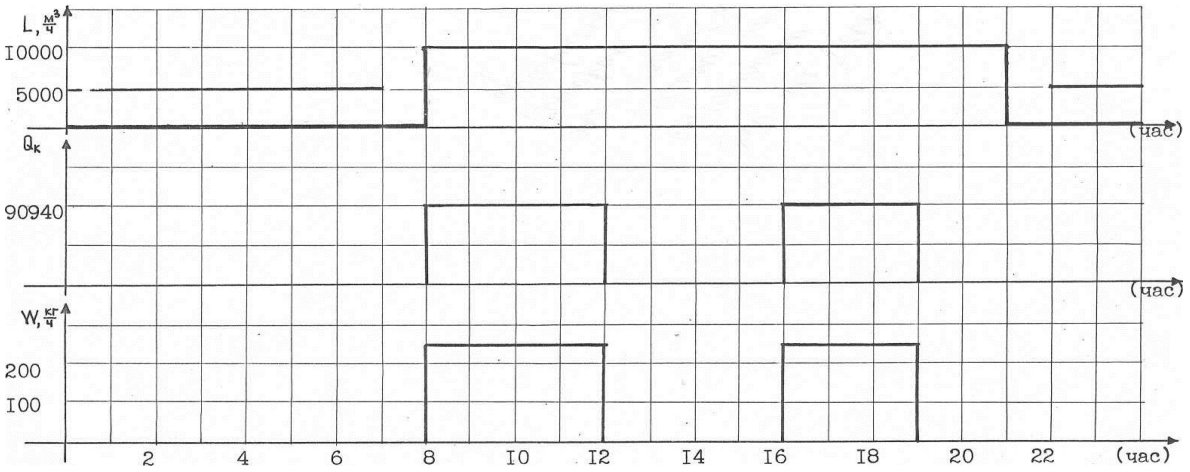

Рис. 9. Данные внутренних возмущающих воздействий: воздухообмен L, теплопоступления Q_k и влаговыделения W при двухсменной работе технологического оборудования (натурные исследования)

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

С помощью комплекса программ проведены расчеты нестационарного тепловлажностного режима помещения красильного цеха при полученных в результате натурных обследований внутренних и внешних возмущающих воздействиях.

Сравнение результатов расчета, полученных для различных периодов года (летнего, зимнего и осеннего) производилось по предложенной авторами математической модели тепловлажностного режима помещении. На рис. 10 представлены входные параметры наружного климата $t_н$, $\Theta_н$, $Q_{с.р.}$, вводимые в программу для определения тепловлажностного режима помещения на примере осеннего периода времени года.

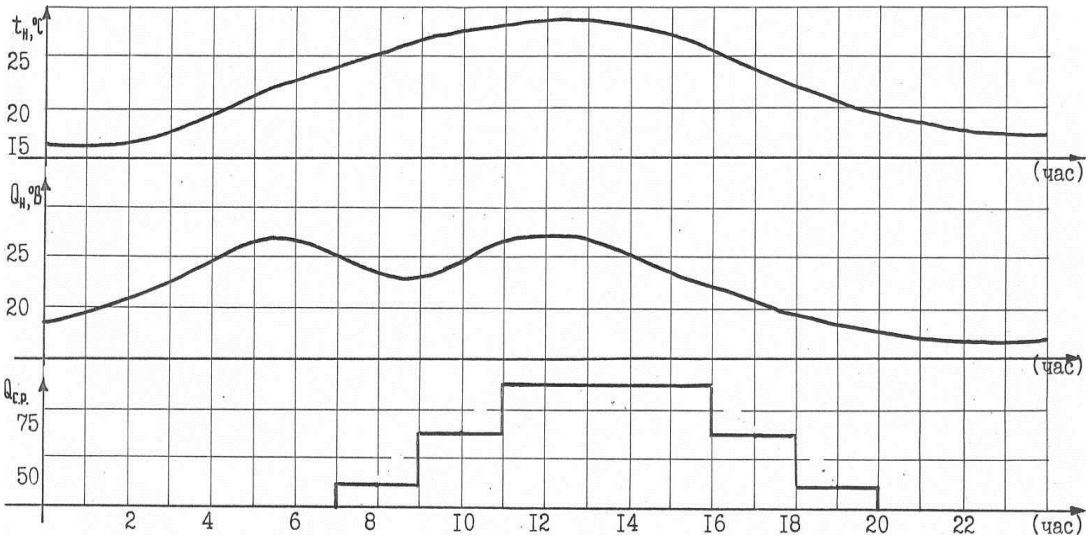

Рис. 10. Входные параметры наружного климата $t_н$, $\Theta_н$, $Q_{с.р.}$, вводимые в программу для определения тепловлажностного режима помещения в осенний период

