

Г. Е. Жидеқұлова<sup>1</sup>, М.Қуандықұлы<sup>1</sup>

<sup>1</sup>М.Х.Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қ., Қазақстан

## ЖЫЛУ АЛМАСУ ПРОЦЕСІН DELPHI ОРТАСЫНДА ҰЙЫМДАСТЫРУ

---

---

**Түйіндеме.** Мақалада қазіргі таңда кездесетін жылу алмасу процесінің математикалық есептеулерін қолдану арқылы бағдарлама құру жолымен стерженнің қызуын, пластинкадағы жылу таралымын компьютерлік модельдеу және т.б. мәселелер қарастырылып, параллельді есептеулер ұсынылды. Жылу алмасу процесін Delphi ортасында ұйымдастыру барысында: жылу алмасу жағдайының әдістемелік-теориялық негіздері қарастырылды; біріккен ақпараттық кеңістік қамтылды және біріккен ақпаратты ресурстармен басқарусаясаты кірістірілді; жылу алмасуды компьютерлік модельдеу құрылып, жылуды қамту жағдайларын параллельді есептеудің математикалық моделі мен программасы жасалды. Бағдарламалық жобаның жүзеге асуын қамтамасыз ететін әдістер қарастырылды, олардың ішінде параллельді программалар физикалық түрде жалғыз процессор арқылы әрбір есептеулерді қадам арқылы есептеу процестері жүргізіледі немесе параллельді – әрбір есептеу процестеріне бір немесе бірнеше процестерді белу арқылы іске асырылды.

**Түйінді сөздер:** жылу алмасу, стерженнің қызуы, пластинканың жылу алмастыруы, жылудың конвекциясы, жылу еткізгіштік, компьютерлік модельдеу.

...

**Аннотация.** В статье рассматривается на основе математических расчетов теплообмена и с использованием программирования процесс компьютерного моделирования теплообмена на пластине и нагревание стержня и параллельные вычисления теплообменных процессов. При организации процесса теплообмена в среде Delphi: рассмотрены методологические и теоретические основы условий теплообмена; охватили единое информационное пространство и внедрили политику совместного управления информационными ресурсами; создано компьютерное моделирование теплообмена, разработана математическая модель и программа для параллельного расчета условий теплоснабжения. Были рассмотрены способы обеспечения реализации проекта программного обеспечения, в которых параллельные программы физически реализовывались одним процессором

- каждый расчет выполняется пошаговыми вычислительными процессами или параллельно - путем разделения одного или нескольких процессов на каждый вычислительный процесс.

**Ключевые слова:** теплообмен, нагревание стержня, пластинчатый теплообмен, тепловая конвекция, теплопроводность, компьютерное моделирование.

• • •

**Abstract.** Based on mathematical calculations of heat transfer and using programming, the article considers the process of computer simulation of heat transfer on a plate and rod heating and parallel calculations of heat transfer processes. The methodological and theoretical foundations of heat transfer conditions are considered when forming a heat transfer process in a Delphi environment—covering a common information space and implemented a policy of joint management of information resources; and crating computer simulation of heat transfer, to develop a mathematical model and a program for the parallel calculation of heat supply conditions. The article also considers ways to ensure the implementation of a software project in which parallel programs were physically implemented by a single processor — each calculation is performed by step-by-step computational processes or in parallel — by dividing one or more processes into each computational process.

**Keywords:** heat transfer, heating rod, plate heat transfer, thermal convection, thermal conductivity, computer simulation.

**Кіріспе.** Жылудың конвекциясы әрқашан жылуөткізгіштікпен қосарласып келеді. Жылудың конвекциямен және жылу өткізгіштікпен қатар тасымалдану процесі конвективті жылу айырбас деп аталады. Қатты бет және сұйықтық (немесе газ) арасындағы жылулықпен айырбас конвективті жылу айырбас немесе жылу беру деп аталады. Булы қазандарда жылудың оттық ғаздан қайнатпалық құбырдың сыртқы беттеріне тасымалдану процесі барысында жылу айырбастың үш түрі бір уақытта қатысады – жылу өткізгіштік, конвекция және жылулық сәулелену. Қайнатпалық құбырдың сыртқы беттерінен ішкі беттеріне күйе қабаты, металл қабырғасы және тосап қабаты арқылы жылу жылуөткізгіштік жолымен беріледі. Құбырлардың ішкі беттерінен суға конвекция арқылы да жылуөткізгіштік жылу беріледі. Демек, жылудың ету кезеңдерінде жылу айырбастың элементарлық түрлері әртүрлі үйлестірулерде кездеседі. Есеп-қисаптарда осындай күрделі процестерді кейде біртұтас деп санау мақсатқа лайықты. Дәл осылай, ыстық сұйықтықтан салқынға оларды белуші қабырға арқылы жылудың берілуі жылу жеткізу процесі деп аталады.

