

Gülağa Məmi oğlu Qənbərov

**QORUYUCU KONSTRUKSİYALARIN
İSTİLİK FİZİKASI**

Bakı – 2003

BBK 38.113
UDK 697.1 (075.8)

69
C 93

Elmi redaktoru: t.e.n. dosent M.Ə.Mərdanov

Rəy verənlər: t.e.d. Professor, Azərbaycan Respublikası
Milli Elmlər Akademiyasının müxbir üzvü Q.İ.Calalov
t.e.n. dosent N.B.Ağayev

252508

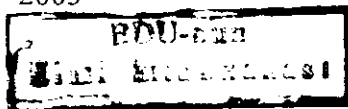
Gülağa Məmi oğlu Qənbərov
Qoruyucu konstruksiyaların istilik fizikası. Bakı, Elm,
2003, 236 səh., şəkilli

İSBN5-8066-1540-5

Bina və qurğuların xarici qoruyucu konstruksiyalarının stasionar və qeyri-stasionar istilik-nəmlik ötürülməsi prosesləri, binanın hava rejimləri, istilik dayanıqlığı, istiliyin tənzimlənməsinin bəzi məsələləri, istilik proseslərinin amplitud-faza xarakteristikası, mikroiklimi təmin edən sistemlərə verilən istiliyə sərf olunan yanacaq-enerji resurslarına qənaət edilməsi, qoruyucu konstruksiyalarda istilik kütlə mübadiləsi proseslərinin məqsədyönlü idarə olunması məsələlərinin həlli şərh edilmişdir.

Xarici qoruyucu konstruksiyaların istilik fizikası problemləri ilə məşğul olan elmi işçilər, aspirantlar, magistrələr, inşaat-memarlıq sahəsində çalışan, layihə-konstruktor müəssisələrində işləyən mütəxəssislər və ali təhsil müəssisələrinin tələbələri üçün nəzərdə tutulmuşdur.

Q 1603000000
655(07) – 2003



©Qənbərov G.M.
Elm nəşriyyatı, 2003

ÖN SÖZ

Elm və texnikanın inkişafı inşaat istilik fizikası sahəsində mütəxəssislər və tədqiqatçılardan bina və qurğuların xarici qoruyucu konstruksiyalarında baş verən istilik-kütlə mübadiləsi prosesləri problemlərinin öyrənilməsi məsələlərini tələb edir. Xarici qoruyucu konstruksiyaların layihələndirilməsi və istismarı zamanı istilik-kütlə mübadiləsi prosesinin nəzəri və eksperimental tədqiqi böyük əhəmiyyət kəsb edir.

Otaqlarda istilik şəraitinin təmin olunması və komfort şəraitin yaradılması üçün xarici qoruyucu konstruksiyalarda istilik və kütlə mübadiləsi proseslərinin analizi və hesabı aparılmalıdır. Bu proseslərə baxmaq üçün aşağıdakıları bilmək lazımdır:

- ♦ daxili iqlim göstəricilərinə olan tələbat;
- ♦ səthlərdə istilik-kütlə mübadiləsi prosesləri;
- ♦ xarici qoruyucu konstruksiyalardan ötürülən istilik, nəmlik və havanın xüsusiyyətləri;
- ♦ xarici havanın parametrlərinin xarakteristikası və dəyişmə qanunauyğunluqları.

Hal-hazırda xarici qoruyucu konstruksiyaların istilik mübadiləsi proseslərinin tədqiqinə həsr edilmiş çoxlu sayda tədqiqat işləri mövcuddur. Həmin işlərdə mikroiqlimi təmin edən sistemlərə daim artan tələbatı ödəmək, həmçinin bununla əlaqədar olaraq yanacaq-enerji resurslarına qənayyət etmək üçün elmi əsaslandırılmış metodlar verilmişdir.

Xarici qoruyucu konstruksiyaların istilik ötürməsi riyazi modelləşdirmə və bu əsas üzərində qurulmuş kənar şərtləri ödəyən istilikötürmənin diferensial tənliyinə əsaslanır.

Lakin xarici qoruyucu konstruksiyalarda istilikötürmənin həlli və hesabı hal-hazırkı dövrdə stasionar rejimdə aparılır. Bu onunla əlaqədardır ki, istilikkeçirmə tənliyinin qeyri-stasionar şəraitdə həlli mürəkkəb inteqrallar və törəmələrin kombinasiyası şəklində olan qeyri elementar funksiyalar vasitəsilə ifadə olunur. Bu isə qoruyucu konstruksiyaların səthində və daxilində istilik-kütlə mübadiləsi proseslərini analiz etməyə imkan vermir.

Kitabda xarici qoruyucu konstruksiyalarda qeyri-stasionar şəraitdə istilik rejimlərinin sadələşdirilmiş modelləri verilmişdir. Bu modellər yuxarıda göstərilmiş çatışmamazlıqları aradan qaldırır.

Həmçinin kitabda qoruyucu konstruksiyalarda istilik proseslərini nəzərə almaqla istilik təchizatı sistemlərinin iş rejimlərinin modelləşdirilməsi və istilik mərkəzlərində sərf olunan yanacaqın miqdarının təyin edilməsi, eləcə də, xarici qoruyucu konstruksiyalarda istilik-kütlə mübadiləsi proseslərinin məqsədyönlü idarə olunması məsələlərinə baxılmışdır.

Kitabda qoruyucu konstruksiyalarda istilik proseslərinin amplitud-faza xarakteristikası təhlil edilərkən harmonik təsirlərə dinamik sistemin reaksiyası öyrənilmiş, ötürücü funksiyaların amplitud-faza xarakteristikası təhlil edilmiş və bu üsul ilə konstruksiyanın temperaturkeçirmə əmsalı təyin edilmişdir. Kitabda həmçinin otaqların daxilində istilik komfortunu təmin etmək üçün istilik effektivliyinin optimallaşdırılması məsələləri şərh edilmişdir.

Kitab yazılarkən oxucunun ümumi riyaziyyat kursu və istilikkeçirmə nəzəriyyəsi haqda məlumatı olduğu nəzərə alınmışdır. Lakin bununla yanaşı kitabın birinci fəslində bina və qurğuların daxilində istilik rejimlərinə müfəssəl baxılmışdır.

Kitabda olan məlumatlar xarici qoruyucu konstruksiyaların layihələndirilməsi ilə məşğul olan layihə-konstruktor müəssisələrində işləyən mütəxəssislər üçün kifayət edər.

Müəllif kitab üzərində işləyən zaman öz xeyirxah köməkliyini əsirgəməmiş t.e.d. professor A.Mehrabova, Azərbaycan Dövlət Layihə İnstitutunun baş mütəxəssisi A.Qocamanlıya, Azərbaycan Dövlət Sənaye Layihə İnstitutunun baş mütəxəssisi E.Həsənova, Azərbaycan Respublikası Dövlət Neft şirkətinin «Şelflayihətikinti» İB-nin elektroenergetika idarəsinin baş mühəndisi V.Salahova, Bakı şəhərin «Bakı Tikinti və şəhərin İnkişafı» departamentinin rəisi X.Günəşova və rəy verənlərə öz təşəkkürünü bildirir.

Müəllif inanır ki, bu kitab inşaat istilik fizikası sahəsi üzrə məşğul olan elmi və mühəndis işçiləri üçün faydalı ola bilər. Rəy və nöqsanlarınızı aşağıdakı ünvana göndərməyiniz xahiş olunur: Bakı şəhəri, F. Ağayev 14

Şərti işarələr və onların əsas ölçü vahidləri

- Q - istilik seli, istilik gücü, vt (kkal/saat);
 q - istilik selinin sıxlığı, vt / m^2 (kkal/m² saat);
 t - temperatur, °C (K);
 Δt - temperaturlar fərqi, °C (K);
 Y - nisbi izafi kəmiyyət (temperatur, nəmlik potensialı və s.)
 τ - vaxt, zaman; saat, saniyə
 T - vaxtın dövrü; saat, saniyə
 C - səthin şüalanması, (kkal/m² saat K⁴);
 ε - nisbi şüalanma əmsalı
 φ - bucaq əmsalı
 α - istilik mübadilə əmsalı (kkal/m² saat °C)
 β - temperaturun həcmi genişlənmə əmsalı, 1/K (1/°C)
 g - sərbəstdüşmə təcili, m/san²;
 ϑ - kinematik özlüklər əmsalı, m²/san
 ρ - sıxlıq (həcmi kütlə), kq/m³;
 λ - istilikkeçirmə əmsalı, $vt / m K$, (kkal/m saat °C)
 C - kütlə istilik tutumu, coul (kq. K) (kkal/kq °C)
 K - istilikötürmə əmsalı, $vt / m^2 K$ (kkal/m² saat °C)
 R - termiki müqavimət $m^2 k / vt$ (m² saat °C/kkal)
 L - həcmi hava sərfi, m³/saat
 J - kütlə hava sərfi, kq/m² saat
 P - təzyiq, Pa (kq/m²); mm c. st, mm su st;
 u - nəmliksaxlama; kq/kq;
 θ - nəmlik potensialı, °B;
 φ - havanın nisbi nəmliyi;
 α - nəmlik keçirmə, kq/m² saat °B;
 i - nəmlik selinin sıxlığı, kq/m² saat;
 η - nəmlik tutumu; (kq/kq) / °B;
 β - nəmlik mübadiləsi əmsalı, kq/m² saat °B;
 δ - qalınlıq, m;
 H - binanın hündürlüyü, m;
 A - kəmiyyətin rəqslərinin amplitudası;
 v - temperatur rəqslərinin amplitudasının sönmə göstəricisi;

- ε - rəqslərin zamana görə gecikməsi, saat;
- D - istilik əlaməti, istilik massivliyi göstəricisi, şərti qalınlıq;
- S - materialın istilikmənimsəmə əmsalı, $\text{vt}/\text{m}^2 \text{K}$ ($\text{kcal}/\text{m}^2 \text{ saat } ^\circ\text{C}$);
- Y - istilik mənimsəmə göstəricisi; $\text{vt}/\text{m}^2 \text{K}$ ($\text{kcal}/\text{m}^2 \text{ saat } ^\circ\text{C}$);
- $B:p$ - istilik udma göstəricisi $\text{vt}/\text{m}^2 \text{K}$ ($\text{kcal}/\text{m}^2 \text{ saat } 0\text{C}$);
- R_h - havakeçirməyə qarşı müqavimət, $\text{m}^2\text{saat Pa}/\text{kq}$;
- k - aerodinamik əmsal;
- d - nəm havanın nəmsaxlaması, kq/kq ;
- J - günəş radiasiyasının intensivliyi ($\text{kcal}/\text{m}^2 \text{ saat}$);

- Bi - Bio kriteriyası
- Pr - Prandtl kriteriyası
- Gr - Qrashof kriteriyası
- Ra - Reley kriteriyası
- Re - Reynolds kriteriyası
- Nu - Nüsselt kriteriyası
- Ar - Arximed kriteriyası
- $F0$ - Fürye kriteriyası

GİRİŞ

Bina və qurğuların daxilində istilik şəraitini təmin etmək üçün müvafiq istilik-texniki hesabatlar aparılmalıdır. Müxtəlif iqlimə malik rayonlarda layihələndirilən və inşa edilən bina və qurğulara bir sıra texniki tələbatlar təqdim edilir. Həmin tələbatlardan biri daxili mühitin və xarici qoruyucu konstruksiyaların sanitariya-gigiyena vəziyyətinin normal halı hesab edilir. Bina və qurğuların daxilindəki mühitin və xarici qoruyucu konstruksiyaların normal halı bilavasitə tikinti rayonunun xarici iqlim göstəricilərinin toplusu kimi xarakterizə edilən iqlim şəraitindən aslıdır. Bina və qurğuların daxilində istənilən mikroiklimi yaratmaq üçün xarici qoruyucu konstruksiyalar tətbiq edilir və bu konstruksiyalar tikinti rayonunda baş verən və arası kəsilmədən dəyişən iqlim göstəricilərinin təsirinə məruz qalaraq, iki mühiti bir-birindən ayırır. Xarici qoruyucu konstruksiyalar xarici və daxili mühiti bir-birindən ayırmaqla onlar arasında sərhəd təşkil edir və həmin konstruksiyalarda arasıkəsilməz, qeyri-stasionar istilik-kütlə mübadiləsi prosesləri gedir.

Xarici mühitdə temperatur, nisbi nəmlik, küləyin sürəti və istiqaməti, günəş radiasiyası, atmosfer yığıntıları və s. iqlim göstəriciləri binalara və onların konstruksiyalarına təsir göstərir və hətta onların xarici görünüşünü formalaşdırır. Xarici görünüşün formalaşması şübhəsiz ki, bina tikmədə uzun müddətli evalyusiyanın nəticəsidir. Məlumdur ki, binaların memarlıq nöqtəyi-nəzərindən görkəmi tikinti rayonunun iqlim göstəricisindən asılı olaraq fərqlənir. Məsələn, Avropa memarlığı Yapon memarlığından, Şərqi ölkələri memarlığı Skandinav ölkələri memarlığından və s. Kütləvi tikinti zamanı eyni tipli bina və qurğular inşa etmək məqsədi ilə eyni və yaxud yaxın iqlim şəraitinə malik regionlar və tikinti rayonlarının sərhədləri müəyyənləşdirilir. Belə rayonlara iqlim rayonları deyilir.

Bina və qurğuların xarici qoruyucu konstruksiyaları xarici mühitin qeyri-stasionar halda dəyişən iqlim göstəricilərinin təsirinə məruz qalmasına baxmayaraq daxili mühitə təqdim edilən tələbatlara cavab verən mikroiklimi müəyyən dərəcədə təmin edir. Bununla yanaşı xarici qoruyucu konstruksiyalarda qeyri-stasionar istilik və kütlə mübadiləsi prosesləri gedir. Bu proseslərin konst-

ruksiyalarda birgə getməsinə baxmayaraq, həmin konstruksiyalar hər bir iqlim göstəricisinə görə ayrıca hesablanır və nəticədə istənilən iqlim rayonu üçün layihələndirilir və tətbiq edilir. Konstruksiyaların ayrı-ayrı iqlim göstəricilərinə görə hesablanması mühit üçün iqlimin riyazi modelinin olmaması üzündən aparılır. Mühitin riyazi modelinin tərtibi çətin riyazi məsələ hesab edildiyindən, hazırda konstruksiyalar stasionar rejimdə ayrı-ayrı iqlim göstəricilərinə əsasən layihələndirilir.

Xarici qoruyucu konstruksiyaların hesabı və layihələndirilməsində əsas göstəricilərdən biri həmin konstruksiyaların istilik-kötürməyə qarşı müqavimətləridir. Bu göstərici nəinki konstruksiyanın normal istilik rejimini təmin edir, eyni zamanda həmin konstruksiyalardan itirilən istiliyin miqdarını da təyin etməyə kömək edir. Konstruksiyalardan itirilən istiliyə əsasən otaqların istilik itkiləri və istilik balansı tərtib edilir.

Xarici və daxili temperatur göstəricilərinin konstruksiyaya dövrü təsiri onların ilin qış və yay dövrlərində həmin göstəricilərin dəyişmə amplitudlarına qarşı dözümlüyünü tədqiq etməyi tələb edir. Hazırda xarici qoruyucu konstruksiyalarda dövrü temperatur göstəricisinin təsiri zamanı hesabat metodları məlumdur və bu hesabatlara konstruksiyaların istilik dözümlülüyü hesabı deyilir.

Temperatur göstəricilərinin təsirindən başqa, layihələndirilən xarici qoruyucu konstruksiyayı buxar keçiriciliyinə və hava keçiriciliyinə görə də hesablamaq lazımdır. Bu hesabatlardan sonra, əgər layihələndirilən konstruksiya bütün tələbatlara cavab verərsə, həmin konstruksiyalarda və otaqlarda mikroiklimi təmin edən sistemlər tətbiq edildikdə, normal istilik-nəmlik rejimlərini əldə etmək olar.

FƏSİL I. BİNA VƏ QURĞULARIN DAXİLİNDƏ İSTİLİK REJİMLƏRİ

Otaqların daxilində istilik şəraiti yaradan proseslər və amillər toplusuna binaların istilik rejimləri deyilir. Bina və qurğuların otaqlarında xarici havanın arasıkəsilmədən dəyişən temperaturundan, günəş radiasiyasının intensivliyindən, küləyin sürətindən, xarici havanın nəmliyindən, atmosfer çöküntülərindən və qrunť sularından xarici qoruyucu konstruksiyalar qoruyur. Buna görə də bina və qurğuların otaqlarının daxilində müəyyən olunmuş mikroklimat yaratmaq lazımdır. Yuxarıda göstərilən atmosfer təsirlərini nəzərə almaqla xarici qoruyucu konstruksiyaların istilik-nəmlik nöqtəyi nəzərindən layihələndirilməsi bina və qurğuların daxilində təbii mikroiklim şəraiti yaratmazsa, onda daxili mühitin parametrlərinin müəyyən həddə saxlanılması üçün xüsusi kondisioner sistemlərindən istifadə edilir.

Otaqların daxilində istilik şəraitini yaradan proseslərin bir-birilə əlaqəsini nəzərə almaq vacibdir. Belə ki, onların qarşılıqlı təsiri otaqların daxilində komfort şərait yaratmaq üçün əsas əlamət ola bilər. Məsələn, havanın filtrasiyası xarici qoruyucu konstruksiyaları nəmləşdirə bilər, bu isə qış dövründə otaqların istilik itkisinin bir neçə dəfə artmasına səbəb olar. Həmçinin bu vaxt otaqlarda əlverişli hava şəraitinin yaradılması üçün xarici mühitlə hava və nəmlik mübadiləsinin təşkil olunması vacibdir.

§1.1 Otaqlarda istilik mübadiləsi

Bina və qurğuların istismarı zamanı insanların komfort istilik hissiyyatını, istehsal proseslərinin normal getməsini, xarici qoruyucu konstruksiyaların uzun-ömürlülüyünü və bir sıra məsələlərin həllini təmin etmək otaqların istilik rejimlərindən asılıdır.

Yuxarıda qeyd edildiyi kimi bina və qurğularda ayrı-ayrı otaqlar xarici mühitlə qoruyucu konstruksiyalar vasitəsilə ayrılır və onların daxilində tələb edilən mikroiklim yaradılır.

Xarici qoruyucu konstruksiyalar arası kəsilmədən xarici iqlim göstəricilərinin təsirinə məruz qalır və bu zaman otaqların daxilində yaşayış və yaxud texnoloji proseslər üçün müəyyən şərait yaratmaq lazım gəlir. Xarici və daxili mühitin temperaturları fərqi,

günəş radiasiyası və küləyin təsiri nəticəsində qoruyucu konstruksiyalarda arasıkəsilməz istilik mübadiləsi prosesləri gedir. Bununla yanaşı bütün qoruyucu konstruksiyalarda kütlə mübadiləsi, yəni hava və nəmlik keçiriciliyi prosesləri baş verir. Kütlə mübadiləsi həmin konstruksiyaların temperatur rejimləri ilə yanaşı nəmlik rejimlərinə də təsir göstərir. Öz növbəsində temperatur və nəmlik rejimlərinin qeyri-normal halı qoruyucu konstruksiyaların fiziki xassələrini pisləşdirir, daxili mühitin mikroiqlimini istənilən həddə saxlamağa mane olur.

Ona görə də qoruyucu konstruksiyaların hesabı və layihələndirilməsi zamanı daxili və xarici mühitin iqlim parametrlərini, daxili mühiddə tələb edilən mikroiqlimi, həmçinin konstruksiyayı təşkil edən inşaat materiallarının fiziki xassələrini bilmək lazımdır.

Otaqlarda istilik rejimləri bir sıra amillərin birgə təsiri nəticəsində yaranır. Bu amillər əsasən mühitin temperaturu, hərəkət sürəti, nəmliyi, hava axınları, otaqların hündürlüyü və döşəməsi boyu temperatur qradiyentinin olması, ətraf səthlərdən şüalana yolu ilə otağa verilən istilik miqdarı, həmin səthlərin temperaturu, forması və şüalanma xassələrindən ibarətdir.

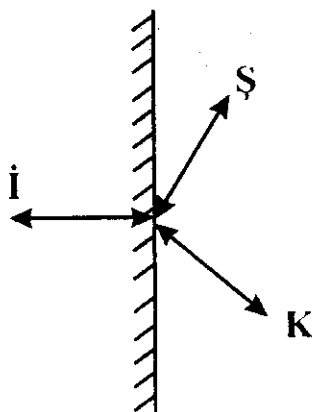
Otaqların istilik rejimlərinin formalaşmasında əsas məsələlərdən biri onu təşkil edən səthlərdə istilik mübaləsi məsələsidir. Otaqların hər hansı səthində istilik balansını (şəkil 1.1) aşağıdakı tənlik şəklində yazıla bilər:

$$S + K + I = 0 \quad (1.1)$$

Buradan istilik mübadiləsinin şüalanma, konvektiv və istilikkeçirmə yolu ilə baş verdiyi aydın olur.

İlin qış dövründə qoruyucu konstruksiyalar otaqları xarici aşağı temperaturdan və küləkdən qoruyur, isitmə sistemi isə daxildə lazım olan temperaturu təmin edir.

İsitmə sisteminin həlli zamanı qoruyucu konstruksiyaların layihələndirilməsi və qızdırıcı cihazların seçilməsi



Şəkil 1.1.

Otaqlarda istilik mübadiləsinin ümumi sxemi

binaların daxilində normal istilik şəraitinin yaranmasına səbəb olmalıdır.

İlin yay dövründə günəş şüalarının təsirindən və yaxud xarici isti havanın otaqlara gətirdiyi istilikdən qorunma məsələləri bina və qurğularda bir sıra konstruktiv elementlərin tətbiq edilməsini tələb edir. Konstruktiv elementlərin və günəşdən qoruyucu qurğuların tətbiqi otaqların daxilində tələb edilən istilik şəraitini yaratmadıqda kondisioner sistemlərindən istifadə edilir. Kondisioner sistemlərinin tətbiqi, şübhəsiz ki, bina və qurğuların dəyərini artırmış olur. Buna görə də kondisioner sistemləri yüksək istilik şəraiti tələb edən otaq və ya binalarda tətbiq edilir.

§1.2. Şüalanma yolu ilə istilik mübadiləsi

İlin həm qış, həm də yay dövrlərində otaqların ayrı-ayrı səthlərinin temperaturu eyni olmadığından onlar arasında istilik mübadiləsi prosesi baş verir. Bu istilik mübadiləsi əsasən şüalanma yolu ilə baş verdiyindən əvvəlcə şüalanmanın xarakteri və qanunlarını nəzərdən keçirək.

Qeyd etmək lazımdır ki, qızmış səthdən ətrafa yayılan istilik şüası elektromaqnit dalğaları vasitəsilə baş verir. Elektromaqnit dalğalarının rəqsləri dalğanın uzunluğu boyunca müxtəlif qiymətlərə malikdir. İstilik şüalanması əsasən spektrin infraqırmızı sahəsinə yığılır.

Elektromaqnit dalğalarının uzunluğu ilə şüalanmanın spektral intensivliyi arasındakı asılılıq **Plank qanunu** ilə ifadə olunur. Bu qanuna görə şüalanmanın spektral intensivliyi aşağıdakı kimi ifadə edilir.

$$J = \frac{C_1}{\lambda^5} \left(e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1 \right)^{-1} \quad (1.2)$$

Burada C_1 , C_2 - I və II Plank sabitləri; λ -elektromaqnit dalğalarının uzunluğu olub 0,8-40 mk qəbul edilir; T - qızmış səthin temperaturudur.

Otaqların daxili səthindəki nisbətən kiçik temperaturlara uyğun istilik şüalanması dalğanın uzunluğu ilə müqayisədə kiçik

sahəni zəbt edir. Bu eyni uzunluqlardan ibarət olan dalğalardır. Dalğanın uzunluğu şüalanmanın maksimal intensivliyinə uyğun gəlir.

Şüalanmanın maksimal intensivliyinə uyğun dalğa uzunluğu isə **Vin qanununa** əsasən təyin edilə bilər:

$$\lambda_{max} = \frac{a}{T} \quad (1.3)$$

Burada a -şüalanma sabiti olub $0,29 \text{ sm} \cdot \text{K}$ -ə bərabərdir.

Qızmış səthin temperaturu ilə şüalanma sıxlığı arasındakı asılılıq **Stefan-Boltsman qanununa** əsasən ifadə edilir:

$$E_0 = \int_0^{\infty} J_{\lambda} d\lambda = C_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4 \quad (1.4)$$

Burada C_0 - mütləq qara cismin şüalanma əmsalı olub $5,77 \text{ vt} / (\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$ qəbul edilir.

Qeyd etmək lazımdır ki, boz səthlərdən qara səthlərə nisbətən az istilik şüalanır. Bu səthlərə düşən şüalanma istilik selinin hamısı udulmur və onun bir hissəsi qaytarılır. Buna **Kirxhof qanunu** deyilir.

Boz cisimlər üçün

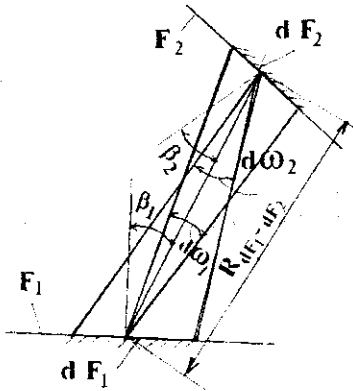
$$C = \varepsilon C_0 \quad (1.5)$$

ε -səthin qaralıq dərəcəsi olub ölçüsüz kəmiyyətdir. Boz səthlər üçün $\varepsilon < 1$ olur.

Udulma və əks olma xüsusiyyətləri materialın növündən, onun səthinin temperaturundan şüalanma dalğasının uzunluğundan və şüalanmanın səthə düşmə bucağından asılıdır.

Lambert qanunu şüalanmanın sıxlığını və intensivliyini aşağıdakı şəkildə ifadə edir.

$$dE_{\phi} = \frac{E}{\pi} d\omega \cos \phi \quad (1.6)$$



Şəkil 1.2. İki səth arasındakı şüalanma istilik mübadiləsi

$$dJ_o = \frac{J}{\pi} d\omega \cos \varphi \quad (1.7)$$

İndi isə otağın iki səthi arasında gedən şüalanma yolu ilə istilik mübadiləsinə baxaq. Həmin səthlərdən elementar dF_1 və dF_2 sahələrini ayıraq (şəkil 1.2). **Stefan-Boltsman** qanununa görə dF_1 səthi ətrafı aşağıdakı miqdarda istilik şüalandırmış olacaq:

$$dq_1 = C_0 \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 dF_1 \quad (1.8)$$

dF_1 səthinə normal istiqamətdə şüalanmanın intensivliyi isə dq_1 istilik miqdarından π dəfə az olacaq:

$$dq_n = \frac{dq_1}{\pi} = \frac{1}{\pi} C_0 \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 dF_1 \quad (1.9)$$

dF_2 elementar səth istiqamətdə hər hansı β_1 bucağı altında şüalanmanın intensivliyi

$$dq_{\beta_1} = \frac{1}{\pi} C_0 \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 \cos \beta_1 dF_1 \quad (1.10)$$

$d\omega_1$ cismani bucaq sərhəddində istilik seli

$$d^2q_1 = \frac{1}{\pi} C_0 \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 \cos \beta_1 d\omega_1 dF_1 \quad (1.11)$$

$d\omega_1$ cismani bucağını təyin etmək

$$d\omega_1 = \frac{dF_2 \cos \beta_2}{R^2}$$

R - iki səth arasındakı məsafədir.

Bu zaman istilik selini aşağıdakı düsturla təyin etmək olar:

$$d^2q_1 = C_0 \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 \frac{\cos \beta_1 \cos \beta_2}{\pi R^2} dF_1 dF_2 \quad (1.12)$$

(1.12) ifadəsini analogi olaraq d^2q_2 istilik seli üçün də yazmaq olar. Nəticədə dF_1 səthindəki dF_2 səthinə şüalanma yolu ilə istilik mübadiləsi aşağıdakı şəkildə yazılır:

$$d^2 Q_{1-2} = d^2 q_1 - d^2 q_2 =$$

$$= C_0 \cdot \frac{\cos \beta_1 \cos \beta_2}{\pi R^2} dF_1 dF_2 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \quad (1.13)$$

burada $\frac{\cos \beta_1 \cos \beta_2}{\pi R^2} dF_2 = \varphi_{dF_1-dF_2}$ qəbul etsək

$$d^2 Q_{1-2} = C_0 \cdot \varphi_{dF_1-dF_2} \cdot dF_1 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \quad (1.14)$$

alırıq.

(1.14) tənliyini iki dəfə inteqrallasaq, I səthdən II səthə şüalanma yolu ilə verilən ümumi istilik miqdarı təyin edilmiş olar.

$$Q_{1-2} = C_0 \cdot \varphi_{1-2} \cdot dF_2 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \quad (1.15)$$

burada

$$\varphi_{1-2} = \frac{1}{F_1} \int_{F_1} \int_{F_2} \frac{\cos \beta_1 \cos \beta_2}{\pi R^2} dF_1 dF_2$$

(1.15) tənliyini boz cismlər üçün yazaq

$$Q_{1-2} = \varepsilon_{1-2} C_0 \cdot \varphi_{1-2} \cdot F \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \quad (1.16)$$

burada

$$\varepsilon_{1-2} = \frac{I}{\frac{I}{\varepsilon_1} + \frac{I}{\varepsilon_2} - I}$$

ε_1 və ε_2 - səthlərin nisbi şüalanma əmsallarıdır.

Çox vaxt hesablama zamanı

$$\left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] = b_{1-2} (\tau_1 - \tau_2)$$

qəbul edilir.

Bu bərabərlik mühəndis hesablamaları üçün yararlı hesab edilir. Burada h_{1-2} - temperatur əmsalı olub aşağıdakı düsturla təyin edilir.

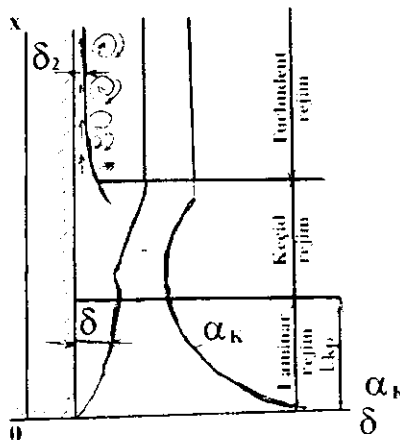
$$h_{1-2} = 0,81 + 0,01\tau_{op} \quad (1.17)$$

Beləliklə Q_{1-2} istilik miqdarı aşağıdakı sadələşdirilmiş düsturdan təyin edilə bilər.

$$Q_{1-2} = \varepsilon_{1-2} C_0 \cdot b_{1-2} \cdot (\tau_1 - \tau_2) \cdot \phi_{1-2} F_1 \quad (1.18)$$

§ 1.3 Konvektiv istilik mübadiləsi

Ümumi istilik mübadiləsi zamanı şüalanma yolu ilə istilik mübadiləsindən başqa konveksiya yolu ilə istilik mübadiləsi də baş verir. Daxili mühitin sərbəst və məcburi konveksiyası otaqlarda istilik mübadiləsinə səbəb olur. Otağın ayrı-ayrı hissələrindəki müxtəlif temperaturlu havanın həcm çəkilişi fərqi əsasən *sərbəst konveksiya*, havanın mexaniki hərəkəti zamanı isə *məcburi konveksiya* yaranır.



Şəkil 1.3. Sərbəst konveksiya zamanı sərhəd təbəqələri

Konvektiv istilik mübadiləsi mühitin hərəkət rejimindən asılıdır. Mühitin aşağıdakı hərəkət rejimləri mövcuddur.

$Re < 2 \cdot 10^3$ - laminar;

$Re = 2 \cdot 10^3 - 10^4$ - keçid;

$Re \geq 10^4$ - turbulent (şəkil 1.3)

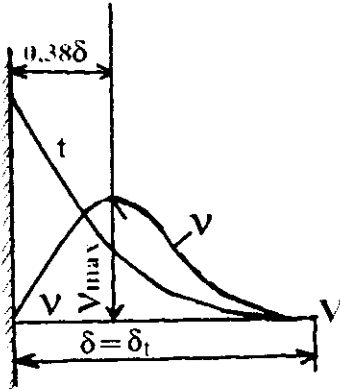
Hər hansı səthlə mühit arasında təbii konvektiv selin intensivliyi aşağıdakı ifadədən təyin edilə bilər:

$$Gr \cdot Pr = \frac{\beta g l^3 \Delta t}{\nu^2} Pr \quad (1.19)$$

burada β - havanın temperaturdan genişlənmə əmsalı, g - sərbəstdüşmə təcili, ν - kinematik özlülük əmsalı, ℓ - hava seli istiqamətində səthin təyinedici ölçüsü, Δt - səthin temperaturu ilə mühitin temperaturu arasındakı fərqi.

• **Prandtl kriterisini** otağın daxilindəki hava üçün $Pr = 0,709$ qəbul etmək olar.

Prandtl kriterisi ilə Qroshof kriterisinin (Gr) hasilini çox vaxt **Releya kriterisi** (Ra) ilə işarə edirlər. Havanın temperaturu çox kiçik diapazonda olduqda **Prandtl kriterisi** praktiki olaraq sabit olur.



Şəkil 1.4. Sərbəst konveksiya zamanı sərhəd təbəqəsində sürət və temperaturun dəyişmə qanunauyğunluqları

Sərbəst konveksiya zamanı laminar rejim şəraitində istilik mübadiləsinin qanunauyğunluqlarına baxaq.

Laminar rejimdə sərhəd təbəqələrinin hidrodinamiki (δ) və istilik (δ_t) qalınlıqları praktiki olaraq bərabərdir. Sərhəd təbəqəsində temperatur və sürətin paylanması qanunauyğunluğu şəkil 1.4.-də verilmişdir. Havanın maksimal sürəti (V_{max}) səthdən $0,38 \delta$ məsafəsində olur. Havanın hərəkət istiqamətində sərhəd təbəqəsinin qalınlığını aşağıdakı ifadədən təyin etmək olar:

$$\frac{\delta}{x} = 5.34 Gr_x^{-1/4} \quad (1.20)$$

burada Gr_x - x xarakter ölçüsündə təyin olunan Qroshof kriterisidir. $t=20^\circ C$ olduqda və (1.20) düsturunda (1.19) ifadəsini nəzərə rə alsaq, alarıq:

$$\delta = 5.34 (1.48 \cdot 10^8)^{1/4} \cdot x^{1/4} \cdot \Delta t^{-1/4} = 4.83 \cdot 10^{-2} \left(\frac{x}{\Delta t} \right)^{1/4} \quad (1.21)$$

İstilik mübadiləsinin intensivliyi sərhəd təbəqəsinin qalınlığından asılıdır. Səthin başlanğıcında sərhəd təbəqəsinin qalınlığı

lığının (δ) kiçik qiymətində istilik mübadiləsi ən böyük qiymətə malik olur. Hərəkət istiqamətində sərhəd təbəqəsinin qalınlığı artır, istilik mübadiləsinin intensivliyi isə azalır.

$Pr = 0,709$ olduqda ixtiyari x kəsiyində istilik mübadiləsinin intensivliyini ifadə edən kriteriyal tənliyi aşağıdakı şəkildə yazıla bilər:

$$Nu_x = 0,356Gr_x^{1/4} \quad (1.22)$$

Nüsselt kriterisinin lokal qiyməti isə

$$Nu_x = \alpha_{kx} x / \lambda \quad (1.23)$$

Burada α_{kx} - x kəsiyində konvektiv istilik mübadiləsi əmsalının lokal qiyməti; λ - havanın istilikkeçirmə əmsalındır.

Daxili havanın temperaturu $t_d = 20^0$ olduqda (1.22) tənliyini aşağıdakı kimi sadələşdirmək olar.

$$\frac{\alpha_{kx} \cdot x}{0.0257} = 0.356 \left[\frac{9.81 \cdot x^3 \cdot \Delta t}{293(15.06 \cdot 10^{-6})^2} \right]^{1/4};$$

$$\alpha_{kx} = 1.04(\Delta t / x)^{1/4}; \quad (1.24)$$

Konvektiv istilik mübadiləsi əmsalının $(0, \ell)$ intervalında orta qiymətini təyin edək.

$$\begin{aligned} \alpha_k &= \frac{1}{\ell} \int_0^\ell \alpha_{kx} dx = \frac{1}{\ell} \int_0^\ell 1.04 \left(\frac{\Delta t}{x} \right)^{1/4} dx = \frac{1}{\ell} \int_0^\ell 1.04 \frac{1}{\Delta t^{1/4}} x^{-1/4} dx = \\ &= \frac{1}{\ell} \cdot 1.04 \cdot \frac{1}{\Delta t^{1/4}} \cdot \frac{4}{3} x^{3/4} \Big|_0^\ell = \frac{4}{3} \cdot 1.04 \cdot \frac{1}{\Delta t^{1/4}} \cdot \frac{1}{\ell} \cdot \ell^{3/4} = \\ &= \frac{4}{3} \cdot 1.04 \cdot \left(\frac{\Delta t}{\ell} \right)^{1/4} = 1.39 \left(\frac{\Delta t}{\ell} \right)^{1/4} \end{aligned}$$

$$\alpha_k = 1.39 \left(\frac{\Delta t}{\ell} \right)^{1/4} \quad (1.25)$$

Səthin başlanğıcından hər hansı ℓ_{kr} məsafəsində axın laminar rejimdən turbulent rejimə keçir. Bu kəşik üçün

$(Gr \cdot Pr)_{kr} \approx 2 \cdot 10^7$ qəbul edilir. Ekkertə görə hava üçün bu keçid $Gr = 10^9$ olduqda baş verir.

Reynolds kriterisi ℓ_{kr} -də 550-yə bərabər olur.

$t_d = 20^\circ C$ və $Gr_{kr} = 10^8$ olduqda $Gr_{kr} = 1,48 \cdot 10^8 \ell_{kr} \cdot \Delta t = 10^9$ buradan

$$\ell_{kr} = 1,89 \cdot \Delta t^{-1/3} \quad (1.26)$$

$(0; \ell_{kr})$ intervalında laminar rejim şəraitində konvektiv istilik mübadiləsi əmsalının orta qiyməti

$$\alpha_k = 1,17 \Delta t^{1/3} \quad (1.27)$$

olar.

Laminar rejimdən kənarında sərhəd təbəqəsində turbulent rejim baş verir.

Ümumiyyətlə konvektiv istilik mübadiləsi aşağıdakı kriterial tənlik vasitəsilə ifadə edilir.

$$Nu = C(Gr \cdot Pr)^n \quad (1.28)$$

Burada $Nu = \frac{\alpha \ell}{\lambda}$ - Nüsselt kriterisi, $Gr = \frac{\beta g \ell^3 \Delta t}{\nu^2}$ Qroshof kri-

terisi, $Pr = \frac{\nu}{a}$ - Prandtl kriterisi, C və n empirik əmsallar olub

$Gr \cdot Pr$ -in müəyyən qiymətləri üçün müxtəlif qiymətlərə malikdir.

(1.28) tənliyi turbulent rejim oblastında aşağıdakı şəkildə yazıla bilər.

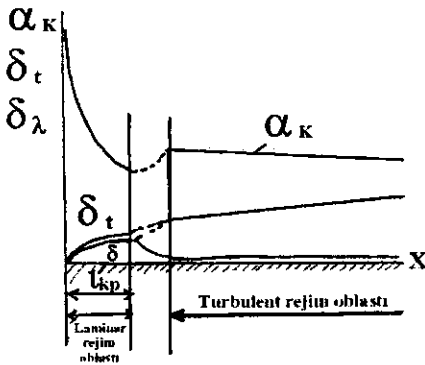
$$Nu_x = 0,135 (Gr_x \cdot Pr_x)^{1/3} \quad (1.29)$$

Daxili havanın temperaturu $t_d = 18^\circ C$ olduqda turbulent rejim oblastında konvektiv istilik mübadiləsi əmsalının qiyməti

$$\alpha_{kx} = 1,66 \sqrt[3]{\Delta t} \quad (1.30)$$

olar.

(1.30) ifadəsindən görüldüyü kimi konvektiv istilik mübadiləsi əmsalı x həndəsi parametridən asılı deyil və turbulent rejimin bütün oblastında sabit qalır. Konvektiv istilik mübadiləsinin bu xüsusiyyətinə avtomodel konvektiv istilik mübadiləsi deyilir.