На рис. 11. показаны результаты сопоставления расчетных кривых, полученных с помощью комплекса программ на ЭВМ, с натурными данными для летнего, зимнего и осеннего периодов года. Полученные сопоставленные графики в суточном разрезе показывают качественное сходство кривых (расчетных и натурных). Расхождения между натурными исследованиями и предложенной математической моделью тепловлажностного режима помещения, составляющие около 20%, вызваны неполным соответствием между явлением и математической моделью.

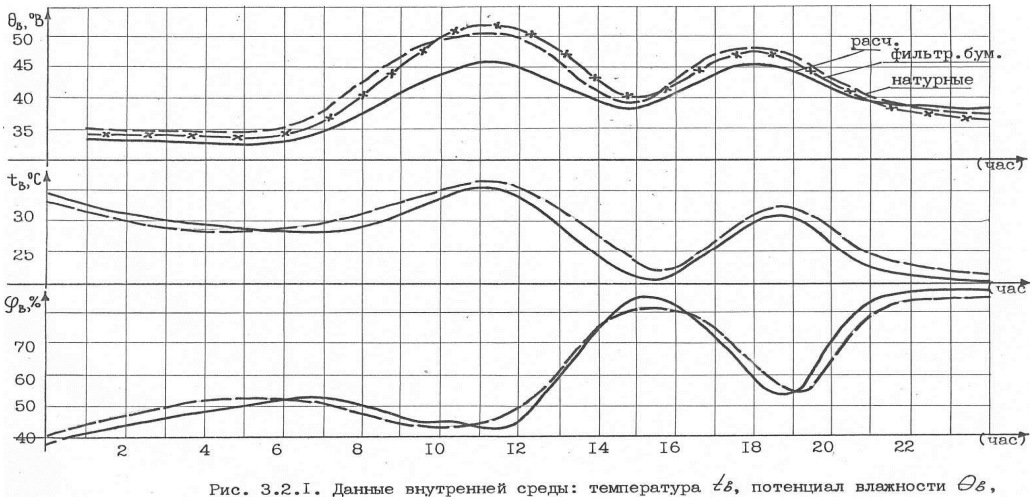

Рис. 3.2.I. Данные внутренней среды: температура $t_в$, потенциал влажности $\Theta_в$,

Рис.11. Данные внутренней среды: температура $t_в$, потенциал влажности $\Theta_в$, относительная влажность $\varphi_в$, полученные в результате сопоставления с моделью ТВРП

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

Таким образом, полученная авторами математическая модель тепловлажностного режима помещения позволяет рассчитывать динамику изменения параметров воздушной среды при внутренних и внешних возмущающих воздействиях в различных климатических районах, включая территорию Кыргызской Республики.

Выводы. 1.Предложена физико-математическая модель тепловлажностного режима влажных помещений при периодических поступлениях тепла и влаги. Составлена программа расчета тепловлажностного режима наружного ограждения влажных цехов при периодических поступлениях тепла и влаги.

2. Проведены натурные исследования в красильном цехе г. Бишкек по определению динамики температуры и влажности при периодических поступлениях тепла и влаги.

3. Проведен сравнительный анализ результатов натурных исследований на предприятии промышленности г. Бишкек с физико-математической моделью тепловлажностного режима влажных помещений при периодических поступлениях тепла и влаги. Результаты внедрены на промышленном предприятии г.Бишкек Кыргызской Республики.