**Зерттеу әдістері.** Жылу өткізгіштік құбылысы дегеніміз әртүрлі температуралы денелердің бөлшектерінің немесе тұтастай денелердің жанасуы кезіндегі энергияның таралу процесі. Жылу өткізгіштік құбылысының ішкі механизмі молекулалық-кинетикалық түсініктер негізінде түсіндіріледі; энергия тасымалдануы дене тұратын микробөлшектер (молекулалар, атомдар, электрондар) арасындағы энергетикалық әрекеттестіктер және жылу қозғалысы арқылы жүзеге асады.

Бір денеден екінші денеге уақыт бірлігінде берілетін жылу мелшерін жылу ағыны деп атайды және ол Дж/с немесе Вт елшенеді. Жылу тасымалдағыштардың өзара жылу алмасуында ыстық жылу тасымалдағыштың энтальпиясы кеміп, суық жылу тасымалдағыштың энтальпиясы кебейеді. Төмендегі белгілерді қабылдайық:

$G_1, G_2$  - ыстық және суық жылу тасымалдағыштың мелшерлері, кг/с;

$I_{16}, I_{2c}$  - ыстық жылу тасымалдағыштың бастапқы және соңғы энтальпиялары, Дж/кг;

$Q$  - суық жылу тасымалдағыштың бастапқы және соңғы энтальпиялары, Дж/кг;

$Q_{\text{ыст}}$  - ыстық жылу тасымалдағыштан суық жылу тасымалдағышқа берілетін жылу мелшері, Вт;

$Q_{\text{ш}}$  - аппараттан қоршаған ортаға шығындалған жылу мелшері, Вт.

Онда жылу балансының теңдеуі:

$$G_1 I_{16} + G_2 I_{26} = G_1 I_{1c} + G_2 I_{2c} + Q_{\text{ш}} \quad (1)$$

$$G_1 (I_{16} - I_{1c}) = G_2 (I_{2c} - I_{26}) + Q_{\text{ш}}$$

Мұнда  $Q_{\text{ыст}} = G_1 (I_{16} - I_{1c})$  - ыстық жылу тасымалдағыштың берген жылуы, ал  $Q_{\text{суық}} = G_2 (I_{2c} - I_{26})$  - суық жылу тасымалдағышқа берілген жылу мелшері.

Демек,  $Q_{\text{ыст}} = Q_{\text{суық}} + Q_{\text{ш}}$ , яғни ыстық жылу тасымалдағыштың берген жылуы суық жылу тасымалдағышты ысытуға және қоршаған ортаға таралатын жылудың орнын толтыруға жұмсалады. Жылу алмастырғыш аппараттардағы жылу шығыны 2-3 % тен аспайды және оларды есепке алмауға болады. Онда жылу балансының теңдеуін

былай жазуға болады:

$$Q = Q_{\text{ыст}} = Q_{\text{суық}}$$

немесе

$$Q = G_1(I_{1б} - I_{1с}) = G_2(I_{2с} - I_{2б}) \quad (2)$$

Егер жылуалмасу процесінде жылу тасымалдағыштардың агрегаттық күйі өзгермесе, онда олардың энтальпиялары жылу сыйымдылықтарымен температураның көбейтіндісіне тең болады:

$$\begin{aligned} I_{1б} &= G_{1б} \cdot t_{1б}; & I_{1с} &= G_{1с} \cdot t_{1с} \\ I_{2б} &= G_{2б} \cdot t_{2б}; & I_{2с} &= G_{2с} \cdot t_{2с} \end{aligned} \quad (3)$$

мұндағы  $G_{1б}$  және  $G_{1с}$  - ыстық жылу тасымалдағыштың 0 деп  $t_{1б}$  -ге (аппаратқа кірерде) және  $t_{1с}$  - ға (аппараттан шығарда) дейінгі аралықтағы орташа жылу сыйымдылықтары;

$G_{2б}$  және  $G_{2с}$  - суық жылу тасымалдағыштың 0- $t_{2б}$  және 0- $t_{2с}$ -ға аралығындағы орташа жылу сыйымдылықтары.

Техникалық есептеулерде энтальпияларды берілген температураларда анықтамалардан немесе жылу және энтропиялық диаграммалардан анықтайды.