Şəkil 1.5. Məcburi konveksiya zamanı sərhəd təbəqəsi

oblastında səthin yacınlığında laminar sərhəd təbəqəsi yaranır. Axının laminar rejim oblastında Nüsselt kriterisinin lokal qiyməti

$$Nu_x = \alpha_{kx} \frac{x}{\ell},$$

$Pr = 0,709$ olduqda

$$Nu_x = 0.297 Re_x^{0.5} \quad (1.32)$$

Burada Re - Reynolds kriterisidir.

$$Re = \frac{v\ell}{\nu}$$

Daxili havanın temperaturu $18^\circ C$ olduqda (1.32) tənliyində havanın fiziki xarakteristikasının qiymətlərini nəzərə alsaq konvektiv istilik mübadiləsi əmsalının lokal qiyməti

$$\alpha_{kx} = 1.97 \left(\frac{\nu}{x} \right)^{0.5} \quad (1.33)$$

Konvektiv istilik mübadiləsi əmsalının orta qiymətini isə (1.25) tənliyində olduğu kimi hesablasaq, alarıq:

$$\alpha_{kx} = 2\alpha_{xk} = 3.94 \left(\frac{\nu}{x} \right)^{0.5} \quad (1.34)$$

Reynolds ədədinin qiyməti $Re = 5 \cdot 10^5$ olduqda proses turbulent sərhəd təbəqəsinə keçir.

Odur ki, bu oblastda konvektivlik istilik mübadiləsi əmsalının orta qiyməti onun lokal qiymətinə bərabər olacaq.

$$\alpha_k = \alpha_{kx} = 1.66 \sqrt{\Delta t} \quad (1.31)$$

Məcburi və qarışıq konveksiya. Məcburi konveksiya havanın mexaniki hərəkəti zamanı yaranır. Məcburi konveksiya şəraitində sərhəd təbəqəsinin qalınlığı sərbəst konveksiyaya nisbətən çox kiçikdir (şəkil 1.5). Axının başlanğıc

Daxili havanın temperaturu 20°C olduqda ℓ_{kr} -in qiymətini aşağıdakı bərabərlikdən təyin edərək:

$$Re_{kr} = \frac{v\ell_{kp}}{15.6 \cdot 10^{-6}} = 5 \cdot 10^5$$

Buradan

$$\ell_{kr} = 7.8 \left(\frac{1}{v} \right) \quad (1.35)$$

Turbulent sərhəd təbəqəsində səthin yaxınlığında kiçik laminar təbəqə (δ_λ) qalır və burada ancaq istilikkeçirmə prosesi baş verir. $Pr=0,709$ olduqda məcburi konveksiya zamanı turbulent rejim oblastında lokal istilik mübadiləsi aşağıdakı ifadə vasitəsilə təyin edilə bilər.

$$Nu_x = \frac{0.021 Re_x^{0.8}}{1 - 0.4 Re_x^{-0.1}} \quad (1.36)$$

Sərhəd təbəqəsinin uzunluğu boyu turbulent rejim olduğunu qəbul edib (1.36) ifadəsini inteqrallasaq konvektiv istilik mübadiləsi əmsalının orta qiymətinə uyğun Nüsselt kriterisini aşağıdakı şəkildə alırıq:

$$Nu = 0.032 Re_x^{0.8} \quad (1.37)$$

Daxili havanın temperaturu 20°C olduqda (1.37) ifadəsindən konvektiv istilik mübadiləsi əmsalının orta qiyməti

$$\alpha_k = 5.95 v^{0.8} \cdot x^{-0.2} \quad (1.38)$$

O. Krişer sərbəst və məcburi konveksiya arasında qarışıq rejim konveksiya olduğu fikrinə gəlmişdir. Qarışıq rejimdə konveksiyanı şərti Reynolds kriterisinə əsasən təyin etmək olar:

$$Re_s = Re + \sqrt{\frac{Gr}{2}} \quad (1.39)$$

Burada Re -məcburi hava seli üçün təyin edilmiş Reynolds kriterisi, Gr - sərbəst konveksiya şərti üçün təyin edilmiş Qroshof kriterisidir.

Qarışıq konveksiya şərtində istilik mübadiləsinin orta konvektiv əmsalı aşağıdakı ifadədən təyin edilə bilər.

$$Nu = 0,46 Re_s^{0.5} \quad (1.40)$$

Yuxarıda qeyd etdiyimiz düsturlar ancaq izotermik səthlərdə konvektiv istilik mübadiləsini hesablamaq üçün yararlıdır. Bəzən hava səlinin hərəkət etdiyi səthin temperaturu və yaxud havanın temperaturu dəyişmiş olur. Temperaturun dəyişməsinin laminar rejim zamanı təsiri daha aydın hiss edilir. Turbulent rejimdə isə temperaturun dəyişmə göstəricisini nəzərə almamaq olar. Bəzən hava axını bu və ya digər səth boyu otağa daxil edilir. Bu hal binalarda ventilyasiya sistemlərinin tətbiqi ilə əlaqədar olaraq baş verir. Belə axınlarda səth arasında istilik mübadiləsi onların konvektiv istilik mübadiləsi əmsalından asılıdır. Bu əmsal aşağıdakı kriterial tənlikdən təyin edilə bilər.

$$Nu_x = 0.104 Re_x^{0.8} \left(\frac{a}{x} \right)^{0.4} \quad (1.41)$$

Konvektiv istilik mübadiləsi əmsalının orta qiyməti

$$\alpha_k = 2,5\alpha_{kx} \quad (1.42)$$

burada a - havanın daxil olduğu açıklığının eni, α_{kx} - yerli konvektiv istilik mübadilə əmsalıdır.

§1.4. Bina və qurğuların qoruyucu konstruksiyalarının istilikkeçirməsi

Bina və qurğuların daxilində komfort istilik şəraitinin yaradılması üçün həmin bina və qurğuları xarici iqlim təsirlərindən izolə edən xarici qoruyucu konstruksiyaların istilik-texniki nöqteyi-nəzərindən layihələndirilməsi vacib məsələdir. Belə konstruksiyaların səthində şüalanma və konveksiya yolu ilə istilik mübadiləsi prosesi, qalınlığı boyu isə istilikkeçirmə prosesi gedir. İlin qış dövründə daxili və xarici havanın temperaturları fərqi görə istilik konstruksiyasının en kəsiyi boyu xarici mühitə itirilir. Yay dövründə isə həmin konstruksiya günəş şüasının gətirdiyi istiliyə və yaxud temperatur dəyişkənliyinə qarşı işlənməli olur.

Bu nöqteyi-nəzərdən konstruksiyanın ayrı-ayrı qatlarının istilikkeçirməsini təyin etmək vacib məsələlərdən biridir. «İstilikötürmə» kursundan məlum olduğu kimi konstruksiyaların qalınlığı

boyu istilikkeçirmə prosesi Fürye qanununa tabe olur. Bu qanuna görə istilik seli temperatur qradiyenti ilə mütənasibdir.

$$q = -\lambda \frac{dt}{dx} \quad (1.43)$$

Burada λ - mütənasiblik əmsalı olub istilikkeçirmə əmsalı adlanır. $\frac{dt}{dx}$ - temperatur qradiyentidir. Mənfi işarəsi istilik selinin istiqamətinin temperatur qradiyentinin istiqamətinin əksinə olduğunu göstərir.

İstilikkeçirmə əmsalı istilikkeçirmə prosesində qoruyucu konstruksiyanın vahid qalınlığında temperatur 1°C dəyişdikdə vahid səthdən vahid zamanda keçən istiliyin miqdarını xarakterizə edir. İstilikkeçirmə əmsalı müxtəlif materiallar üçün müxtəlif qiymətlərə malikdir. Bununla yanaşı istilikkeçirmə əmsalı materialın tərkibindən, strukturundan və istilik-nəmlik halından asılıdır.

İstilikkeçirmə əmsalı müxtəlif temperatur və nəmlikdə aşağıdakı ifadələrə görə təyin edilə bilər:

$$\lambda_t = \lambda_0 [1 + b(t - t_0)] \quad (1.44)$$

$$\lambda_w = \lambda_0 \left[1 - \frac{aw}{100} \right] \quad (1.45)$$

Burada λ_0 - t_0 temperaturunda materialın istilikkeçirmə əmsalı, b təcrübə yolu ilə təyin edilmiş sabit kəmiyyətdir.

«İstilikötürmə» kursundan məlumdur ki, istilikkeçirmənin diferensial tənliyi ümumi şəkildə aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\lambda}{c\rho} \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) + \frac{q_v}{c\rho} \quad (1.46)$$

Burada $\frac{\lambda}{c\rho} = a$ - temperaturkeçirmə əmsalı olub istiliyin konstruksiyasının materialının həcmi boyu paylanma sürətini xarakterizə edir, $c\rho$ - həcmi istilik tutumu, q_v - daxili həcmi istilik mənbəyinin istiliyidir.

Xarici inşaat konstruksiyalarında istilikkeçirmə əsasən bir istiqamətdə getdiyindən (1.46) tənliyini aşağıdakı şəkildə yazmaq olar:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} \quad (1.47)$$

(1.47) tənliyinə *istilikkeçirmənin diferensial tənliyi* deyilir.

Xarici qoruyucu konstruksiyalarda baş verən istilik proseslərini tədqiq etmək üçün (1.47) tənliyini həll etmək lazımdır.

Qeyri-stasionar istilikötürmənin istənilən məsələsini həll etmək üçün (1.47) tənliyi ilə yanaşı aşağıdakı şərtlər də verilməlidir:

Başlanğıc şərtlər. Başlanğıc zaman anında xarici qoruyucu konstruksiyaların qalınlığı boyu və səthlərində temperaturun dəyişmə qanunauyğunluğu verilir və ümumi şəkildə aşağıdakı kimi ifadə olunur.

$$t_{baş} = t(x, 0) \quad (1.48)$$

Qeyd etmək lazımdır ki, konstruksiyanın səthlərində dövrü təkrar olunan istilik mübadiləsi şəraitində başlanğıc şərti nəzərə alınmaq olar.

Sərhəd şərtləri. Konstruksiyanın xarakterik səthlərində istilik mübadiləsinin getdiyi şərait məlum olmalıdır. Sərhəd şərtlərinin düzgün verilməsi prosesin riyazi modelini tamamlayır və baş verən fiziki hadisələri bütövlükdə və dəqiq tədqiq etməyə imkan verir.

İstilikkeçirmə tənliyinin riyazi həlli üçün 4 cür *sərhəd şərti* tətbiiq edilir.

I növ sərhəd şərti. Konstruksiyanın daxili və xarici səthlərində temperaturun dəyişmə qanunu məlumdur və riyazi şəkildə aşağıdakı kimi yazılır:

$$\begin{aligned} t(x, \tau) \Big|_{x=0} &= t(0, \tau) \\ t(x, \tau) \Big|_{x=\delta} &= t(\delta, \tau) \end{aligned} \quad (1.49)$$

II növ sərhəd şərti. Konstruksiyanın daxili və xarici səthlərində istilik selinin dəyişmə qanunauyğunluqları məlum olub aşağıdakı kimi yazılır.

$$\begin{aligned} q(x, \tau) \Big|_{x=0} &= q(0, \tau) \\ q(x, \tau) \Big|_{x=\delta} &= q(\delta, \tau) \end{aligned} \quad (1.50)$$

III növ sərhəd şərti. Konstruksiyanın səthi ilə mühit arasında temperaturlar fərqi görə istilik mübadiləsi baş verir. Odur ki, III növ sərhəd şərtlərini aşağıdakı kimi yazıla bilər.

$$\begin{aligned} x=0 \quad -\lambda \frac{\partial t}{\partial x} &= \alpha_d (t_d - t) \\ x=\delta \quad -\lambda \frac{\partial t}{\partial x} &= \alpha_x (t - t_x) \end{aligned} \quad (1.51)$$

Yay dövründə günəş radiasiyasının konstruksiyanın xarici səthinə gətirdiyi istiliyi nəzərə alsaq (1.51) tənliyinin II hissəsi aşağıdakı şəkildə düşər.

$$-\lambda \frac{\partial t}{\partial x} = \alpha_x (t - t_x) + p_x q_x \quad (1.52)$$

IV növ sərhəd şərti. Konstruksiyaların qatlarının birləşdiyi yerdə istiliyin və temperaturun qiymətləri bərabər olmalıdır:

$$x = x_1 ; \quad \begin{cases} -\lambda_1 \frac{\partial t_1}{\partial x} = \lambda_2 \frac{\partial t_2}{\partial x} \\ t_1 = t_2 \end{cases} \quad (1.53)$$

Konstruksiyanın daxilində istilik mənbəyi varsa, onda (1.53) sərhəd şərtləri aşağıdakı şəkildə yazılar.

$$x = x_1 ; \quad \begin{cases} -\lambda_1 \frac{\partial t_1}{\partial x} + q_0 = \lambda_2 \frac{\partial t_2}{\partial x} \\ t_1 = t_2 \end{cases} \quad (1.54)$$

Qeyd etmək lazımdır ki, xarici qoruyucu konstruksiyaların istilikötürməsinin hesabını zamanı ən çox III və IV növ sərhəd şərtləri istifadə edilir.

§1.5. Bina və qurğuların daxilində istilik balansı

Bina və qurğuların daxilində hava soyuq və isti səthlərlə görüşdükdə, həmçinin hava mübadiləsi prosesi zamanı soyuyur və ya qızır. Kiçik otaqlarda konvektiv istiliyin və ventilyasiya axınlarının təsirindən hava qarışır. Buna görə də istilik mübadiləsinin hesabı zamanı otağın bütün həcmi boyu havanın temperaturunu sabit qəbul etmək olar.

Bina və qurğuların daxilində istilik balansı tənliyi aşağıdakı şəkildə yazıla bilər:

$$\sum \alpha_{ki} (\tau_i - t_i) F_i \pm Q_d = 0 \quad (1.55)$$

burada α_{ki} -konvektiv istilik mübadiləsi əmsalının orta qiyməti, Q_d -konvektiv istiliyin miqdarı olub otağın havasına verilən və ya otaqdan götürülən istiliyin miqdarına bərabər qəbul edilir.

Q_d istiliyinə otağa vurucu ventilyasiya sistemləri vasitəsilə daxil olan havanın istiliyi də daxildir. Əgər bunları (1.55) ifadəsində ayrıca toplanan kimi göstərsək yazarıq:

$$\sum_{i=1} \alpha_{ki} (\tau_i - \tau_d) F_i \pm L_k c_p (t_k - t_d) + L_0 c_p (t_d - t_{xe}) \pm Q = 0 \quad (1.56)$$

(1.56) tənliyi bina və qurğuların daxilindəki havanın istilik balansı tənliyidir. Birinci toplanan konvektiv istilik mübadiləsinə, II və III toplananlar isə vurucu ventilyasiya sistemləri vasitəsilə daxil olan havanın istiliyini göstərir.

§1.6. İnsanlarla ətraf mühit arasında istilik balansı

Bina və qurğuların daxilində insanların həyat fəaliyyəti üçün əlverişli istilik şəraiti yaratmaq üçün mikroiqlimi təmin edən sistemlərdən istifadə edilir. İnsanların özünü hissetmə və işləmə qabiliyyəti insan orqanizminin fizioloji istilik tənzimləmə sisteminin işlənməsindən asılıdır. İnsan orqanizminin normal fəaliyyət göstərməsi üçün bədənin temperaturu $36,6^{\circ}\text{C}$ olmalıdır. Bədəndə sabit temperaturun saxlanması üçün insan orqanizmi daim istilik hasil edir ki, bu da ətraf mühitə verilir. İnsanların fizioloji və emosional vəziyyətindən, onun paltar, yaşı, gördüyü işin növündən,

orqanizmin fərdi xüsusiyyətlərindən asılı olaraq ətraf mühitə itirilən istiliyin miqdarı müxtəlif ola bilər.

İnsanı əhatə edən mühitlə insan orqanizmi arasında arasıkəsilmez istilik mübadiləsi gedir. Orqanizmin ümumi istilik balansını aşağıdakı tənliklə xarakterizə edilir:

$$Q_i \pm Q_i^k \pm Q_b^s - Q_i^b - Q_i^{m.i.} - Q_i^f \pm \Delta Q_i = 0 \quad (1.57)$$

Burada Q_i -orqanizmin hasil etdiyi istilik miqdarı, Q_i^k , Q_i^s , Q_i^b - müvafiq olaraq konveksiya və şüalanma yolu ilə istilik mübadiləsindən alınan və orqanizmin səthindən nəmliyin buxarlanmasına sərf edilən istilik miqdarı, $Q_i^{m.i.}$ - mexaniki işə sərf edilən istilik miqdarı, Q_i^f - fizioloji proseslərə sərf edilən istilik, ΔQ_i - orqanizmdə istilik artıqlığı və ya çatışmamazlığını ifadə edir.

Görülən işin ağırlıq dərəcəsindən asılı olaraq insan orqanizmi müəyyən miqdarda istilik hasil edir. Mexaniki işə sərf edilən istilik miqdarı $Q_i^{m.i.}$ istiliyin əlavə hasilatının 5-35%-ni təşkil edir. Əgər orqanizmdə istilik miqdarı balans təşkil etmirsə, bu vaxt orqanizmdə istilik artıqlığı müşahidə edilir və onun temperaturu artmış olur. İstilik çatışmamazlığı baş verdikdə isə orqanizmin soyumasına səbəb olur. Qeyd etmək lazımdır ki, həm temperaturun artması, həm də istilik çatışmaması zamanı orqanizmin istilik tənzimlənməsi orqanizmə kömək edir. Lakin orqanizmin istilik tənzimlənməsi məhdud olduğundan mühitin istilik halını nizama salmaq lazımdır. İnsan bədəninin temperaturunun ətraf mühitdə istilik artıqlığı və yaxud çatışmamazlığı nəticəsində yol veriləcək dəyişməsi 0,4-1,11°C hesab edilir. Bu zaman orqanizm özünü qeyri-normal şəraitdə hiss edir və bu şəraitə diskomfort şərait deyilir.

İnsan orqanizminin ətraf mühitə verdiyi istiliyin intensivliyi həmin mühitin temperaturundan, hərəkət sürətindən, nisbi nəmliyindən, mühitdəki səthlərin temperaturundan və ölçülərindən asılıdır. Bütün bu göstəricilərin mühitdə elə qiymətləri ola bilər ki, insan orqanizmi istilik tarazlığını qoruyub saxlayar. Əks halda orqanizm üçün diskomfort mühit yaranar ki, bu mühitdə onun yaşaması və yaxud fəaliyyət göstərməsi çətin olur.

İnsan bədəni ilə mühit arasında istilik mübadiləsi zamanı şüalanma yolu ilə istilik mübadiləsini aşağıdakı düsturdan təyin etmək olar.

$$Q_i^s = 2.51(35 - t_R) \quad (1.58)$$

Konvektiv istilik mübadiləsinin intensivliyi isə mühitin temperaturu və hərəkət sürətindən asılıdır.

$$Q_i^k = 10.29\sqrt{v}(35 - t_R) \quad (1.59)$$

Beləliklə, orqanizmin ətraf mühitlə istilik mübadiləsi zamanı əldə edilən istilik miqdarı aşağıdakı şəkildə yazılmış olar:

$$Q_i^{s+k} = (2.51 + 10.29\sqrt{v})(35 - t_0) \quad (1.60)$$

Burada t_0 -otağın temperaturunu ifadə edir və aşağıdakı şəkildə təyin edilir.

$$t_0 = \frac{t_d + t_R}{2} \quad (1.61)$$

Qeyd etmək lazımdır ki, (1.60) düsturu yüngül iş görülən zaman düzgün hesab edilə bilər. İşin ağırlıq dərəcəsi artdıqca ətrafa verilən istiliyin miqdarı da artmış olur. Bundan başqa ətraf mühitlə insan bədəni arasında istilik mübadiləsində geyilən paltarın da əhəmiyyəti böyükdür. Deyilənləri nəzərə alaraq bu hal üçün ətraf mühitə verilən istilik miqdarını aşağıdakı düsturdan təyin etmək lazımdır.

$$Q_i^{s+k} = \beta_1\beta_2(2.51 + 8.87\sqrt{v})(35 - t_0) \quad (1.62)$$

Burada β_1 - işin ağırlığını nəzərə alan əmsal, β_2 - paltarın növünə görə qəbul olunmuş əmsaldır.

Bədənin səthindəki nəmliyin buxarlanmasına sərf edilən istiliyin miqdarı

$$Q_i^b = 2.51v^{0.8}(5.59 - e_d) \quad (1.63)$$

Burada e_d -daxili havanın tərkibindəki su buxarının elastikliyi, 5,59- isə insan bədəninin dərisinin səthində su buxarının elastikliyidir.

Qeyd etmək lazımdır ki, orqanizmin ümumi istilik balansından başqa bədənin ayrı-ayrı hissələrinin istilik halı da ümumi əhvalruhiyyəyə müəyyən təsir göstərir. Tədqiqatlar əsasında öyrənilmişdir ki, insanın başı radiasiya yolu ilə verilən istiliyə daha həs-

sasdır və ona şüalanma yolu ilə təsir edildikdə diskomfortluluq meydana çıxır. Ayaqlar isə istiliyə həsas olduğundan ilin qış dövründə döşəmənin səthinin temperaturu otağın daxili temperaturundan 2,5°C-dən az olmamalıdır. Bir çox gigiyenistlər hesab edirlər ki, insanın başına nisbətən kürəyinin yuxarı hissəsi soyuqmağa daha həssasdır.

§ 1.7. Daxili mühitdə komfort şərtlər

Otaqlarda mikroiklimin parametrləri bir-birilə müəyyən əlaqədə olmaqla, lazım olan həddi keçmirsə, bu zaman istilik nöqtəyi-nəzərindən komfort şərait yaranmış olur. Otaqların istilik şəraiti əsasən daxili havanın temperaturundan və ətraf səthlərdən, yəni temperatur şəraitindən asılıdır. Otaqların temperatur şəraiti iki növ komfort temperatur şərtinə görə təyin edilir. I şərt - ümumiyyətlə, otaqların daxilində, II şərt isə isti və soyuq səthlər yaxınlığında işçi zonada komfort temperaturun yaradılmasından ibarətdir.

Birinci komfort şərt otağın ehtimal ümumi temperaturunu ifadə edir ki, həmin otaqda insan heç bir istilik və soyuqluq hiss etməsin. Burada insan bədəninin istilik hissiyatı müəyyən dərəcədə radiasiya temperaturu t_R və mühitin temperaturundan asılıdır. Radiasiya temperaturu aşağıdakı ifadədən təyin edilə bilər:

$$t_R = \sum \varphi_{i-i} \cdot t_i \quad (1.64)$$

Burada φ_{i-i} - insanın otağın ortasında durduğu vəziyyətdən t_i temperaturu səthlərə şüaburaxma əmsəlidir.

Burada insan bədəninin şüalanma və konvektiv yolla ətraf mühitlə istilik mübadiləsi tənliyini istilik balansına əsasən aşağıdakı şəkildə yazmaq olar:

$$Q_i^{s+x} = F_i^s \sum C_{i-i} \varphi_{i-i} b_{i-i} (\tau_i - \tau_b) + F_u^k \alpha_k (\tau_i - \tau_d) \quad (1.65)$$

və yaxud

$$Q_i^{s+x} = F_b^s \alpha_s (\tau_i - t_R) + F_i^k \alpha_k (\tau_i - t_d) \quad (1.66)$$

Burada F_i^s , F_i^k - müvafiq olaraq insan orqanizminin şüalanma və konvektiv istilik mübadiləsi üçün istilikvermə səthləri, α_s , α_k -

müvafiq olaraq şüalanma və konvektiv istilik mübadilə əmsalları, τ_i - geyinmiş insan bədəninin səthinin temperaturudur.

(1.66) tənliyini aşağıdakı şəkildə də yazmaq olar:

$$t_R = \frac{F_i^s \alpha_s \tau_i + F_i^k \alpha_k \tau_i - Q_i^{s+k}}{F_u^s \alpha_s} - \frac{F_i^k \alpha_k}{F_i^s \alpha_s} \cdot t_d \quad (1.67)$$

(1.67) tənliyi otaqların temperatur şəraitinin birinci komfort şərtinin ümumi tənliyidir.

İlin qış dövrü üçün: $\tau_i = 25^\circ\text{C}$, $\alpha_k = 2,3$, $\alpha_s = 5,1$, $F_i^k = 1,9 \text{ m}^2$, $F_i^s = 1,7 \text{ m}^2$ qəbul edilir. Onda (1.67) tənliyindən ilin qış dövrü üçün

$$t_R = \frac{336 - Q_i^{s+k}}{8.7} - 0.57 \cdot t_d \quad (1.68)$$

alırıq.

İlin qış dövründə ictimai və yaşayış binalarında insan orqanizminin ətraf mühitə verdiyi istilik (Q_i^{s+k}) miqdarı 87 vt-dir. Onda (1.68) tənliyindən yazarıq:

$$t_R = 29 - 0.57 \cdot t_d \quad (1.69)$$

İlin yay dövrü üçün (1.67) tənliyi aşağıdakı kimi olar:

$$t_R = \frac{385 - Q_i^{s+k}}{7.65} - 0.5 \cdot t_d \quad (1.70)$$

$Q_i^{s+k} = 64$ vt olduqda

$$t_R = 36 - 0.5 \cdot t_d \quad (1.71)$$

olar.

(1.71) tənliyinə yay üçün normalaşdırılmış t_0 daxil etsək

$$t_R = 1,5t_0 - 0,57t_d \pm 1,5^0 \quad (1.72)$$

Burada orta temperaturdan $\pm 1,5^\circ\text{C}$ kənara çıxmaya yol verilir. İlin yay dövründə t_0 -ın qiymətini yüngül işdə 26°C , sakit işdə 24°C , ağır işdə 22°C qəbul etmək olar.

İkinci komfort şərt insan bədəninin isti və soyuq səthlər yaxınlığında isitilik mübadiləsinin intensivliyini məhdudlaşdırır. Burada əsas məsələ şüalanma yolu ilə istilik mübadiləsinin intensivliyi olduğundan elementar səth üçün

$$Q_i^{s+k} = C\varphi b_{i-s}(\tau_i - \tau_s) + C(1-\varphi)b_{i-dc}(\tau_i - \tau_{dc}) \quad (1.73)$$

Burada C -şüalanmanın gətirilmiş əmsalı olub 4,65 vt/(m²k⁴) qəbul edilir. φ -qarşılıqlı şüalanma əmsalı, b -temperatur əmsalıdır. $b_{i-n}=1,05-1,15$

(1.73) tənliyini sadələşdirdikdə

$$Q_i^{s+k} = 5.34(30 - \tau_s) + 58(1 - \varphi) \quad (1.74)$$

(1.74) tənliyindən τ_s -ni təyin edək.

$$\tau_s = 19.2 + \frac{58 - Q_i^s}{5.3\varphi_{i-s}} \quad (1.75)$$

$Q_i^s \geq 11,6$ vt/m² olarsa, (1.75) tənliyini aşağıdakı kimi yazarıq

$$\tau_s \leq 19.2 + \frac{8.7}{\varphi_{i-s}} \quad (1.76)$$

(1.76) tənliyi isti səthdə maksimal temperaturu təyin etmək üçün istifadə edilə bilər.

Q_i^s -in ilin yay dövründə məlum qiymətinə əsasən soyuq səthdə optimal temperaturu aşağıdakı ifadədən təyin etmək olar:

$$\tau_{s_n}^{b.b} \geq 23 - \frac{5}{\varphi_{i-s}} \quad (1.77)$$

İlin qış dövründə isti səthdə maksimal, yay dövründə isə soyuq səthdə minimal temperaturları təyin edən (1.76) və (1.77) tənlikləri ikinci komfort şərtin əsasını təşkil edir.

Qeyd etmək lazımdır ki, yay dövründə səthin minimal temperaturu həmin səthdə su buxarlarının kondensata çevrilə biləcək ehtimalına da cavab verməlidir. Yəni bu səthlərdə həmin temperaturda kondensasiya prosesi baş verməməlidir.

İnsanla səth arasında qarşılıqlı şüalanma əmsalı təxmini olaraq aşağıdakı ifadədən təyin edilə bilər.

$$\varphi_{i-s} = 1 - 0.8 \frac{x}{\ell} \quad (1.78)$$

Burada $\ell = \sqrt{F_n}$ - panelin xarakterik ölçüsüdür.

Qızdırıcı cihazların səthində normalara uyğun aşağıdakı temperatur həddi qəbul edilir: divar və arakəsmələrdə +45°C, tavanlarda +28-33°C, döşəmələrdə +30°C.

FƏSİL II. QORUYUCU KONSTRUKSIYALARDA STASİONAR İSTİLİKÖTÜRMƏ VƏ NƏMLİK REJİMLƏRİ

Xarici qoruyucu konstruksiyalar layihələndirilən zaman əsas məsələ bina və qurğuların daxilində insan orqanizminin və texnoloji proseslərin tələb etdiyi mikroiqlimi təmin etməkdən ibarətdir. Layihələndirilən xarici qoruyucu konstruksiyaya nəinki daxili mühitdə mikroiqlimi təmin etməli, eyni zamanda normal istilik-nəmlik tələbatlarına malik olmalıdır.

Xarici qoruyucu konstruksiyanın qalınlığı boyunca istiliyin və nəmliyin ötürülməsi proseslərini xarakterizə edən fiziki kəmiyyətlər zaman keçdikcə dəyişməz qalarsa, bu proseslərə stasionar proses deyilir. Bu cür proseslər qoruyucu konstruksiyalarda istilik-ötürmə və ya nəmlikötürmənin ən sadə halı hesab edilir.

Xarici qoruyucu konstruksiyalarda istilik və nəmlik proseslərinin birgə getməsinə baxmayaraq həmin konstruksiyalar hər bir iqlim göstəricisinə görə ayrıca hesablanır və nəticədə hər bir iqlim rayonu üçün layihələndirilir və tətbiq edilir. Konstruksiyaların ayrı-ayrı iqlim göstəricilərinə görə hesablanması mühit üçün iqlimin riyazi modelinin olmaması üzündən aparılır. Mühitin riyazi modelinin tərtibi çətin riyazi məsələ hesab edildiyindən hazırda xarici qoruyucu konstruksiyalar stasionar rejimdə ayrı-ayrı iqlim göstəricilərinə əsasən layihələndirilir.

Qeyd etmək lazımdır ki, xarici qoruyucu konstruksiyaların daxili səthinə şüalanma və konveksiya yolu ilə müəyyən olunmuş miqdarda istilik ötürülür. İlin qış dövründə həmin istilik konstruksiyanın qalınlığından xarici mühitə doğru itirilir. Xarici qoruyucu konstruksiyanın materialının istilik mühafizə xüsusiyyəti itirilən istiliyin miqdarını azaldır. Stasionar şəraitdə otaqdan xarici qoruyucu konstruksiyanın daxili səthinin mənimsədiyi bütün istilik xarici mühitə ötürülür. İlin qış dövründə bu cür rejim daxili və xarici mühitin temperturlarının cüzi rəqslərində mümkündür.

Məlumdur ki, xarici qoruyucu konstruksiyalar havakeçirmə və sorbsiya xüsusiyyətlərinə malikdirlər. Odur ki, qoruyucu konstruksiyanın qalınlığı boyu nəmlikötürmə prosesi baş verir və bu proses konstruksiyanın nəmləməsinə səbəb olmamalıdır.

Xarici qoruyucu konstruksiyalar qrunut sulari və çəp yağışlarının təsirindən nəmləndikdə onu aradan qaldırma üsullarından biri də günəş şüalarının gətirdiyi istilik və daxili istilik mənbəyinin istiliyi ola bilər.

§2.1. Qoruyucu konstruksiyalarda stasionar istilikötürmə

Qoruyucu konstruksiyalarda zamana görə bütün parametrləri dəyişməyən istilikötürmə prosesləri stasionar adlanıb istilikötürmənin ən sadə halı sayılır.

Birölçülü stasionar istilikkeçirmə tənliyini aşağıdakı şəkildə yazmaq olar.

$$\lambda \frac{d^2 t}{dx^2} = 0 \quad (2.1)$$

(2.1) tənliyi adi bircins diferensial tənlikdir və tənliyin ümumi həlli

$$t = c_1 x + c_2 \quad (2.2)$$

şəklində verilir.

(2.2) ifadəsinə əsasən δ qalınlığında xarici qoruyucu konstruksiyaların temperatur sahəsini təyin etmək olar.

c_1 və c_2 sabitlərinin təyini zamanı konstruksiyayın daxili və xarici səthlərində istilik mübadiləsinin gətirdiyi şəraiti təyin edən sərhəd şərtləri məlum olmalıdır. Odur ki, sərhəd şərtlərini aşağıdakı kimi yazaq.

$$x = 0; \quad -\lambda \frac{dt}{dx} = \alpha_d (t_d - t_0) \quad (2.3)$$

$$x = \delta; \quad -\lambda \frac{dt}{dx} = \alpha_x (t_\delta - t_x)$$

(2.3) şərtindən istifadə etməklə (2.2)-dən aşağıdakı ifadəni tapırıq.

$$t(x) = t_d - \frac{t_d - t_x}{R_{um}} \left(R_{d.s.} + \frac{x}{\lambda} \right) \quad (2.4)$$

Burada t_d , t_x – daxili və xarici havanın temperaturları, α_d , α_x – qoruyucu konstruksiyalarının daxili və xarici səthlərinin istilik mübadiləsi əmsalları; R_{um} , $R_{d.s}$ – qoruyucu konstruksiyanın ümumi istilikötürmə və daxili səthinin termiki müqavimətləridir.

$$R_{d.s} = \frac{1}{\alpha_d} \quad (2.5)$$

$$R_{um} = \frac{1}{\alpha_d} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_x}$$

Qeyd etmək lazımdır ki, (2.3.) ifadəsi xarici qoruyucu konstruksiyanın qalınlığı boyu temperatur sahəsini göstərir və bu düsturla δ qalınlıqlı konstruksiyanın istənilən nöqtəsində temperatur göstəricisini təyin etmək olar.

Konstruksiyanın daxili səthinin temperaturunu təyin etmək üçün (2.4) ifadəsindən yazarıq:

$$t_{d.s} = t_d - \frac{t_d - t_x}{R_{um}} R_{d.s} \quad (2.6)$$

(2.6.) ifadəsini aşağıdakı şəkildə də yazmaq olar:

$$\frac{t_d - t_{d.s}}{R_{g.s}} = \frac{t_d - t_x}{R_{um}} \quad (2.7)$$

Bu tənliyə *istilik banalsı tənliyi* deyilir. Bərabərliyin hər iki tərəfi konstruksiyadan keçən istilik selinin miqdarını ifadə edir.

$$q = \frac{t_d - t_x}{R_{um}} \quad (2.8)$$

F səthinə malik xarici qoruyucu konstruksiyanın istilik itkisi aşağıdakı ifadəyə əsasən təyin edilə bilər.

$$Q = qF = q \frac{t_d - t_x}{R_{um}} \quad (2.9)$$

Qeyd etmək lazımdır ki, istilik itkisi miqdarını təyin edən zaman xarici qoruyucu konstruksiyaların xarici mühitə görə vəziyyətini nəzər almaq lazımdır. Divar, yastı dam və s. xarici mühitlə birbaşa görüşür, dam örtüyü olan çardaq, zirzəmi döşəmə və s. isə xarici mühitlə birbaşa görüşmür. Bu zaman daxili və xarici mühitlər arasındakı temperatur fərqi qeyd edilən konst-

ruksiyalar üçün düzgün hesab edilə bilməz. Odur ki, temperaturlar fərqi qoruyucu konstruksiyanın xarici mühitə görə vəziyyətini nəzərə alan n əmsalına vurmaq lazımdır. Bu zaman (2.4) və (2.9) ifadələrini müvafiq olaraq aşağıdakı şəkildə yazmaq olar.

$$t(x) = t_d - \frac{(t_d - t_x)n}{R_{um}} \left(R_{d.s.} + \frac{x}{\lambda} \right) \quad (2.10)$$

$$Q = F \frac{(t_d - t_x)n}{R_{um}} \quad (2.11)$$

§ 2.2 Xarici qoruyucu konstruksiyaların termiki müqavimətlərinin təyini

Xarici qoruyucu konstruksiyaların istilikötürməyə qarşı göstərdikləri müqavimətlər onların termiki müqavimətlərini xarakterizə edir. Qeyd etmək lazımdır ki, xarici qoruyucu konstruksiyalar daxili və xarici mühiti bir-birindən ayırır və burada istilik mübadiləsi prosesi baş verir. Odur ki, bina və qurğuların xarici qoruyucu konstruksiyalarının tikinti rayonunun iqlim şəraitinə uyğun layihələndirilməsi vacib məsələlərdən biridir. Belə ki, hər bir tikinti rayonunda tikiləcək binanın qoruyucu konstruksiyalarının tələb etdiyi termiki müqavimətini təyin etmək lazımdır.

İstilik balansının (2.7) tənliyindən ümumi termiki müqaviməti təyin edək

$$R_{um} = \frac{t_d - t_x}{t_d - t_{d.s.}} R_{d.s.} \quad (2.12)$$

Burada $t_{d.s.}$ və $R_{d.s.}$ - müvafiq olaraq konstruksiyanın daxili səthinin temperaturu və termiki müqavimətidir.

Qeyd etmək lazımdır ki, sanitariya-gigiyenik tələbata uyğun olaraq konstruksiyanın daxili səthinin temperaturu onun buraxıla bilən temperaturundan kiçik olmamalıdır.

Daxili mühitin ikinci komfort şərtinə görə bina və qurğuların xarici qoruyucu konstruksiyaların daxili səthinin buraxıla bilən temperaturu eyni qiymətə malik olmalıdır ki, insan həmin konstruksiyanın yaxınlığında intensiv soyuma hiss etməsin. Həmçinin

konstruksiyanın daxili səthinin buraxıla bilən temperaturu həmin səthdə su buxarlarının kondensata çevrilə biləcək ehtimalını aradan qaldırmalıdır. Yəni bu səthdə kondensasiya prosesi baş verməməlidir. Buna görə də konstruksiyanın daxili səthinin temperaturunun buraxıla bilən qiyməti ($t_{d.s}^{bur.bil}$) daxili havanın şəh nöqtəsinin temperaturundan yüksək olmalıdır.

Həmçinin qeyd etmək lazımdır ki, tikinti rayonunda tikiləcək binanın xarici qoruyucu konstruksiyalarının istilikötürmə müqavimətinin təyini zamanı temperatur göstəricilərindən başqa seçilmiş konstruksiyaların xarici mühitə görə vəziyyətini nəzərə almaq lazımdır.

Ona görə də hər bir tikinti rayonunda tikiləcək binanın qoruyucu konstruksiyalarının tələb edilən istilikötürmə müqavimətini təyin etmək üçün (2.12) tənliyini aşağıdakı şəkildə yazmaq olar.

$$R_{um}^{t.e} = \frac{(t_d - t_x)^n}{\Delta t^n \cdot \alpha_d} \quad (2.13)$$

Burada $\alpha_d = \frac{1}{R_d}$; $\Delta t^n = t_d - t_{d.s}$.

n - konstruksiyanın xarici mühitə görə vəziyyətini nəzərə alan əmsal olub, cədvəl 2.3-ə əsasən qəbul edilir; t_d - daxili havanın temperaturu olub, layihələndirilən müvafiq bina və qurğuların təyinatından asılı olaraq DÜİST 12.1.005-76-ya əsasən qəbul edilir; t_x - xarici havanın hesabat qış temperaturu olub, qoruyucu konstruksiyaların istilik ətalətini nəzərə almaqla, tikinti rayonu üçün İN və Q 2-01.01-82-dən aşağıdakı kimi qəbul edilir:

a) «ətalətsiz» xarici konstruksiyalar üçün ($D < 1,5$) $-0,98$ təminatlı ən soyuq sutkanın orta temperaturu;

b) «az ətalətli» xarici konstruksiyalar üçün ($1,5 \leq D < 4$) $-0,92$ təminatlı ən soyuq sutkalıq temperaturu;

v) «orta ətalətli» xarici konstruksiyalar üçün ($4 \leq D < 7$) $-0,92$ təminatlı ən soyuq sutkalıq və beşgünlük hesabat temperaturlarının orta qiyməti;

q) «ətalətli» xarici konstruksiyalar üçün ($D \geq 7$) $-0,92$ təminatlı ən soyuq beşgünlük orta temperatur.

$\Delta t''$ daxili mühit ilə xarici qoruyucu konstruksiyanın daxili səthinin temperaturaları arasındakı normativ fərq olub, cədvəl 2.1-ə əsasən qəbul edilir; α_d - xarici qoruyucu konstruksiyanın daxili səthində istilik mübadilə əmsalı olub, cədvəl 2.2-ə əsasən qəbul edilir.