Список литературы

1. Боронбаев Э.К. Исследование теплового режима мавзолея Шах-Фазиль [Текст] / Э.К.Боронбаев, Д.Д.Иманкулов, А.М.Абдылдаева, Б.В. Абрамов, Ю.В. Поляков // Вестник КГУСТА. 2017. №1(55). – С. 181-187.
2. Боронбаев Э.К. Пути улучшения теплового режима и сохранности мавзолея Шах-Фазиль [Текст] / Э.К.Боронбаев, Д.Д.Иманкулов, А.М.Абдылдаева, Б.В. Абрамов, Ю.В. Поляков // Вестник КГУСТА. - 2017. - № 1 (55). – С. 187-191.
3. Боронбаев Э.К. Натурные экспериментальные исследования теплового режима мавзолея Шах-Фазиль [Текст] / Э.К. Боронбаев, А.М. Абдылдаева, Б.В. Абрамов, К.К. Муханова, Ю.В. Поляков // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2017. № 1. – С. 45-48.
4. Боронбаев Э.К. Натурные исследования суточного изменения температуры на внешней и внутренней поверхностях наружных стен здания [Текст] / Э.К. Боронбаев // Промышленное и гражданское строительство. – 2011. – № 2. – С. 57-58.
5. Жыргалбаева Н.М. Натурные экспериментальные исследования теплового микроклимата в помещениях с комнатными растениями и ночным проветриванием [Текст] / Н.М. Жыргалбаева// Вестник КГУСТА. – Бишкек: 2017. – Выпуск 4(58) – С. 163-169.
6. Боронбаев Э.К. Концепция оптимизации «ножниц» потерь и поступлений теплоты здания [Текст] / Э.К. Боронбаев // Объединенный научный журнал. – Москва: Тезарус, 2002. – № 31 (54). – С. 64-67.
7. Боронбаев Э.К. Графики оптимизации круглогодичных режимов теплообеспечения микроклимата в здании [Текст] / Э.К. Боронбаев // Известия вузов. Строительство. – Новосибирск, 2004. – № 10. – С. 60-64.
8. Богословский В.Н. Исследования температурно-влажностного режима наружных ограждений зданий методом гидравлических аналогий [Текст] / В.Н.Богословский // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук Москва: 1954. –18 с.
9. Тертичник Е. И. Шкала потенциала влажности для изотермических и неизотермических условий влагопередачи [Текст] / Е. И. Тертичник // Труды / Моск. инженер.-строит. ин-т. 1976. - № 19. - С. 55-60.
10. Богословский В.Н. Основы теории потенциала влажности материала применительно к наружным ограждениям оболочки зданий [Текст] / В.Н.Богословский // Под реакцией В.Г.Гагарина. - Москва: 2013. – С.112.
11. Богословский В.Н. К определению потенциала влажности наружного климата [Текст] / В.Н. Богословский, Б.В. Абрамов // Сб. тр. МИСИ. - 1980.- Вып. 176.-С. 33-41.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

12. Богословский В.Н. Оптимизация систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха и теплогазоснабжения.[Текст] / В.Н. Богословский, Н.И.Жирнов, А.А. Ионин. – Москва: 1980.– С.203.

13. СНиП КР 23-01:2013. Строительная теплотехника (Тепловая защита зданий) [Текст]: утв. Госстроем КР: взамен СНиП КР 23-01:2009: дата введ. 01.07.2013 г.– Бишкек,2013.– 58 с.

14. Богословский В.Н. К вопросу нестационарного тепловлажностного режима наружных конструкций на основе теории потенциала влажности [Текст] / В.Н.Богословский, Е.И.Тертичник, Г.Т. Касымова // Республ. научно-практическая конференция. Проблемы совершенствования производства стеновых материалов с целью индустриализации строительства и сейсмостойкости зданий // Госстрой КР, правление ВНТО «Стройиндустрия». Бишкек: ФПИ.1990.– С. 33.

15. ГОСТ 24104-80. Весы лабораторные общего назначения и образцовые. Общие технические условия Указатель 1988.Госстандарты СССР. Том 4. – С. 33

16. Тертичник Е.И. Тепловлажностный режим наружных ограждений при периодической работе системы кондиционирования микроклимата (СКМ) [Текст] / Е.И.Тертичник, Г.Т.Касымова // Республ. научно-практическая конференция. Совершенствование методов рационального использования водных ресурсов /// Госкомприроды КР Минводхоз КР, МНО КР. Бишкек: ФПИ, 1989. - С. 91-92.

17. Межгосударственный стандарт ГОСТ 9245-79. Потенциометры постоянного тока измерительные. Общие технические условия.Госстандарта СССР, 26 марта 1979 г. N 1067. Взамен ГОСТ 9245- 68 1973 г.