Кеңістіктегі температуралары бірдей нүктелердің геометриялық орны изотермиялық бетті құрайды. Мұндай беттер ешқашан бір-бірімен қиылыспайды [1]. Температуралар өрісінің әртүрлі нүктелеріндегі температураның өзгеру қарқындылығының дәрежесін температуралық градиент арқылы сипаттайды. Екі изотермиялық беттің температуралар айырмасы  $|\Delta t|$  -ның осы беттердің норма бойынша арақашықтығына  $|\Delta n|$ -ге қатынасының шегі температуралық градиент деп аталады және  $grad t$  деп белгіленеді:

$$\lim_{\Delta n \rightarrow 0} \frac{\Delta t}{\Delta n} = \frac{\partial t}{\partial n} = grad t \quad (4)$$

Бұл градиент векторлы шама және оның бағыты температураның өсу бағытына сәйкес болады. Жылу ағыны  $grad t \neq 0$  болған шартта ғана пайда болады. Жылу ағынының бағыты температураның төмендеу бағытына сәйкес болады. Температура өрісінің әртүрлі

нүктелерінде жылу ағынының шамасы да бағыты да әртүрлі болуы мүмкін. Жылу ағыны температуралық градиентке тура пропорционал, ал бағыттары қарама-қарсы, яғни

$$Q = -\frac{\partial t}{\partial n} \quad (5)$$

Фурье заңы жылу өткізгіштіктің негізгі заңы болып табылады. Бұл заң бойынша: жылу ағынына перпендикуляр  $dF$  бет арқылы  $d\tau$  уақытта өтетін жылу мөлшері  $dQ$ , температуралық градиентке  $\frac{\partial t}{\partial n}$  /-ке бетке  $|dF|$  және уақытқа  $|d\tau|$  тура пропорционал;

$$dQ = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} dF d\tau \quad (6)$$

немесе уақыт бірлігінде  $1\text{ м}^2$  арқылы өткізілген жылу мөлшері;

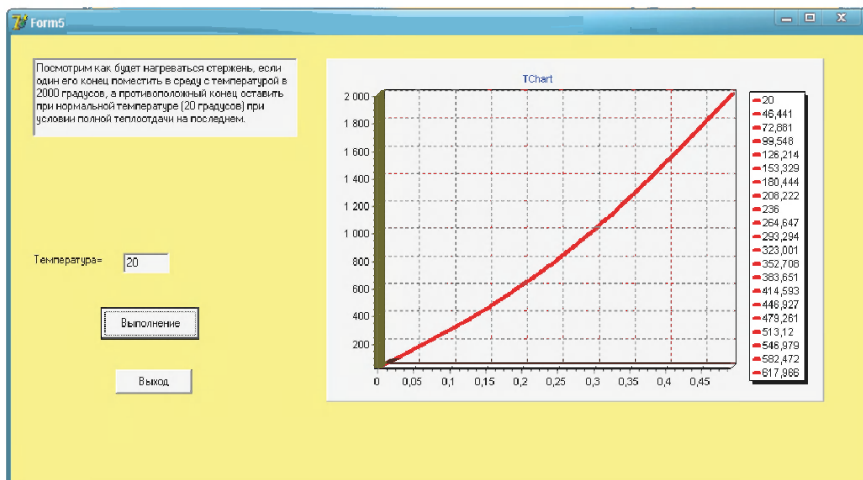
$$q = \frac{Q}{F\tau} = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} \quad (7)$$

$q$ -жылу ағынының тығыздығы деп аталады. (5) және (7)-теңдеулеріндегі минус таңбасы жылу температураның төмендеу бағытына қарай берілетінін көрсетеді. Мұндағы  $\lambda$  – жылу өткізгіштік коэффициенті деп аталады. Жылу алмасу кезінде жылу тасымалдағыштардың агрегаттық күйі өзгермесе, онда жылу тасымалдағыштар параллель және қарама-қарсы қозғалған және бұмен ысытқан кезде (5 және 6) формулалардан жылу тасымалдағыштардың температураларының орташа айырымын анықтайды. Осы қарастырылып отырған жылу алмасуды компьютерлік модельдеу мен параллельді есептеу процестерін жобалау программалаудың модульді программалау әдісі арқылы жүзеге асырылады [2].

**Нәтижелер және түсіндіру.** Берілген программада барлық программалық модульдер автоматтандырылған деректер банкісімен ақпараттар арқылы байланыстырылады және функционалды өз бетінше жұмыс істеу қабілетіне ие. «Теплообмен» папкасын ашып Project 1-ді іюке қосамыз және 1-ші суретіне сәйкес программаның титул парағын аламыз. Жылу алмасу компьютерлік модельдеу программасында Программаны басқару «ОК» түймесін басу арқылы іюке асырылады, 1-ші суретіне сәйкес негізгі мәзір терезесіне өтеміз.

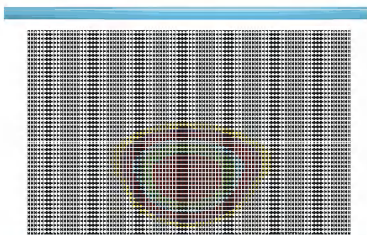


Егер «Нагревание стержня» мәзірін ашатын болсақ, онда 3-ші суретіне сәйкес стерженнің қызу процесінің ғрафикалық керінісі келтірілген.