Cədvəl 2.1

Daxili mühitlə konstruksiyanın daxili səthi arasında normativ temperaturlar fərqi, Δt

№	Bina və otaqlar	Normativ temperatur fərqi		
		Xarici divarlar üçün	Örükli və çardaqlı tavanlar üçün	Keçid, zirzəmi və döşəmə üstündəki örtüklər üçün
1	Yaşayış və xəstəxana binaları, döğüm evləri, internatlar, uşaq bağçaları, körpələr evi.	6	4	2
2	Dispanserlər, ambulatoriyalar, poliklinikalar, məktəblər.	6	4,5	2,5
3	Yuxarıda adları çəkilməyən bütün mülkü binalarda, sənaye müəssisələrinin binaları və otaqlarında (nəm texnoloji proses olmayan halda)	7	5,5	2,5
4	Quru iş şəraitli istehsalat binaları	$(t_d - t_s)$ 10°C – dən çox olmamalı	0,8 $(t_d - t_s)$ 8°C – dən çox ol- mamalı	2,5
5	Normal iş şəraitli istehsalat binaları	$(t_d - t_s)$ 8°C-dən çox ol- mamalı	0,8 $(t_d - t_s)$ 7°C-dən çox ol- mamalı	2,5
6	Nəm və yaş texnoloji proses gedən köməkçi istehsalat – mülki binalar	$(t_d - t_s)$	0,8 $(t_d - t_s)$	3,5
7	Kartof və meyvə tərəvəz saxlanılan binalar	$(t_d - t_s)$	$(t_d - t_s)$	2,5
8	Çoxlu miqdarda aşkar izafi istilik ayıran (2,3 vt/m ³ – dən çox) və daxili havanın nisbi nəmliyi 50% - dən çox olmayan istehsalat binaları	12	12	2,5

Qeyd: t_s – şəhlənmə temperaturu, daxili mühitin hesab temperaturuna və nəmliyinə uyğun DÜİST 12. 1. 005 – 76 – dan seçilir; kartof və meyvə tərəvəz saxlanılan binalarda şəhlənmə temperaturu və nisbi nəmliyi maksimal yol verilən qiymətə uyğun seçmək lazımdır.

Cədvəl 2.2

Qoruyucu konstruksiyaların daxili səthinin istilikvermə əmsalı, α_d

№	Qoruyucu konstruksiyaların daxili səthi	İstilik vermə əmsalı α_d , t/m ² dər
1	Divar, döşəmə, yastı və ya qabarıqlı tavan səthlər $h/a \leq 0,3$ (h – qabırğanın hündürlüyü, a – qabırğalar arasındakı məsafə) olan halda	8,7
2	Qabırğalı tavan $h/a \leq 0,3$ olan halda	7,6
3	Zenit fanarları	9,9

Qeyd: Heyvandarlıq və quşçuluq binalarının qoruyucu konstruksiyalarının daxili səthinin istilikvermə əmsalının (α_d) qiyməti İN və Q 2.10.03 – 84 –dən seçilir.

Cədvəl 2.3

Qoruyucu konstruksiyanın xarici mühitlə əlaqəsini nəzərə alan əmsal (n)

№	Qoruyucu konstruksiyalar	n
1	Xarici divardar, örtüklər, damı ədədi materiallardan olan çardaqlı örtüklər və keçid örtükləri	1,0
2	Xarici hava ilə əlaqəsi olan soyuq zirzəmilərin örtükləri, çardaqlı örtükləri (damı rulon materialdan olan)	0,9
3	Divarlarında təbii işıq üçün gözlükləri olan isidilməyən zirzəmilərin örtükləri	0,75
4	Divarlarında təbii işıq üçün gözlüyü olmayan və yer səviyyəsindən yuxarıda yerləşən isidilməyən zirzəmilərin örtükləri	0,6
5	Yer səviyyəsindən aşağıda yerləşən isidilməyən texniki döşəməaltılarının örtükləri	0,4

Cədvəl 2.4

Qoruyucu konstruksiyaların xarici səthinin istilikvermə əmsalı, α_x

№	Qoruyucu konstruksiyaların xarici səthi	İstilik vermə əmsalı, α_x , vt/m ² dər
1	Xarici divarlar, örtüklər, keçid örtükləri və şimal inşaat – iqlim zonasında soyuq zirzəmi üstündəki örtüklər	23
2	Xarici mühitlə əlaqəsi olan soyuq zirzəmilərin üstündəki örtüklər	17
3	Çardaqlı və divarlarında təbii işıq üçün gözlüklər olan isidilməyən zirzəmilərin üstündəki örtüklər	12
4	Divarlarında təbii işıq üçün gözlüklər olmayan və yer səviyyəsindən yuxarıda yerləşən isidilməyən zirzəmilər, yer səviyyəsindən aşağıda yerləşən isidilməyən texniki döşəməaltılarının üstündəki örtüklər	6

Qapalı hava qatının termiki müqaviməti

Hava qatının qalınlığı, m.	Qapalı qatın termiki müqaviməti $R_{n,q}$ m ² dət/Bt			
	İstilik axını aşağıdan yuxarıya istiqamətləndikdə		İstilik axını yuxarıdan aşağı istiqamətləndikdə	
	Havanın qatının temperaturu			
	Müsbət olduqda	Mənfi olduqda	Müsbət olduqda	Mənfi olduqda
0,1	0,13	0,15	0,14	0,15
0,2	0,14	0,15	0,15	0,19
0,3	0,14	0,16	0,16	0,21
0,5	0,14	0,17	0,17	0,22
0,1	0,15	0,18	0,18	0,23
0,15	0,15	0,18	0,19	0,24
0,2 – 0,3	0,15	0,19	0,19	0,24

Qeyd etmək lazımdır ki, iki otaq arasındakı temperaturlar fərqi 3°C-dən çox olduqda daxili konstruksiyalar üçün tələb edilən istilikötürmə müqaviməti ($R_{üm}^{t.e.}$) təyin edilməlidir. Belə konstruksiyalar $R_{üm}^{t.e.}$ üçün təyin edilərkən $n=1$, t_x isə daha soyuq otağın hesab temperaturu qəbul edilir.

Tələb edilən istilikötürmə müqavimətini təyin etdikdən sonra binanın xarici qoruyucu konstruksiyalarını layihələndirmək olar. Sanitariya-gigiyena şərtlərinə əsasən layihələndirilən konstruksiyaların ümumi istilikötürmə müqavimətləri tikinti rayonunun tələb edilən istilikötürmə müqavimətindən kiçik olmamalıdır:

$$R_{üm} \geq R_{üm}^{t.e.}$$

Qapalı hava boşluğu və en kəsiyi bircins olan çoxqat konstruksiyalarının ümumi istilikötürmə müqavimətini təyin etmək üçün (2.5) düsturundan istifadə edilir və aşağıdakı şəkildə yazıla bilər.

$$R_{üm} = R_d + \sum R_i + R_{h,b} + R_x \quad (2.14)$$

Burada R_d , R_x - müvafiq olaraq konstruksiyanın daxili və xarici səthlərindəki istilik mübadiləsinə göstərilən termiki müqavimət; $R_x = \frac{1}{\alpha_x}$; α_x - xarici qoruyucu konstruksiyanın xarici səthinin istilik mübadilə əmsalı olub cədvəl 2.4-ə əsasən təyin edilir,

$\sum R_i$ - layihələndirilən konstruksiyanın qatlarının termiki müqavimətlərinin cəmi; $R_{h,b}$ - konstruksiyasının daxilindəki hava boşluğunun termiki müqaviməti olub cədvəl 2.5-dən qəbul edilir. Qeyd etmək lazımdır ki, ventilyasiya edilən hava qatı ilə qoruyucu konstruksiyaların xarici səthi arasında yerləşən qat nəzərə alınmır. $\sum R_i$ - aşağıdakı kimi təyin edilir.

$$\sum R_i = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad (2.15)$$

Burada R_1, R_2, \dots, R_n - qoruyucu konstruksiyanın əsasını təşkil edən ayrı-ayrı qatların termiki müqavimətləri olub aşağıdakı düsturla təyin edilə bilər:

$$R = \frac{\delta}{\lambda} \quad (2.16)$$

δ - qatın qalınlığı, λ - qatın materiallarının istilikkeçirmə əmsalı olub, konstruksiyanın müxtəlif nəmlik rejimlərində A və B şəraitindən asılı olaraq əlavə 1-ə əsasən qəbul edilir.

Qoruyucu konstruksiyaların en kəsiyi bircins olmadıqda (boşluqlu bloklar, boşluqlu dəmir beton örtüklər və s.) onların termiki müqavimətləri aşağıdakı ardıcılıqla təyin edilir:

a) müstəviləri istilik axınına normal istiqamətdə olan qoruyucu konstruksiyalar bircins (birqat) və bircins olmayan (müxtəlif materiallardan ibarət) sahələrə bölündükdən sonra termiki müqaviməti aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$R_{\alpha} = \frac{F_1 + F_2 + \dots + F_n}{\frac{F_1}{R_1} + \frac{F_2}{R_2} + \dots + \frac{F_n}{R_n}} \quad (2.17)$$

Burada F_1, F_2, \dots, F_n - ayrı-ayrı hissələrin sahəsi, R_1, R_2, \dots, R_n - ayrı-ayrı hissələrin termiki müqavimətləri olub, bircins hissələr üçün (2.16) düsturu, bircins olmayan hissələr üçün isə (2.17) düsturu ilə təyin edilir.

b) müstəviləri istilik axınına perpendikulyar istiqamətdə olan qoruyucu konstruksiya bircins və bircins olmayan hissələrə bölünür.

Bu halda bircins hissələr üçün termiki müqavimət (2.16) bircins olmayan hissələr üçün isə (2.17) düsturu ilə hesablanır. İstilik

axınına perpendikulyar müstəvi üzrə termiki müqavimət (R_b) isə bircins olmayan hissələrin termiki müqavimətlərinin cəmi kimi hesablanır. Bircins olmayan hissələrin orta istilikeçirmə əmsalı aşağıdakı düsturdan təyin edilir.

$$\lambda_{or} = \frac{\lambda_1 F + \lambda_2 F_2 + \dots + \lambda_n F_n}{F_1 + F_2 + \dots + F_n} \quad (2.18)$$

Burada $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ - qatların istilikeçirmə əmsalları, F_1, F_2, \dots, F_n - qatların tutduğu sahələridir.

Qapalı hava təbəqəsi üçün ekvivalent istilikeçirmə əmsalı aşağıdakı kimi təyin edilə bilər:

$$\lambda_e = \frac{\delta}{R_{h,q}} \quad (2.19)$$

Beləliklə, bircins olmayan qoruyucu konstruksiyaların termiki müqaviməti aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$R_u^{tot} = \frac{R_a + 2R_b}{3} \quad (2.20)$$

Bu zaman aşağıdakı şərt ödənilməlidir:

$$\frac{R_a - R_b}{R_a} \cdot 100\% \leq 25$$

Bu şərt ödənilmədikdə qoruyucu konstruksiyanı müstəvi hesab etmək olmaz. Onda qoruyucu konstruksiyanın termiki müqavimət aşağıdakı kimi təyin edilməlidir.

t_d və t_x temperaturlarına görə konstruksiyanın daxili və xarici səthlərindəki temperaturlar təyin edilir. İstilik selinin hesab qiyəti aşağıdakı düsturla təyin edilə bilər:

$$q_r^{hesabi} = \alpha_d (t_d - t_{d.s}^{or}) = \alpha_x (t_{x.s}^{or} - t_x) \quad (2.21)$$

Burada $t_{d.s}^{or}, t_{x.s}^{or}$ - müvafiq olaraq konstruksiyanın daxili və xarici səthlərinin orta temperaturlarıdır.

Bu zaman konstruksiyanın termiki müqaviməti aşağıdakı düsturla hesablanıla bilər:

$$R_k^{tot} = \frac{t_{d.s}^{or} - t_{x.s}^{or}}{q_{hesabi}} \quad (2.22)$$

Bircins olmayan konstruksiyaların istilikötürmə müqaviməti isə aşağıdakı düsturla təyin edilə bilər:

$$R_{um} = \frac{t_d - t_x}{q_{hesabi}} \quad (2.23)$$

Yaşayış binalarında xarici panel divarlar üçün aşağıdakı bərabərlik qəbul edilir:

$$R_{um} = R_{um} \cdot r \quad (2.24)$$

Burada $R_{um}^{şerti}$ - panel divarların istilikötürmə müqaviməti olub, şərti olaraq (2.15) və (2.16) düsturlarına əsasən təyin edilir; r - istilik texnikası nöqteyi-nəzərindən bircinslilik əmsalı olub cədvəl 2.6-dan qəbul edilir.

Cədvəl 2.6

Panel divarlar üçün bircinslik əmsalı (r)

1. Qabırğalı və istilik izolyasiyalı üçqat beton konstruksiyaları üçün r əmsalı aşağıdakı düsturla hesablanır.

$$r = r_1 r_2$$

burada r_1 - qabırğalı konstruksiyanın nisbi sahəsinin nəzərə alan əmsal olub, aşağıdakı cədvəldən qəbul edilir.

Ry şerti, m ² dər/vt	F ₁ /F ₂ olduqda r ₁		
	0,25	0,15	0,05
3,1	0,5	0,56	0,79
2,1	0,67	0,73	0,83
1,7	0,76	0,80	0,86
1,4	0,83	0,85	0,87

Cədvəldə aşağıda işarələr qəbul edilir.

F₁ - konstruksiyanın qabırğasının sahəsi, m².

F₂ - konstruksiyanın sahəsi (qapı və pəncərələrin sahələri nəzərə alınmır), m².

r₂ - qabırğalı konstruksiyaların sıxlığını nəzərə alan əmsal olub, aşağıdakı cədvəldən qəbul edilir.

Materialın sıxlığı γ ₀ , kq/m ³	1000	1200	1400	1600	2400
r ₂	1,0	1,0	1,9	1,8	1,6

Qeyd: Qalınlığı 0,3 m-dən az olan üçqat konstruksiyalar üçün r əmsalını 0,9-a vurmaq lazımdır. r_1 və r_2 - nin aralıq qiymətlərinin cədvəldən interpolyasiya etməklə tapmaq olar.

Bilavasitə qrunut üzərində yerləşən döşəmələrin istilik itkiləri təyin edilən zaman döşəmənin sahəsini xarici divar konstruksiyasına nəzərən dörd şərti zonaya bölüb, onların hər biri üçün İN və Q-dan şərti termiki müqavimət qəbul edirlər. Qeyd etmək lazımdır ki, bu müqavimətlər soyuq döşəmələrə aiddir. İsidilmiş döşəmələrdə isə zonalar üçün termiki müqavimətlər aşağıdakı düsturdan təyin edilə bilər:

$$R_{i.d.} = R_{s.d.} + \sum \frac{\delta_{i.q.}}{\lambda_{i.q.}} \quad (2.25)$$

Burada $R_{s.d.}$ və $\sum \frac{\delta_{i.q.}}{\lambda_{i.q.}}$ - müvafiq olaraq soyuq döşəmə zonasının və istiləşdirici qatın termiki müqavimətləridir.

Qrunut üzərində yerləşən döşəmələrin konstruksiyalarında laqalardan istifadə edilirsə, belə döşəmələrin ayrı-ayrı zonalarının termiki müqaviməti aşağıdakı düsturdan təyin edilə bilər.

$$R_d = \frac{1}{0.85} R_{i.d.} \quad (2.26)$$

Bəzən tikinti rayonunda binanın qoruyucu konstruksiyaları layihələndirilərkən bu və ya digər qatların qalınlıqlarının seçilməsində müəyyən çətinliklərə rast gəlinir. Məsələn, divar konstruksiyasında hörgü qatının, istilik izolyasiya qatının, çardaq və döşəmə konstruksiyalarında həmçinin istilik izolyasiya qatlarının qalınlığını $R_{um} = R_{um}^{\text{t.e}}$ şərtinə əsasən təyin etmək olar.

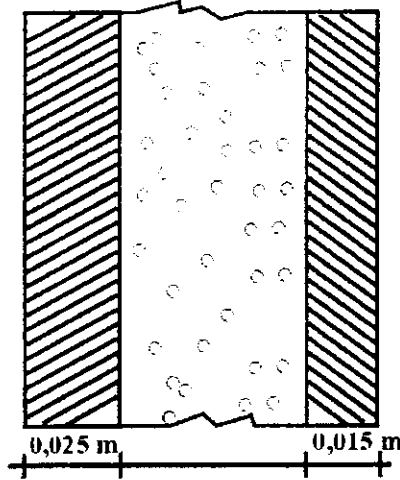
Həmçinin konstruksiyanın qatının materialının istilikkeçirmə əmsalını təyin etməklə onun növünü də seçmək olar.

Qoruyucu konstruksiyaların istilik etaləti aşağıdakı düsturla hesablanır.

$$D = R_1 S_1 + R_2 S_2 + \dots + R_n S_n \quad (2.27)$$

burada S_1, S_2, \dots, S_n - qoruyucu konstruksiyaların qatlarının istilikmənimsemə əmsalı olub əlavə 1-dən götürülür. Qeyd etmək lazımdır ki, konstruksiyanın qapalı hava qatının istilikmənimsemə əmsalı sıfıra bərabər qəbul edilir.

Misal. Üçqat divar konstruksiya üçün ümumi istilikötürmə müqavimətini və istilik-izolyasiya qatının tələb olunan qalınlığını təyin etməli



Tikinti rayonu-Bakı şəhəri

Konstruksiyanın qatları

1) xarici qat: (beton)

$$\rho = 2400 \text{ kq/m}^3$$

$$\lambda = 1,454 \text{ vt/mK}$$

$$S = 14,54 \text{ vt/m}^2\text{K}$$

$$\delta = 0,025 \text{ m}$$

2) istilik-izolyasiya qatı (köpüklü beton)

$$\rho = 600 \text{ kq/m}^3$$

$$\lambda = 0,174 \text{ vt/mK}$$

$$S = 2,51 \text{ vt/m}^2\text{K}$$

$$\delta = ?$$

3) daxili qat (beton)

$$\rho = 2400 \text{ kq/m}^3$$

$$\lambda = 1,454 \text{ vt/mK}$$

$$S = 14,54 \text{ vt/m}^2\text{K}$$

$$\delta = 0,015 \text{ m}$$

Otağın daxili temperaturu $t_d = 18^\circ\text{C}$

Həlli: Bakı şəhəri üçün İN və Q 2.01.01-86-ya əsasən $t_x^{s.b.} = -5^\circ\text{C}$, $t_{x.o}^{s.s.} = -7^\circ\text{C}$. Xarici divar konstruksiyaları üçün cədvəl 2.1 - 2.3-dən $n = 1$, $\Delta t^n = 6^\circ\text{C}$, $\alpha_d = 8,7 \text{ vt/m}^2\text{K}$ olduğunu təyin edərək.

Fərz edək ki, divar konstruksiyası orta ətalətlidir. Onda xarici havanın temperaturunu aşağıdakı kimi təyin edə bilərik.

$$t_x = \frac{(-5) + (-7)}{2} = -6^\circ\text{C}$$

Divar konstruksiyası üçün tələb edilən istilikötürmə müqavimətini hesablayaq.

$$R_{um}^{n.e.} = \frac{[18 - (-6)] \cdot 1}{6 \cdot 8.7} = 0.46 \text{ m}^2\text{K/vt}$$

Konstruksiyanın ümumi istilikötürmə müqavimətini təyin edək.

$$R_{um} = R_d + R_1 + R_2 + R_x = \frac{1}{8.7} + \frac{0.025}{1.454} + \frac{x}{0.174} + \frac{0.015}{1.454} + \frac{1}{23} = 0.186 + \frac{x}{0.174}$$

şərtindən $R_{um} = R_{um}^{t.e.}$ qəbul etsək

$$0.46 = 0.186 + \frac{x}{0.174}$$

$$x = 0.48 \text{ m}$$

alarıq.

Konstruksiyanın istilik ətalətini təyin edək

$$R_{um}^{t.e.} = R_1 S_1 + R_2 S_2 + R_3 S_3 = \frac{0.025}{1.454} \cdot 14.54 + \frac{0.048}{0.174} \cdot 2.51 + \frac{0.015}{1.454} \cdot 14.54 = 1.09 < 1.5$$

Bu cür divar konstruksiyası ətalətsiz xarici qoruyucu konstruksiyadır. Deməli, istilik-izolyasiya qatının qalınlığını təyin etmək üçün xarici havanın temperaturunu $t_x = -9^\circ\text{C}$ qəbul etmək lazımdır.

$$R_{um}^{t.c.} = \frac{(18 - (-9)) \cdot 1}{6 \cdot 8.7} = 0.517 \text{ m}^2\text{k/vt}$$

İstilik-izolyasiya qatının qalınlığını təyin edək

$$0.517 = 0.186 + \frac{x}{0.174}; \text{ burada } x = 0,058 \text{ m}$$

İstilik izolyasiya qatının qalınlığını $\delta_{i.i.} = 0,06 \text{ m}$ qəbul edək.

Onda ümumi istilikötürmə müqaviməti

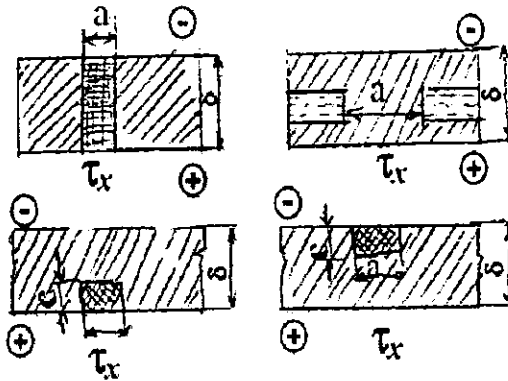
$$R_{um} = 0.115 + \frac{0.025}{1.454} + \frac{0.06}{0.174} + \frac{0.015}{1.454} + 0.043 = 0.53 > 0.517$$

$$R_{um} = 0.53 \text{ m}^2\text{K/vm}$$

olar.

§2.3 Xarici qoruyucu konstruksiyalarda stasionar istilikötürmənin xüsusi halları

Müasir bina və qurğuların istiliyi daha intensiv keçirən müxtəlif elementli xarici konstruksiyaları, panel konstruksiyaların birləşdiyi hissələr, ən nəhayət xarici konstruksiyaların birləşdiyi künc hissələr istilikötürmə nöqtəyi-nəzərindən adi müstəvi və



Şəkil 2.1.

İntensiv istilikkeçirən elementlərə olan qoruyucu konstruksiyaların müxtəlif sxemləri

hesab edilir.

Əgər element çox böyük sahəni əhatə edirsə, bu zaman onun daxili səthinin temperaturu aşağıdakı düsturla təyin edilə bilər:

$$t_{d.s.} = t_d - \frac{n(t_d - t_x)}{R_{um} \cdot \alpha_d} \quad (2.28)$$

Konstruksiyalarda intensiv istilikkeçirən elementlər əsasən şəkil 2.1-ə uyğun tətbiq edilir.

Şəkil 2.1-də göstərilən konstruksiyalarda daxili səthdəki temperaturun şəh düşmə temperaturundan kiçik olmaması şərti əsas götürülməklə daxili səthdəki temperaturun və həmin zonanın istilik itkisinin təyini vacibdir.

İstiliyi daha intensiv keçirən element metaldan olduqda, onun daxili səthindəki temperatur aşağıdakı düsturdan təyin edilə bilər.

bircinsli konstruksiyalardan fərqlənir və istilik-nəmlik rejimi baxımından müəyyən maraqa doğurur.

İstiliyi daha intensiv keçirən elementə malik xarici qoruyucu konstruksiyalara baxıldıqda əsasən onun daxili səthindəki temperatur və həmin zonadan itirilən istilik miqdarının təyin edilməsi əsas məsələ

$$t_{d.s} = t_d - \frac{(t_d - t_x)}{R_{um}^s \cdot \alpha_d} \left[1 + \eta \left(\frac{R_{um}^s}{R_{um}} - 1 \right) \right] \quad (2.29)$$

Qeyri-metal elementlər tətbiq edildikdə isə,

$$t_{d.s} = t_d - \frac{(t_d - t_x) \cdot n}{R_{um}^s \cdot \alpha_d} \left[1 + \xi R_{um}^s \cdot \alpha_d \right] \quad (2.30)$$

burada R_{um} və R_{um}^s - müvafiq olaraq istiliyi daha intensiv keçirən element olduğu yerdə və ondan kənarında istilikötürməyə qarşı göstərilən müqavimətlər; η , ξ isə İN və Q-dan şəkil 2.1-də göstərilən sxemlərə uyğun qəbul edilən əmsallardır.

(2.29) və (2.30) düsturları vasitəsilə təyin edilən daxili səthin temperaturu istiliyi daha intensiv keçirən elementlə təchiz edilmiş sahədən ötürülən istilik miqdarını tapmağa imkan verir.

Tədqiqatlar göstərir ki, xarici qoruyucu divar konstruksiyalarının künc hissələrinin bayır tərəfindən itirilən istilik itkisi adi divar səthindən itirilən istilik miqdarından 32% az olur. Əksinə, daxili səthdən xarici səthə tərəf ötürülən istilik isə 18% çox olur. İstilik itirmənin belə halları şübhəsiz ki, künc konstruksiyasının forması ilə əlaqədardır.

Eynicinsli xarici qoruyucu konstruksiyaların künc hissələrindən itirilən istilik itkilərini aşağıdakı düsturdan təyin etmək olar:

$$Q_k = \frac{1}{R_{um}} (t_g - t_x) \cdot 2\lambda R_{ym} \cdot f_k = 2\lambda (t_g - t_x) \cdot f_k \quad (2.31)$$

burada f_k -xarici qoruyucu konstruksiyanın künc hissəsinin forma amili olub 0,68-ə bərabər qəbul edilir.

Xarici künc konstruksiyalarından itirlən əlavə istilik aşağıdakı düsturdan təyin edilə bilər:

$$\Delta Q_k = 2\lambda (t_d - t_x) (f_k - 1) \quad (2.32)$$

İtirilən əlavə istilik şübhəsiz ki, xarici künc konstruksiyasının temperatur sahəsinə mənfi təsir göstərir.

Temperatur sahəsinin aşağı düşməsi künc konstruksiyalarını sanitariya-gigiyena tələbatları nöqtəyi-nəzərindən yararsızlaşdırma bilər. Bildiyimiz kimi aşağı temperaturlarda həm künc konstruksiyalarının daxili səthində, həm də en kəsiyi boyu su buxarının kondensasiyası prosesi gedə bilər. Belə proseslərin baş verməməsi

üçün həmin konstruksiyaların temperatur rejimlərini yaxşılaşdırmaq lazımdır. Bunun üçün bir sıra texniki tədbirlərdən istifadə edilir. Məsələn, onun daxili küncünə istiləşdirici materiallar əlavə etmək və yaxud mərkəzi isitmə sistemlərində tətbiq edilən dayaq-ları həmin künc hissələrdə yerləşdirmək və s. Bundan başqa künc hissələrin qarşısında ev əşyalarının, xüsusən mebelin qoyulmaması tövsiyyə edilir.

§2.4. Daxili mühitdə nəmlik rejimi. Qoruyucu konstruksiyalarda buxarkeçirməyə qarşı müqavimətlər

Xarici qoruyucu konstruksiyaların qalınlığı boyunca nəmlik-ötürmə prosesi baş verir və bu proses onun nəmləşməsinə gətirib çıxarmamalıdır. Konstruksiyanın materialının nəmliyinin kifayət qədər artması onun uzunömürlüyünü azaldır və istilik mühafizə keyfiyyətinin pisləşməsinə səbəb olur.

Qeyd etmək lazımdır ki, otaqların daxilindəki hava xarici havaya nisbətən daha yüksək nəmliyə malikdir. Havanın tərkibində nəmlik doymuş su buxarı şəklində öz əksini tapır. Otaq temperaturunda su buxarının elastikliyi daha yüksək olduğundan nəmlik qoruyucu konstruksiyanın en kəsiyi boyu hərəkət edərək xarici mühitə keçməyə can atacaq. Nəmlikötürmə prosesi zamanı konstruksiyanın ayrı-ayrı qatları nəmlənə bilər. Bu isə qoruyucu konstruksiyanın istilik izolyasiya keyfiyyətinin itirilməsinə səbəb olur. Buna görə də xarici qoruyucu konstruksiyaların istilikötürməsinin hesabı zamanı konstruksiyanın materialının nəmlik vəziyyəti əsas amillərdən biridir.

Xarici qoruyucu konstruksiyaların nəmlikötürməsinin hesabı zamanı daxili mühitin nəmlik rejimini bilmək lazımdır. Məlumdur ki, daxili otaqlarda nəmlik ayrılımları baş verir.

Nəmlik ayrılımlarının mənbəyi yaşayış binalarında yemək hazırlanması, döşəmənin yuyulması, paltar qaynadılması və s., ictimai binalarda insanların orada olması və sənaye binalarında texnoloji proseslərdir. Daxili mühitin havası izafi nəmliyi assimilyasiya edə bilər və otaqların ventilyasiyası zamanı onu rədd etmək olar. Havanın tərkibindəki nəmliyin miqdarı onun nəmlik saxlaması ilə

xarakterizə olunur. 1 kq quru havanın tərkibində olan $d(q)$ nəmliyə nəmliksaxlama deyilir. Nəmliksaxlamanın nəmlik vəziyyəti su buxarının parsial təzyiqi və ya elastikliyi, həmçinin nisbi nəmliyi ilə xarakterizə olunur.

Havanın tərkibindəki su buxarının elastikliyi artdıqca nəmliksaxlama artır. d -nin e -dən asılı olaraq dəyişməsi havanın nəmlik tutumunu xarakterizə edir. Yəni su buxarının elastikləri fərqi (Δe) 1 Pa artdıqca havanın nəmliksaxlamasının nə qədər artması havanın nəmlik tutumunu göstərir:

$$\eta_{hava} = \frac{\Delta d}{\Delta e} \quad (2.33)$$

Tam doymuş havanın elastikliyi onun temperaturundan asılıdır. Doymuş havanın temperaturu artdıqca E böyüyür. E ilə t_{dov} -nin təxmini asılılığı aşağıdakı kimi ifadə edilə bilər.

$$E = 476 + (11,5 + 1,61t_{dov})^2 \quad (2.34)$$

t_{dov} -doymuş havanın temperaturu olub aşağıdakı kimi təyin edilə bilər:

$$t_{dov} = 37,2 - (7 - 0,0015E)^2 \quad (2.35)$$

Otağın daxilindəki havanın nəmlik balansını tənliyini aşağıdakı kimi yazıla bilər:

$$\sum G_{vur,i} d_{vur,i} + \sum W_i - \sum G_{sor,i} d_{sor,i} = 0 \quad (2.36)$$

burada G -hava mübadiləsinin kütlə sərfi kq/saat; d -havanın nəmliksaxlaması, q/kq; W -nəmlik ayırmalarının intensivliyidir, kq/saat.

$d_{vur} \approx d_{dax}$, və $\sum G_{vur} = \sum G_{sor} = \sum G$ qəbul etsək onda otaqdakı havanın nəmlik saxlamasını təyin etmək üçün aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$d_{hava} = \frac{\sum G d_{vur} + \sum W}{\sum G} \quad (2.37)$$

Otağın həcmi boyu hava eyni nəmliyə malikdir. Daxili havanın nəmliksaxlaması sutka ərzində və il boyu müttəmadi olaraq dəyişir. Daxili havanın nəmliyi artıb azaldıqca otağın qoruyucu konstruksiyasının daxili səthi nəmliyi qəbul etmək və vermək

xüsusiyyətinə malikdir. Nəm havanın su buxarının konstuksiyanın səthinə ötürülməsi diffuziya hadisəsinin köməkliyi ilə baş verir. Əgər konstruksiyanın daxili səthi su buxarını sorbsiya edirsə bu zaman səthin yaxınlığında hava qatında su buxarının konsentrasiyası azalır. Konsentrasiya fərqi hesabına su buxarının diffuziyası baş verir. Havanın tərkibindəki su buxarının diffuziya əmsalı aşağıdakı düsturla təyin edilir.

$$D = D_0 \frac{0.101}{P} \left(\frac{T}{273} \right)^{1.81} \quad (2.38)$$

burada $T=273\text{K}$ və $P=0,101 \text{ MPA}$ olduqda $D_0=0,08$ olur.

Havanın tərkibindəki su buxarının diffuziya əmsalını su buxarının elastikliyi qradiyentindən də asılı olaraq təyin etmək olar. Elastikliyin dəyişməsi təsirindən nəmliyin yerini dəyişməsinə *buxarkeçirmə* deyilir. 1q nəm havanın konstruksiyanın 1m^2 sahəsindən 1 saat ərzində havanın su buxarının elastikliyinə 1m-də dəyişməsi buxarkeçmə əmsalını (μ) xarakterizə edir. Buxarkeçmə əmsalının diffuziya əmsalından asılılığı aşağıdakı kimi ifadə edilir.

$$\mu = 231 \frac{D}{T} \quad (2.39)$$

Mühəndis hesablatları zamanı buxar selinin qiyməti aşağıdakı kimi təyin edilə bilər.

$$i = \beta_e (e_d - e_{d.s.}) \quad (2.40)$$

burada β_e -səthdə nəmlik mübadiləsi əmsalı, $q/\text{m}^2\text{saat MPa}$; $e_d, e_{d.s.}$ - müvafiq olaraq otaqdakı havanın və konstruksiyanın daxili səthindəki su buxarının elastikliyidir, MPa.

Səthdə nəmlik mübadiləsi əmsalı (β_e) təbii konveksiya şəraitində aşağıdakı kimi hesablanıla bilər.

$$\beta_e = 42.9 \Delta t^{1/3} \cdot \Delta e^{2/5} \quad (2.41)$$

burada Δt və Δe -müvafiq olaraq daxili mühit ilə konstruksiyanın səthindəki temperaturlar fərqi və su buxarının elastikliyidir.

Konstruksiyanın nəmlik keçirməsi zamanı doymuş su buxarları onun en kəsiyindən buxar halında keçirsə, belə konstruksiyalar

buxarkeçirmə nöqtəyi-nəzərindən əlverişli hesab edilə bilər. Konstruksiyaların en kəsiyi boyu su buxarı öz elastikliyi itirib kondensata çevilirsə, belə konstruksiyaların tətbiqi yaramaz. En kəsik boyu yaranmış kondensat konstruksiyanın nəmlik halını pisləşdirir və onun istilikkeçirmə xassəsini dəyişir. Kondensatın buza çevrilməsi isə arasıkəsilməz fasilələrlə baş verdikdə konstruksiyanın dağılmasına səbəb ola bilər. Bunun üçün konstruksiyaların istilik texniki hesabı aparılan zaman onun buxarkeçirməyə qarşı müqavimətinin təyin edilməsi zərurəti yaranır. Buxarkeçirməyə qarşı müqavimət (R_b) ilə qalınlığı boyu konstruksiyada nəmliyin yığılmaması şərtinə görə hər bir konstruksiya üçün buxarkeçirməyə qarşı tələb edilən $R_{b1}^{t.e}$ və xarici havanın mənfi orta aylıq temperaturu dövründə nəmliyin qarşısının alınması şərtinə görə buxarkeçirməyə qarşı tələb edilən $R_{b2}^{t.e}$ müqavimətlərdən kiçik olmalıdır.

$$R_b \geq R_{b1}^{t.e}; \quad R_b \geq R_{b2}^{t.e} \quad (2.42)$$

burada

$$R_b = R_{b1} + R_{b2} + \dots + R_{bn} \quad (2.43)$$

$R_{b1}, R_{b2}, \dots, R_{bn}$ - konstruksiyayı təşkil edən qatların buxarkeçirməyə qarşı müqavimətləridir (cədvəl 2.7)

$$R = \frac{\delta}{\mu} \quad (2.44)$$

$$R_{b1}^{t.e} = \frac{(e_d - E)R_{x.b.}}{E - e_x} \quad (2.45)$$

$$R_{b2}^{t.e} = \frac{0.0024(e_d - E)}{\gamma_w \delta_w \Delta W_{or} + \eta} \quad (2.46)$$

burada e_d -daxili havanın hesab temperaturu və nisbi nəmliyinə uyğun su buxarının elastikliyi olub aşağıdakı kimi təyin edilir.

Nazik təbəqə və vərəqə şəkilli buxar izolyasiya materiallarının
buxarkeçirmə müqaviməti, R_6

№	Material	Qatın qalınlığı, mm	Buxarkeçirmə müqaviməti R_6 m ² .saat Pa/mq
1	Adi karton	1,3	0,016
2	Asbest – sement vərəqlər	6	0,3
3	Gips tavalar (quru suvaq)	10	0,12
4	Berk ağac - pambıq tavalar	10	0,11
5	Yumşaq ağac - pambıq tavalar	12,5	0,05
6	Bir dəfə çəkilmiş qaynar bitum	2	0,3
7	İki dəfə çəkilmiş qaynar bitum	4	0,48
8	Əvvəlcədən qurutlanmış və şpa- tellenmiş səthlərə iki dəfə çəkil- miş yağlı boya	-	0,64
9	E'mal rənglərlə rəng örtüyü	-	0,48
10	İzolə edici mastika örtüyü	2	0,60
11	Bitum – kükersola mastika örtüyü (birqat)	1	0,64
12	Bitum – kükersola mastika örtüyü (ikiqat)	2	1,1
13	Perqamin	0,4	0,33
14	Polietilen təbəqə	0,16	7,3
15	Ruberoid	1,5	1,1
16	Tol	1	0,4
17	Üçqat yapışdırılmış faner	3	0,15

$$e_d = \frac{E_d \cdot \varphi_d}{100} \quad (2.47)$$

δ -qoruyucu konstruksiyanı təşkil edən qatların qalınlığı, m;
 μ - qoruyucu konstruksiyanı təşkil edən qatların materiallarının
buxarkeçirmə əmsalı, m/mq saat Pa; e_x -xarici havada il ərzində su
buxarının elastikliyinə orta qiyməti; Z_0 -xarici havanın mənfi aylıq
temperaturları dövründə nəmlənmə müddəti; E_0 -kondensat əmələ
gəlməsi gözlənilən müstəvidə havanın orta aylıq temperaturu
mənfi olan dövrdə su buxarının elastikliyi; γ_w -nəmlənmiş qatın

materialının sıxlığı olub γ_0 -a bərabər qəbul edilir; δ_w - qoruyucu konstruksiyanın nəmlənmiş qatının qalınlığı olub birqat konstruksiyalarda ümumi qalınlığının 2/3 hissəsini, çoxqat konstruksiyalarda isə istilik izolə qatının qalınlığı qəbul edilir; $\Delta W_{or} - Z_0$ nəmləmə dövründə qatın materialında nəmliyin yol verilən nisbi artımı (%); E - illik istismar müddətində kondensasiya əmələ gələn müstəvidə su buxarının elastikliyi olub aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$E = \frac{1}{12} (E_1 Z_1 + E_2 Z_2 + E_3 Z_3) \quad (2.48)$$

E_1, E_2, E_3 - xarici havanın müvafiq olaraq qış, keçid və yay dövrlərindəki orta temperaturlarına uyğun kondensasiya əmələ gələn müstəvidə su buxarının elastikliyi, Pa; Z_1, Z_2, Z_3 - müvafiq olaraq qış, keçid və yay dövrünün aylarla müddətidir.

a) qış dövrünə xarici havanın orta aylıq temperaturu- 5°C -dən kiçik olan aylar;

b) keçid dövrünə xarici havanın orta aylıq temperaturu- 5°C -dən böyük və $+5^{\circ}\text{C}$ -dən kiçik olan aylar;

v) yay dövrünə xarici havanın orta aylıq temperaturu $+5^{\circ}\text{C}$ -dən böyük olan aylar aid edilir.

η -aşağıdakı düsturla təyin edilir.

$$\eta = \frac{0.0024(E_0 - e_{xm})Z_0}{R_{x.b}} \quad (2.49)$$

burada e_{xm} -xarici havanın orta aylıq temperaturu mənfə olan dövrdə su buxarının elastikliyinə orta qiymətidir. $R_{x.b}$ -kondensasiya əmələ gəlmə ehtimalı olan müstəvilə konstruksiyanın xarici səthi arasındakı hissənin buxarkeçməyə qarşı müqaviməti olub, birqat konstruksiyada daxili səthə nəzərən qalınlığın 2/3 hissəsinin, çoxqat konstruksiyalarda isə istiləşdirici qatdan onun xarici səthinə qədər olan hissənin müqaviməti qəbul edilir.

Qoruyucu konstruksiyaların buxarkeçirməyə qarşı ümumi müqaviməti aşağıdakı düsturla təyin edilə bilər.

$$R_{umb.} = R_{1b} + R_{2b} + \dots + R_{nb} = \frac{\delta_1}{\mu_1} + \frac{\delta_2}{\mu_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\mu_n} \quad (2.50)$$

Qeyd etmək lazımdır ki, buxar keçirməyə qarşı ümumi müqavimət tələb edilən müqavimətdən kiçik olmamalıdır.

Cardaq örtüyü konstruksiyasının və ya ventilyasiya edilən birleşmiş dam konstruksiyasının buxarkeçirməyə qarşı tələb edilən müqaviməti aşağıdakı düsturla təyin edilə bilər.

$$R_b^{t,e} = 0.0012(e_d - e_{x,m}) \quad (2.51)$$

§ 2.5 Qoruyucu konstruksiyaların nəmlik halının hesabı. Temperatur və nəmlik sahələrinin təsviri. Su buxarının kondensasiya əmələ gətirdiyi hissənin aradan qaldırılması üsulları

Konstruksiyanın istənilən hissəsində su buxarının elastikliyi təyin etmək üçün sorbsiya olunan mühitdə buxar diffuziyasının stasionar diferensial tənliyini aşağıdakı kimi yazmaq olar.

$$\mu \frac{d^2 e}{dx^2} = 0 \quad (2.52)$$

(2.52) tənliyinin həlli

$$e = Ax + B \quad (2.53)$$

şəklində olar. A və B inteqral sabitlərini təyin etmək üçün sərhəd şərtləri qəbul edək. Burada qeyd etmək lazımdır ki, konstruksiyanın daxili və xarici səthlərindəki buxarkeçirməyə qarşı müqavimətlər çox kiçik olduqlarından birinci növ sərhəd şərtləri qəbul etmək olar.

$$\begin{aligned} x=0; & \quad e=e_d \\ x=\delta; & \quad e=e_x \end{aligned} \quad (2.54)$$

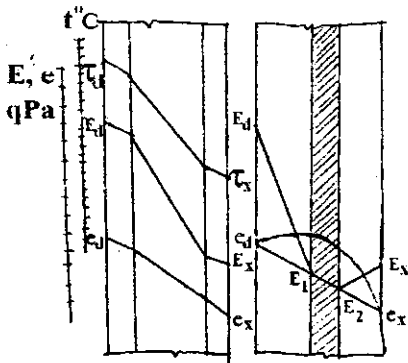
(2.53) və (2.54) tənliklərinin birgə həlli aşağıdakı ifadəni verir:

$$e(x) = e_d - \frac{e_d - e_x}{R_{um,b}} R_{b-x} \quad (2.55)$$

Çoxqat konstruksiyalar üçün (2.55) ifadəsini aşağıdakı şəkildə yazmaq olar.

$$e(x) = e_d - \frac{e_d - e_x}{R_{um,b}} \sum_{n-1} R_x \quad (2.56)$$

burada $\sum_{n=1} R_b$ -araşdırılan qatla daxili səth arasındakı qatların buxarkeçirməyə qarşı müqavimətlərinin cəmidir.



Şəkil 2.2.
Temperatur və nəmlik sahələrinin
qrafik təsviri

Çoxqat konstruksiyalarda qatların sərhəddində (2.10) düsturu ilə təyin edilən temperatur və temperatura uyğun su buxarının maksimal elastikliyi (E) habelə (2.56) düsturu ilə təyin edilən su buxarının həmin sərhədlərdə elastikliyinin qiyməti temperatur və nəmlik şkalasına uyğun qrafik şəkildə təsvir edilir (şəkil 2.2). Qurulan E və e xətləri bir-birilə kəsişmirsə, deməli konstruksiya daxilində kondensasiya prosesi baş vermir. Əks

halda konstruksiya daxilində buxar kondensata çevriləcəkdir. Bu zonanın enini təyin etmək üçün e_d və e_x nöqtələrindən E əyri xəttinə toxunanlar çəkib onunla əyrinin kəsişdikləri E_1 və E_2 nöqtələrini təyin etmək lazımdır. Həmin nöqtələr arasında qalan zona kondensat zonasını göstərir. Xarici konstruksiyaların nəmlik şəraitinə müxtəlif qatların hansı ardıcılıqla yerləşməsi xüsusi təsir göstərir. Belə ki, konstruksiyanın ən kəsiyi boyunca kondensasiya prosesini azaltmaq və ya aradan qaldırmaq məqsədilə konstruksiyanın daxili səthini az buxarkeçirən məsaməsiz materiallardan, xarici səthini isə istilikkeçirən və nisbətən yüksək buxarkeçirmə qabiliyyətinə malik materiallardan (məsələn, yüngül beton, məsaməli suvaq, məsaməli təbii üzlük daşlar və s.) layihələndirmək lazımdır. Qatların bu şəkildə yerləşməsi konstruksiyanın istiliyə davamlılığını da artırmış olacaqdır. Buxarı az keçirən material kimi müxtəlif lak məmulatları, bitum mastikası, yüksək keyfiyyətli yağlı boyalar, izolyasiya üçün ruberoid, perqamin, tol və s. işlədilə bilər.

Beləliklə, konstruksiya üçün normal nəmlik şəraiti kondensasiya zonası başlayan müstəvidən (E_2 nöqtəsindən keçən şaquli müstəvidən) sonra yerləşdirmək şərtilə buxar-izolyasiya materialı

vasitəsilə yaradılır. Adətən, buxar-izolyasiya materialı daxili su-vaq qatının altında nəzərdə tutulur.

§2.6. İnfiltrasiyanı nəzərə almaqla xarici qoruyucu konstruksiyalarda stasionar nəmlikkeçirmə

Mikroiqimi təmin edilən binaların daxilindəki hava xarici havaya nisbətən daha yüksək nəmliyə malikdir. Qoruyucu konstruksiyalarda nəmlikkeçirmənin hesabı zamanı otaqlarda havanın nəmlik vəziyyətini bilmək vacib məsələdir. Havadakı nəmliyin miqdarı onun nəmlik vəziyyətinin elastikliyi ilə xarakterizə olunur. Hava müəyyən miqdarda nəmtutma qabiliyyətinə malikdir. 20°C-də hər 1 kq quru havada tam doymuş halda 15q su buxarı tutulur. Aşağı temperaturlarda havanın nəmliktutma qabiliyyəti azalır (-12°C-də 1,5q), temperatur artdıqca isə artır (40°C-də 50 q.).

Hava quru olduqca ondan su buxarını tutmaq üçün böyük qüvvə tələb edilir. Yüksək nisbi nəmlikdə havanın nəmlik tutması zəifləyir və onun doymuş halında kiçik damcılar şəklində düşür. Su buxarının elastikliyi keyfiyyətə havada nəmliyin sərbəst enerjisi kimi xarakterizə olunur. Su buxarının elastikliyi sıfırdan maksimal elastikliyə qədər artır. Su buxarının maksimal elastikliyi havanın tam doymuş halına və nəmliyin sərbəst enerjisinin maksimal qiymətinə uyğundur. Buna görə də su buxarının elastikliyinə havada su buxarının energetik potensial dəyişdiricisi kimi baxmaq olar. Nəmliyin havada su buxarının elastikliyinə yüksək qiymətində olan yerden kiçik qiymət olan yerə hərəkəti zamanı diffuziya baş verir.

Daxili və xarici mühitin temperatur və nəmlik fərqlərinə, eyni zamanda konstruksiyaların havakeçirməsinə görə qoruyucu konstruksiyalarda nəmlikkeçirmə hadisəsi baş verir. Otaq temperaturunda su buxarının elastikliyi daha yüksək olduğundan nəmlik qoruyucu konstruksiyalardan xaricə keçməyə can atacaq. Konstruksiyanın nəmlik keçirməsi zamanı doymuş su buxarları onun en kəsiyindən buxar halında keçirsə, belə konstruksiyalar buxarkeçirmə nöqtəyi-nəzərindən əlverişli hesab edilə bilər. Konstruksiyanın en kəsiyi boyu su buxarı öz elastikliyinə itirib kondensata çevrilsə,

belə konstruksiyaların tətbiqi yaramaz. En kəsik boyu yaranmış kondensat qoruyucu konstruksiyaların nəmlik halını pisləşdirir və onun istilikkeçirmə xassəsini dəyişir. Kondensatın buza çevrilməsi isə arasıkəsilməz fasilələrlə baş verdikdə konstruksiyanın dağılmasına səbəb ola bilər.

İnfiltrasiyanı nəzərə almaqla stasionar nəmlikkeçirmə tənliyini aşağıdakı kimi yazmaq olar.

$$\mu \frac{d^2 e}{dx^2} - \eta_h w \frac{de}{dx} = 0 \quad (2.57)$$

(2.57) tənliyinin həlli

$$t = A + \frac{\mu}{\eta_h w} e^{\frac{\eta_h w}{\mu} x} \quad (2.58)$$

şəklində verilir.

A və B inteqral sabitlərini təyin etmək üçün aşağıdakı sərhəd şərtlərini yazaq.

$$\begin{aligned} x = 0; \quad & -\lambda \frac{de}{dx} = \beta_1 (e_d - e_{d.s.}) \\ x = \delta; \quad & -\lambda \frac{de}{dx} = \beta_2 (e_{x.s.} - e_x) \end{aligned} \quad (2.59)$$

burada

$$\begin{aligned} \beta_1 &= \beta_d + \eta_h w, \\ \beta_2 &= \beta_x + \eta_h w. \end{aligned} \quad (2.60)$$

β_d və β_x -daxili və xarici səthlərin nəmlik mübadilə əmsalları olub aşağıdakı düsturla təyin edilir.

$$\beta = 42.9 \Delta t^{1/3} \cdot \Delta e^{2/5}$$

(2.58) və (2.59) tənliklərinin birgə həlli aşağıdakı ifadəni verir.

$$e = e_d - (e_d - e_x) \frac{e^{\frac{\eta_h w}{\mu} x} + \frac{\eta_h w}{\beta_1} - 1}{\left(1 + \frac{\eta_h w}{\beta_2}\right) e^{\frac{\eta_h w}{\mu} \delta} + \frac{\eta_h w}{\beta_1} - 1} \quad (2.61)$$

Qeyd etmək lazımdır ki, konstruksiyanın daxili və xarici səthlərinin nəmlik mübadiləsi müqavimətləri çox kiçik kəmiyyətdir. Odur ki,

$$\frac{1}{\beta_1} = \frac{1}{\beta_2} = 0 \quad (2.62)$$

qəbul etmək olar.

Onda (2.61) ifadəsini aşağıdakı kimi yazmaq olar.

$$e = e_d - (e_d - e_x) \frac{e^{\frac{\eta_h w}{\delta} x} - 1}{e^{\mu} - 1} \quad (2.63)$$

Konstruksiyanın en kəsiyi boyunca nəmlik selinin qiymətini təyin edək.

$$i = -\mu \frac{de}{dx} = \eta_h w (e_d - e_x) \frac{e^{\frac{\eta_h w}{\delta} x}}{e^{\mu} - 1} \quad (2.64)$$

§2.7. Konstruksiyalarda maye şəkilli nəmlikkeçirmə

Xarci qoruyucu konstruksiyalarda nəmliyin buxar halında keçirilməsindən başqa maye şəkilli nəmlikkeçirmə də mövcuddur. Maye şəkilli nəmlikkeçirmə qoruyucu konstruksiyalarda müəyyən səbəblərdən yaranır və onun yerdəyişməsi nəmlik qradienti ilə düz mütənasib hesab edilir. Binaların inşası, kapilyar sovurma nəticəsində qırt sularının müəyyən hüdürlüyə qədər qalxdığı, çöp yağınların xarici səthi islatması, binaların istismarı dövründə konstruksiyaların daxili səthinin islanması, konstruksiyanın en kəsiyi boyunca su buxarının kondensasiyası zamanı konstruksiyalar nəmlənmiş olur. Qeyd etmək lazımdır ki, maye halında olan nəmliyin konstruksiyanın en kəsiyi boyunca hərəkəti yüksək nəmlikdən alçaq nəmliyə tərəf istiqamətlənir. Nəmliyin konstruksiyada hərəkəti onun ancaq sərbəst halında baş verir. Nəmlənmənin birinci mərhələsində maye halındakı nəmlik kapilyarlar şəklində yığılır və daha sonra bu nəmlik yığımları artıqca birləşir və ma-

yenin hərəketi baş verir. maye halında nəmliyin hərəketi üçün aşağıdakı ifadəni yazmaq olar.

$$i = -k\rho_0 \frac{du}{dx} \quad (2.65)$$

Burada k -materialın nəmlikkeçirmə əmsalı, ρ_0 -mütləq quru materialın sıxlığı, $\frac{du}{dx}$ - nəmliksaxlama qradientidir.

Çöp yağışlar xarici qoruyucu konstruksiyaların səthinə düşdükdən sonra müəyyən dərinliyə keçməsi də vacib məsələlərdən biridir. Bu məsələ xüsusən yüksək sürətli hava şəraitinə malik tikinti rayonlarında daha diqqətlə öyrənilməlidir. Belə tikinti rayonlarında konstruksiyaların səthinə düşən maye şəkilli nəmlik küləyin sürətinin təsirindən müəyyən dərinliyə, hətta panel binalarda panellərin birləşdiyi hissələrdən daxili səthə də keçir. Bu zaman infiltrasiyanı nəzərə almaqla həmin konstruksiyaların stasionar nəmlikkeçirmə prosesi aşağıdakı diferensial tənlik vasitəsilə ifadə edilə bilər:

$$\frac{d}{dx} \left(k \frac{du}{dx} \right) - \frac{w}{\rho_0} \frac{du}{dx} = 0 \quad (2.66)$$

Qeyd etmək lazımdır ki, $\frac{w}{\rho_0} \frac{du}{dx}$ - ifadəsi küləyin sürətinin tə-

sirindən konstruksiyanın səthinə düşən maye şəkilli nəmliyin müəyyən dərinliyə hərəketini nəzərə alır. Belə ki,

$$\frac{w}{\rho_0} = v \quad (2.67)$$

(2.66) tənliyini həll etmək üçün aşağıdakı sərhəd şərtlərini qəbul edək.

$$x = 0 \quad u = u_{max}; \quad x = \delta, \quad u = u_n \quad (2.68)$$

Qoyulmuş məsələni həll etmək üçün aşağıdakı ifadəni qəbul edək:

$$f(u) = \int_0^k \frac{k(u)}{k_0} du \quad (2.69)$$

burada $k_0 = k(0)$

Onda

$$\frac{df}{dx} = \frac{k(u)}{k_0} \frac{du}{dx} \quad k(u) \frac{du}{dx} = k_0 \frac{df}{dx}$$

$$\frac{d^2 f}{dx^2} = \frac{k(u)}{k_0} \left[\frac{1}{k(u)} \frac{dk(u)}{du} \left(\frac{du}{dx} \right)^2 + \frac{d^2 u}{dx^2} \right] \quad (2.70)$$

və ya

$$\frac{k_0}{k(u)} \frac{d^2 f}{dx^2} = \frac{d^2 u}{dx^2} + \frac{1}{k(u)} \frac{dk(u)}{du} \left(\frac{du}{dx} \right)^2$$

(2.69) və (2.70) ifadələrini (2.66) və (2.68) ifadələrində nəzərə alsaq məsələnin qoyuluşunu və sərhəd şərtlərini yeni dəyişənli $f(u)$ funksiyasına görə aşağıdakı şəkildə yazmaq olar.

$$\frac{d^2 f}{dx^2} - \frac{w}{\rho_0} \frac{1}{k} \frac{df}{dx} = 0 \quad (2.71)$$

$$x=0, \quad f(u) = u_{max};$$

$$x=\delta, \quad f(u) = u_n \quad (2.72)$$

Qeyd etmək lazımdır ki, praktiki hesablamalar zamanı xarici qoruyucu konstruksiyalar üçün qəbul etmək olar ki,

$$\frac{w}{\rho_0} \cdot \frac{1}{k} = A = const \quad (2.73)$$

(2.72) sərhəd şərtlərini nəzərə almaqla (2.71) tənliyinin həlli aşağıdakı şəkildə olar.

$$f(u) = u_{max} - \frac{(u_{max} - u_n)}{1 - e^{A\delta}} (1 - e^{Ax}) \quad (2.74)$$

Əgər materialın nəmlikeçirmə əmsalı $k=k_0(1+mu)$ şəklində olarsa onda (2.69) ifadəsindən alarıq

$$f(u) = \int_0^u \frac{k(u)}{k_0} du = \int_0^u \frac{k_0(1+m)}{k_0} du = u + \frac{m}{2} u^2 \quad (2.75)$$

(2.75) ifadəsini (2.74)-də nəzərə alsaq

$$u = \frac{-1 \pm \sqrt{1 + 2m \left(u_{max} - \frac{u_{max} - u_n}{1 - e^{A\delta}} (1 - e^{Ax}) \right)}}{m} \quad (2.76)$$

alırıq.

Nəzərə alsaq ki, qoruyucu konstruksiyaların nəmlik saxlamasının ədədi qiyməti müsbətdir, onda (2.76) tənliyini aşağıdakı şəkildə yazmaq olar.

$$u = \frac{\sqrt{1 + 2m \left(u_{max} - \frac{u_{max} - u_n}{1 - e^{A\delta}} (1 - e^{Ax}) \right)} - 1}{m} \quad (2.77)$$

(2.77) ifadəsindən maye şəklindəki nəmliyin infiltrasiya zamanı konstruksiyanın en kəsiyi boyunca keçmə dərinliyi aşağıdakı düsturla təyin edilə bilər:

$$l = \frac{1}{A} \ln \left[1 - \left(u_{max} - \frac{(um + 1)^2 - 1}{2m} \right) \frac{1 - e^{A\delta}}{u_{max} - u_n} \right] \quad (2.78)$$

Maye şəklində nəmliyin miqdarı isə aşağıdakı düsturdan təyin edilə bilər:

$$G = k\rho_0 \frac{A(u_{max} - u_n)e^{Ax}}{(1 - e^{Ab}) \sqrt{1 + 2m \left(u_{max} - \frac{u_{max} - u_n}{1 - e^{A\delta}} (1 - e^{Ax}) \right)}} \quad (2.79)$$

Maye ilə nəmlənmiş konstruksiyalar müəyyən müddətdə qurumağa qabildirsə və nəmliyin müəyyən dərinliyə qədər buraxıla bilən sərhəddi məlumdursa, həmin konstruksiya nəmlikkeçirməyə görə aşağıdakı ifadələrlə qiymətləndirilə bilər:

$$\frac{\frac{1}{A} \ln \left[1 - \left(u_{max} - \frac{(um + 1)^2 - 1}{2m} \right) \frac{1 - e^{A\delta}}{u_{max} - u_n} \right]}{[l]} \leq \lambda \quad (2.80)$$

$$\frac{k\rho_0 A(u_{max} - u_n)e^{Ax}}{G(1 - e^{Ab}) \sqrt{1 + 2m \left(u_{max} - \frac{u_{max} - u_n}{1 - e^{A\delta}} (1 - e^{Ax}) \right)}} \leq \lambda \quad (2.81)$$

§2.8 Günəş şüalarının istiliyini nəzərə almaqla qoruyucu konstruksiyalarda istilikötürmə

Bina və qurğuların xarici qoruyucu konstruksiyalarını layihələndirən zaman günəş radiasiyasının gətirdiyi istiliyin miqdarını nəzərə almaq lazımdır. Günəş radiasiyasının gətirdiyi istilik tikinti rayonunun yerləşdiyi coğrafi en dairədən və konstruksiyanın səthinin cəhətlərə görə vəziyyətindən asılı olaraq konstruksiyanın səthinə düşür. Şüalanma yolu ilə düşən bu istiliyin bir hissəsi əks edilir, bir hissəsi konstruksiya tərəfindən udulur və konstruksiyanın en kəsiyi boyu istilikkeçirməyə sərf olunur və bir hissəsi isə konvektiv istilik mübadiləsi yolu ilə ətraf mühitə səpələnir. Məsələnin qoyuluşunun analitik ifadəsini yazmaq üçün aşağıdakı şərti qəbul etmək lazımdır. Şüalanma yolu ilə verilən istilik konstruksiyanın səthində deyil, onun müəyyən qatında udulur. Ona görə də konstruksiyanın daxilində həcmi istilik mənbəyi əmələ gəlir və bunun intensivliyi şüalanmanın yayılma istiqamətində azalır.

dx qalınlığına daxil olmuş şüalanma seli sıxlığının (dE) dəyişməsi şüalanma seli (E) ilə mütənasibdir.

$$dE = -\gamma E dx \quad (2.82)$$

γ -zəifləmə əmsalıdır.

(2.82) ifadəsini bəzən *Buqer qanununun diferensial forması* adlandırırlar.

(2.82) ifadəsini inteqrallayaq:

$$\int_{(1-r)E(0)}^{E(x)} \frac{dE}{E} = -\int_0^x \gamma dx \quad (2.83)$$

burada r -əksolma əmsalı, $(1-r)E(0)$ isə konstruksiyanın $x = \delta$ səthindən keçən şüalanma selinin sıxlığıdır.

(2.83) ifadəsindən alarıq

$$E(x) = (1-r)E(0) \cdot e^{-\gamma x} \quad (2.84)$$

(2.84) ifadəsi *Buqer qanunu* adlanır.

(2.84) ifadəsindən həcmi istilik mənbəyini təyin edək.

$$q = \frac{dE(x)}{dx} = \gamma(1-r)E(0)e^{-\gamma x} \quad (2.85)$$

Bu halda birölçülü stasionar istilikkeçirmə tənliyini aşağıdakı kimi yazmaq olar.

$$\lambda \frac{d^2 t}{dx^2} - c_h w \frac{dt}{dx} + \gamma(1-r)E(0)e^{-\gamma x} = 0 \quad (2.86)$$

(2.86) tənliyi ikinci tərtib adi bircins differensial tənlikdir və onun ümumi həlli

$$t = A + B \frac{\lambda}{c_h w} e^{\frac{c_h w}{\lambda} x} - \frac{(1-r)E(0)}{\lambda \gamma + c_h w} e^{-\gamma x} \quad (2.87)$$

Burada qeyd etmək lazımdır ki, (2.87) tənliyinin xüsusi həlli olan $\frac{(1-r)E(0)}{\lambda \gamma + c_h w} e^{-\gamma x}$ ifadəsi variasiya üsulu ilə təyin edilmişdir. Bu

zaman tənliyin xüsusi həlli $t = ce^{-\gamma x}$ şəklində axtarılmışdır.

A və B inteqral sabitlərini təyin etmək üçün aşağıdakı sərhəd şərtlərini yazaq.

$$x = 0; \quad -\lambda \frac{dt}{dx} = \alpha_1 (t_d - t_0) \quad (2.88)$$

$$x = \delta; \quad -\lambda \frac{dt}{dx} = \alpha_2 (t_\delta - t_x)$$

(2.87) və (2.88) tənliklərinin birgə həlli aşağıdakı ifadəni verir:

$$t = t_d - (t_d - t_x) \cdot \frac{e^{\frac{c_h w}{\lambda} x} + \frac{c_h w}{\alpha_1} - 1}{\left(1 + \frac{c_h w}{\alpha_2}\right) e^{\frac{c_h w}{\lambda} \delta} + \frac{c_h w}{\alpha_1} - 1} + (1-r)E(0) \cdot \left[1 - \frac{e^{\frac{c_h w}{\lambda} x} + \frac{c_h w}{\alpha_1} - 1}{\left(1 + \frac{c_h w}{\alpha_2}\right) e^{\frac{c_h w}{\lambda} \delta} + \frac{c_h w}{\alpha_1} - 1} \right] \frac{1}{\lambda \gamma} + \frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\lambda \gamma}$$

$$\begin{aligned}
& + (1-r)E(0) \cdot \frac{e^{\frac{c_h w}{\lambda} x} + \frac{c_h w}{\alpha_1} - 1}{\left(1 + \frac{c_h w}{\alpha_2}\right) e^{\frac{c_h w}{\lambda} \delta} + \frac{c_h w}{\alpha_1} - 1} \cdot \frac{\frac{1}{\lambda \gamma} + \frac{1}{\alpha_1}}{1 + \frac{c_h w}{\lambda \gamma}} e^{-\gamma \delta} - \\
& - (1-r)E(0) \cdot \frac{\frac{1}{\lambda \gamma}}{1 + \frac{c_h w}{\lambda \gamma}} e^{-\gamma x}
\end{aligned} \tag{2.89}$$

Qoruyucu konstruksiyalarda infiltrasiya hadisəsi olmadıqda $w=0$ olur. Bu halda (2.89) ifadəsində Lopital qaydasını tətbiq edib və $w=0$ qəbul etsək alarıq:

$$\begin{aligned}
t & = t_d - (t_d - t_x) \cdot \frac{R_{d.c.} + R(x)}{R_{um}} + (1-r)E(0) \times \\
& \times \left(\frac{R + R_{x.c.} - R(x)}{R_{um}} \left(\frac{1}{\lambda \gamma} + \frac{1}{\alpha_d} \right) + \frac{R_d + R(x)}{R_{um}} \left(\frac{1}{\lambda \gamma} - \frac{1}{\alpha_d} \right) e^{-\gamma \delta} \right) - \\
& - (1-r)E(0) \cdot \frac{1}{\lambda \gamma} e^{-\gamma x}
\end{aligned} \tag{2.90}$$

(2.89) ifadəsinin analizi göstərir ki, $\gamma=0$ olduqda $(1-r)E(0)$ miqdarda istilik qoruyucu konstruksiyadan tamamilə müqavimətisiz keçər və buna görə də daxili həcmi istilik mənbəyinin istilik miqdarı sıfıra bərabər olur:

$$\lim_{\gamma \rightarrow 0} (1-r)E(0) e^{-\gamma x} = 0$$

Belə ki,

$$\lim_{\gamma \rightarrow 0} \gamma \frac{\frac{1}{\lambda \gamma} + \frac{1}{\alpha_1}}{1 + \frac{c_v w}{\lambda \gamma}} = 0$$

Bu halda şüalanma udulma olmadan baş verir və konstruksiyanın qalınlığı boyunca temperaturun paylanması (2.10) düsturu ilə ifadə edilir.

$\gamma \rightarrow \infty$ olduqda $(1-r)E(0)$ şüalanma istiliyi konstruksiyanın xarici səthinin ($x=\delta$) yaxınlığında olan çox nazik qatda sönür və buna görə də daxili həcmi istilik mənbəyinin istilik miqdarının təsirini nəzərə almamaq olar.

$$\lim_{\gamma \rightarrow \infty} \gamma(1-r)E(0)e^{-\gamma x} = 0$$

Belə ki,

$$\lim_{\gamma \rightarrow \infty} \gamma \frac{\frac{1}{\lambda\gamma} + \frac{1}{\alpha_1}}{1 + \frac{c_h w}{\lambda\gamma}} = \frac{1}{\alpha_1}$$

Bu halda γ -nın qiymətinin artması ilə həcmi istilik mənbəyinin istiliyi bütün konstruksiyanın həcmi boyunca təsir edir.

Qeyd etmək lazımdır ki, günəş şüalarının gətirdiyi istilik konstruksiyanın materialının istilikeçirmə əmsalının temperaturdan asılı olaraq dəyişməsinə səbəb olur. Bu halda stasionar istilikeçirmə tənliyi qeyri-bircins olur və həmin tənliyin riyazi həlli zamanı bir sıra çətinliklər meydana çıxır. Bu çətinlikləri aradan qaldırmaq məqsədilə günəş şüalarının gətirdiyi istiliyi və xarici soyuq havanın infiltrasiyasını nəzərə almaqla stasionar istilik keçirmə tənliyini termiki müqavimət miqyasında aşağıdakı kimi yazmaq olar.

$$\frac{d^2 t}{dR^2} - c_h w \frac{dt}{dR} + \gamma \lambda (1-r) E(0) e^{-\gamma R} = 0 \quad (2.91)$$

(2.91) tənliyinin ümumi həllini aşağıdakı şəkildə yazmaq olar.

$$t = A + B \frac{1}{c_h w} e^{c_h w R} - \frac{(1-r)E(0)}{\gamma \lambda + c_v w} e^{-\gamma R} = 0 \quad (2.92)$$

A və B inteqral sabitlərini təyin etmək üçün aşağıda göstərilən birinci növ sərhəd şərtlərini qəbul edək:

$$\begin{aligned} R = 0 & \quad t = t_d \\ R = R_{üm} & \quad t = t_x \end{aligned} \quad (2.93)$$

Burada qeyd etmək lazımdır ki, xarici qoruyucu konstruksiyaların səthlərində məsaməli qatın R_d və R_x ekvivalent istilik mübadiləsi müqavimətləri verilmişdir.

(2.92) və (2.93) ifadələrini birgə həll etsək nəticədə xarici qoruyucu konstruksiyaya-nın en kəsiyi boyu temperatur sahəsini aşağıdakı şəkildə yaza bilərik:

$$t = t_d - (t_d - t_x) \cdot \frac{e^{c_h w R} - 1}{e^{c_h w R_{um}} - 1} - \frac{(1-r)E(0)}{\lambda\gamma + c_h w} \cdot (e^{-\gamma\lambda R_{um}} - 1) \times \\ \times \frac{e^{c_v w R} - 1}{e^{c_v w R_{um}} - 1} - \frac{(1-r)E(0)}{\lambda\gamma + c_h w} \cdot (e^{-\gamma\lambda R} - 1) \quad (2.94)$$

(2.94) ifadəsini diferensiyallasaq konstruksiyanın qalınlığı boyu istilik selinin miqdarını aşağıdakı kimi təyin edə bilərik:

$$q = (t_d - d_x) \cdot \frac{c_h w e^{c_h w R}}{e^{c_v w R_{um}} - 1} + \frac{(1-r)E(0)}{\lambda\gamma + c_h w} \cdot (e^{-\gamma\lambda R_{um}} - 1) \times \\ \times \frac{c_h w e^{c_h w R}}{e^{c_v w R_{um}} - 1} + \frac{(1-r)E(0)}{\lambda\gamma + c_h w} \cdot \gamma\lambda e^{-\gamma\lambda R} \quad (2.95)$$

(2.95) tənliyində $R=0$ qəbul etsək, onda yazarıq:

$$q = (t_d - d_x) \cdot \frac{c_h w}{e^{c_v w R_{um}} - 1} + \frac{(1-r)E(0)}{\lambda\gamma + c_v w} \cdot c_h w \cdot \frac{e^{-\gamma\lambda R_{um}} - 1}{e^{c_v w R_{um}} - 1} - \\ - \frac{(1-r)E(0)}{\lambda\gamma + c_v w} \cdot \gamma\lambda \quad (2.96)$$

(2.96) tənliyi günəş şüalarının istiliyini və xarici soyuq havanın infiltrasiyasını nəzərə almaqla ilin qış dövründə xarici qoruyucu konstruksiyaların daxili səthindən itən istiliyin miqdarını göstərir. Bu tənlik vasitəsilə otaqlardan itən istiliyin miqdarını və beləliklə isitmə sistemlərinin hesabətını aparmaq olar.

(2.94) tənliyindən konstruksiyanın daxili səthinin temperaturunu təyin etmək olar. $x=0$ olduqda

$$\begin{aligned}
t_{d.c.} = & t_d - (t_d - t_x) \cdot \frac{\frac{c_h w}{\alpha_1}}{\left(1 + \frac{c_h w}{\alpha_2}\right) e^{\frac{c_h w}{\lambda} \delta} + \frac{c_h w}{\alpha_1} - 1} + \\
& + (1-r)E(0) \cdot \left[1 - \frac{\frac{c_h w}{\alpha_1}}{\left(1 + \frac{c_h w}{\alpha_2}\right) e^{\frac{c_h w}{\lambda} \delta} + \frac{c_h w}{\alpha_1} - 1} \right] \frac{\frac{1}{\lambda \gamma} + \frac{1}{\alpha_1}}{1 + \frac{c_h w}{\lambda \gamma}} + \\
& + (1-r)E(0) \cdot \frac{\alpha_1}{\left(1 + \frac{c_h w}{\lambda \gamma}\right) e^{\frac{c_h w}{\lambda} \delta} + \frac{c_h w}{\alpha_1} - 1} \cdot \frac{\frac{1}{\lambda \gamma} + \frac{1}{\alpha_1}}{1 + \frac{c_h w}{\lambda \gamma}} e^{-\gamma \delta} - \\
& - (1-r)E(0) \frac{\frac{1}{\lambda \gamma}}{1 + \frac{c_h w}{\lambda \gamma}}
\end{aligned}$$

(2.97)

(2.97) tənliyindən günəş şüalarının istiliyinin xarici qoruyucu konstruksiyaların səthinə düşən zaman əks olma əmsalını təyin edək

$$r = 1 - \frac{1}{E(0)} \times$$

$$\begin{aligned}
& \frac{\frac{c_h w_x}{\alpha_1} \Delta t - \left[\left(1 + \frac{c_h w}{\alpha_2}\right) e^{\frac{c_h w}{\lambda} \delta} + \frac{c_h w}{\alpha_1} - 1 \right] \Delta t^n}{\frac{1}{\lambda \gamma} \frac{c_h w}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_1} \left[\left(1 + \frac{c_h w}{\alpha_2}\right) e^{\frac{c_h w}{\lambda} \delta} - 1 \right] + \frac{c_h w}{\alpha_1} \frac{1}{1 + \frac{c_h w}{\lambda \gamma}} - \frac{1}{\alpha_2} e^{-\gamma \delta}}
\end{aligned}$$

(2.98)

burada $\Delta t = t_d - t_x$, $\Delta t^n = t_d - t_{d.s}$

Burada qeyd etmək lazımdır ki, sanitariya-gigiyena tələblərinə uyğun olaraq $\Delta t''$ normalaşdırılır və divar kontruksiyası üçün $\Delta t'' \geq 6^{\circ}\text{C}$ qəbul edilir.

(2.98) düsturu vasitəsilə ətraf mühitin bir sıra ekoloji məsələlərini həll etmək olar.

§2.9. Xarici qoruyucu konstruksiyaların stasionar istilik - nəmlikkeçirməsi

Bina və qurğuların xarici qoruyucu konstruksiyaları layihələndirilən zaman həmin bina və qurğuların daxilində insan orqanizminin və texnoloji proseslərin tələb etdiyi mikroiqlimi təmin etmək lazımdır. Layihələndirilən qoruyucu konstruksiyalar daxili mühitdə mikroiqlimi təmin etməklə yanaşı, həm də normal istilik-nəmlik tələbatlarına malik olmalıdır.

Qeyd etmək lazımdır ki, xarici qoruyucu konstruksiyalarda istilik və nəmlik prosesləri birlikdə baş verir. Qoruyucu konstruksiyalarda istilik-nəmlik mübadiləsi və havanın filtrasiyası bir-birilə əlaqəlidir. Ona görə də konstruksiyaların hesabata zamanı onları birgə nəzərə almaq lazımdır.

Qoruyucu konstruksiyalarda istifadə olunan inşaat materiallarının əksəriyyəti mürəkkəb kapilyar-məsəməli olur və bu məsəmələr nəm hava, maye şəkilli nəm və buz ilə dola bilər. Nəm inşaat konstruksiyasının en kəsiyi boyu istilikötürmə bir neçə yolla baş verir. Materialın bərk skeletində, maye şəkilli nəmin nazik təbəqəsində və buzda istilikkeçirmə, nəm hava ilə dolmuş məsəmələrdə istilikkeçirmə ilə yanaşı konvektiv və şüa yolu ilə istilik mübadiləsi prosesləri baş verir. Nəmlik mübadiləsi proseslərində istilik maye-şəkilli nəm və buxar şəkilli nəmlik vasitəsilə köçürülür. İstiliyin müəyyən qədəri isə materialdan havanın filtrasiyası ilə köçürülür.

İnşaat konstruksiyalarının istilikkeçirməsi onun nəmliyindən asılıdır. Konstruksiyanın nəmliyi artdıqca onun istilik keçirməsi də artır. Bu onunla əlaqədardır ki, konstruksiyanın məsəmələrində maye şəkilli nəm ilə hava qarışır. Maye şəkilli nəm ilə havanın qarışığının istilikkeçirmə əmsalı böyük qiymətə malikdir. Konst-

ruksiyanın müəyyən hissələrinin birləşməsində su təbəqəsi «su manjetləri» əmələ gətirir ki, bu da əlaqə sahələrini genişləndirir və onlar arasında istilik mübadiləsi prosesləri baş verir.

Nəmliyin artması ilə əlaqədar olaraq yüksək temperaturda materialın istilikkeçirmə əmsalı sürətlə artır. Mənfi temperaturlarda nəmliyin artması istilikkeçirmə əmsalının artmasına səbəb olur.

Yuxarıda deyilənləri nəzərə alaraq, xarici qoruyucu konstruksiyalarda istilik-nəmlikkeçirmə proseslərinin birgə baş verməsinə baxmayaraq hal-hazırda inşaat norma və qaydalarına (İN və Q) əsasən konstruksiyaların hesabı zamanı onlara ayrı-ayrılıqda baxılır.

Odur ki, qoruyucu konstruksiyalarda stasionar istilik-nəmlikkeçirmə proseslərini nəzərdən keçirək.

Məsələnin riyazi qoyuluşunu aşağıdakı kimi yazmaq olar.

$$\begin{cases} \lambda \frac{d^2 t}{dx^2} = 0 \\ k \frac{d^2 u}{dx^2} + k \delta_1 \frac{d^2 t}{dx^2} = 0 \end{cases} \quad (2.99)$$

$$x = 0; \begin{cases} -\lambda \frac{dt}{dx} - \alpha_d (t_d - t) - (1 - \varepsilon) r \beta \rho_0 (u - u_d) = 0 \\ k \rho_0 \frac{du}{dx} + k \rho_0 \delta_1 \frac{dt}{dx} + \beta \rho_0 (u - u_d) = 0 \end{cases} \quad (2.100)$$

$$x = \delta; \begin{cases} \lambda \frac{dt}{dx} + \alpha_x (t - t_x) - (1 - \varepsilon) r \beta \rho_0 (u - u_x) = 0 \\ k \rho_0 \frac{du}{dx} + k \rho_0 \delta_1 \frac{dt}{dx} + \beta \rho_0 (u - u_x) = 0 \end{cases} \quad (2.101)$$

burada λ -qoruyucu konstruksiyanın istilikkeçirmə əmsalı, vt/m-dər; λ -qoruyucu konstruksiyanın nəmlikkeçirmə əmsalı, m²/saat; δ_1 -qoruyucu konstruksiyanın istilik-nəmlikkeçirmə əmsalı, 1/dər; α_d və α_x - qoruyucu konstruksiyanın daxili və xarici səthlərində istilik mübadilə əmsalları, vt/m²-dər; r -xüsusi buxarlanma istiliyi Coul/kq; ρ_0 - mütləq quru materialın sıxlığı, kq/m³; β -konstruksiyada quruma zamanı kütlə mübadiləsi əmsalı,

m/saat; t_d və t_x - daxili və xarici havanın temperaturu, $^{\circ}\text{C}$; u_d və u_x - daxili və xarici havanın nəmliksaxlaması, q/kq; ε - daxili buxarlanma kriteriyasıdır və ölçüsüz kəmiyyət olub aşağıdakı kimi ifadə edilir.

$$0 \leq \varepsilon \leq 1$$

Əgər nəmlik yerdəyişməsi yalnız nəm şəklində baş verirsə, onda $\varepsilon=0$; buxar şəklində baş verirsə, onda $\varepsilon=1$.

(2.99) differensial tənliklər sisteminin həlli

$$t = Ax + B \quad (2.102)$$

$$u = Cx + D \quad (2.103)$$

şəklində yazıla bilər.

(2.102) və (2.103) ifadələrinə əsasən δ qalınlığında xarici qoruyucu konstruksiyaların temperatur və nəmlik sahələrini təyin etmək olar.

A, B, C və D sabitlərini təyin etmək üçün konstruksiyanın daxili və xarici səthlərində istilik və nəmlik mübadiləsinin baş verdiyi şəraiti təyin edən (2.100) və (2.101) sərhəd şərtlərindən istifadə etmək olar. Odur ki, (2.100), (2.101), (2.102) və (2.103) tənliklərinin birgə həlli aşağıdakı ifadələri verir:

$$t = t_d - (t_d - t_x) \frac{R_d - (1 - \varepsilon) r \beta \rho_0 k \delta_t \frac{1}{\lambda} R_d + \frac{x}{\lambda}}{R_{um} - (1 - \varepsilon) r \beta \rho_0 k \delta_t \frac{1}{\lambda} (R_d - R_x)} - (u_d - u_x) \frac{\frac{1}{\delta} (1 - \varepsilon) r \beta \rho_0 k \left(\frac{x}{\lambda} (R_d - R_x) - R_d (R_x + R) \right)}{R_{um} - (1 - \varepsilon) r \beta \rho_0 k \delta_t \frac{1}{\lambda} (R_d - R_x)} \quad (2.104)$$

$$u = u_d - \frac{(u_d - u_x)}{\delta} + k \frac{(u_d - u_x) \frac{R_{um}}{R} + (t_d - t_x) \delta_t}{\beta \lambda \left(R_{um} - (1 - \varepsilon) r \beta \rho_0 k \delta_t \frac{1}{\lambda} (R_d - R_x) \right)} \quad (2.105)$$

burada R_d və R_x – konstruksiyanın daxili və xarici səthlərinin termiki müqaviməti olub aşağıdakı kimi təyin edilir.

$$R_d = \frac{1}{\alpha_d}; \quad R_x = \frac{1}{\alpha_x}$$

R_{um} - konstruksiyanın ümumi istilikötürmə müqaviməti olub aşağıdakı kimi təyin edilir.

$$R_{um} = R_d + R + R_x = \frac{1}{\alpha_d} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_x} \quad (2.106)$$

Əgər xarici qoruyucu konstruksiyalarda nəmlik yerdəyişməsi buxar şəklində baş verərsə, onda $\varepsilon = 1$ olur və (2.104) və (2.105) tənlikləri aşağıdakı şəkildə yazıla bilər.

$$t = t_d - (t_d - t_x) \frac{\frac{x}{\lambda} + R_d}{R_{um}} \quad (2.107)$$

$$e = e_d - \frac{(e_d - e_x)}{R_b} \left(R_{b-x} - \frac{1}{\xi \rho_0 \beta} \right) + \frac{(t_d - t_x)}{R_0} R \frac{\delta_t}{(\xi \rho_0 \beta) \xi} \quad (2.108)$$

Qeyd etmək lazımdır ki, (2.108) ifadəsindən görüldüyü kimi, nəmlik yerdəyişməsi buxar şəklində baş verdikdə daxili və xarici mühitin temperaturları və parsial təzyiqlər fərqi görə təbii şəkildə konstruksiyanın daxilində quruma prosesi gedir və kütlə mübadiləsi baş verir.