Сурет 3 – Стержннің қызу процесінің ғрафикалық керінісі

Пластинкалы жылу алмастырғыштағы жылу алмасу процесінің басталу кезеңін 4-ші суретіне сәйкес, ал жалғасын 5-ші суретіне сәйкес байқауға болады.



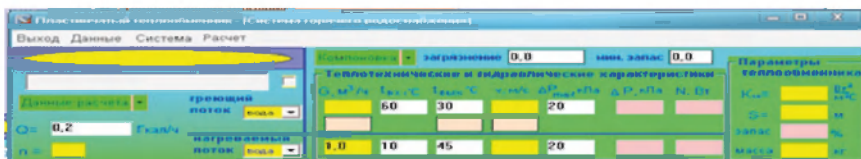
Сурет 4 – Жылу алмасу процесінің басталуы



Сурет 5 – Жылу алмасу процесінің жалғасу эффекті

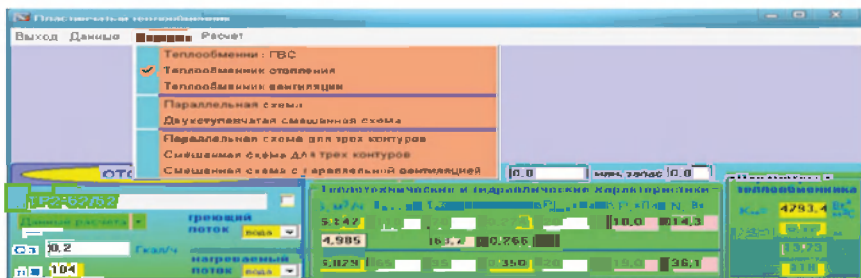
Жылу алмасуды компьютерлік модельдеуді ұйымдастыру жүйесі, басқару процесін орындау үшін, сонымен қатар жылуалмасу процесінің кептеген есептеулерін жылдамдату мен жылу алмасу процесінің орындалу барысын қадағалауға мүмкіндік береді.

Параллельді есептеуші мониторингiсiнiң орындалуы үшiн интегралдық көрсеткiштер керек. Ол көрсеткiштер ыстық су компоненттерiнiң өзгеруiн сипаттайтын және жылу беру шарттарында және екеуiнiң арасындағы байланысты сипаттайды. Интегралды көрсеткiштер жылу алмасу жүйелерiнiң потенциалды өзгеруiне ықпал етуiн көрсетуi керек. Кез келген жылу алмасуды компьютерлiк модельдеу және параллельдi есептеу гидротермиялық режимге бағытталған тұтыну мүмкiндiктерi мынаған алып келiп соғады, осы немесе басқа да материалды және энергия байланысының бағыты заттық немесе энергияның қосымша түсуiмен байланысты. Қорытысында, табиғаттық жүйеде геологиялық және биологиялық су айналымы және химиялық заттардың айналымының бағыты өзгередi де табиғаттық жүйе компоненттерiнiң жаңа қасиетпен ерекшеленген табиғаттың қалыптасуына ықпал етедi. Жылу алмасуды есептеу кiрiс деректерi негiзiнде iске асырылады. Әрбiр пластинкалы жылу алмасуды есептеу жеке турде жүргiзiледi.



Сурет 6 – Платинкалы жылу алмасуда ыстық сумен қамтамасыз ету параметрлерін есептеу.

Әртүрлі пластинкалы жылу алмасуды есептеу үшін кiрiс деректерi қажет. Онсыз нақты есептеу мүмкiн емес. Осы көрiнiс 7-шi суретiне сәйкес келтiрiлген.



Сурет 7 – Платинкалы жылуалмасуда жылу беру параметрлерін есептеу.



**Тұжырым.** Жылу алмасуды компьютерлік модельдеуді ұйымдастыру жүйесі, басқару процесін орындау үшін сонымен қатар, жылу алмасу процесінің көптеген есептеулерін жылдамдату мен жылу алмасу процесінің орындалу барысын қадағалауға мүмкіндік береді.

### Әдебиеттер

1 *Авчухов В.В., Паюсте Б.Я.* Задачник по процессам тепломассо обмена. — М. : Энергоиздат, 1986. — 144 с.

2 *Темирбаев Д.Ж.* Тепломассообмен: Решение задач с использованием ЭВМ. — Алматы: АИЭС, 2004. — 64 с.

3 *Harry, Gordon and Gita Alaghband.* Fundamentals of parallel processing // Published by Pearson Education Inc.- 2013. ISBN: 0-13-901158-7. — 155p.

**Жидекулова Г.Е.**, кандидат технических наук, доцент,  
e-mail: gul2006@mail.ru

**Қуандықұлы М.**, магистрант, e-mail: B.boy.ner@bk.ru