(2.107) ifadəsindən isə görünür ki, nəmlik yerdəyişməsi buxar şəklində baş verdikdə su buxarının elastikliyi (parsial təzyiqi) konstruksiyanın en kəsiyi boyunca temperatur sahəsinin dəyişməsinə təsir etmir.

$\frac{1}{\xi \rho \rho_0}$ -ifadəsi quruma baş verdikdə buxar keçirmə müqavimətidir.

Misal. Xarici qoruyucu konstruksiya qalınlıqları 0,25 m olan qırmızı kərpic və 0,2 m istlik izolyasiya qatı olan köpüklü beton dan ibarətdir. Tikinti rayonu Bakı şəhəridir. $t_x = -7^\circ\text{C}$. Xarici havada su buxarının elastikliyi $E_x = 6,5$ qPa, nisbi nəmliyi $\varphi_x = 72\%$,

daxili mühitin parametrləri, $t_d=20^{\circ}\text{C}$, $\varphi_d=45\%$, $e_d=9,18\text{qPa}$. Konstruksiyanın materiallarının istilik-texniki göstəriciləri: $\rho_k=1700\text{ kq/m}^3$, $\rho_{k.b.}=680\text{ kq/m}^3$, $\lambda_k=0,812\text{vt/m}^{\circ}\text{C}$, $\lambda_{k.s.}=0,255\text{vt/m}^{\circ}\text{C}$

Bu cür xarici qoruyucu konstruksiyanın stasionar temperatur və nəmlik sahələrini təyin edək:

Konstruksiyanın ümumi istilikötürmə müqavimətini təyin edək:

$$R_{um} = R_d + R_1 + R_2 + R_x = \frac{1}{8.7} + \frac{0.25}{0.812} + \frac{0.2}{0.255} + \frac{1}{23} =$$

$$= 0.155 + 0.308 + 0.784 + 0.043 = 1.25\text{m}^2\text{ }^{\circ}\text{C} / \text{vt}$$

(2.10) ifadəsinə əsasən konstruksiyanın en kəsiyi boyunca temperatur sahəsini təyin edək:

$$t_{d.s.} = 20 - (20 + 7) \frac{0.115}{1.25} = 17.52^{\circ}\text{C}$$

$$t_{x=0.1} = 20 - (20 + 7) \frac{\left(0.115 + \frac{0.1}{0.255}\right)}{1.25} = 9.05^{\circ}\text{C}$$

$$t_{x=0.2} = 20 - (20 + 7) \frac{\left(0.115 + \frac{0.2}{0.255}\right)}{1.25} = -0.58^{\circ}\text{C}$$

$$t_{x=0.325} = 20 - (20 + 7) \frac{\left(0.115 + \frac{0.2}{0.255} + \frac{0.125}{0.812}\right)}{1.25} = -2.74^{\circ}\text{C}$$

$$t_{x.c} = 20 - (20 + 7) \frac{\left(0.115 + \frac{0.2}{0.255} + \frac{0.25}{0.812}\right)}{1.25} = -6.07^{\circ}\text{C}$$

Su buxarının maksimal elastikliyini təyin etmək üçün müvafiq qatlardakı temperaturun müvafiq qiymətinə əsasən cədvəldən yazırıq:

$$E_1=20\text{ qPa}$$

$$E_2=11,52\text{ qPa}$$

$$E_3=5,31\text{ qPa}$$

$$E_4=4,9\text{ qPa}$$

$$E_s = 3,65 \text{ qPa}$$

Konstruksiyanın en kəsiyi boyu su buxarının həqiqi elastikli-
yini təyin edək.

Əvvəlcə konstruksiyanın ümumi buxar keçirmə müqavimətini
təyin edək:

$$R_b = \frac{0.25}{0.11} + \frac{0.2}{0.15} = 2.273 + 1.333 = 3.606 \frac{m^2 \text{ saat Pa}}{mq}$$

$$e_{d.s} = e_d = 9.18 \text{ qPa}$$

$$e_{x=0.1} = 9.18 - \frac{9.18 - 2.42}{3.606} \cdot \frac{0.1}{0.15} = 7.77 \text{ qPa}$$

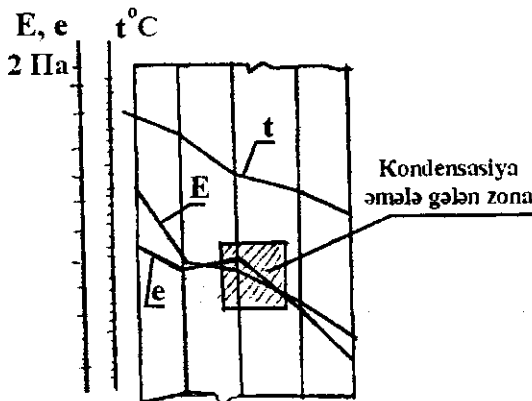
$$e_{x=0.2} = 9.18 - \frac{9.18 - 2.42}{3.606} \cdot \frac{0.2}{0.15} = 6.68 \text{ qPa}$$

$$e_{x=0.325} = 9.18 - \frac{9.18 - 2.42}{3.606} \cdot \left(1.333 + \frac{0.125}{0.11} \right) = 4.57 \text{ qPa}$$

$$e_{x.s} = 2.42 \text{ qPa}$$

Alınmış nəticələri qrafiki təsvir edək.

Şəkildən görüldüyü kimi bu cür konstruksiya tətbiq edilərsə
konstruksiyanın daxilində kondensasiya prosesi baş verər və kon-
struksiyanın nəmlənməsinə səbəb olar.



Şəkil 2.3.

Kondensasiya əmələ gələn zonanı təyin
edilməsi

Yuxarıda deyildiyi
kimi qoruyucu konst-
ruksiyalarda filtrasiyanı
nəzərə almaqla istilik-
nəmlik keçirmə proses-
ləri praktiki əhəmiyyət
kəsb edir. Odur ki, nə-
mlilik yerdəyişməsi bu-
xar şəklində baş ver-
dikdə məsələnin riyazi
qoyuluşunu aşağıdakı
kimi yazmaq olar.

$$\frac{d}{dx} \left(\lambda \frac{dt}{dx} \right) - c_h w \frac{dt}{dx} = 0 \quad (2.109)$$

$$\frac{d}{dx} \left(\mu \frac{de}{dx} \right) - \eta_h w \frac{de}{dx} + \frac{\mu}{\xi} \delta_t \frac{1}{\lambda} \left(\frac{d}{dx} \left(\lambda \frac{dt}{dx} \right) - c_h w \frac{dt}{dx} \right) = 0 \quad (2.110)$$

Yuxarıda göstərilən diferensial tənliklər sisteminin həlli zamanı ortalığa çıxan bir sıra çətinlikləri aradan qaldırmaq məqsədilə termiki müqavimət və buxarkeçirmə müqavimətləri anlayışlarından istifadə edərək aşağıdakı şəkildə yazmaq olar.

$$\frac{d^2 t}{dR^2} - c_h w \frac{dt}{dR} = 0 \quad (2.111)$$

$$\frac{d^2 e}{dR_b^2} - \eta_h w \frac{de}{dR_b} = 0 \quad (2.112)$$

(2.111) və (2.112) tənliklərinin həlli aşağıdakı şəkildə yazıla bilər.

$$t = A + B \frac{1}{c_h w} e^{c_h w R} \quad (2.113)$$

$$e = C + D \frac{1}{\gamma_h w} e^{c_h w R_b - x} \quad (2.114)$$

A, B, C və D inteqral sabitlərini aşağıdakı sərhəd şərtlərdən tapmaq olar.

$$\begin{cases} R = 0; \\ R_b = 0; \end{cases} \begin{cases} t = t_d \\ \frac{de}{dR_b} + \frac{\mu}{\xi} \delta_t \frac{1}{\lambda} \frac{dt}{dR} + \beta \rho_0 \xi (e - e_d) = 0 \end{cases} \quad (2.115)$$

$$\begin{cases} R = 0; \\ R_b = R_b; \end{cases} \begin{cases} t = t_d \\ \frac{de}{dR_b} + \frac{\mu}{\xi} \delta_t \frac{1}{\lambda} \frac{dt}{dR} + \beta \rho_0 \xi (e - e_x) = 0 \end{cases} \quad (2.116)$$

Nəticədə konstruksiyanın en kəsiyi boyunca temperatur və su buxarının elastikliyi dəyişmə qanunauyğunluğu aşağıdakı şəkildə olar:

$$t = t_d - (t_d - t_x) \frac{1 - e^{c_h w R}}{1 - e^{c_h w R_0}} \quad (2.117)$$

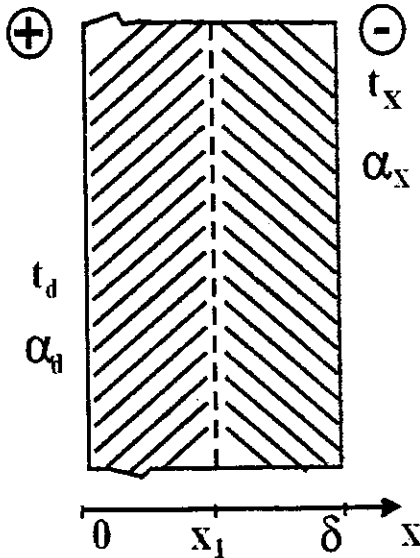
$$e = e_d - (e_d - e_x) \frac{1}{1 - e^{\eta_h w R_1}} \left(1 - \frac{\beta \rho_0 \xi}{\eta_h w + \beta \rho_0 \xi} e^{\eta_h w R_{b-x}} \right) -$$

$$\frac{\mu}{s} \delta_r \frac{c_h w}{\lambda} (t_d - t_x) \left[\frac{1}{\beta \rho_0 \xi (1 - e^{c_h w R_0})} \cdot \frac{2e^{c_h w R_0}}{(1 - e^{\eta_h w R_n})} + \right.$$

$$\left. + \frac{1 - 2e^{c_h w R_0}}{(\eta_h w + \beta \rho_0 \xi) (1 - e^{\eta_h w R_n})} e^{\eta_h w R_{b-x}} \right] \quad (2.118)$$

§2.10 Xarici qoruyucu konstruksiyalarda daxili istilik mənbəyini nəzərə almaqla istilikötürmə

Yuxarıda qeyd edildiyi kimi xarici soyuq havanın infiltrasiyası



konstruksiyanın en kəsiyi boyunca hərəkət edərkən konstruksiyanın materialının məsələlərində nəmlik buxar şəklində keçə bilər. Bu isə konstruksiyanın daxilində kondensasiya prosesinin yaranmasına səbəb ola bilər. Buna görə də qoruyucu konstruksiyaların istilikötürməsinin hesabı zamanı kondensasiya prosesinin baş verməməsi üçün infiltrasiya yolu ilə həmin konstruksiyaya daxil olan xarici soyuq havanın miqdarını nəzərə almaq lazımdır.

Xarici qoruyucu konstruksiyaların qalınlığı boyunca kondensasiya prosesi əmələ gələrsə, bu zaman onu aradan qaldırmaq üçün daxili istilik mənbəyindən də istifadə edilə bilər. Qeyd et-

mək lazımdır ki, daxili istilik mənbəyi nöqtəvari, həcmi və s. şəklində olur.

Xarici məsələli divar konstruksiyaların istilikötürməsi zamanı nöqtəvari daxili istilik mənbəyinin nəzərə alınması böyük əhəmiyyət kəsb edir. Odur ki, məsələnin qoyuluşunun riyazi yazılışını aşağıdakı kimi yazmaq olar

$$\lambda \frac{d^2 t_1}{dx^2} - c_h w \frac{dt_1}{dx} = 0 \quad (2.119)$$

$$\lambda \frac{d^2 t_2}{dx^2} - c_h w \frac{dt_2}{dx} = 0$$

$$x=0; \quad \lambda \frac{dt_1}{dx} = \alpha_1 (t_1 - t_d) \quad (2.120)$$

$$x=x_1; \quad \begin{cases} t_1 = t_2 \\ -\lambda \frac{dt_1}{dx} + q_0 = -\lambda \frac{dt_2}{dx} \end{cases}$$

$$x=\delta; \quad -\lambda \frac{dt_2}{dx} = \alpha_2 (t_2 - t_x)$$

burada α_1 və α_2 – infiltrasiyanı nəzərə almaqla konstruksiyanın daxili və xarici səthinin istilik mübadilə əmsalları olub aşağıdakı kimi təyin edilir.

$$\alpha_1 = \alpha_d + c_h w; \quad \alpha_2 = \alpha_x - c_h w$$

c_h – havanın xüsusi istilik tutumu; w – isə infiltrasiya olunan xarici soyuq havanın miqdarıdır.

(2.119) və (2.120) tənliklər sisteminin birgə həlli aşağıdakı ifadələri verir:

$$t_1 = t_d - (t_d - t_x) \frac{e^{\frac{c_h w}{\lambda} x} + \frac{c_h w}{\alpha_1} - 1}{\left(1 + \frac{c_h w}{\alpha_2}\right) e^{\frac{c_h w}{\lambda} \delta} + \frac{c_h w}{\alpha_1} - 1} +$$

$$+ \frac{q_0}{c_h W} \cdot \frac{\left[\left(1 + \frac{c_h W}{\alpha_2} \right) e^{\frac{c_h W}{\lambda} (\delta - x_1)} + 1 \right] \left[e^{\frac{c_h W}{\lambda} x} + \frac{c_h W}{\alpha_1} - 1 \right]}{\left(1 + \frac{c_h W}{\alpha_2} \right) e^{\frac{c_h W}{\lambda} \delta} + \frac{c_h W}{\alpha_1} - 1} \quad (2.121)$$

$$t_1 = t_d - (t_d - t_x) \frac{e^{\frac{c_h W}{\lambda} x} + \frac{c_h W}{\alpha_1} - 1}{\left(1 + \frac{c_h W}{\alpha_2} \right) e^{\frac{c_h W}{\lambda} \delta} + \frac{c_h W}{\alpha_1} - 1} +$$

$$+ \frac{q_0}{c_h W} \cdot \frac{\left[\left(\frac{c_h W}{\alpha_1} - 1 \right) e^{-\frac{c_h W}{\lambda} x_1} + 1 \right] \left[e^{\frac{c_h W}{\lambda} x} + \left(1 + \frac{c_h W}{\alpha_2} \right) e^{\frac{c_h W}{\lambda} \delta} \right]}{\left(1 + \frac{c_h W}{\alpha_2} \right) e^{\frac{c_h W}{\lambda} \delta} + \frac{c_h W}{\alpha_1} - 1} \quad (2.122)$$

(2.121) və (2.122) ifadələri xarici soyuq havanın infiltrasiyasını və daxili istilik mənbəyini nəzərə almaqla xarici qoruyucu konstruksiyanın ən kəsiyi üzrə temperatur sahəsini göstərir və bu düsturlarla konstruksiyanın qalınlığı boyunca istənilən nöqtəsində temperatur göstəricisini təyin etmək olar.

Konstruksiyanın daxili səthinin temperaturunu təyin etmək üçün (2.121) ifadəsindən yazarıq.

$$\begin{aligned}
 t_{d.s} = t_d - (t_d - t_x) & \frac{\frac{c_h W}{\alpha_1}}{\left(1 + \frac{c_h W}{\alpha_2}\right) e^{\frac{c_h W}{\lambda} \delta} + \frac{c_h W}{\alpha_1} - 1} + \\
 + \frac{q_0}{c_h W} & \frac{\left[\left(1 + \frac{c_h W}{\alpha_2}\right) e^{-\frac{c_h W}{\lambda} (\delta - x_1)} + 1 \right] \frac{c_h W}{\alpha_1}}{\left(1 + \frac{c_h W}{\alpha_2}\right) e^{\frac{c_h W}{\lambda} \delta} + \frac{c_h W}{\alpha_1} - 1}
 \end{aligned} \tag{2.123}$$

Konstruksiyanın xarici səthinin temperaturunu isə (2.122) ifadəsinə əsasən aşağıdakı kimi yaza bilərik:

$$\begin{aligned}
 t_{x.s} = t_d - (t_d - t_x) & \frac{e^{\frac{c_h W}{\lambda} \delta} + \frac{c_h W}{\alpha_1} - 1}{\left(1 + \frac{c_h W}{\alpha_2}\right) e^{\frac{c_h W}{\lambda} \delta} + \frac{c_h W}{\alpha_1} - 1} + \\
 + \frac{q_0}{c_v W} & \frac{\left[\left(\frac{c_h W}{\alpha_1} - 1\right) e^{-\frac{c_h W}{\lambda} x_1} + 1 \right] \left(2 + \frac{c_h W}{\alpha_2}\right) e^{\frac{c_h W}{\lambda} \delta}}{\left(1 + \frac{c_h W}{\alpha_2}\right) e^{\frac{c_h W}{\lambda} \delta} + \frac{c_h W}{\alpha_1} - 1}
 \end{aligned} \tag{2.124}$$

Məlumdur ki, sanitariya-gigiyena tələbatına əsasən konstruksiyanın daxili səthinin temperaturu onun buraxıla bilən temperaturundan kiçik olmamalıdır. Belə ki, daxili mühitin ikinci komfort şərtinə görə bina və qurğuların xarici qoruyucu konstruksiyalarının daxili səthinin buraxıla bilən temperaturu elə bir qiymətə malik olmalıdır ki, həmin konstruksiyanın yaxınlığında insan intensiv soyuma hiss etməsin. Həmçinin konstruksiyanın daxili səthinin buraxıla bilən temperaturu həmin səthdə su buxarının kondensata çevrilməsinə imkan verməməlidir.

(2.123) ifadəsini aşağıdakı şəkildə yazmaq olar.

$$t_d - t_{d.s} = (t_d - t_x) \frac{\frac{c_h W}{\alpha_1}}{\left(1 + \frac{c_h W}{\alpha_2}\right) e^{\frac{c_h W}{\lambda} \delta} + \frac{c_h W}{\alpha_1} - 1} + \frac{q_0}{\alpha_1} \frac{1 + \left(1 + \frac{c_h W}{\alpha_2}\right) e^{\frac{c_h W}{\lambda} (\delta - x_1)}}{\left(1 + \frac{c_h W}{\alpha_2}\right) e^{\frac{c_h W}{\lambda} \delta} + \frac{c_h W}{\alpha_1} - 1} \quad (2.125)$$

(2.125) ifadəsi daxili mühit ilə konstruksiyanın daxili səthinin temperaturları arasındakı fərqi ifadə edir. İnşaat norma və qaydalarında həmin fərq normativləşdirilir. Yəni

$$t_d - t_{d.s.} = \Delta t^n \geq \left[\Delta t^n \right]_{bur. bilən}$$

(2.125) ifadəsindən daxili istilik mənbəyinin yerləşdiriləcəyi yeri aşağıdakı kimi təyin etmək olar.

$$x_1 = \delta - \frac{\lambda}{c_h W} \ln \left\{ \frac{\Delta t \text{ or } \frac{c_h W}{\alpha_1} - \Delta t \left[\left(1 + \frac{c_h W}{\alpha_2}\right) e^{\frac{c_h W}{\lambda} \delta} + \frac{c_h W}{\alpha_1} - 1 \right] \alpha_1 - q_0}{\left(1 + \frac{c_h W}{\alpha_2}\right) q_0} \right\} \quad (2.126)$$

(2.126) ifadəsindən daxili istilik mənbəyinin dərinliyini təyin etməklə yanaşı qoruyucu konstruksiyanın temperatur-nəmlik rejiminin yaxşılaşdırılması tədbirlərinin tapılması üçün də istifadə edilə bilər.

(2.123) və (2.124) ifadələrindən daxili istilik mənbəyinə verilən istiliyin miqdarını aşağıdakı kimi yazarıq:

$$\begin{aligned}
 q_0 = c_h w \times & \\
 (t_{d.s.} - t_{x.s}) & \left[\left(1 + \frac{c_h w}{\alpha_2} \right) e^{\frac{c_h w}{\lambda} \delta} + \frac{c_h w}{\alpha_1} - 1 \right] - (t_{d.s.} - t_{x.s}) \left(e^{\frac{c_h w}{\lambda} \delta} - 1 \right) \\
 \times & \frac{c_h w}{\alpha_1} \left(1 - e^{\frac{c_h w}{\lambda} (\delta - x_1)} \right) - \left(2 + \frac{c_h w}{\alpha_2} \right) \left(1 - e^{\frac{c_h w}{\lambda} x_1} \right) e^{\frac{c_h w}{\lambda} \delta}
 \end{aligned}
 \tag{2.127}$$

Alınmış (2.127) ifadəsi eksperimental tədqiqatlar zamanı ölçü cihazlarının köməkliliyi ilə daxili istilik mənbəyinə verilən istiliyin miqdarını təyin etməyə imkan verir.

FƏSİL III. BİNA VƏ QURĞULARIN HAVA REJİMLƏRİ. QORUYUCU KONSTRUKSIYALARIN İSTİLİKÖTÜRMƏ PROSESLƏRİNDƏ HAVAKEÇİRMƏNİN NƏZƏRƏ ALINMASI

Bina və qurğuların hava rejimləri otaqlarla xarici mühit arasında gedən hava mübadiləsi prosesinə deyilir. Bu zaman otaqların daxilində otağın perimetri boyunca, həmçinin konstruksiyanın qalınlığı boyu, hava kanallarında və s. hava hərəkət edir. Bina və qurğuların hava rejimləri ənənəvi olaraq üç məsələni birləşdirir: daxili, kənar və xarici.

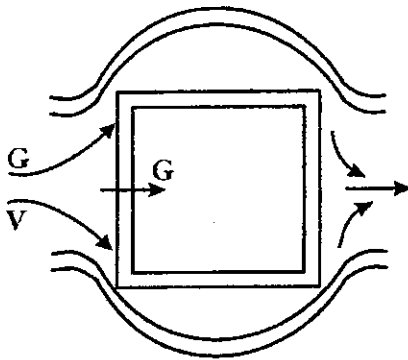
Bina və qurğuların hava rejimləri məsələsinin ümumi fiziki-riyazi qoyuluşu ümumiləşdirilmiş şəkildə mümkündür. Məsələnin riyazi yazılışı turbulent hərəkət zamanı kütlə, enerji və impuls köçürmələrinin klassik tənlikləri ilə ifadə olunur.

Xarici qoruyucu konstruksiyaların hesabı zamanı infiltrasiya və eksfiltrasiya hadisələrinin nəzərə alınması vacib məsələlərdən biridir. Xarici havanın infiltrasiyası əlavə istilik itkiləri yaradır. Daxili havanın eksfiltrasiyası isə qoruyucu konstruksiyayı nəmləşdirir və onun istilik mühafizə xassəsini aşağı salır. Filtrasiya ilə konstruksiya arasında istilik mübadiləsi baş verir. Buna görə də bina və qurğuların hava rejimlərinin hesabını aparan zaman qoruyucu konstruksiyaların istilikötürmə proseslərində havakeçirməni nəzərə almaq zərurəti yaranır.

§3.1 Bina və qurğuların hava rejimləri. Qoruyucu konstruksiyaların havakeçirməyə qarşı müqavimətləri

Bina və qurğuların hava rejimləri xarici qoruyucu konstruksiyaların havakeçirməsindən asılıdır.

Xarici mühitdəki sürətli hava axını öz hərəkəti istiqamətində hər hansı bina və qurğuya rast gəlsə, onun əsas hissəsi binanın yan tərəflərindən keçib arxa tərəfdə öz yolunu davam edir (şəkil 3.1). Belə hərəkət zamanı binanın hava axını ilə görüşdüyü tərəfində dinamik təzyiq nəticəsində müsbət, arxa tərəfdə isə mənfi təzyiq yaranacaqdır. Ona görə də müsbət təzyiqə məruz qalan konstruksiyalarda ilin qış dövündə xarici soyuq havanın fil-

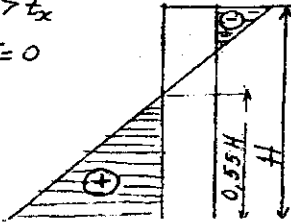


Şəkil 3.1.

filtrasiyası, mənfi təzyiqli hissələrində isə eksfiltrasiya prosesləri baş verəcəkdir.

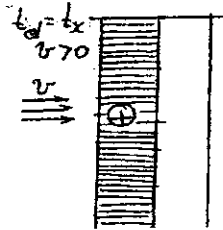
Konstruksiyanın havaqəriciliyinə küləyin təsirindən başqa, havanın həcm kütlələri fərqi yaranan qravitasiya təzyiqi də müəyyən təsir göstərir. Bu təzyiqlər xarici qoruyucu konstruksiyalara şəkil 3.2-də göstərilən qaydada təsir edir.

a) $t_d > t_x$
 $v = 0$



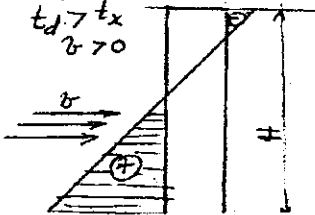
$$P_t = 0,55H(\rho_x - \rho_d)$$

b)



$$+P_v = k \frac{v^2}{2} \rho_x$$

c) $t_d > t_x$
 $v > 0$



$$P = P_t + P_v = 0,55H(\rho_x - \rho_d) + k \frac{v^2}{2} \rho_x$$

Şəkil 3.2. İzafi təzyiqlərin epyürləri.

Dinamik və qravitasiya təzyiqləri bina və qurğuların xarici qoruyucu konstruksiyalarına ayrı-ayrılıqda deyil, birlikdə təsir edir. Buna görə də daxili və xarici mühitlər arasında yaranan təzyiqlər fərqi aşağıdakı düsturdan təyin etmək olar.

$$\Delta P = 0.55H(\rho_x - \rho_d) + 0.03\rho_x v^2 \quad (3.1)$$

burada H-binanın hündürlüyü (yer səthindən karnizin yuxarı hissəsinə qədər olan məsafə), ρ_x , ρ_d -müvafiq olaraq xarici və daxili havanın həcm çəkiləri olub aşağıdakı düsturdan təyin edilə bilər.

$$\rho = \frac{3463}{273 + t} \quad (3.2)$$

Burada t-havanın temperaturu, ρ_d -daxili havanın sıxlığı olub daxili havanın hesabata temperaturuna əsasən təyin edilir; ρ_x - xarici havanın sıxlığı olub xarici havanın 0,92 təminatlı orta soyuq beşgünlük temperaturuna əsasən təyin edilir, v-yanvar ayında rumber üzrə təkrarı 16% və ondan çox olan küləklərin orta sürətlərinin maksimal qiymətidir. Eyni tipli layihələr üçün v-nin qiymətini 5 m/san, 1B və 1Q iqlim rayonlarında isə 8m/san qəbul etmək məsləhət görülür. v-yanvar ayı üçün orta sürətlərin maksimal qiymətidir.

Bütün bunlarla yanaşı hər bir xarici qoruyucu konstruksiyanın havakeçirməyə qarşı müqaviməti mövcuddur. Bu müqavimət çoxqat konstruksiyalar üçün aşağıdakı düsturdan təyin edilə bilər:

$$R_h = R_{h1} + R_{h2} \dots + R_{hn} \quad (3.3)$$

burada $R_{h1}, R_{h2}, \dots, R_{hn}$ - konstruksiyayı təşkil edən ayrı-ayrı qatların materiallarının havakeçirməyə qarşı müqavimətləridir. Onların ədədi qiyməti İN və Q-da verilir (cədvəl 3.1).

Konstruksiyanın daxilində hava qatı varsa, onun müqaviməti nəzərə alınmır.

Qeyd etmək lazımdır ki, xarici soyuq havanın infiltrasiyası xarici qoruyucu konstruksiyaların temperatur sahəsinə mənfi təsir göstərir və bu da konstruksiyanın yararsız hala düşməsinə səbəb ola bilər. Buna görə də konstruksiyanın havakeçirməyə qarşı ümumi müqaviməti həmin konstruksiyalar üçün tələb edilən havakeçirmə müqavimətindən kiçik olmamalıdır:

Qoruyucu konstruksiyalar üçün hava keçirənin normativ qiyməti, G^H

№	Qoruyucu konstruksiyalar	Hava keçirmənin normativ qiyməti G^H (kq/m . saat)
1	Yaşayış, ictimai və sənaye müəssisələrinin köməkçi otaqlarının xarici divarları, örtükləri və döşəmələri	0,5
2	Sənaye binalarının xarici divarları, örtükləri və döşəmələri	1
3	Mənzillərin giriş qapıları	1,5
4	Yaşayış, ictimai sənaye müəssisələrinin köməkçi otaqlarının xarici pəncərə və qapıları: kondisioner sisetəmləri ilə təmin olunmuş sənaye binalarının pəncərələri; 0,92 təminatlı orta ən soyuq beşgünlük temperatur - 40° C - dən çox olan rayonlarda sənaye binalarının xarici qapı və darvazaları	10
5	Həmçinin, temperaturu - 40° C və ondan aşağı olduqda	8
6	Sənaye binalarında üfəqü fanarlar, habelə 0,92 təminatlı orta ən soyuq beşgünlük temperatur - 40° C - dən çox olan rayonlarda, aşkar şəkildə ayrılan izafi istiliyin miqdarı 23 Bt/m ² - dən böyük olan sənaye binalarının pəncərələri	15
7	Həmçinin, temperaturu - 40° C və ondan aşağıda olduqda	10
8	0,92 təminatlı orta ən soyuq beşgünlük temperatur - 40° C - dən böyük olan rayonlarda aşkar şəkildə ayrılan izafi istiliyin miqdarı 23 Bt/m ² - dən çox olan sənaye binalarının pəncərələri	30
9	Həmçinin, temperaturu - 40° C və ondan aşağı olduqda	20

Material və konstruksiyaların hava keçirmə müqaviməti, R_h

№	Material və konstruksiyaların adları	Qatın qalınlığı, mm	Hava keçirmə müqaviməti, R_h m ² · saat. Па/кq
1	2	3	4
1	Sal beton	100	19620
2	Qaz – slikaat betonu	140	21
3	Bahqquლაği əhəngdaşı	500	6
4	İnşaat kartonu	1,3	64
5	Bir və ya bir neçə kərpic qalınlığında sement – qum məhlulu ilə kərpic hörgüsü	250 və artıq	18
6	Yarım kərpic qalınlığında sement-qum məhlulu ilə kərpic hörgüsü	120	2
7	Bir və ya bir neçə kərpic qalınlığında sement – posa məhlulu ilə kərpic hörgüsü	250 və artıq	9
8	Yarım kərpic qalınlığında sement – qum məhlulu ilə boşluqlu keramik kərpic hörgüsü	-	2
9	Yarım kərpic qalınlığında sement-posa ilə kərpic hörgüsü	120	1
10	Sement-qum məhlulu ilə yüngül beton-daşdan hörgü	400	13
11	Sement-posa məhlulu ilə yüngül beton – daşdan hörgü	400	1
12	Tikişləri tutulmuş asbestsement vərəqləri	6	196
13	Üzlük üçün adi kağız vərəqlər	-	20
14	Taxta üzlüklər	20 – 25	0,1
15	Şpunt şəklində taxtadan üzlük	20 – 25	1,5
16	Arasında kağız olan ikiqat taxta	50	93
17	Tikişləri tutulmuş ağac lifli sementsiz yumşaq tavalar və yaxud fibrolit üzlük	15 – 70	2,5
18	Tikişləri tutulmamış ağac-lifli sementsiz – yumşaq tavalar və yaxud fibrolit	15 – 70	0,5
19	Tikişləri tutulmuş ağac lifli sərt vərəqə üzlük	10	33
20	Tikişləri tutulmuş quru gips mala üzlüklər	10	20
21	Tikişsiz avtoklav köpük betonlar	100	1960
22	Adi köpük beton	100	196

1	2	3	4
23	Köpük polistrol	50 – 100	79
24	Köpük şüşə	120	Hava keçirmir
25	Sərt mineral pambıq tavalər	50	2
26	Ruberoid	1,5	Hava keçirmir
27	Tol	1,5	490
28	Tikişləri bağlanmış yapışdırılmış faner	3 – 4	2940
29	Tikişləri bağlanmış şlak beton	100	14
30	Daş və ya kərpic hörgülər üstündə sement – qum suvaq	15	373
31	Daş və ya kərpic hörgülər üstündə əhəng suvaq	15	142
32	Taxtanın üstündə əhəng-gips suvaq	20	17

Cədvəl 3.3

Pəncərə, eyvan qapıları və fanar konstruksiyalarının havakeçirmə müqaviməti, R_n

Pəncərə konstruksiyaları	Açılmayan pəncərə laylarının sayı	$\Delta P = 10$ Pa olduqda, ağac cildli pəncərə və konstruksiyalarının havakeçirmə müqaviməti, R_h , m ² . saat. Pa/kq		
		Köpük polietilen ilə kipləşdirilmiş	Rezinlə kipləşdirilmiş	Yarımyun məftillə kipləşdirilmiş
Birləşdirilmiş çərçivəli birqat	1	0,26	0,16	0,12
və ya ikiqat şüşəli	1	0,29	0,18	0,13
Ayrılmış çərçivəli	2	0,38	0,26	0,18
İkiqat şüşəli	1	0,30	0,18	0,14
Birləşdirilmiş və birqat çərçivəli	2	0,44	0,26	0,20
Üçqat şüşəli	3	0,56	0,37	0,27

QEYD: 1. Metal çərçivəli pəncərə konstruksiyaları və eyvan qapıları üçün havakeçirmə müqavimətinin qiymətini, yuxarıda göstərilən qiymətləri 0,8 əmsalına vurmaqla qəbul etmək lazımdır.
2. açılmayan pəncərələr üçün havakeçirmə müqavimətini 1 m².saat Pa/kq, zenit fanarları üçün isə 0,5 m².saat Pa/kq qəbul etmək lazımdır.

$$R_h \geq R_h^{t,e} \quad (3.4)$$

Havakeçirməyə qarşı tələb edilən müqavimət aşağıdakı düsturdan təyin edilir:

$$R_h^{t,e} = \frac{\Delta P}{G} \quad (3.5)$$

burada ΔP –qoruyucu konstruksiyaların daxili və xarici səthləri üzrə havanın təzyiqlər fərqi; G^H -qoruyucu konstruksiyalardan keçən normativ hava miqdarı olub \dot{V}_N və Q -dan qəbul olunur.

İctimai və yaşayış binalarının xarici pəncərə və qapılarının, həmçinin sənaye binalarının pəncərə və fanarlarının havakeçirmə müqavimətinin qiyməti tələb edilən qiymətdən az olmamalıdır.

$$R_h^{t,e} = \frac{1}{G^H} \left(\frac{\Delta P}{\Delta P_0} \right)^{2/3} \quad (3.6)$$

burada G^H -qoruyucu konstruksiyadan keçən normativ hava miqdarı; ΔP -qoruyucu konstruksiyanın xarici və daxili səthləri üzrə təzyiqlər fərqi olub (3.1) düsturuna əsasən hesablanır; $\Delta P_0 = 10\text{Pa}$ - havakeçirmə müqavimətinin təyin olunmuş qiymətinə uyğun havanın təzyiqlər fərqidir. Bu qiymətdən aşağı təzyiqlər fərqi üçün havakeçirməyə qarşı müqavimət təyin edilmir.

§3.2. Havakeçirməni nəzərə almaqla qoruyucu konstruksiyaların istilik-ötürməsi

Xarici qoruyucu konstruksiyaların istismarı praktikası göstərir ki, sənaye tikintisi binalarının divar konstruksiyaları üçün geniş istifadə olunan yüngül və məsaməli betonlar kifayət qədər havakeçirmə qabiliyyətinə malikdirlər. Havakeçirmə otaqların istilik rejiminə kifayət qədər təsir edir və istilik itkilərinin artmasına səbəb olur. Xarici qoruyucu konstruksiyalardan filtrasiya yolu ilə keçən hava temperatur sahəsinin və səthlərdə istilik mübadiləsinin dəyişməsinə səbəb olur. Bu hadisə hava selinin istiliyinin köçürülməsi yolu ilə baş verir. Hava konstruksiyanın materialının məsamələri və kapilyarları ilə kiçik sürətlə hərəkət edir. Bu halda

Reynolds ədədinin qiyməti $Re=0,05$ olur və konstruksiyanın en kəsiyi boyunca məsəmə və kapilyarlarda havanın temperaturu konstruksiyanın bərk materialının temperaturuna praktiki olaraq bərabər olur. Bu fikir qoruyucu konstruksiyalarda havakeçirməni nəzərə almaqla istilikötürmə proseslərini riyazi yazılışını sadələşdirir. Məsələnin bu cür qoyuluşu F.V. Uşkovun tədqiqatlarında öz əksini tapmışdır.

Filtrasiyanı nəzərə almaqla birölçülü stasionar istilikkeçirmə tənliyi aşağıdakı kimi yazıla bilər:

$$\lambda \frac{d^2 t}{dx^2} - c_h w \frac{dt}{dx} = 0 \quad (3.7)$$

(3.7) tənliyinin həlli

$$t = A + B \frac{\lambda}{c_h w} e^{\frac{c_h w}{\lambda} x} \quad (3.8)$$

şəklində verilir.

A və B integral sabitlərini təyin etmək üçün aşağıdakı sərhəd şərtlərini yazmaq.

$$x = 0; \quad -\lambda \frac{dt}{dx} = \alpha_1 (t_d - t_0) \quad (3.9)$$

$$x = \delta; \quad -\lambda \frac{dt}{dx} = \alpha_2 (t_\delta - t_x)$$

$$\text{burada} \quad \alpha_1 = \alpha_d + c_h w, \quad \alpha_2 = \alpha_x - c_h w, \quad (3.10)$$

(3.1), (3.8) və (3.9) tənliklərinin birligə həlli aşağıdakı ifadəni verir:

$$t_1 = t_d - (t_d - t_x) \frac{e^{\frac{c_h w}{\lambda} x} + \frac{c_h w}{\alpha_1} - 1}{\left(1 + \frac{c_h w}{\alpha_2}\right) e^{\frac{c_h w}{\lambda} \delta} + \frac{c_h w}{\alpha_1} - 1} \quad (3.11)$$

Konstruksiyanın en kəsiyi boyunca istilik selini təyin etmək.

$$q = -\lambda \frac{dt}{dx} = -(-\lambda) \frac{\frac{c_h w}{\lambda} e^{\frac{c_h w}{\lambda} x} (t_d - t_x)}{\left(1 + \frac{c_h w}{\alpha_2}\right) e^{\frac{c_h w}{\lambda} \delta} + \frac{c_h w}{\alpha_1} - 1} =$$

$$= (t_d - t_x) \frac{c_h w e^{\frac{c_h w}{\lambda} x}}{\left(1 + \frac{c_h w}{\alpha_2}\right) e^{\frac{c_h w}{\lambda} \delta} + \frac{c_h w}{\alpha_1} - 1} \quad (3.12)$$

Qoruyucu konstruksiya vasitəsilə otaqdan havanın eksfiltrasiyası zamanı konstruksiyanın en kəsiyi boyunca temperatur sahəsinin və istilik selinin miqdarının dəyişməsinə təyin etmək üçün (3.11) və (3.12) ifadələrini w kəmiyyətinin mənfi qiymətinə vurmaq lazımdır.

Qoruyucu konstruksiyalarda filtrasiya hadisəsi olmadıqda $w=0$ olur. Odur ki, (3.11) ifadəsində $w=0$ qəbul etsək ifadə qeyri müəyyənliyə çevrilir. Bunun üçün (16) düsturuna Lopital qaydasını tətbiq edək.

$$t = \lim_{w \rightarrow 0} \left[t_d - (t_d - t_x) \frac{d \left(e^{\frac{c_h w}{\lambda} x} + \frac{c_h w}{\alpha_1} - 1 \right) / dw}{d \left(\left(1 + \frac{c_h w}{\alpha_2}\right) e^{\frac{c_h w}{\lambda} \delta} + \frac{c_h w}{\alpha_1} - 1 \right) / dw} \right] =$$

$$= \lim_{w \rightarrow 0} \left[(t_d - t_x) \frac{\frac{c_h w}{\lambda} e^{\frac{c_h w}{\lambda} x} + \frac{c_h}{\alpha_1}}{\frac{c_h w}{\lambda} \delta e^{\frac{c_h w}{\lambda} \delta} \left(1 + \frac{c_h w}{\alpha_2}\right) + \frac{c_h}{\alpha_1} e^{\frac{c_h w}{\lambda} \delta} + \frac{c_h}{\alpha_2}} \right] =$$

$$= t_d - (t_d - t_x) \frac{R_{d.s.} + \frac{x}{\lambda}}{R_{um}} \quad (3.13)$$

(3.12) ifadəsindən görünür ki, infiltrasiya zamanı qoruyucu konstruksiyanın daxili səthinin istilik seli, daha doğrusu otaqdan itən istilik itkisinin miqdarı konstruksiyanın en kəsiyi boyunca ən böyük qiymətə malikdir və konstruksiyanın xarici səthinə yaxınlaşdıqca istilik selinin miqdarı azalır.

Otaqlardan itən istilik itkisi konstruksiyanın daxili səthindən keçərək konstruksiyanın en kəsiyi boyunca hərəkət edir. Bu istiliyin bir hissəsi qoruyucu konstruksiyadan filtrasiya olunan xarici soyuq havanın isidilməsinə sərf olunur. Bəzən bu hadisəyə ekonomayzer effekti deyilir. Odur ki, qoruyucu konstruksiyanın daxili və xarici səthlərindəki istilik selinin fərqi (3.12) ifadəsindən aşağıdakı kimi təyin edilə bilər.

$$q_d - q_x = (t_d - t_x) \frac{c_h w \left(1 - e^{-\frac{c_h w}{\lambda} \delta} \right)}{\left(1 + \frac{c_h w}{\alpha_2} \right) e^{\frac{c_h w}{\lambda} \delta} + \frac{c_h w}{\alpha_1} - 1} \quad (3.14)$$

Misal. İnfiltrasiyanı nəzərə almaqla keramzit betonundan ibarət olan divar konstruksiyasının daxili səthinin temperaturunu, istilik selinin qiymətini təyin etməli.

Ümumi istilikötürmə müqaviməti $R_{üm} = 1,03 \text{ m}^2\text{K/vt}$, qalınlığı $\delta = 0,24 \text{ m}$, istilikkeçirmə əmsalı $0,8 \text{ vt/mK}$, infiltrasiya olunan havanın miqdarı $w = 5,0 \text{ kq/m}^2\text{saat}$, daxili havanın temperaturu $t_d = 18^\circ\text{C}$, xarici havanın temperaturu $t_x = -5^\circ\text{C}$, daxili səthin termiki müqaviməti $R_d = 0,115 \text{ m}^2\text{K/vt}$, havanın xüsusi istilik tutumu $C_v = 1005 \text{ coul/kqK}$

(3.11) ifadəsindən konstruksiyanın daxili səthinin temperaturunu təyin etmək üçün $x=0$ qəbul edək. Onda

$$t_{d.s.} = t_d - (t_d - t_x) \frac{\frac{c_h w}{\alpha_1}}{\left(1 + \frac{c_h w}{\alpha_2} \right) e^{\frac{c_h w}{\lambda} \delta} + \frac{c_h w}{\alpha_1} - 1}$$

İnfiltrasiyanı nəzərə almaqla konstruksiyanın daxili və xarici səthinin istilik mübadiləsi əmsallarını təyin edək.

$$\alpha_1 = \alpha_d + c_h w = 8.7 + 5 \cdot 1005 / 3600 = 10.1 \text{ vt} / \text{m}^2 \text{K}$$

$$\alpha_2 = \alpha_H - c_h w = 23 - 5 \cdot 1005 / 3600 = 21.86 \text{ vt} / \text{m}^2 \text{K}$$

Onda

$$t_{d.s.} = 18 - (18 + 5) \cdot$$

$$\frac{\frac{1005 \cdot 5}{10.1} \cdot \frac{1}{3600}}{\left(1 + \frac{1005 \cdot 5}{21.86} \cdot \frac{1}{3600}\right) e^{\frac{1005 \cdot 5}{0.8} \cdot 0.24 \cdot \frac{1}{3600}} + \frac{1005 \cdot 5}{10.1} \cdot \frac{1}{3600} - 1} =$$

$$= 18 - 23 \frac{0.138}{(1 + 0.064)e^{0.41} + 0.138 - 1} = 13.9^{\circ} \text{C}$$

(3.12) tənliyində $x=0$ qəbul etsək konstruksiyanın daxili səthindən itən istiliyin miqdarını təyin edə bilərik:

$$q_d = (t_d - t_x) \frac{c_h w}{\left(1 + \frac{c_h w}{\alpha_2}\right) e^{\frac{c_h w}{\lambda} \delta} + \frac{c_h w}{\alpha_1} - 1}$$

Onda

$$q_d = (18 + 5) \frac{\frac{1005 \cdot 5}{3600}}{\left(1 + \frac{1005 \cdot 5}{21.86} \cdot \frac{1}{3600}\right) e^{\frac{1005 \cdot 5}{0.8} \cdot 0.24 \cdot \frac{1}{3600}} + \frac{1005 \cdot 5}{10.1} \cdot \frac{1}{3600} - 1} =$$

$$= 41.8 \text{ vt} / \text{m}^2$$

İnfiltrasiya olmadıqda konstruksiyanın daxili səthinin temperaturu

$$t_{d.s.} = 18 - (18 + 5) \frac{0.115}{1.03} = 15.43^{\circ} \text{C}$$

İstilik selinin qiymətini isə

$$q_d = \frac{(18 + 5)}{1.03} = 21.9 \text{ vt} / \text{m}^2$$

§3.3. Xarici qoruyucu konstruksiyalarda əlavə istilik itkiləri

Bina və qurğularda əsas istilik itkilərindən başqa əlavə istilik itkiləri də mövcuddur ki, bu itkilərin təyin edilməsi daxili mühitdə mikroiqlimi təmin etmək üçün vacib hesab edilir. Əlavə istilik itkiləri birinci növbədə cəhətlərə görə qəbul edilir. Hər hansı bina-nın bütün otaqlarının xarici şaquli və maili divar, qapı və pəncərə konstruksiyaları, şimal, şərq, şimal-şərq və şimal-qərb cəhətə əsas istilik itkilərindən 0,1, cənub-qərb və qərb cəhətə isə 0,05 dəfə çox istilik itirir. İctimai və sənaye binaların otaqlarında xarici divarların sayı iki və daha artıq olduqda müvafiq olaraq 0,15 və 0,1 dəfə çox istilik itirilir. H hündürlüyə malik binalarda hava-istilik pərdələrilə təmin edilməyən xarici qapılar aşağıdakı miqdarda artıq istilik itirir:

İki tamburlu üç qat qapılar-	0,2H
Aralarında tambur olan ikiqat qapılar-	0,27H
Tambursuz ikiqat qapılar-	0,34H
Birqat qapılar-	0,22H

Hava-istilik pərdəsilə təmin edilməyən tambursuz xarici qapılarda istilik itkisi 3 dəfə, tamburlu darvazalarda isə 1 dəfə artıq olur.

Konstruksiyaların yuxarıda göstərilən əlavə istilik itkilərindən başqa, xarici mühitdən bina və qurğuların xarici qoruyucu konstruksiyalarından infiltrasiya yolu ilə daxil olan soyuq havanın qızdırılmasına sərf edilən istilik miqdarını da nəzərə almaq lazımdır. Həmin istilik miqdarını aşağıdakı düstura əsasən təyin etmək olar.

$$Q_{int} = 28 \sum G_i \cdot c \cdot (t_d - t_x) \cdot k \quad (3.15)$$

burada $\sum G_i$ - xarici qoruyucu konstruksiyalardan infiltrasiya yolu ilə daxil olan hava sərfi, c -havanın xüsusi istilik tutumu, t_d , t_x - müvafiq olaraq otağın daxili və ilin qış dövründə xarici mühitin hesabata temperaturu, k -konstruksiyalarda hava selinin qarşılıqlı təsirini nəzərə alan əmsaldır. Bu əmsal divar panellərinin birləşmə hissəsi və üçqat pəncərə çərçivəsi üçün - 0,7, ayrıca çərçivəli pəncərə və balkon qapıları üçün - 0,8, birqat pəncərələr, birləşmiş çərçivəli pəncərə və balkon qapıları üçün - 1,0 qəbul edilir.

Əgər yaşayış və ictimai binaların otaqlarında təbii sorucu ventilyasiya sistemi mövcuddursa və belə sistem vasitəsilə bayıra atı-

lan havanın əvəzinə otağa qızdırılmış hava verilmirsə, həmin otağa infiltrasiya yolu ilə daxil olan havanın qızdırılmasına sərf edilən istilik sərfi aşağıdakı düsturdan təyin edilməlidir:

$$Q_{inf} = 0.28L\rho c(t_d - t_x) \quad (3.16)$$

burada L -xaric edilən havanın miqdarı olub, yaşayış binalarında yaşayış otağının və mətbəxin hər $1m^2$ -ə $3m^3$ /saat-a bərabər xüsusi normativ sərf qəbul edilir, ρ -havanın sıxlığıdır.

Burada istilik sərfinin yuxarıda qeyd etdiyimiz (3.15) və (3.16) düsturları vasitəsilə təyini zamanı alınan nəticələrin böyüyü qəbul edilir.

Qoruyucu konstruksiyalardan infiltrasiya yolu ilə otağa daxil olan hava sərfini ($\sum G_i$) aşağıdakı düsturdan təyin etmək olar:

$$\sum G_i = \frac{0.21 \sum \Delta P_1^{0.67} \cdot A_1}{R_1} + \frac{\sum \Delta P_2^{0.5} \cdot A_2}{R_1} + \sum \Delta P_3 \cdot 0.5\ell \quad (3.17)$$

burada ΔP_1 , ΔP_2 , ΔP_3 – müvafiq olaraq pəncərə, balkon qapıları, fanarlarda, xarici qapı və darvazalarda, panel divarların birləşmələrində xarici və daxili səthlərdəki təzyiqlər fərqi; A_1 , A_2 – müvafiq olaraq pəncərə, balkon qapıları, fanarların, xarici və daxili qapıların, darvazaların sahələri; R_1 , R_2 - müvafiq olaraq A_1 və A_2 sahəli elementlərin termiki müqavimətləri, l-divar panellərinin birləşmələrinin uzunluğudur.

Təzyiqlər fərqi bütün hallarda aşağıdakı ifadədən təyin edilə bilər:

$$\Delta P_i = (H - h_i)(\rho_x - \rho_d) + 0.5\rho_x v^2 (c_{e,H} - c_{e,\rho}) k - P_{int} \quad (3.18)$$

burada H -binanın hündürlüyü, h_i -yer səviyyəsindən baxılan elementin orta xəttinə qədər hündürlüyü, ρ_x , ρ_d -xarici və daxili mühitdəki havanın xüsusi kütləsi, v -küləyin sürəti, $c_{e,H}$, $c_{e,\rho}$ - küləyin təsir etdiyi və etmədiyi səthlərdə aerodinamik əmsallar, k -küləyin sürət təzyiqinin dəyişməsinə nəzərə alan əmsal, P_{int} - havanın şərti sabit təzyiqini ifadə edir.

Havanın xüsusi kütləsi isə aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$\rho = \frac{3463}{273 + t} \quad (3.19)$$

FƏSİL IV. XARİCİ QORUYUCU KONSTRUKSIYALARDA QEYRİ-STASİONAR İSTİLİKÖTÜRMƏ VƏ NƏMLİK KEÇİRMƏ

Təbii şəraitdə xarici qoruyucu konstruksiyalardan ötürülən istilik və nəmlik rejimləri qeyri-stasionar rejimlərdir. Bir tərəfdən xarici havanın temperaturunun və nəmliyinin arasıkəsilməz dəyişməsi, günəş şüasının intensivliyinin dövrü təsiri, küləyin sürətinin və istiqamətinin müxtəlif qiyməti və cəhətləri, digər tərəfdən daxili mühitdə temperatur və nəmlik göstəricisinin normativ qiymətdən uzaqlaşması halları istilik və nəmlik ötürmə proseslərini mürəkkəbləşdirir. Buna görə də otaqların istilik və nəmlik rejimlərinin və kondisioner sistemlərinin elementlərinin hesabının düzgün aparılması üçün xarici qoruyucu konstruksiyaların istilikötürmə və nəmlik keçirmə proseslərinə qeyri-stasionar proses kimi baxmaq lazımdır.

Dövrü isitmə sistemlərinin hesabı, otaqlara istiliyin verilməsinin tənzimlənmə rejimlərinin təyini, isitmə sistemləri işə düşərkən qazanxanada və ya istilik mərkəzində yanma müddətinin təyini, qəza şəraitində isitmə sistemlərinin dayandırılmasının bura xıla bilən müddətinin təyini və s. zamanı istilikötürmə proseslərinin zamandan asılı olaraq dəyişmə qanunauyğunluqlarından istifadə etmək lazımdır.

Xarici qoruyucu konstruksiyaların daxili səthinə şüalanma və konveksiya yolu ilə müəyyən miqdarda istilik ötürülür. Bu istilik ilin qış dövründə konstruksiyanın qalınlığından keçərək xarici mühitə ötürülür. Qoruyucu konstruksiyanın istilik izolyasiya qatı bu istiliyə müqavimət göstərir. Stasionar şəraitdə bu istiliyin hamısı xarici mühitə ötürülür.

İlin yay dövründə xarici qoruyucu konstruksiyalar otaqları günəş şüalarından qorumalı və gün ərzində xarici havanın temperaturunun və günəş radiasiyasının kəskin dəyişən rəqslərinə mane olmalıdır.

Həmçinin qeyd etmək lazımdır ki, xarici qoruyucu konstruksiyaların qalınlığında nəmlikötürmə prosesi baş verir və bu proses konstruksiyanın nəmlənməsinə səbəb olmamalıdır.

§4.1. Xarici qoruyucu konstruksiyalarda qeyri-stasionar istilikkeçirmə proseslərinin klassik həll üsulları

Təbii şəraitdə xarici qoruyucu konstruksiyalarda istilikötürmə rejimləri qeyri-stasionardır. Bu onunla əlaqədardır ki, xarici havanın temperaturu, günəş radiasiyasının intensivliyi, küləyin sürəti fasiləsiz olaraq dəyişir. Həmçinin daxili mühitin temperaturu da zamandan asılı olaraq dəyişir və onun rəqsi ayrı-ayrı dövrlərdə orta qiymətlər ətrafında baş verir. Buna görə də xarici qoruyucu konstruksiyaların istilikkeçirmə proseslərinin, bina və qurğuların daxili istilik rejimlərinin və mikroiklimi təmin edən sistemlərinin elementlərinin hesabı və tədqiqi zamanı prosesi daha dolğun əks etdirən qeyri-stasionar qəbul etmək lazımdır.

Qeyd etmək lazımdır ki, ilin ən isti və soyuq dövrlərində xarici havanın temperaturu və günəş radiasiyası kəskin dəyişir. Xarici qoruyucu konstruksiyaların layihələndirilməsi zamanı istilik-texniki hesablar aparılarkən qeyri-stasionar şəraiti nəzərə almaq lazımdır.

Dövri isitmə sistemlərinin və otaqlara istilik verilməsinin tənzimlənmə rejimlərinin hesabı zamanı, həmçinin isitmə sistemləri işə düşərkən yanma vaxtının təyini zamanı, qəza vəziyyətində isitmə sistemlərinin buraxıla bilən dayanma müddətinin təyini və bir sıra başqa hallarda istilikötürmə proseslərinin zamandan asılı olaraq dəyişmə qanunauyğunluğunu bilmək lazımdır.

Məlumdur ki, xarici qoruyucu konstruksiyalarda baş verən fiziki prosesi xarakterizə edən riyazi modeli analiz və tədqiq etmək üçün onu həll etmək lazımdır. Bunun həyata keçirilməsi əsasən aşağıda göstərilən iki mərhələdən ibarətdir:

1) riyazi modeli həll etmək üçün istifadə olunacaq həll üsulu seçilir;

2) seçilmiş üsulla alınmış həll analiz və tədqiq edilir.

Qeyd etmək lazımdır ki, həll üsulunun seçilməsi fiziki prosesi xarakterizə edən riyazi modelin həllində ən aparıcı və əhəmiyyətli mərhələdir. Bu mərhələnin düzgün başa çatdırılması xarici qoruyucu konstruksiyaların istilik rejimlərinin tədqiqatının və istilik-texniki hesablarının düzgünlüyünə birbaşa təsir göstərir.

Elmi-texnikanın müasir inkişafı ilə əlaqədar olaraq riyazi modelin həllinin tədqiq metodikaları əvvəlki illərdən fərqli olaraq

yeni məna kəsb edir. Belə ki, əvvəllər adi standart hesabatları aparmaq üçün müxtəlif cədvəllər və nomogramlardan istifadə edilirdi. Hal-hazırda isə funksiyaların hesabatı, statistik hesabatlar, qrafiklərin çəkilişi və s. proqram paketləri vasitəsilə fərdi kompüterlərdə çox asanlıqla yerinə yetirilir.

Bütün hallarda alınmış nəticələrin qiymətləndirilməsində əsas problem onun praktiki istifadəsinin tələblərinə nə dərəcədə cavab verməyindən və digərlərinə nisbətən daha sadə olmasından ibarətdir.

Qeyd etmək lazımdır ki, istilikkeçirmə proseslərinin tədqiqi onun modelinin həllinin dəqiqliyinə riyazi cəhətdən riayət edilməsi istiqamətində deyil, onun praktiki səviyyəsinin yüksəldilməsindən ibarət olmalıdır. Riyazi modelin həllinin analitik, təcrübi və digər həll formalarından istifadə edildikdə yuxarıda deyilənlər nəzərə alınmalıdır.

İnşaat istilik fizikasında geniş istifadə olunan analitik həll üsulları aşağıdakılardır:

- dəyişənlərə ayırma üsulu və ya Fürye üsulu;
- mənbələr üsulu və ya Qrin funksiyası vasitəsilə həllin tapılması;
- potensial funksiyalar üsulu;
- sonlu inteqral çevirmələr üsulu (sinus, kosinus);
- sonsuz inteqral çevirmələr üsulu (Laplas, Mellin, Bessel);
- variasiya üsulları (Rits, Qalyorkin-Leybenzon, Kontoroviç, Bio və s.);
- kollogasiya üsulu;
- momentlər üsulu;
- inteqral münasibətlər üsulu;
- avtomodel həllər üsulu.

Geniş istifadə edilən ədədi üsullardan aşağıdakıları göstərmək olar:

- sonlu fərqlər üsulu;
- sonlu elementlər üsulu;
- sərhəd elementləri üsulu;
- statistik üsullar (Monte-Karlo);

Analogiya (ekvivalentləşdirmə) üsullarından isə aşağıdakıları göstərmək olar:

- hidro-istilik analogiya üsulu;
- elektrik-istilik analogiya üsulu;

Üsulun düzgün seçilməsi son nəticənin mühəndis praktikasında istifadəsi üçün yararlı olmasını təmin edir. Qeyd edilən üsullar içərisində dəyişənlərə ayırma üsulu, sonlu və sonsuz inteqral çevirmələr və avtomodel həll üsulları praktikada xüsusilə geniş tətbiq edilir. Ona görə də bu üsulların pratiki istifadə üçün seçilməsi hallarına baxaq:

- tədqiq edilən obyektin sonsuz ölçülərə malik olduğu, daxili və xarici səthlərdə axtarılan funksiya verildiyi və ya bircins başlanğıc şərt olduğu halda dəyişənlərə ayrılma üsulunun seçilməsi effektivdir.

- qeyri-bircins sərhəd şərtləri verildiyi halda sonlu inteqral çevirmələri üsulunu tətbiq etmək daha məqsədəuyğundur.

- daha geniş spektrli məsələlərdə sonsuz inteqral çevirmələr üsulunu tətbiq etmək mümkündür. Bu halda inteqral çevirməsindən alınan həlldən həqiqi funksiya keçid ümumi qaydalarla mümkün deyilsə, təqribi üsullardan istifadə etmək olar.

Yuxarıda qeyd edilən üsulları tətbiq edən zaman aşağıda göstərilən amilləri nəzərə almaq lazımdır:

1) Verilmiş model tam və ziddiyyətsiz olmalıdır.

Modelin tam olması üçün başlanğıc şərtlərin sayı modeldə axtarılan funksiyanın zamana görə törəməsinin ən yüksək tərtibinə, sərhəd şərtlərinin sayı isə axtarılan funksiyanın koordinatlara görə törəməsinin ən yüksək tərtibinə bərabər olmalıdır. Modelin ziddiyyətsizliyini ölçülər nəzəriyyəsinin köməyi ilə yoxlamaq olar.

2) Seçilmiş üsul qoyulmuş problemi həll etməlidir.

3) Həllin dəqiqliyi praktikanın tələblərinə cavab verməlidir.

Yuxarıda tətbiq edilən üsullar analitik həll verdiyinə baxmayaraq, son nəticədə alınan funksiyaların (məsələn, transcendent tənlikləri, inteqralları, sonsuz cəmləri) qiymətlərini hesablamaq üçün təqribi üsullardan istifadə edilir. Digər tərəfdən, modelə daxil olan parametrlər və sərhəd funksiyalarının dəqiqliyi də alınmış həllərə təsir edir.

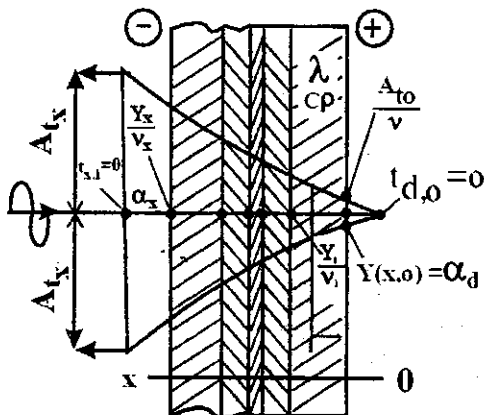
Həllin ilkin verilənlərdən (sərhəd və başlanğıc şərtlərdən) asılılığı dayanıqlıq nəzəriyyəsinin, modelə daxil olan parametrlərdən asılılığı isə həssaslıq nəzəriyyəsinin köməyi ilə yoxlanılır.

Yuxarıda qeyd edilən üsullardan bəzilərinə daha geniş şəkildə baxaq.

§4.2. Xarici qoruyucu konstruksiyaların istilik dayanıqlığı məsələsinin dəyişənlərə ayırma üsulu ilə analitik həlli

Təbii şəraitdə xarici mühitin temperaturunun arasıkəsilməz dəyişməsi, günəş şüasının periodik təsiri, küləyin sürətinin və istiqamətinin müxtəlif qiyməti və cəhətləri, digər tərəfdən daxili mühitdə temperatur göstəricisinin normativ qiymətdən kənarlaşması, həmçinin istilik ayrılımları və istiliyin akkumulyasiyasının həmişə dəyişməsi halları xarici qoruyucu konstruksiyaların istilik-ötürmə proseslərini mürəkkəbləşdirir. Qeyd etmək lazımdır ki, yuxarıda göstərilən amillərin təsirindən qoruyucu konstruksiyaların səthlərində və ayrı-ayrı qatlarında temperatur zamandan asılı olaraq dəyişir. Bununla əlaqədar olaraq ayrı-ayrı qoruyucu konstruksiyalar temperatur dəyişməsinə (temperatur rəqslərini) müxtəlif cür hiss edir.

Daxili və xarici mühitin temperaturlarından asılı olaraq bəzi konstruksiyaların ən kəsiyi boyu temperatur sürətlə, bəzilərinə isə yavaş dəyişir. Buna görə də birinci növ konstruksiyalarda ikincilərə nisbətən xarici havanın temperatur rəqsləri onun daxili



Şəkil 4.1.

Qoruyucu konstruksiyalarda temperatur rəqslərinin sönməsi

səthinə və oradan da daxili mühitə sürətlə ötürülür. Xarici qoruyucu konstruksiyaların bu xüsusiyyətləri onların istilikdayanıqlığı ilə əlaqədardır.

Qoruyucu konstruksiyaların istilikdayanıqlığı inşaat istilik fizikasının əsas problemlərindən olub hal-hazırkı dövrdə tamamilə tam şəkildə həll edilmişdir. Buna görə də çoxqat qoruyucu konstruksiyalarda temperatur rəqslərinin

ötürülməsi məsələsinin dəqiq analitik həllinə baxaq.

Məsələnin fiziki-riyazi qoyuluşu aşağıdakı kimidir: xarici mühitin temperaturu dövrü T və orta sabit temperaturun ($t_{x,i} = \text{const}$) amplitudası ($A_{t,x}$) ətrafında düzgün harmonik rəqslərlə zamandan asılı olaraq dəyişir. Daxili mühitin temperaturunu isə sabit qəbul edək ($t_d = \text{const}$). Qoruyucu konstruksiyaların daxili və xarici səthlərindəki istilik mübadilə əmsalları α_d və α_x ; konstruksiyanın materialının istilikkeçirmə əmsalı λ , istilik tutumu c , sıxlığı ρ və qalınlığı isə δ -dir (şəkil 4.1).

Məsələnin riyazi qoyuluşu aşağıdakı kimidir.

$$c\rho \frac{\partial t}{\partial \tau} = \lambda \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} \quad (4.1)$$

$$t(x, 0) = t_d - \frac{(t_d - t_x)}{R_{um}} (R_d + R(x)) \quad (4.2)$$

$$x = 0; \quad -\lambda \frac{\partial t}{\partial x} = \alpha_d (t_d - t) \quad (4.3)$$

$$x = \delta; \quad -\lambda \frac{\partial t}{\partial x} = \alpha_x (t - t_x)$$

Çoxqat qoruyucu konstruksiyalarda qatların ayrı-ayrı birləşən hissələrində temperatur və istilik seli eyni qiymətə malikdir.

Xarici qoruyucu konstruksiyaların qalınlığı boyu temperatur rəqslərinin sönməsini təyin etmək üçün istənilən zaman anında (τ) konstruksiyanın en kəsiyi boyu temperatur sahəsini təyin etmək lazımdır.

İstilik dayanıqlığı nəzəriyyəsinin əsasını qoyanlar O.E. Vlasov və S.İ. Muromov yuxarıda göstərilən məsələnin riyazi həllini kompleks və hiperbolik funksiyalar vasitəsi ilə ifadə etmişlər. Bunun üçün qoyulmuş məsələnin həlli dəyişənlərə ayırma üsulu vasitəsilə həll edilir. Bu zaman $t(x, \tau)$ funksiyası $X(x)$ və $T(\tau)$ funksiyalarının hasili şəklində axtarılır. Belə ki, bu funksiyalardan biri ancaq koordinatdan, digəri isə zamandan asılıdır.

$$t(x, \tau) = X(x) \cdot T(\tau) \quad (4.4)$$

$t(x, \tau)$ funksiyasının (4.4) şəklində axtarılmasına görə həmin üsula dəyişənlərə ayırma üsulu deyilir. (4.4) ifadəsini (4.1)-də nəzərə alsaq

$$c\rho \frac{\partial [X(x) \cdot T(\tau)]}{\partial \tau} = \lambda \frac{\partial^2 [X(x) \cdot T(\tau)]}{\partial x^2} \quad (4.5)$$

(4.5) ifadəsini diferensialladıqdan sonra zamana görə qruplaşdıraraq yazarıq:

$$\frac{1}{a} \cdot \frac{1}{T(\tau)} \cdot \frac{\partial [T(\tau)]}{\partial \tau} = \frac{1}{X(x)} \frac{\partial^2 [X(x)]}{\partial x^2} \quad (4.6)$$

burada $a = \lambda/c\rho$

(4.6) ifadəsinin sol tərəfi x arqumentindən asılı deyil və onun necə dəyişməsindən asılı olmayaraq həmişə sağ tərəfə bərabər olmalıdır. Həmçinin sağ tərəf də zamandan asılı deyil. Bu isə yalnız o vaxt ola bilər ki, (4.6) ifadəsi zamandan və koordinatdan asılı olmayan sabit ψ^2 kəmiyyətinə bərabər olsun:

$$\frac{1}{a} \cdot \frac{1}{T(\tau)} \cdot \frac{\partial [T(\tau)]}{\partial \tau} = \psi^2 \quad (4.7)$$

$$\frac{1}{X(x)} \frac{\partial^2 [X(x)]}{\partial x^2} = \psi^2 \quad (4.8)$$

(4.7) diferensial tənliyinin həllini aşağıdakı şəkildə yazmaq olar:

$$T(\tau) = c_1 \cdot e^{a\psi^2 \tau} \quad (4.9)$$

Burada ψ^2 kəmiyyətini elə seçmək lazımdır ki, axtarılan ifadə zamandan asılı olan dövrü funksiya olsun. (4.9) ifadəsi eksponensial funksiyaadır və bunun zamandan asılı olan dövrü funksiya olması üçün ψ^2 kəmiyyətini aşağıdakı kimi qəbul etmək olar:

$$\psi^2 = \frac{i\omega}{a} \quad (4.10)$$

burada ω –dairəvi tezlik olub aşağıdakı kimi ifadə olunur.

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

Onda (4.9) ifadəsində (4.10)-nu nəzərə alsaq yazarıq:

$$\frac{\tau(\tau)}{1(\tau)} = c_1 \cdot e^{i\omega\tau} \quad (4.11)$$

(4.8) diferensial tənliyinin nəticəsi aşağıdakı kimi ifadə oluna bilər:

$$X(x) = C_1^1 sh \psi x + C_2^1 sh \psi x \quad (4.12)$$

burada C_1^1 və C_2^1 –integral sabitləri olub, məsələnin sərhəd şərtlərindən təyin edilə bilər.

(4.11) və (4.12) ifadələrini (4.4) tənliyində nəzərə alsaq yazarıq:

$$f(x, \tau) = (C_1 sh \psi x + C_2 sh \psi x) e^{\alpha \psi^2 \tau} \quad (4.13)$$

Füryə qanununa görə konstruksiyanın qalınlığı boyunca keçən istilik selinin miqdarı temperatur qradienti ilə düz mütənasibdir.

$$q = -\lambda \frac{\partial t}{\partial x} \quad (4.14)$$

burada λ –materialın istilikkeçirmə əmsəlidir.

Mənfi işarəsi temperatur qradientinin istilik selinin əksinə istiqamətləndiyini göstərir.

(4.13) ifadəsini (4.14) tənliyində nəzərə alsaq istilik selinin zamandan asılı olaraq dəyişmə qanunauyğunluğunu aşağıdakı şəkildə göstərmək olar:

$$\begin{aligned} -q(x, \tau) &= \lambda \frac{\partial t}{\partial x} (C_1 sh \psi x + C_2 sh \psi x) e^{\alpha \psi^2 \tau} = \\ &= \lambda \sqrt{\frac{i\omega}{a}} (C_1 sh \psi x + C_2 sh \psi x) e^{\alpha \psi^2 \tau} = \\ &= \lambda \sqrt{\frac{i2\pi c \rho}{T\lambda}} (C_1 sh \psi x + C_2 sh \psi x) e^{\alpha \psi^2 \tau} = \\ &= \sqrt{\frac{i2\pi c \rho \lambda}{T}} (C_1 sh \psi x + C_2 sh \psi x) e^{\alpha \psi^2 \tau} = \\ &= S \sqrt{i} (C_1 sh \psi x + C_2 sh \psi x) e^{\alpha \psi^2 \tau} \end{aligned} \quad (4.15)$$

burada S –konstruksiyanın materialının istilikmənimləmə əmsəli olub, onun istilik-fiziki xarakteristikalarından (λ və $c\rho$) və rəqslərin dövründən (T) asılıdır.

$$S = \sqrt{\frac{2\pi}{T} c\rho\lambda} \quad (4.16)$$

Konstruksiyanın daxili səthində ($x=0$) temperatur sahəsinin dəyişmə qanunauyğunluğunu (4.13) tənliyindən yazarıq:

$$t(0, \tau) = (C_1 \cdot 1 + C_2 \cdot 0)e^{\alpha\psi^2\tau} = C_1 e^{\alpha\psi^2\tau} \quad (4.17)$$

burada C_1 -xarici qoruyucu konstruksiyanın daxili səthində başlanğıc fazanı nəzərə almaqla temperatur rəqslərinin amplitudasıdır. Əgər başlanğıc zaman anında konstruksiyanın daxili səthində temperaturun maksimal qiymətə bərabər olduğunu qəbul etsək, onda C_1 inteqral sabiti daxili səthin temperatur rəqsinin amplitudası ilə eyni qiymətə malik olacaq. Onda konstruksiyanın daxili səthinin temperaturasının harmonik rəqsləri aşağıdakı şəkildə yazıla bilər:

$$t(0, \tau) = A_{t(0)} e^{\frac{2\pi\tau}{T} \cdot i} \quad (4.18)$$

(4.15) ifadəsindən konstruksiyanın daxili səthindən itən istilik selinin miqdarını yazarıq:

$$q(0, \tau) = S\sqrt{i}(C_1 \cdot 0 + C_2 \cdot 1)e^{\alpha\psi^2\tau} = S\sqrt{i}C_2 e^{\alpha\psi^2\tau} \quad (4.19)$$

Burada $S\sqrt{i}$ ifadəsi başlanğıc fazanı nəzərə almaqla istilik selinin rəqsinin amplitudasına uyğun gəlir. $S\sqrt{i}$ kompleks kəmiyyət olduğundan onun həqiqi hissəsi istilik selinin amplitudasına ($A_{q(0)}$) bərabər olacaq. Beləliklə, konstruksiyanın daxili səthindəki şəraiti bilməklə $t(x, \tau)$ və $q(x, \tau)$ ifadələrini təyin etmək olar.

İstilik dayanıqlığı nəzəriyyəsinə görə konstruksiyanın səthinin istilikmənimsəmə əmsalının təyin edilməsi mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Ümumi halda bu kəmiyyət konstruksiyanın en kəsiyi boyu istənilən zaman anında aşağıdakı kimi təyin edilir.

$$Y(x, \tau) = \frac{q(x, \tau)}{t(x, \tau)} \quad (4.20)$$

(4.13) və (4.15) ifadələrini (4.20)-də nəzərə alsaq yazarıq:

$$Y(x) = S\sqrt{i} \frac{(C_1 sh \psi x + C_2 ch \psi x) e^{a\psi^2 \tau}}{(C_1 ch \psi x + C_2 sh \psi x) e^{a\psi^2 \tau}} = S\sqrt{i} \frac{th \psi x + \frac{C_2}{C_1}}{1 + \frac{C_2}{C_1} th \psi x} \quad (4.21)$$

(4.21) ifadəsindən yazarıq:

$$Y(0, \tau) = S\sqrt{i} \cdot \frac{C_2}{C_1}$$

$$\text{Buradan } \frac{C_2}{C_1} = \frac{Y(0, \tau)}{S\sqrt{i}} \quad (4.22)$$

(4.22) tənliyini (4.21) ifadəsində nəzərə alsaq yazarıq:

$$Y(x) = S\sqrt{i} \frac{thSR\sqrt{i} + \frac{Y(0)}{S\sqrt{i}}}{1 + \frac{Y(0)}{S\sqrt{i}} thSR\sqrt{i}} \quad (4.23)$$

Burada

$$\psi x = \sqrt{\frac{\omega}{a}} ix = \sqrt{\frac{2\pi}{T} \cdot \frac{cp}{\lambda}} x \sqrt{i} = \sqrt{\frac{2\pi}{T} \cdot cp \lambda} \frac{x}{\lambda} \sqrt{i} = RS\sqrt{i} \quad (4.24)$$

Məlumdur ki, yuxarıda göstəriləyi kimi q və t ifadələri kimi istilikmənimsəmə əmsalı (Y) da kompleks kəmiyyətlərlə ifadə olunur və onun modulu (həqiqi kəmiyyəti) amplitudlar nisbəti kimi təyin edilir.

$$Y_m(x) = \frac{A_{q(x)}}{A_{t(x)}} \quad (4.25)$$

Argument ($\varepsilon_{Y(x)}$) isə $\varepsilon_{Y(x)} = \varepsilon_{q(x)} - \varepsilon_{t(x)}$ kimi təyin edilir.

Temperatur rəqslərinin sönmə əmsalını təyin edək. Onun qiyməti temperatur rəqslərinin konstruksiyanın daxili səthindən en kəsiyi boyunca keçən zaman neçə dəfə söndüyünü göstərir.

$$v(x) = \frac{t(x, \tau)}{t(x, 0)} = ch \psi x + \frac{Y(0)}{S\sqrt{i}} sh \psi x \quad (4.26)$$

$v(x)$ ifadəsini başqa şəkildə də almaq olar. (4.26) və (4.21) tənliklərindən istifadə etməklə aşağıdakı eyniliyi yazmaq olar:

$$1 + \frac{Y(x)}{S\sqrt{i}} = \frac{ch\psi x + \frac{Y(0)}{S\sqrt{i}} sh\psi x}{v(x)} + \frac{sh\psi x + \frac{Y(0)}{S\sqrt{i}} ch\psi x}{ch\psi x + \frac{Y(0)}{S\sqrt{i}} sh\psi x} =$$

$$= \frac{ch\psi x + sh\psi x + \frac{Y(0)}{S\sqrt{i}}(ch\psi x + sh\psi x)}{v(x)} = e^{\psi x} \frac{1 + \frac{Y(0)}{S\sqrt{i}}}{v(x)}$$

Buradan

$$v(x) = e^{\psi x} \frac{1 + \frac{Y(0)}{S\sqrt{i}}}{1 + \frac{Y(x)}{S\sqrt{i}}} = e^{RS\sqrt{i}} \frac{S\sqrt{i} + Y(0)}{S\sqrt{i} + Y(x)} \quad (4.27)$$

(4.23) və (4.27) ifadələrindən görüldüyü kimi $v(x)$ və $Y(x)$ kəmiyyətlərini təyin etmək üçün ancaq bir sərhəd şərti vermək lazım gəlir və daxili səthdə istilik mənimsemə əmsalı $Y(0)$ şəklində verilir.

(4.23) və (4.27) ifadələri çoxqat konstruksiyalar üçün aşağıdakı şəkildə yazıla bilər.

$$Y_n = \frac{S_n \sqrt{i} th R_n S_n \sqrt{i} + Y_{n-1}}{1 + \frac{Y_{n-1}}{S_n \sqrt{i}} th R_n S_n \sqrt{i}} \quad (4.28)$$

$$v(x) = e^{R_n S_n \sqrt{i}} \frac{S_n \sqrt{i} + Y_{n-1}}{S_n \sqrt{i} + Y_n} \quad (4.29)$$

Xarici havanın temperaturu konstruksiyanın xarici səthinə və oradan da konstruksiyanın qalınlığı boyunca keçən zaman temperatur rəqslərinin sönmə əmsalı aşağıdakı sərhəd şərtindən təyin edilir.

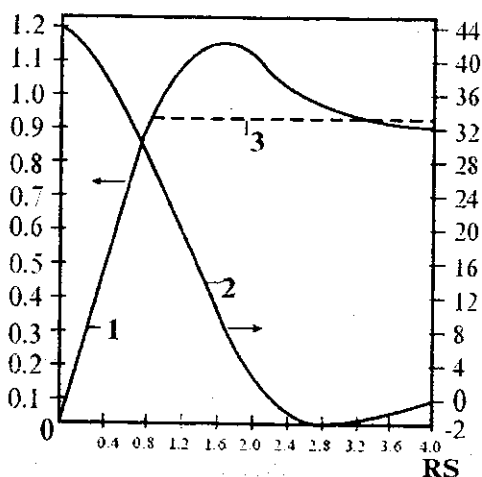
$$(t_x - t_{x_s}) \alpha_x = q_{x.s.} \quad (4.30)$$

$$Y_x = \frac{q_x}{t_{x.s.}} = \alpha_x \left(\frac{t_x}{t_{x.s.}} - 1 \right) = \alpha_x (v_x - 1) \quad (4.31)$$

$$v_x = \frac{t_x}{t_{x.s.}} = 1 + \frac{Y_x}{\alpha_x} = 1 + Y_x R_x \quad (4.32)$$

Çoxqat konstruksiyalarda xarici havanın temperatur rəqslərinin konstruksiyanın bütün qalınlığı boyu daxili səthə qədər sönmə əmsalı ayrı-ayrı qatların və xarici havanın xarici səthə keçidi zamanı temperatur rəqslərinin sönməsi əmsallarının hasilinə bərabərdir.

$$v = \prod v_n v_x \quad (4.33)$$



Şəkil 4.2. $thRS\sqrt{i}$ funksi-yasının modülünün (1), arqumentinin (2) dəyişmə qrafiki

Burada Π -hasil işarəsidir.

Beləliklə, xarici havanın temperaturunun rəqsi, konstruksiyanın daxili və xarici səthlərinin istilik mübadilə əmsalları və konstruksiyanın istilik-fiziki xarakteristikaları məlum olduqda temperatur rəqslərinin sönmə əmsalını təyin etmək olar. Sönmə əmsalı vasitəsilə isə konstruksiyanın en kəsiyi boyunca və daxili səthində temperaturun dəyişmə qanunauyğunluğunu təyin etmək olar.

Yuxarıda alınan ifadələrin dəqiq hesabı görünüyü kimi çətinidir. Bu hesab zamanı kompleks ədədlərdən, hiperbolik funksiyalardan, xüsusi cədvəl və qrafiklərdən istifadə etmək lazımdır. Adətən praktikada təqribi mühəndis metodlarından istifadə edilir.

Şəkil 4.2-də $thRS\sqrt{i}$ funksiyasının arqumenti və modulu arasındakı asılılıq verilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi $RS < 1,0$ olduqda funksiyanın modulu təxmini olaraq RS -ə bərabər olur:

$$(thRS\sqrt{i})_m \approx RS \quad (4.34)$$

$RS > 1$ olduqda isə funksiyanın modulu 1-ə yaxın olur, yəni:

$$(thRS\sqrt{i})_m \approx 1.0 \quad (4.35)$$

$RS > 3,0$ olduqda da funksiyanın modulu 1-ə, arqumenti isə sıfıra yaxınlaşır.

S və Y -nin təqribi formulalarında onların qiyməti istilik seli və temperaturun müvafiq amplitudalarının nisbətində bərabərdir. Yuxarıda göstərilən sadələşdirmələri nəzərə almaqla $R_n S_n < 1$ olduqda (4.28) ifadəsini aşağıdakı şəkildə yazmaq olar.

$$Y_n = \frac{S_n R_n S_n + Y_{n-1}}{1 + \frac{Y_{n-1} R_n S_n}{S_n}} = \frac{R_n S_n^2 + Y_{n-1}}{1 + R_n Y_{n-1}} \quad (4.36)$$

$R_n S_n < 1,0$ olduqda materialın qatı «nazik» adlanır.

«Qalın» qatlar üçün, yəni $R_n S_n > 1$ olduqda (4.28) ifadəsini aşağıdakı şəkildə yazmaq olar.

$$Y_n = \frac{S_{n-1} \cdot 1 + Y_{n-1}}{1 + \frac{Y_{n-1}}{S_n}} = S_n \quad (4.37)$$

(4.36) ifadəsinin hesabı zamanı ən böyük xəta konstruksiyanın daxili səthinin istilik mənimsəmə əmsalını (Y_d) təyin etdikdə əmələ gəlir. Lakin çox vaxt mühəndis hesabları zamanı təqribi hesablamalar analitik hesablarla üst-üstə düşür.

Qeyd etmək lazımdır ki, havanın filtrasiyası konstruksiyada temperatur rəqslərinə kifayət qədər təsir edir. Belə ki, təcrübə göstərir ki, havanın infiltrasiyası olmadıqda $D=6$ olan halı üçün qatda rəqsin amplitudası 100 dəfə azalır. Havanın filtrasiyasının sürəti 10 m/san olduqda isə rəqsin amplitudası yalnız 12 dəfə azalır.

Konstruksiyanın şərti qalınlığı $D \geq 1$ və havanın filtrasiyası $W \leq 5 \text{ kq/m}^2 \text{ saat}$ olduqda (4.29) ifadəsini $\exp(-c_h w R_{\text{üm}} / 2)$ ifadəsinə vurmaq lazımdır.

§4.3. İlin qış dövründə xarici qoruyucu konstruksiyaların və otaqların istilik dayanıqlığı

Təbii şəraitdə xarici qoruyucu konstruksiyalardan ötürülən istilik rejimləri qeyri-stasionar rejimlərdir. Bir tərəfdən xarici mühitin temperaturunun arasıkəsilməz dəyişməsi, günəş şüasının periodik təsiri, küləyin sürətinin və istiqamətinin müxtəlif qiyməti və cəhətləri, digər tərəfdən daxili mühitdə temperatur göstəricisinin normativ qiymətdən çıxması halları istilikötürmə prosesini mürəkkəbləşdirir. İlini qış dövründə xarici temperaturun dəyişməsinin kəskinliyi, yay dövründə isə günəş şüasının maksimal dövrü təsiri xarici qoruyucu konstruksiyaların layihələndirilməsində nəzərə alınmalıdır. Qeyd etmək lazımdır ki, konstruksiyalar üçün qeyri-stasionar istilikötürmə rejimlərinin hesabı zamanı müəyyən çətinliklərə rast gəlinir. Onların həlli üçün hazırda müxtəlif üsullar mövcuddur.

İstiliyin qeyri-bərabər miqdarda verilməsinə baxmayaraq, otaqların daxilində daxili hesabat temperaturundan kənara çıxma minimal qiymət alırsa, bu xassəyə otaqların istiliyə dayanıqlığı deyilir.

İlin qış dövründə isitmə sistemlərinin növündən asılı olaraq daxili temperaturun aşağıdakı amplitudaları qəbul edilir: mərkəzi isitmə sistemləri üçün $A_{td} = \pm 1.5^{\circ}C$, yerli isitmə sistemləri üçün $A_{td} = \pm 3.0^{\circ}C$.

Daxili mühitin temperaturunun dəyişmə amplitudası aşağıdakı düsturdan təyin edilir:

$$A_{td} = \frac{aMQ}{\sum B_i F_i} \quad (4.38)$$

burada a -isitmə sisteminin növündən asılı olaraq qəbul edilən əmsəldir. Hava isitmə sistemləri üçün 0,93, buxar isitmə sistemləri üçün 0,8, su və soba isitmə sistemləri üçün 0,7 qəbul edilir. M -qızdırıcı cihazların səthindən ətraf mühitə istiliyin qeyri-bərabər verilməsini nəzərə alan əmsəldir. Mərkəzi su isitmə sistemlərinin qızdırıcı cihazları üçün $M=0,1$ qəbul olunur. İri həcmli binalar üçün buxar isitmə sistemləri və ya işləmə müddəti 18 saat, fasiləsi

6 saat, işləmə müddəti 12 saat, fasiləsi 12 saat, işləmə müddəti 6 saat, fasiləsi 18 saat olan sobalar tətbiq edildikdə, müvafiq olaraq M əmsalı 0,8; 1,4 və 2,2 qəbul edilir. İşləmə müddəti 6 saat olan yerli isitmə sistemləri tətbiq edildikdə $M=1,5$, sobanın divarının

qalınlığı $\frac{1}{2}$ kərpic olduqda $M=0,5 - 0,95$, sobanın divarının qalınlığı

$\frac{1}{4}$ kərpic olduqda $M=0,9-2,0$ rus sobaları üçün $M=0,35$ qəbul edilir.

Q -otaqların istilik itkisi; F_i -istilik itirən səthlərin sahəsi, B_i --həmin səthlərin istilik udma əmsalıdır.

İstilik udma əmsalı aşağıdakı düsturdan təyin edilir:

$$B_i = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_d} + \frac{1}{Y_d}} \quad (4.39)$$

burada Y_d -daxili səthin istilikmənimsemə əmsalı; α_d -daxili səthin istilik mübadilə əmsalıdır.

Qoruyucu konstruksiyaların daxili səthinin istilikmənimsemə əmsalı O.E. Vlasov metoduna əsasən aşağıdakı kimi təyin edilir.

Bir neçə təbəqədən ibarət konstruksiyalardan birinci təbəqə üçün $D_1 \geq 1$ olarsa, bu zaman $Y_d = S_1$ qəbul edilir.

S_1 -konstruksiyanın birinci qatının istilikmənimsemə əmsalıdır.

Əgər $D_1 < 1$ və $D_1 + D_2 \geq 1$ olarsa

$$Y_d = \frac{R_1 S_1^2 + S_2}{1 + R_1 S_2} \quad (4.40)$$

burada R_1 -birinci qatın istilik müqaviməti, S_1 və S_2 -müvafiq olaraq 1-ci və 2-ci qatların istilikmənimsemə əmsallarıdır.

Materialın istilikmənimsemə əmsalı aşağıdakı düstura əsasən təyin edilə bilər:

$$S = \sqrt{\frac{2\pi}{T} \lambda c \rho} \quad (4.41)$$

burada λ, c, ρ – müvafiq olaraq materialın istilikkeçirmə əmsalını, xüsusi istilik tutumunu və sıxlığını, T isə istilik selinin dəyişmə dövrünü ifadə edir.

$T=24$ saat olduqda

$$S = 0.51\sqrt{\lambda c \rho} \quad (4.42)$$

$T=12$ saat olduqda

$$S = 0.72\sqrt{\lambda c \rho}$$

$\lambda c \rho = b$ -istilik aktivliyi göstəricisidir. İlin qış dövründə iş rejimi fasiləli olan isitmə sistemləri tətbiq edildikdə otaqlarda daxili mühitin temperaturunun dövrü dəyişməsi müşahidə olunur. Bununla əlaqədar qızdırıcı cihazların müəyyən dövrdə ətraf mühitə qeyri-bərabər istilik verməsi xarici konstruksiyaların stasionar istilik rejimlərini pozmuş olur. Bu nöqteyi-nəzərdən xarici konstruksiyalardan itirilən istiliyin qeyri-bərabərliyi azalmış olarsa, belə konstruksiyalar istiliyə davamlı hesab edilir. Xarici qoruyucu konstruksiyaların istilik dayanıqlığı aşağıdakı düsturla təyin edilir.

$$\psi = \frac{R_u}{R_d + \frac{M}{Y_d}} \quad (4.43)$$

Burada ψ –istilik dayanıqlığı əmsalı, R_u - konstruksiyanın ümumi istilikötürmə müqaviməti, R_d - daxili səthin termiki müqavimətidir.

Mülki və yaşayış binalarında xarici qoruyucu konstruksiyaların istilik dayanıqlığı əmsalının normalaşdırılmış yol verilən qiyməti xarici havanı orta soyuq beş-günlük temperaturuna müvafiq qəbul edilir.

Orta soyuq beşgünlük temperatur $t_x^{s.b.}$	-10°C	-20°C	-30°C	-40°C	-50°C
Normativ istilik dayanıqlığı əmsalı ψ^H	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5

Əgər (4.43) düsturu ilə təyin edilmiş əmsal normativ qiymətlərdən kiçik olmazsa seçilmiş konstruksiya istiliyə dayanıqlı konstruksiya hesab edilir.

(4.43) düsturunda xarici qoruyucu konstruksiyanın ümumi istilikötürmə müqaviməti kütlə mübadiləsinin nəzərə alınmadığı şəklidə verilmişdir. Tədqiqatlar göstərir ki, konstruksiyanın istilikötürməyə qarşı müqavimətinə infiltrasiya və eksfiltrasiya, nəmlik rejimi, günəşin radiasiyası müəyyən təsir göstərir və bütün bunları nəzərə almaq həm vacib, həm də çətindir. Ayrı-ayrı hallar üçün istilikötürməyə qarşı müqaviməti təyin etsək, yuxarıda qeyd etdiklərimizi nəzərə alıb konstruksiyanın istiliyə dözümlüyünü daha da dəqiqləşdirmiş olarıq.

§4.4. İlin yay dövründə xarici qoruyucu konstruksiyaların və otaqların istilik dayanıqlığı

Yay aylarında bina və qurğuların daxilində müəyyən dərəcədə diskomfortluq hiss olunur. Bu hal şübhəsiz ki, xarici mühitin yüksək temperaturu və qoruyucu konstruksiyalara düşən günəş radiasiyasının təsiri nəticəsində baş verir.

Qeyd etmək lazımdır ki, qış dövründə olduğu kimi ilin yay dövründə də otaqların istilik rejimləri müəyyən tələbatları ödəməlidir. Bu nöqtəyi nəzərdən binalarda günəş radiasiyasının təsirini azaltmaq üçün bir sıra konstruktiv elementlər, yəni günəşdən qoruyan qurğular layihələndirilir. Tətbiq edilmiş elementlərin səmərəsi olmadıqda kondisioner sistemlərindən istifadə etmək lazımdır. Nəzərə almaq lazımdır ki, otaqlarda hündürlük üzrə temperatur düşgüsü müəyyən həddi aşmamalıdır. Belə ki, insanın ayağı ilə baş hisəsi arasındakı temperatur fərqi $2,5^{\circ}\text{C}$ -dən çox olmamalıdır.

İyul ayında orta aylıq temperaturu 21°C və ondan yüksən olan tikinti rayonlarında tikilməsi nəzərdə tutulan və xarici divar konstruksiyalarının istilik ətaləti $D < 4,0$, örtük konstruksiyalarında isə $D < 5,0$ olan yaşayış, xəstəxana, uşaq və körpələr evlərinin, həmçinin temperatur və nəmliyinin sabit saxlanması tələb olunan istehsalat binalarınının daxili səthlərində temperaturun dəyişmə ampli-

tudu (A_{t_d}) tələb edilən normativ amplitudadan artıq olmamalıdır. Tələb edilən normativ temperatur amplitudası aşağıdakı düsturla təyin edilir.

$$A_{t_d}^{t.e} = 2.5 - 0.1(t_x - 21) \quad (4.44)$$

burada t_x – iyul ayında xarici mühitin orta aylıq temperaturudur.

Xarici mühitdə və qoruyucu konstruksiyanın daxili səthində temperaturların dəyişmə amplitudalarının nisbəti xarici mühitin temperaturunun dəyişmə amplitudasının sönməsini ifadə edir:

$$v = \frac{A_{t_x}^{hesabi}}{A_{t_d}} \quad (4.45)$$

(4.45) ifadəsindən A_{t_d} –ni təyin edək.

$$A_{t_d} = \frac{A_{t_x}^{hesabi}}{v} \quad (4.46)$$

Xarici mühitin temperatur dəyişməsinin hesabat amplitudası aşağıdakı düsturdan təyin edilə bilər:

$$A_{t_x}^{hesabi} = 0.5A_{t_x} + \frac{\rho(J_{max} - J_{or})}{\alpha_x} \quad (4.47)$$

burada A_{t_x} –iyul ayında xarici mühitin temperatur dəyişmələrinin maksimal amplitudası, ρ - qoruyucu konstruksiyanın xarici səthinin günəş radiasiyasını udma əmsalı, J_{max} , J_{or} - tikinti rayonunun coğrafi en dairəsinə görə günəş radiasiyalarının (düz və səpələnmiş) müvafiq olaraq maksimal və orta qiymətləri olub xarici divarlar üçün –qərb cəhətə yönəlmiş vertikal səthlərə, dam örtükləri üçün horizontal səthlərə düşən günəş radiasiyasının qiymətləri qəbul edilir. α_x – yay dövründə qoruyucu konstruksiyanın xarici səthində istilik mübadiləsi əmsalı olub aşağıdakı düsturla təyin edilir.

$$\alpha_x = 1.16(0.5 + 10\sqrt{v}) \quad (4.48)$$

v -iyun ayında rumberlər üzrə təkrarı 16% və ondan çox olan küləklərin orta sürətlərinin minimal qiymətidir.

Xarici mühitin temperaturunun dəyişmə amplitudasının sönmə əmsalını aşağıdakı düsturdan təyin etmək lazımdır:

$$v = 0.9e^{\frac{D}{\sqrt{2}}} \frac{(S_1 + \alpha_d)(S_2 + Y_1) \dots (S_n + Y_{n-1})(\alpha_x + Y_n)}{(S_1 + Y_1)(S_2 + Y_2) \dots (S_n + Y_n)\alpha_x} \quad (4.49)$$

burada $e=2,718$ - natural loqarifmin əsası, D -konstruksiyanın istilik ətaləti, S_1, S_2, \dots, S_n qoruyucu konstruksiyanın ayrı-ayrı qatlarının materiallarının istilikmənimsemə əmsalları, Y_1, Y_2, \dots, Y_n -qoruyucu konstruksiyanın ayrı-ayrı qatlarının səthlərinin istilikmənimsemə əmsalları, α_d, α_x - müvafiq olaraq daxili və xarici səthlərdə istilik mübadiləsi əmsallarıdır. Burada qatlar daxili səthdən nömrələnir.

Əgər daxili səthdə $D \geq 1$ olarsa, həmin səthdə $Y=S$ qəbul edilir. $D < 1$ olduqda isə Y -nü birinci təbəqədən başlayaraq hesabat yolu ilə tapmaq lazımdır. Birinci təbəqə üçün

$$Y_1 = \frac{R_1 S_1^2 + \alpha_d}{1 + R_1 \alpha_d} \quad (4.50)$$

i -ci təbəqə üçün

$$Y_i = \frac{R_i S_i^2 + Y_{i-1}}{1 + R_i Y_{i-1}} \quad (4.51)$$

düsturundan təyin edilir.

§4.5. Sonsuz integral çevirmələr üsulu (Laplas çevirməsi üsulu)

Xarici qoruyucu konstruksiyalarda qeyri-stasionar şəraitdə baş verən istilikkeçirmə proseslərini xarakterizə edən xüsusi törəmli diferensial tənliyin həllinin çevrilmiş funksiya adlanan funksiya görə tənliyin həllinin tərs çevirməsi ilə üst-üstə düşməsi sonsuz integral çevirmələri üsulu ideyasına əsaslanır. Deməli, xüsusi törəmli diferensial tənliklərə çevirmə tətbiq edildikdən sonra, o adi diferensial tənlik şəklində ifadə olunacaq. Deyilən xüsusiyyətləri özündə birləşdirən sonsuz integral çevirmələri üsulundan biri də Laplas çevirməsi üsuludur.

Laplas çevirməsinin praktiki məsələlərin həllində istifadəsi üçün lazım olan bəzi xüsusiyyətləri ilə tanış olaq.

$t(x, \tau)$ funksiyasının Laplas çevirməsi aşağıdakı integral şəklində yazılır.

$$\bar{t}(x, s) = L\{t(x, \tau)\} = \int_0^{\infty} t(x, \tau) e^{-s\tau} d\tau \quad (4.52)$$

burada $s = a + bi$ şəklində olan kompleks ədəddir. $i = \sqrt{-1}$ - xəyali ədəd adlanır.

$t(x, \tau)$ funksiyasına orijinal və ya əsas funksiya, $\bar{t}(x, s)$ - funksiyasına isə $t(x, \tau)$ funksiyasının mənbəyi və ya Laplas çevirməsi deyilir.

Laplas çevirməsinin gələcəkdə istifadə edəcəyimiz bəzi xassələrini verək:

1) Sabitin Laplas çevirməsi

$$L\{a\} = \frac{a}{s} \quad (4.53)$$

2) Hevisayd funksiyasının Laplas çevirməsi

$$L\{\sigma(\tau - \tau_1)\} = \frac{e^{-s\tau_1}}{s} \quad (4.54)$$

3) Törəmənin Laplas çevirməsi

$$L\left\{\frac{\partial t(x, \tau)}{\partial \tau}\right\} = s\bar{t}(x, s) - t(x, 0) \quad (4.55)$$

4) İntegralin Laplas çevirməsi

$$L\left\{\int_0^t f(x, \tau) dx\right\} = \frac{\bar{f}(x, s)}{s} \quad (4.56)$$

5) İki funksiyanın hasilinin Laplas çevirməsi

$$L\left[\int_0^\infty f(x, \tau) \cdot f(x, \tau - \tau_1) d\tau\right] = \bar{f}(x, s) \cdot \bar{f}_1(x, s) \quad (4.57)$$

6) İki funksiyanın nisbətinin Laplas çevirməsi

$$\frac{\bar{F}(s)}{\bar{V}(s)} = \frac{\bar{U}(s)}{\bar{V}(s)} \quad (4.58)$$

kimi göstərilirsə, onda $\bar{F}(s)$ funksiyanının əsası aşağıdakı qaydada təyin edilir:

a) $\bar{V}(s)=0$ tənliyi həll edilib $s = s_n$ kökləri tapılır.

b) Tapılmış $s = s_n$ kökləri

$$F(t) = L^{-1}[\bar{F}(s)] = L^{-1}\left[\frac{\bar{U}(s)}{\bar{V}(s)}\right] = \sum \frac{U(s_n)}{V'(s_n)} e^{-s_n t} \quad (4.59)$$

düsturunda nəzərə alınır və $\bar{F}(s)$ funksiyanının əsası təyin edilir. Qeyd etmək lazımdır ki, (4.59) düsturunu Hevisayd formulu adlanır

Laplas çevirməsinin praktiki məsələlərin həllində qarşıya çıxan aşağıdakı xüsusiyyətlərini qeyd edək:

1) Laplas çevirməsi zamanı bircins başlağic şərtlərin olmasına çalışmaq lazımdır. Əgər başlağic şərtlər bircins deyilsə, xüsusi çevirmələrlə bircins şərtlərə keçmək lazımdır.

2) Tərs-Laplas çevirməsi aparmazdan əvvəl, baxılan ifadəni sadələşdirib onu Laplas və tərs-Laplas çevirmələri üçün mövcud olan cədvəl formalarından birinə gətirmək, həmçinin Laplas çevirmələrinin xassələrindən istifadə etmək lazımdır.

§4.6. Xarici qoruyucu konstruksiyalarda istilik-kütlə mübadiləsi proseslərinin Laplas çevirmələri üsulu ilə tətqiqi

Hal-hazırkı dövrdə xarici qoruyucu konstruksiyaların hesabı və layihəsi zamanı stasionar modellərdən istifadə olunur. Stasionar modellərin əsas çatışmayan cəhəti ondan ibarətdir ki, onlarda klimatoloji amillərin qeyri-stasionar dəyişmə xarakteri nəzərə alınmır və hesabat həmin göstəricilərin orta qiymətinə görə aparılır. Bu isə xarici qoruyucu konstruksiyaların növünün və onların materiallarının düzgün seçilməməsinə, eyni zamanda mikro-iqlimi təmin edən sistemlərin səmərəsiz (qeyri rəasional) istifadəsinə gətirib çıxarır.

Xarici qoruyucu konstruksiyaların hesabı zamanı qeyri-stasionar modellərdən istifadə edilməməsinin əsas səbəblərindən biri xüsusi törəməli diferensial tənliklərin həllində alınan mürəkkəb ifadələrlə bağlıdır. Alınmış mürəkkəb həll hesabat və layihə məqsədləri üçün yararsızdır. Odur ki, Laplas çevirmələri üsulunu tətbiq etməklə qeyri-stasionar şəraitdə yuxarıda göstərilən çatışmamazlıqları aradan qaldırmaq məqsədilə qoruyucu konstruksiyaların istilik-kütlə mübadiləsi proseslərinin hesabını aparaq.

Divar konstruksiyası üçün xarici soyuq havanın infiltrasiyasını nəzərə almaqla temperatur sahəsi aşağıdakı tənliklə ifadə edilir:

$$c\rho \cdot \frac{\partial t(x, \tau)}{\partial \tau} = \lambda \frac{\partial^2 t(x, \tau)}{\partial x^2} - c_h w \frac{\partial t(x, \tau)}{\partial x} \quad (4.60)$$

(4.60) tənliyini həll etmək üçün aşağıdakı başlanğıc və sərhəd şərtlərini qəbul edək:

$$t(x, 0) = 0 \quad (4.61)$$

$$x = 0; \quad -\lambda \frac{\partial t(x, \tau)}{\partial x} = q_0(\tau) \quad (4.62)$$

$$x = \delta; \quad t(\delta, \tau) = 0$$

Laplas çevirməsinin §4.5-dəki xassələrini (4.60) tənliyinə tətbiq etsək və (4.61) başlanğıc şərtini nəzərə alsaq aşağıdakı ikinci tərtib adi diferensial tənliyi alarıq:

$$\frac{d^2 \bar{i}(x,s)}{dx^2} - \frac{1}{b} \frac{d\bar{i}(x,s)}{dx} - \frac{s}{a} \bar{i}(x,s) = 0 \quad (4.63)$$

$$\text{burada } a = \frac{\lambda}{c\rho}; \quad b = \frac{\lambda}{c_v \nu} \quad (4.64)$$

(4.63) tənliyinin ümumi həlli aşağıdakı şəkildə yazıla bilər:

$$\bar{i}(x,s) = e^{\frac{x}{2b}} (A \operatorname{sh} kx + B \operatorname{ch} kx) \quad (4.65)$$

$$\text{burada } k = \sqrt{\frac{1}{4b^2} + \frac{s}{a}}$$

A və B sabitləri sərhəd şərtlərindən tapılır.

(4.64) sərhəd şərtlərinə Laplas çevirməsini tətbiq etsək, alarıq:

$$x=0; \quad -\lambda \frac{d\bar{i}(x,s)}{dx} = \bar{q}_0(s) \quad (4.66)$$

$$x=\delta; \quad \bar{i}(\delta,s) = 0$$

(4.65) tənliyindən temperatur qradientini təyin edək.

$$\frac{d\bar{i}(x,s)}{dx} = e^{\frac{x}{2b}} \left[\frac{1}{2b} (A \operatorname{sh} kx + B \operatorname{ch} kx) + (A \operatorname{ch} kx + B \operatorname{sh} kx) \right] \quad (4.67)$$

$x=0$ olduqda (4.67) tənliyindən yazarıq.

$$\frac{d\bar{i}(x,s)}{dx} = \frac{1}{2b} B + kA \quad (4.68)$$

$x=\delta$ olduqda isə (4.65) tənliyindən yazarıq.

$$\bar{i}(x,s) = e^{\frac{\delta}{2b}} (A \operatorname{sh} k\delta + B \operatorname{ch} k\delta) \quad (4.69)$$

(4.66), (4.68) və (4.69) tənliklərindən A və B sabitləri təyin edilir:

$$A = \frac{\bar{q}_0(s)}{\lambda} \cdot \frac{chk\delta}{\frac{1}{2b} shk\delta - kch k\delta} \quad (4.70)$$

$$B = \frac{\bar{q}_0(s)}{\lambda} \cdot \frac{shk\delta}{\frac{1}{2b}shk\delta - kchk\delta} \quad (4.71)$$

(4.65) tənliyində (4.70) və (4.71) ifadələrini nəzərə alsaq, yazarıq.

$$\bar{i}(x,s) = \frac{\bar{q}_0(s)}{\lambda} \cdot \frac{shk\delta(\delta - x)}{kchk\delta - \frac{1}{2b}shk\delta} e^{\frac{x}{2b}} \quad (4.72)$$

(4.72) ifadəsindən konstruksiyanın daxili və xarici səthləri arasındakı temperatur düşgüsünü təyin edək.

$$\Delta\bar{i}(x,s) = \Delta\bar{i}(0,s) - \Delta\bar{i}(\delta,s) = \frac{\bar{q}_0(s)}{\lambda} \cdot \frac{shk\delta}{kchk\delta - \frac{1}{2b}shk\delta} \quad (4.73)$$

(4.72) tənliyindən istilik selinin ifadəsini təyin edək.

$$\bar{q}(x,s) = -\lambda \frac{d\bar{i}(x,s)}{dx} = \bar{q}_0(s) \cdot \frac{kchk(\delta - x) - \frac{1}{2b}shk(\delta - x)}{kchk\delta - \frac{1}{2b}shk\delta} e^{\frac{x}{2b}} \quad (4.74)$$

(4.74) ifadəsindən istilik selinin konstruksiyanın daxili və xarici səthləri arasındakı asılılığını yazarıq:

$$\bar{q}(\delta,s) = \bar{q}_0(s) \cdot \frac{k}{kchk\delta - \frac{1}{2b}shk\delta} e^{\frac{x}{2b}} \quad (4.75)$$

(4.75) ifadəsini (4.73)-də nəzərə alsaq konstruksiyanın daxili və xarici səthləri arasındakı temperatur düşgüsünün konstruksiyanın xarici səthindəki istilik selindən asılılığını aşağıdakı kimi təyin edirik

$$\Delta\bar{i}(s) = \bar{q}(\delta,s) \cdot \frac{\delta}{\lambda} \cdot \frac{shk\delta}{k\delta} \quad (4.76)$$

Konstruksiyanın daxili və xarici səthlərindəki istilik selinin qiyməti aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$q(0, \tau) = q_0(\tau) = \alpha_1(t_d - t(0, \tau)) \quad (4.77)$$

$$q(\delta, \tau) = \alpha_2(t(\delta, \tau) - t_x(\tau)) - P_x q_x \begin{cases} 2 \left(-0.5 - \cos \frac{\pi}{12} \tau, & \tau_1 \leq \tau \leq \tau_2 \right) \\ 0, & \tau < \tau_1, \tau > \tau_2 \end{cases}$$

burada $\tau_1 = 8(3n+1)$, $\tau_2 = 8(3n+2)$, $\tau \in Z$

(4.77) ifadələrindən yazarıq:

$$\Delta \bar{t}(s) = \bar{\theta} - \frac{\bar{q}_0(s)}{\alpha_1} - \frac{\bar{q}_0(\delta, s)}{\alpha_2} - P_x q_x \begin{cases} 2 \left(\frac{0.5}{s} - \frac{s}{s^2 + \left(\frac{\pi}{12}\right)^2}, & s_1 \leq s \leq s_2 \right) \\ 0, & s < s_1, s > s_2 \end{cases} \quad (4.78)$$

burada $\bar{\theta} = \bar{t}_d - \bar{t}_x$ daxili və xarici mühitin temperaturlar fərqi-
qidir.

(4.78) ifadəsini (4.75) və (4.76) ifadələrində nəzər alsaq, ya-
zarıq:

$$\bar{q}_0(s) = \bar{\theta} \cdot \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{kchk\delta - \frac{1}{2b}shk\delta} \left(\frac{1}{\lambda}shk\delta + \frac{1}{\alpha_2}ke^{\frac{\delta}{2b}} \right)} - P_x q_x \frac{\begin{cases} 2 \left(\frac{0.5}{s} - \frac{s}{s^2 + \left(\frac{\pi}{12}\right)^2}, & s_1 \leq s \leq s_2 \right) \\ 0, & s < s_1, s > s_2 \end{cases}}{\frac{\alpha_2}{\alpha_1} + \frac{1}{kchk\delta - \frac{1}{2b}shk\delta} \left(\frac{1}{\lambda}\alpha_2shk\delta + ke^{\frac{\delta}{2b}} \right)} \quad (4.79)$$

(4.79) tənliyində hiperbolik funksiyaların asimptotik ifadələrini nəzərə alıb onların birinci və ikinci hədləri ilə kifayətlənsək alarıq.

$$\bar{q}_0(s) = \bar{\theta} \cdot \bar{k}_1(s) - P_x q_x \bar{k}_2(s) \quad (4.80)$$

burada $\bar{k}_1(s)$ və $\bar{k}_2(s)$ -ötürmə funksiyalarıdır

$$\bar{k}_1(s) = \frac{k + ls}{1 + ns}$$

$$\bar{k}_2(s) = \frac{k_1 + l_1 s}{1 + n_1 s} \begin{cases} 2 \left(\frac{0.5}{s} - \frac{s}{s^2 + \left(\frac{\pi}{12}\right)^2}, s_1 \leq s \leq s_2 \right) \\ 0, s < s_1, s > s_2 \end{cases} \quad (4.81)$$

$$k = \frac{1 - \frac{\delta}{2b} + \frac{\delta^2}{8b^2} - \frac{\delta^3}{48b^3}}{\frac{1}{\alpha_1} \left(1 - \frac{\delta}{2b} + \frac{\delta^2}{8b^2} - \frac{\delta^3}{48b^3} \right) + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} e^{\frac{\delta}{2b}} + \frac{\delta^2}{24b^2} \cdot \frac{\delta}{\lambda}}$$

$$l = \frac{\frac{\delta^2}{2\alpha} \left(1 - \frac{\delta}{6b} \right)}{\frac{1}{\alpha_1} \left(1 - \frac{\delta}{2b} + \frac{\delta^2}{8b^2} - \frac{\delta^3}{48b^3} \right) + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} e^{\frac{\delta}{2b}} + \frac{\delta^2}{24b^2} \cdot \frac{\delta}{\lambda}} \quad (4.82)$$

$$n = \frac{\delta^2}{2\alpha} \cdot \frac{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{3\lambda} - \frac{\delta}{6b}}{\frac{1}{\alpha_1} \left(1 - \frac{\delta}{2b} + \frac{\delta^2}{8b^2} - \frac{\delta^3}{48b^3} \right) + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} e^{\frac{\delta}{2b}} + \frac{\delta^2}{24b^2} \cdot \frac{\delta}{\lambda}}$$

$$n = n_1, \quad k_1 = \frac{1}{\alpha_2} k, \quad l_1 = \frac{1}{\alpha_2} l$$

(4.80) ifadəsindən aşağıdakı adi diferensial tənliyi alarıq:

$$n \frac{dq_0}{d\tau} + q_0 = l \frac{d\theta}{d\tau} + k\theta - 2 \frac{P_x q_x}{\alpha_2} l \begin{cases} \sin \frac{\pi}{12} \tau, & \tau_1 < \tau < \tau_2 \\ 0, & \tau < \tau_1, \tau > \tau_2 \end{cases} \quad (4.83)$$

$$- \frac{P_x q_x}{\alpha_2} k \begin{cases} 2 \left(-0.5 - \cos \frac{\pi}{12} \tau, & \tau_1 \leq \tau \leq \tau_2 \right) \\ 0, & \tau < \tau_1, \tau > \tau_2 \end{cases}$$

Xarici qoruyucu konstruksiyalara xarici soyuq havanın infiltrasiyasını və günəş şüalarının təsirini nəzərə almaqla istilik itkisinin miqdarının dəyişmə qanunauyğunluğunu (4.83) ifadəsindən təyin etmək olar.

Misal. Qalınlığı $\delta = 0,3$ m olan keramzitobeton divar konstruksiyasından itən istilik miqdarını təyin edək.

Keramzitobeton divar konstruksiyasının istilikeçirmə əmsalı $\lambda = 0,35$ vt/mdə

Daxili mühitin temperaturu $t_d = 18^\circ\text{C}$

Xarici havanın temperaturu kəskin soyuma dövründə aşağıdakı kimi təyin edilir.

$$t_x = t_{x,q} + A_{t_x} \sin \omega \tau$$

$t_{x,q}$ -xarici havanın hesabı qış temperaturudur. Bakı şəhəri üçün $t_{x,q} = -5^\circ\text{C}$

A_{t_x} -xarici havanın temperaturunun dəyişmə amplitudasıdır.

$$A_{t_x} = -10^\circ\text{C}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \text{ -dairəvi tezlikdir.}$$

T -dövrüdür. $T = 120$ saat olduqda

$$\omega = \frac{2 \cdot 3.14}{120} = 0.052 \text{ saat}^{-1}$$

α_1 -konstruksiyanın daxili səthinin istilik mübadilə əmsalıdır.

$$\alpha_1 = \alpha_d + c_h w$$

$\alpha_1 = 8.7 \text{ vt/m}^2\text{dər}$, c_L -soyuq havanın xüsusi istilik tutumudur.

$$c_h = 1006 \frac{\text{coul}}{\text{kq} \cdot \text{dər}}$$

$$W = 1.0 \frac{\text{kq}}{\text{m}^2 \text{ saat}} \text{ olduqda } \alpha_1 = 9 \frac{\text{vt}}{\text{m}^2 \text{ dər}}$$

$$W = 3.0 \frac{\text{kq}}{\text{m}^2 \text{ saat}} \text{ olduqda } \alpha_1 = 9.54 \frac{\text{vt}}{\text{m}^2 \text{ dər}}$$

$$W = 5.0 \frac{\text{kq}}{\text{m}^2 \text{ saat}} \text{ olduqda } \alpha_1 = 10.1 \frac{\text{vt}}{\text{m}^2 \text{ dər}}$$

α_2 -konstruksiyanı xarici səthinin istilik mübadilə əmsəlidir.

$$\alpha_2 = \alpha_x - c_h W$$

$$W = 1.0 \frac{\text{kq}}{\text{m}^2 \text{ saat}} \text{ olduqda } \alpha_2 = 23.02 \frac{\text{vt}}{\text{m}^2 \text{ dər}}$$

$$W = 3.0 \frac{\text{kq}}{\text{m}^2 \text{ saat}} \text{ olduqda } \alpha_2 = 22.46 \frac{\text{vt}}{\text{m}^2 \text{ dər}}$$

$$W = 5.0 \frac{\text{kq}}{\text{m}^2 \text{ saat}} \text{ olduqda } \alpha_2 = 21.90 \frac{\text{vt}}{\text{m}^2 \text{ dər}}$$

α -konstruksiyanın temperatukeçirmə əmsəlidir. $\alpha = \frac{\lambda}{c\rho}$,

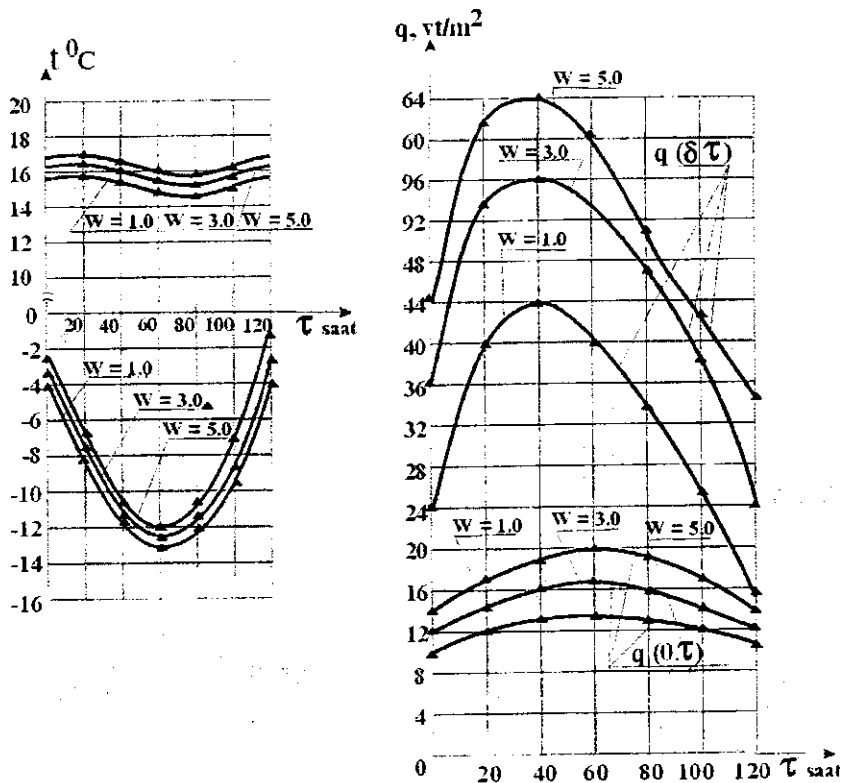
$$\alpha = 1.16 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{saat}$$

ρ -konstruksiyanın materialının sıxlığıdır. $\rho = 1600 \text{ kq/m}^3$

(4.83) tənliyindən yuxarıda göstərilən göstəricilərə görə istilik itkisinin miqdarı təyin edilir və şəkil 4.3-də göstərilir.

Şəkil 4.3-dən görüldüyü kimi havanın filtrasiyası praktiki olaraq xarici qoruyucu konstruksiyanın səthlərindəki temperatur və istilik miqdarının dəyişmə xarakterinə təsir etmir. İnfiltrasiya olunan xarici soyuq havanın miqdarı artdıqca konstruksiyanın daxili səthində temperatur azalır, xarici səthində isə əksinə artır (eksfiltrasiya zamanı isə bunun əksi baş verir). Qrafikin analizi göstərir ki, $W > 3 \text{ kq/m}^2 \text{ saat}$ olduqda daxili havanın temperaturu

ilə konstruksiyanın daxili səthinin temperaturu arasındakı fərq, yəni normativ temperaturlar fərqi pozulur.



Şəkil 4.3.

Kəskin soyuma zamanı filtrasiyanı nəzərə almaqla konstruksiyanın daxili və xarici səthlərində temperatur və istilik miqdarının dəyişmə qanunauyğunluqları.

§4.7. Xarici qoruyucu konstruksiyaların birtərəfli qızması və ya soyuması

Mikroiqlimi təmin edən sistemlərin layihələndirilməsi və istismarı zamanı qoruyucu konstruksiyaların, o cümlədən divar konstruksiyasının birtərəfli qızması və ya soyuması böyük elmi və praktiki əhəmiyyət kəsb edir.

Xarici qoruyucu konstruksiyaların birtərəfli soyuması və ya qızması zamanı istilik prosesləri stasionar vəziyyətdən başqa vəziyyətə keçir. Buna keçid prosesi də deyilir. Bu istilik texnikasında ən çox yayılmış vəziyyətdir. Daxili və xarici mühitin parametrləri dəyişən zaman bircins qoruyucu konstruksiyaların daxili və xarici səthlərində yeni şərait yaranır və buna uyğun temperatur paylanması baş verir.

Konstruksiyada başlanğıc anda temperatur paylanması $t(x,0)$ -dir. Daxili səthdə temperaturu isitmə sistemlərinin köməkliliyi ilə yeni səviyyəyə yüksəldib sabit vəziyyətdə saxlayaq. $t(0,\tau)=const$. Konstruksiyanın xarici səthində isə temperatur dəyişməz qalır.

Məsələnin riyazi qoyuluşu verilmiş başlanğıc və sərhəd şərtləri daxilində aşağıdakı kimi olar

$$\lambda \frac{\partial^2 t(x,\tau)}{\partial x^2} = c\rho \frac{\partial t(x,\tau)}{\partial \tau} \quad (4.84)$$

$$t(x,0) = 0 \quad (4.85)$$

$$x = 0; \quad -\lambda \frac{\partial t(x,\tau)}{\partial x} = q_0 = const \quad (4.86)$$

$$x = \delta; \quad -\lambda \frac{\partial t(x,\tau)}{\partial x} = \alpha_x (t - t_x(\tau))$$

Aşağıdakı ölçüsüz işarələmələri qəbul edək.

$$\varphi = \frac{t}{t_0}; \quad \xi = \frac{x}{\delta}; \quad Fo = \frac{\alpha}{\delta^2} \tau, \quad \beta = \alpha_x \frac{\delta}{\lambda}, \quad \psi = \frac{q}{t_0} \cdot \frac{\delta}{\lambda} \quad (4.87)$$

(4.87) işarələmələrini (4.84) – (4.86) tənliklərində nəzərə alsaq, yazarıq

$$\frac{d^2\varphi(\xi, Fo)}{d\xi^2} = \frac{d\varphi(\xi, Fo)}{dFo} \quad (4.88)$$

$$d\varphi(\xi, 0) = 0 \quad (4.89)$$

$$\xi = 0; \quad -\frac{d\varphi(\xi, Fo)}{d\xi} = \psi_0 = \text{const} \quad (4.90)$$

$$\xi = 1; \quad -\frac{d\varphi(\xi, Fo)}{d\xi} = \beta(\varphi - \varphi_x)$$

(4.88)–(4.90) sərhət məsələsinin həlli üçün Laplas çevirməsindən istifadə edək. Onda

$$\frac{d^2\bar{\varphi}}{d\xi^2} - s\bar{\varphi} = 0 \quad (4.91)$$

$$\xi = 0; \quad -\frac{d\bar{\varphi}}{d\xi} = \frac{\psi_0}{s} \quad (4.92)$$

$$\xi = 1; \quad -\frac{d\bar{\varphi}}{d\xi} = \beta(\bar{\varphi} - \varphi_x)$$

$$\text{burada } \bar{\varphi}(\xi, s) = \int_0^\infty \varphi(\xi, Fo) e^{-sFo} dFo \quad (4.93)$$

(4.91) tənliyinin həlli aşağıdakı kimi yazıla bilər.

$$\varphi(\xi, s) = A sh\sqrt{s}\xi + B ch\sqrt{s}\xi \quad (4.94)$$

A və B sabitləri (4.92) sərhəd şərtlərindən təyin edilir:

$$A = -\frac{\psi_0}{s\sqrt{s}} \quad (4.95)$$

$$B = \frac{\frac{\psi_0}{s} \left(ch\sqrt{s} + \frac{\beta}{\sqrt{s}} sh\sqrt{s} \right) + \beta\bar{\varphi}_x}{\beta ch\sqrt{s} + \sqrt{s} sh\sqrt{s}} \quad (4.96)$$

(4.94) tənliyində (4.95) və (4.96) ifadələrini nəzərə alsaq, yazırıq:

$$\bar{\varphi}(\xi, s) = \frac{\psi_0}{s} \cdot \frac{\beta sh\sqrt{s}(1-\xi) + \sqrt{s} ch\sqrt{s}(1-\xi)}{\sqrt{s}(\sqrt{s} sh\sqrt{s} + \beta ch\sqrt{s})} + \varphi_x \frac{\beta ch\sqrt{s}\xi}{\sqrt{s} sh\sqrt{s} + \beta ch\sqrt{s}} \quad (4.97)$$

(4.97) tənliyində hiperbolik funksiyaların asimptotik ifadələrini nəzərə alaraq.

$$\bar{\varphi}(\xi, s) = \frac{\psi_0}{s} \cdot \frac{1 + \beta(1-\xi) + \frac{(1-\xi)^2}{2}s}{\beta + \left(1 + \frac{\beta}{2}\right)s} + \varphi_x(s) \frac{\beta + \left(1 + \frac{s}{2}\xi^2\right)}{\beta + \left(1 + \frac{\beta}{2}\right)s} \quad (4.98)$$

(4.98) ifadəsindən aşağıdakı diferensial tənliyi almaq olar.

$$\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{\beta}\right) \frac{d\varphi}{dFo} + \varphi = \left(1 - \xi + \frac{1}{\beta}\right) \psi_0 + \varphi_0(Fo) + \frac{1}{2}\xi^2 \frac{d\varphi(Fo)}{dFo} \quad (4.99)$$

(4.99) tənliyinin aşağıdakı xüsusi hallarına baxaq.

Qoruyucu konstruksiyanın daxili səthi üçün ($\xi=0$) (4.99) tənliyi aşağıdakı şəkllə düşər

$$\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{\beta}\right) \frac{d\varphi}{dFo} + \varphi = \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \psi_0 + \varphi(Fo) \quad (4.100)$$

$$\varphi_x(Fo) = \varphi_{x.i.} + \varphi_{A_x} \sin \frac{2\pi}{Fo'} Fo \quad \text{olduqda} \quad (4.100)$$

tənliyindən yazarıq.

$$\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{\beta}\right) \frac{d\varphi}{dFo} + \varphi = \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \psi_0 + \varphi_{x.i.} + \varphi_{A_x} \sin \frac{2\pi}{Fo'} Fo \quad (4.101)$$

Analoji olaraq, xarici havanın temperaturunun kəskin soyumasını nəzərə almaqla konstruksiyanın xarici səthi üçün ($\xi=1$) (4.99) tənliyini aşağıdakı şəkildə yazmaq olar.

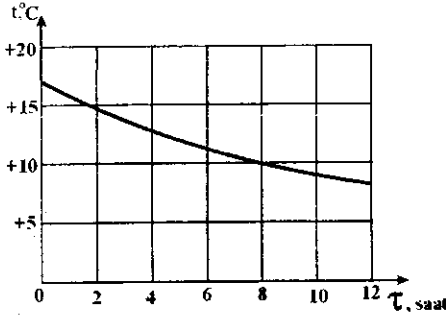
$$\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{\beta}\right) \frac{d\varphi}{dFo} + \varphi = \frac{1}{\beta} \psi_0 + \varphi_{x.i.} + \varphi_{A_x} \left(\sin \frac{2\pi}{Fo'} Fo + \frac{\pi}{Fo'} \cos \frac{2\pi}{Fo'} Fo \right) \quad (4.102)$$

Misal. Xarici havanın kəskin soyuması dövründə otaqlarda isitmə sistemləri işləməyən zaman 2; 4; 6; 8; 10; 12 saatdan sonra xarici divar konstruksiyasının daxili səthinin soyumasını hesablamalı.

Tikinti rayonu- Bakı şəhəri

Divar konstruksiyasının materialı-keramzitobeton -
 $\lambda = 0,35$ vt/mdər

İsitmə sistemləri dayandıqdan sonra konstruksiyanın daxili səthindən itən istilik miqdarını sifra bərabər qəbul edək.



Şəkil 4.4.

Kəskin soyuma zamanı qoruyucu konstruksiyanın daxil səthinin soyuması

(4.100) tənliyinin nəticələrinin ədədi qiymətləri şəkil 4.4-də göstərilmişdir.

Şəkil 4.4-də görüldüyü kimi, isitmə sistemlərində qəza baş verdikdə 6 saatdan ($Fo = 0,0774$) sonra daxili mühit ilə xarici qoruyucu konstruksiyanın daxil səthinin temperaturu arasındakı normativ fərqə qoyulan hədd pozulur.

(4.100) və (4.102) ifadələrinin köməkliliyi ilə

qoruyucu konstruksiyaların daxil və xarici səthlərinin temperaturları fərqi aşağıdakı kimi təyin edilə bilər.

$$\varphi(0, Fo) - \varphi(1, Fo) = \psi_0 - \varphi_{Ax} \frac{Fo'}{\left(2\pi \left(1 + \frac{2}{\beta}\right)\right)^2 + (Fo')^2} x$$

$$x \left(\cos \frac{2\pi}{Fo'} Fo + \frac{2\pi}{Fo'} \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \sin \frac{2\pi}{Fo'} Fo - \exp \left(- \frac{Fo}{\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{\beta}\right)} \right) \right) \quad (4.103)$$

Əgər $Fo = 0$ və $Fo = Fo'$ olarsa (4.103) ifadəsindən alarıq:

$$\varphi(0, Fo) - \varphi(1, Fo) = \psi_0 \quad (4.104)$$

Xarici qoruyucu konstruksiyaların soyuma və ya qızmasının bu mərhələsi stasionar rejimə uyğun gəlir.

İsitmə sistemlərinin qəza vəziyyətində dayandırılması halı üçün (4.99) tənliyini aşağıdakı kimi yazı bilərik:

$$-\frac{d\varphi}{dFo} = \frac{1}{\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{\beta}\right)} (\varphi - \varphi_H(Fo)) \quad (4.105)$$

burada $\frac{1}{\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{\beta}\right)} = \frac{1}{m}$ - qoruyucu divar konstruksiyanın qızma

və ya soyuma sürətini xarakterizə edən mütenasiblik əmsəlidir.

(4.105) ifadəsindən görünür ki, requlyar istilik rejimi şəraitində divar konstruksiyasının qızma və soyuma sürəti mühitin və konstruksiyanın səthinin temperaturları arasındakı fərqlə mütənəsibdir. Divar konstruksiyasının qızma və ya soyuma sürətini xarakterizə edən mütenasiblik əmsəli vasitəsilə konstruksiyanın xarakter ölçülərini, texniki-fiziki xüsusiyyətlərini, səthinin istilik mübadilə əmsəlini və mühit temperaturunun dəyişmə xarakterini təyin etmək olar.

§4.8. Qeyri-stasionar şəraitdə qoruyucu konstruksiyalarda havanın infiltrasiyasını nəzərə almaqla nəmlikötürmə

İstismar praktikası göstərir ki, sənaye tikintisi binalarında divar materialı kimi geniş istifadə olunan yüngül və məsaməli betonlar kifayət qədər havaqəçiriciliyinə malikdir. Bu qoruyucu konstruksiyaların nəmlik rejiminə nəzərə çarpacaq dərəcədə təsir edir. Qış dövründə soyuq havanın filtrasiyasını nəzərə almaqla məsaməli qoruyucu konstruksiyaların səthlərində nəmlik sahəsi və nəmlik mübadiləsi zamandan asılı olaraq dəyişir və bir sıra çətinliklər yaradır. Bu işə konstruksiyanın en kəsiyi boyu kondensat yaranmasına şərait yaradır. Belə ki, xarici soyuq havanın infiltrasiyası konstruksiyanın en kəsiyi boyunca hərəkət edərkən nəmlik sahəsinin yerinin dəyişməsinə səbəb olur və konstruksiyanın daxilində otaqdan hərəkət edən su buxarının kondensata çevrilməsinə şərait yaradır. Bununla əlaqədar olaraq qeyd etmək lazımdır ki, xarici soyuq havanın infiltrasiyası zamanı konstruksiyada quruma prosesinin getməsi haqda yayılmış fikirlər səhvdir. Doğrudur ki, xarici soyuq havanın nəmlik saxlaması daxili havanın nəmlik sax-

lamasına nisbətən azdır. Lakin konstruksiyanın daxili səthindəki temperaturun aşağı düşməsi su buxarının kondensata çevrilməsini sürətləndirir və xarici havanın kəskin soyuması zamanı kondensatın artmasına səbəb olacaq.

Bununla əlaqədar olaraq ilin qış dövründə xarici soyuq havanın kütlə mübadiləsini (infiltrasiyasını) nəzərə almaqla xarici qoruyucu konstruksiyaların nəmlik sahəsinin və səthlərində nəmlik mübadiləsinin tətqiqi müəyyən maraq kəsb edir.

Məsələnin riyazi qoyuluşu başlanğıc və sərhəd şərtləri ilə birlikdə aşağıdakı şəkildə yazaq:

$$\xi\rho \frac{\partial e}{\partial \tau} = \mu \frac{\partial^2 e}{\partial x^2} - \eta w \frac{\partial e}{\partial x} \quad (4.106)$$

$$e(x,0) = \varphi(x) \quad (4.107)$$

$$x = 0; \quad e(x,\tau) = e_d(\tau) \quad (4.108)$$

$$x = \delta; \quad e(\delta,\tau) = e_x(\tau)$$

Qeyd etmək lazımdır ki, kəskin soyumanın başlanğıc dövründə xarici qoruyucu konstruksiyalarda qərarlaşmış nəmlik sahəsi müşahidə olunur. Bu halda başlanğıc şərtin təsiri nəzərə alınmır və sıfıra bərabər qəbul etmək olar.

$$e(x,0) = 0 \quad (4.109)$$

Laplas çevirməsinə əsasən (4.106)-(4.108) ifadələri aşağıdakı şəkilə düşər.

$$\frac{d^2 \bar{e}}{dx^2} - \frac{\eta w}{\mu} \frac{d \bar{e}}{dx} - \frac{\xi \rho}{\mu} \cdot s \bar{e} = 0 \quad (4.110)$$

$$x = 0; \quad \bar{e}(0,s) = \bar{e}_d(s) \quad (4.111)$$

$$x = \delta; \quad \bar{e}(\delta,s) = \bar{e}_x(s)$$

(4.111) şərtlərini nəzərə almaqla (4.110) tənliyinin həlli aşağıdakı şəkildə ola bilər.

$$\bar{e}(x,s) = \frac{\bar{e}_d \operatorname{sh}k(\delta - k) + e_x \exp\left(-\frac{\delta}{2b}\right) \operatorname{sh}kx}{\operatorname{sh}k\delta} e^{2bx} \quad (4.112)$$

$$\text{burada } b = \frac{\mu}{\eta w}; \quad k = \sqrt{\left(\frac{w\eta}{2\mu}\right)^2 + \frac{\xi\rho}{\mu} s} \quad (4.113)$$

(4.112) tənliyinə tərs Laplas çevirməsini tətbiq etsək su buxarı elastikliyinə konstruksiyanın en kəsiyi boyunca zamandan asılı olaraq dəyişmə qanunauyğunluğunu təyin edirik:

$$\begin{aligned}
 e(x, \tau) = & e_d(\tau) \exp\left(\frac{x}{2b}\right) \frac{\delta - x}{\delta} + e_x(\tau) \exp\left(-\frac{\delta - x}{2b}\right) \frac{x}{\delta} + \\
 & + \frac{2}{\pi} \exp\left(\frac{x}{2b}\right) \sum_{i=1}^{\infty} \frac{(-1)^i}{n} \sin\left(n\pi \frac{\delta - x}{b}\right) \cdot \int_0^{\tau} e_d(\tau) \cdot \\
 & \cdot e^{-\left[\left(\frac{n\pi}{\delta}\right)^2 \frac{\mu}{\xi\rho} + \frac{\mu}{\xi\rho} \left(\frac{w}{2\mu}\right)^2\right] \cdot (t-\tau)} d\tau + \frac{2}{\pi} \exp\left(-\frac{\delta - x}{2b}\right) \sum_{i=1}^{\infty} \frac{(-1)^i}{n} \cdot \\
 & \cdot \sin\left(n\pi \frac{x}{b}\right) \cdot \int_0^{\tau} e_x(\tau) e^{-\left[\left(\frac{n\pi}{\delta}\right)^2 \frac{\mu}{\xi\rho} + \frac{\mu}{\xi\rho} \left(\frac{w}{2\mu}\right)^2\right] \cdot (t-\tau)} d\tau
 \end{aligned}
 \tag{4.114}$$

§4.9. İkitərəfli quruma zamanı nəmlik potensialı əsasında xarici qoruyucu konstruksiyanın qeyri-stasionar nəmlikötürməsi

Hal-hazırda buxar diffuziyası və nəmlikkeçirmə nəzəriyyəsinə əsaslanaraq qoruyucu konstruksiyalarda nəmlikötürməsinin hesablarını aparmaq üçün bir çox üsullar vardır. Yüksək sorbsiyalı nəmlikli çoxqat konstruksiyalarda mürəkkəb sərhəd şərtləri olduqda, müsbət və mənfi temperatur oblastlarında nəmlikötürməni hesablayarkən bu üsullardan istifadə etdikdə bir sıra çatışmamazlıqlar meydana çıxır və onlardan istifadə olunması çətinləşir. Stasionar və qeyri stasionar nəmlikötürmədə potensial nəmlikdən istifadə olunması bütün bu çətinlikləri aradan qaldırır.

Xarici qoruyucu konstruksiyaların quraşdırılması zamanı onlarda adətən başlanğıcda yüksək nəmlik (u_0, θ_0) qərarlaşır. Binalar istismara verildikdən sonra isə konstruksiyanın səthlərindəki nəmlik potensialı orta illik qiymətə uyğun gəlir. Bununla əlaqədar olaraq qoruyucu konstruksiyaların səthlərində verilmiş şəraitə uyğun quruma zamanı keçid prosesinin hesablanması zərurəti

yarandır. Məsələnin riyazi yazılışını aşağıdakı kimi ifadə etmək olar.

$$\eta\rho \frac{\partial\theta}{\partial\tau} = \alpha \frac{\partial^2\theta}{\partial x^2} \quad (4.115)$$

$$\theta(x,0) = \theta_d - \frac{\theta_d - \theta_x}{\delta} x \quad (4.116)$$

$$\begin{aligned} x=0; \quad \theta &= \theta_d \\ x=\delta; \quad \theta &= \theta_x \end{aligned} \quad (4.117)$$

Qoyulmuş məsələni həll etmək üçün dəyişənlərə ayırma üsulundan istifadə edək. Bunun üçün $\Delta\theta(x,\tau) = \theta(x,\tau) - \theta_0$ əvəzləməsini qəbul edək. $\Delta\theta(x,\tau)$ funksiyasını $\Delta\theta(x)$ və $\Delta\theta(\tau)$ funksiyalarının hasili şəklində axtaraq.

$$\Delta\theta(x,\tau) = \Delta\theta(x) \cdot \Delta\theta(\tau) \quad (4.118)$$

(4.118) ifadəsini (4.115) tənliyində nəzərə alsaq, yazarıq.

$$\eta\rho\Delta\theta(x)\Delta\theta^1(\tau) = \alpha\Delta\theta(\tau)\Delta\theta''(x) \quad (4.119)$$

və ya

$$\frac{\Delta\theta''(x)}{\Delta\theta(x)} = \frac{\eta\rho}{\alpha} \frac{\Delta\theta^1(\tau)}{\Delta\theta(\tau)} \quad (4.120)$$

(4.120) ifadəsinin sol tərəfi zamandan, sağ tərəfi isə x arqumentindən asılı deyil. Bu bərabərlik o vaxt mümkündür ki, hər iki tərəf sabit ψ ədədinə bərabər olsun.

$$\frac{\Delta\theta''(x)}{\Delta\theta(x)} = \frac{\eta\rho}{\alpha} \frac{\Delta\theta^1(\tau)}{\Delta\theta(\tau)} = \psi = const \quad (4.121)$$

(4.121) ifadəsindən aşağıdakıları yazmaq olar.

$$\begin{aligned} \Delta\theta''(x) - \psi\Delta\theta(x) &= 0 \\ \Delta\theta^1(\tau) - \frac{\eta\rho}{\alpha}\psi\Delta\theta(\tau) &= 0 \end{aligned} \quad (4.122)$$

Aydındır ki, (4.122) tənlikləri eyni zamanda sərhəd şərtlərini də ödəməlidir. Sərhəd şərtlərində $\Delta\theta = \theta - \theta_0$ şərtini nəzərə almaqla (4.122) ifadəsini (4.116) tənliklərində nəzərə alaq.

$$\begin{aligned}\Delta\theta(0, \tau) &= \Delta\theta(0) \cdot \Delta\theta(\tau) = 0 \\ \Delta\theta(0, \tau) &= \Delta\theta(\delta) \cdot \Delta\theta(\tau) = 0\end{aligned}\quad (4.123)$$

(4.123) münasibəti ixtiyari $\Delta\theta(\tau)$ funksiyası üçün ödənildiyindən, o yalnız aşağıdakı şərt daxilində doğru olar.

$$\begin{aligned}\Delta\theta(0) &= 0 \\ \Delta\theta(\delta) &= 0\end{aligned}\quad (4.124)$$

Beləliklə (4.122) tənliyinə (4.124) şərtləri ilə birlikdə baxaq.

$$\Delta\theta''(x) - \psi\Delta\theta(x) = 0 \quad (4.125)$$

$$\Delta\theta(0) = 0, \quad \Delta\theta(\delta) = 0$$

Aydındır ki, ψ parametrinin qiymətindən asılı olmayaraq (4.125) tənliyinin həmişə sıfıra bərabər olan həlli var. $\Delta\theta(x) = 0$ Lakin parametrin qiymətinin seçilməsindən asılı olaraq $\Delta\theta(x)$ funksiyasının sıfırdan fərqli həlləri də var. Həmin həlləri təyin etmək üçün $\Delta\theta(x) = e^{kx}$ qəbul edib (4.125) tənliyində nəzərə alsaq $k^2 - \psi = 0$ xarakteristik tənliyini alarıq. $\psi = m^2$ işarə edib, aşağıdakı hallara baxaq.

1) $\psi > 0$ Bu halda $k = \pm m$. Onda (4.125) tənliyinin ümumi həlli

$$\Delta\theta(x) = c_1 e^{mx} + c_2 e^{-mx} \quad (4.126)$$

olacaqdır. Bu ifadəni sərhəd şərtlərində nəzərə alsaq c_1 və c_2 inteqral sabitləri üçün

$$\begin{cases} c_1 + c_2 = 0 \\ c_1 e^{m\delta} + c_2 e^{-m\delta} = 0 \end{cases} \quad (4.127)$$

tənliklər sistemini alarıq. Sistemin əsas determinantı sıfırdan fərqli olduğu üçün onun yeganə $c_1 = c_2 = 0$ həlli var. Bu isə o deməkdir ki, baxılan halda funksiyasının eyniliklə sıfır olmayan həlli yoxdur.

2) $\psi = 0$ Bu halda xarakteristik tənliyin yalnız sıfır həlli var və (4.125) tənliyinin ümumi həlli

$$\Delta\theta(x) = c_1 + c_2 x \quad (4.128)$$

olacaqdır. Sərhəd şərtlərini nəzərə alsaq yenə də trivial $c_1 = c_2 = 0$ həlli alarıq.

3) $\psi < 0$ Bu halda xarakteristik tənliyin iki xəyali kökü var $k = \pm m$. Bu halda (4.125) tənliyinin ümumi həlli aşağıdakı kimi yazıla bilər.

$$\Delta\theta(x) = c_1 \cos mx + c_2 \sin mx \quad (4.129)$$

(4.129) ifadəsini sərhəd şərtlərində nəzərə alsaq $c_1 = 0$, $c_2 \sin m\delta = 0$ alırıq. Əgər $c_2 = 0$ götürsək, onda $\Delta\theta(x) = 0$ trivial həlli alırıq. Trivial olmayan həlli almaq üçün $\sin m\delta = 0$ qəbul etmək lazımdır. Onda

$$m\delta = \pi n \text{ və ya } m = \frac{\pi n}{\delta}, \quad n \in Z \quad (4.130)$$

alırıq. Alınmış nəticəni (4.129)-də nəzərə alsaq və $\Delta\theta(x)$ funksiyasını n -in hər bir qeyd edilmiş qiymətində $\Delta\theta_n(x)$ ilə işarə etsək aşağıdakı ifadəni yaza bilərik.

$$\Delta\theta_n(x) = c_n \sin \frac{\pi n x}{\delta} \quad (4.131)$$

$\Delta\theta(x)$ funksiyasının n -dən asılılığı n -in mənfəi qiymətlərində də dəyişmədiyindən (c_n ixtiyari sabit olduğu üçün) sonrakı tədqiqatlarda onun ancaq müsbət qiymətlərini götürəcəyik.

$m = \frac{n\pi}{\delta}$ -kəmiyyətinə məxsusi ədədlər, $\sin \frac{\pi n x}{\delta}$ funksiyasına isə məxsusi funksiyalar deyilir.

m -parametrinin qiymətini $\psi = m^2$ ifadəsində, ψ -nin qiymətini isə (4.122) tənliyində nəzərə alsaq

$$\psi = -\left(\frac{n\pi}{\delta}\right)^2$$

$$\Delta\theta'(\tau) + \frac{\eta}{\alpha} \left(\frac{n\pi}{\delta}\right)^2 \Delta\theta(\tau) = 0$$

alınar. Axırındı adi birinci tərtib difrensial tənliyin həlli

$$\Delta\theta(\tau) = Be^{-\left(\frac{n\pi}{\delta}\right)^2 \tau}$$

Beləliklə hər bir $n \in Z$ üçün aşağıdakı həlli alırıq.

$$\Delta\theta_n(x, \tau) = c_n \sin \frac{\pi n x}{\delta} e^{-\left(\frac{n\pi}{\delta}\right)^2 \frac{\eta\rho}{\alpha} \tau} \quad (4.132)$$

Aydındır ki, $\Delta\theta_n(x, \tau)$ unksiyaları n -nin hər bir qiymətində (4.115) tənliyinin (4.116) başlanğıc şərtlərini ödəyir. (4.115) tənliyi xətti tənlik olduğundan onun üçün superpozisiya prinsipi doğrudur. Onda ümumi həll aşağıdakı kimi yazılacaq.

$$\Delta\theta_n(x, \tau) = \sum_{i=1}^{\infty} \Delta\theta_n(x, \tau) = \sum_{i=1}^{\infty} b_n \sin \frac{\pi n x}{\delta} e^{-\left(\frac{n\pi}{\delta}\right)^2 \frac{\eta\rho}{\alpha} \tau} \quad (4.133)$$

(4.133) tənliyi ancaq sərhəd şərtlərini ödəyir. Başlanğıc şərtin ödənilməsi üçün (4.133) tənliyini (4.116) başlanğıc şərtində nəzər alaq.

$$\Delta\theta_n(x, \tau) = \sum_{i=1}^{\infty} b_n \sin \frac{\pi n x}{\delta}$$

b_n əmsalını təyin etmək üçün $\left\{ \sin \frac{\pi n x}{\delta} \right\}$ sisteminin $[0, \delta]$ ortoqonallığı şərtindən istifadə edək.

$$\int_0^{\delta} \sin \frac{\pi n x}{\delta} \sin \frac{\pi m x}{\delta} dx = \begin{cases} 0 & n \neq m \\ \delta & n = m \\ 2 & \end{cases} \quad (4.134)$$

(4.132) ifadəsinin hər tərəfini $\left\{ \sin \frac{\pi n x}{\delta} \right\}$ -ə vurub $[0, \delta]$ parçasında inteqrallasaq və (4.134) şərtini nəzərə alsaq

$$b_n = \frac{2}{\delta} \left[\theta_d \int_0^{\delta} \sin \frac{\pi n x}{\delta} dx - (\theta_d - \theta_x) \int_0^{\delta} \frac{x}{\delta} \sin \frac{\pi n x}{\delta} dx \right] \quad (4.135)$$

alarıq. Xüsusi cədvəllərdən istifadə etsək (4.135) ifadəsindəki iştirak edən inteqralları hesablaya bilərik.

$$b_n = \frac{\theta_b - \theta_x}{\pi n} \quad (4.136)$$

Beləliklə, (4.115)-(4.117) şəkilində qoyulmuş məsələnin həlli aşağıdakı kimi olacaq

$$\theta(x, \tau) = \theta_d - \frac{\theta_d - \theta_x}{\delta} x + \frac{\theta_d - \theta_x}{\pi} \sum_{i=1}^{\infty} \frac{\cos \frac{\pi x}{\delta} \tau}{n} \cos \frac{\pi n}{\delta} x \quad (4.137)$$

Yuxarıda deyilənləri ümumiləşdirib, dəyişənlərə ayırma üsulunun tətbiqinin alqoritmini aşağıdakı şəkildə verə bilərik:

1) Dəyişənlərə ayırma üsulu bircins (sağ tərəfi sıfır olan) sərhəd şərtləri olduğu halda tətbiq edilir. Əgər sərhəd şərtləri bircins deyilsə, o, bircins sərhəd şərtlərinə gətirilir. Bu halda həll iki funksiyanın cəmi şəklində axtarılır. Onlardan biri bircins tənliyi və qeyri-bircins sərhəd şərtlərini, digəri isə qeyri-bircins tənliyi, bircins başlanğıc və sərhəd şərtlərini ödəyir.

2) Axtarılan funksiya $X(x) \cdot T(\tau)$ şəklində yazılır və verilmiş tənikdə nəzərə alınır, nəticədə naməlum λ parametri iştirak edən $X(x)$ və $T(\tau)$ funksiyalarına görə adi, xətti diferensial tənliklər alınır.

3) Alınmış adi diferensial tənliklərdən biri (sərhəd şərtləri bircins isə x -ə görə, başlanğıc şərtləri bircins isə τ -ya görə) naməlum λ parametrinin hər bir halı üçün ($\lambda < 0$, $\lambda = 0$, $\lambda > 0$) həll edilir və onların arasından trivial olmayan (eyniliklə sıfır olmayan) həll seçilir.

4) İkinci dəyişən üçün alınmış diferensial tənlik λ parametrinin artıq konkret qiyməti üçün həll edilir. Həll zamanı naməlum sabitlər bircins olmayan şərtlərdə verilən funksiyaların λ parametrini təyin edən zaman alınmış məxsusi funksiyalar üzrə ayrılışından təyin edilir. Qeyd edək ki, adətən məxsusi funksiyalar sinus və yaxud kosinus funksiyaları olur.

FƏSİL V. GÜNƏŞ ŞÜALARININ BİNA VƏ QURĞULARA TƏSİRİ

İlin yay dövründə günəş şüalarının təsirindən bina və qurğular həddən artıq qızmağa məruz qalır. Bununla əlaqədar olaraq otaqların daxilində diskomfort istilik şəraiti yaranır və insan orqanizminin istilik tənzimlənmə sisteminin həddən çox yüksəlməsi baş verir. Qeyd etmək lazımdır ki, bina və qurğuların otaqlarını günəş şüalarının intensivliyindən və xarici qızmış havadan xarici qoruyucu konstruksiyalar qoruyur. İlin yay dövründə xarici qoruyucu konstruksiyalar vasitəsilə daxil olan istilik zamanı günəş radiasiyası əsas amildir. Bu zaman günəş radiasiyasının sutkalıq dövrü qeyri-stasionar istilik mübadiləsi prosesinə gətirib çıxarır.

İlin yay dövründə bina və qurğuların otaqlarının istilik rejimləri müəyyən tələbatlara cavab verməlidir. Bu tələbatları yerinə yetirmək üçün müxtəlif şəkildə olan istilik və günəşdən mühafizə vasitələrindən istifadə edilir. Otaqları təbii təşkil olunmuş və ümumi mübadiləli ventilyasiya sistemlərinin, həmçinin kondisioner sistemlərinin köməkliyi ilə soyutmaq olar. Kondisioner sistemlərinin tətbiqi bina və qurğuların ümumi dəyərinin kifayət qədər artmasına səbəb olur. Ona görə də bina və qurğuları günəş şüalarının qızmasından mühafizə etmək üçün planlaşdırılmış konstruktiv elementlərdən və təşkil olunmuş ventilyasiya sistemlərdən istifadə etmək lazımdır. Əksər hallarda daxili şəraitin tələb olunan təminatını ödəmək üçün bu üsullar kifayət edir. Yüksək komfort şərait tələb olunan binalarda isə tənzimlənən kondisioner sistemləri tətbiq olunur. Otaqların istilik rejiminin analizi kondisioner sistemlərinin məhsuldarlığını, istilik və soyuqluq gücünü, həmçinin onun işinin tənzimlənmə rejimini təyin etməyə imkan verir. İlin yay dövründə bina və qurğuların daxili şəraitinin hesabı zamanı aşağıdakı amilləri nəzərə almaq lazımdır:

- 1) otaqların və binaların təyinatı;
- 2) tikinti rayonun iqlimi;
- 3) yay şəraitinin qeyri-stasionarlığı;
- 4) tələbatın səviyyəsi və verilmiş şəratin təmin olunma üsulları
- 5) insanların gördüyü fiziki işlər və onların gərginlik dərəcəsi
- 6) böyük qızmış və ya soyumuş səthlərin miqdarı

- 7) insanların gəlmə müddəti
- 8) hesabat şəraitinin təmin olunmasına olan tələbat

§5.1. Günəş şüaları nəzərə alınmaqla qeyri-stasionar istilikötürmə

Yuxarıda qeyd edildiyi kimi bina və qurğuların daxili şəraitinin hesabı zamanı yay şəraitinin qeyri-stasionarlığını nəzərə almaq lazımdır. Odur ki, xarici havanın infiltrasiyasını və Buqer qanunu ilə udulan şüalanma enerjisini nəzərə almaqla istilikkeçirmə prosesinin diferensial tənliyi aşağıdakı şəkildə yazıla bilər.

$$c\rho \frac{\partial t}{\partial \tau} = \lambda \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} - c_h w \frac{\partial t}{\partial x} + \gamma(1-r)E(0)e^{-\gamma x} \sigma(\tau) \quad (5.1)$$

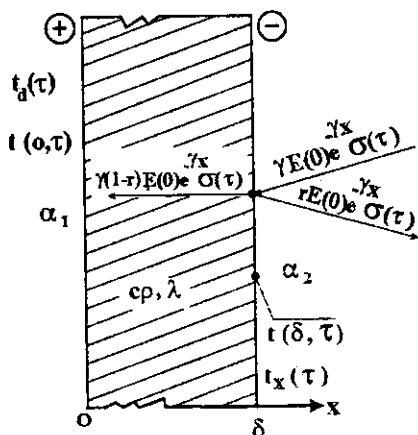
(5.1) tənliyini həll etmək üçün aşağıdakı başlanğıc və sərhəd şərtlərini qəbul edək.

$$\tau = 0; \quad t(x, 0) = \varphi(x) \quad (5.2)$$

$$x = 0; \quad -\lambda \frac{\partial t}{\partial x} = \alpha_1(t_d - t) \quad (5.3)$$

$$x = \delta; \quad -\lambda \frac{\partial t}{\partial x} = \alpha_2(t - t_x(\tau))$$

burada $\alpha_1 = \alpha_d + c_h w; \quad \alpha_2 = \alpha_x - c_h w$



Qeyd etmək lazımdır ki, xarici qoruyucu inşaat konstruksiyalarında kəskin soyumanın başlanğıc dövründə qərarlaşmış temperatur sahəsi mövcud olur. Odur ki, bu hal üçün başlanğıc şərtin təsirini nəzərə almamaq olar.

$$t(x, 0) = 0 \quad (5.4)$$

Laplas çevirməsinə görə (5.1) tənliyini aşağıdakı şəkildə yazmaq olar.

$$\frac{d^2 \bar{t}}{dx^2} - \frac{c_h w}{\lambda} \frac{d \bar{t}}{dx} - \frac{c \rho}{\lambda} \bar{t} + \frac{\gamma(1-r)E(0)}{s \lambda} e^{-\gamma x} = 0 \quad (5.5)$$

(5.5) tənliyinin ümumi həllini aşağıdakı şəkildə yazı bilərik:

$$\bar{t} = e^{\frac{c_h w}{2\lambda} x} (A \operatorname{sh} kx + B \operatorname{ch} kx) + \frac{\gamma(1-r)E(0)}{s \lambda \left[\frac{c \rho}{\lambda} s - \frac{c_h w}{\lambda} \gamma - \gamma^2 \right]} e^{-\gamma x} \quad (5.6)$$

burada $k = \sqrt{\left(\frac{c_h w}{2\lambda} \right)^2 + \frac{c \rho}{\lambda} s}$

A və B inteqral sabitləridir. Həmin sabitləri sərhəd şərtlərinin köməklili ilə tapmaq olar.

(5.6) və (5.3) tənliklərinin birgə həlli aşağıdakı sxem üzrə aparılır. Əvvəlcə həmin tənliklər sistemindən A və B inteqral sabitləri tapılır. Sonra isə tapılmış A və B inteqral sabitləri (5.6) tənliyində nəzərə alınır.

Bələliklə xarici qoruyucu konstruksiyaların daxili və xarici səthlərindəki temperatur sahələri aşağıdakı şəkildə olar:

$$\begin{aligned} \bar{t}(0, s) = & \left[\bar{t}_d(s) - \frac{(1-r)E(0)}{s} \frac{1 + \frac{\alpha_1}{\lambda \gamma}}{\left(\frac{s}{\alpha \gamma^2} - \frac{1}{b \gamma} - 1 \right) \alpha_1} e^{\frac{\delta}{2b}} \frac{\bar{\psi}_1(s)}{\bar{\psi}(s)} \right] + \\ & + \left[\bar{t}_x(s) + \frac{(1-r)E(0)}{s} \frac{1 - \frac{\alpha_2}{\lambda \gamma}}{\left(\frac{s}{\alpha \gamma^2} - \frac{1}{b \gamma} - 1 \right) \alpha_2} e^{\frac{\delta}{2b}} \cdot e^{-\gamma \delta} \frac{\bar{\psi}_2(s)}{\bar{\psi}(s)} \right] + \\ & + \frac{(1-r)E(0)}{s} \frac{1 - \frac{1}{\lambda \gamma}}{\left(\frac{s}{\alpha \gamma^2} - \frac{1}{b \gamma} - 1 \right)} \end{aligned} \quad (5.7)$$

$$\begin{aligned}
\bar{t}(\delta, s) = & \left[\bar{t}_d(s) - \frac{(1-r)E(0)}{s} \frac{1 + \frac{\alpha_1}{\lambda\gamma}}{\left(\frac{s}{\alpha\gamma^2} - \frac{1}{b\gamma} - 1\right)\alpha_1} e^{\frac{\delta}{2b}} \right] \frac{\bar{\psi}_3(s)}{\bar{\psi}(s)} + \\
& + \left[\bar{t}_x(s) + \frac{(1-r)E(0)}{s} \frac{1 - \frac{\alpha_2}{\lambda\gamma}}{\left(\frac{s}{\alpha\gamma^2} - \frac{1}{b\gamma} - 1\right)\alpha_2} e^{\frac{\delta}{2b}} \cdot e^{-\gamma\delta} \right] \frac{\bar{\psi}_4(s)}{\bar{\psi}(s)} + \\
& + \frac{(1-r)E(0)}{s} \frac{1 - \frac{1}{\lambda\gamma}}{\left(\frac{s}{\alpha\gamma^2} - \frac{1}{b\gamma} - 1\right)} \cdot e^{-\gamma\delta}
\end{aligned} \tag{5.8}$$

burada $a = \frac{\lambda}{c\rho}$; $b = \frac{\lambda}{c_h w}$

$$\bar{\psi}_1(s) = \alpha_1 \frac{\lambda}{2b} shk\delta + \alpha_1 \lambda kch\delta + \alpha_1 \alpha_2 shk\delta$$

$$\bar{\psi}_2(s) = \alpha_2 \lambda k e^{\frac{\delta}{2b}} \tag{5.9}$$

$$\bar{\psi}_3(s) = \alpha_1 \lambda k e^{\frac{\delta}{2b}}$$

$$\bar{\psi}_4(s) = -\alpha_2 \frac{\lambda}{2b} shk\delta + \alpha_2 \lambda kch\delta + \alpha_1 \alpha_2 shk\delta$$

$$\begin{aligned}
\bar{\psi}(s) = & \lambda^2 \frac{s}{\alpha} shk\delta + \frac{\lambda}{2b} (\alpha_1 - \alpha_2) shk\delta + \\
& + \lambda k (\alpha_1 + \alpha_2) ch\delta + \alpha_1 \alpha_2 shk\delta
\end{aligned}$$

$$k = \sqrt{\frac{1}{4b^2} + \frac{s}{a}}$$

(5.7) və (5.8) tənliklərində asimptotik funksiyaların sıralara ayrılması üsulundan istifadə etsək, yazarıq:

$$\begin{aligned}
\bar{i}(0,s) = & \left[\bar{i}_d(s) - \frac{(1-r)E(0)}{s} \frac{1 + \frac{\alpha_1}{\lambda\gamma}}{\left(\frac{s}{\alpha\gamma^2} - \frac{1}{b\gamma} - 1\right)\alpha_1} e^{\frac{\delta}{2b}} \frac{\bar{\psi}_1^{-1}(s)}{\bar{\psi}^{-1}(s)} \right] + \\
& + \left[t_x(s) + \frac{(1-r)E(0)}{s} \frac{1 - \frac{\alpha_2}{\lambda\gamma}}{\left(\frac{s}{\alpha\gamma^2} - \frac{1}{b\gamma} - 1\right)\alpha_2} e^{\frac{\delta}{2b}} \cdot e^{-\gamma\delta} \frac{\bar{\psi}_2^{-1}(s)}{\bar{\psi}^{-1}(s)} \right] + \\
& + \frac{(1-r)E(0)}{s} \frac{1}{\lambda\gamma} \frac{1}{\left(\frac{s}{\alpha\gamma^2} - \frac{1}{b\gamma} - 1\right)}
\end{aligned} \tag{5.10}$$

$$\begin{aligned}
\bar{i}(\delta,s) = & \left[\bar{i}_d(s) - \frac{(1-r)E(0)}{s} \frac{1 + \frac{\alpha_1}{\lambda\gamma}}{\left(\frac{s}{\alpha\gamma^2} - \frac{1}{b\gamma} - 1\right)\alpha_1} e^{\frac{\delta}{2b}} \frac{\bar{\psi}_3^{-1}(s)}{\bar{\psi}^{-1}(s)} \right] + \\
& + \left[t_x(s) + \frac{(1-r)E(0)}{s} \frac{1 - \frac{\alpha_2}{\lambda\gamma}}{\left(\frac{s}{\alpha\gamma^2} - \frac{1}{b\gamma} - 1\right)\alpha_2} e^{\frac{\delta}{2b}} \cdot e^{-\gamma\delta} \frac{\bar{\psi}_4^{-1}(s)}{\bar{\psi}^{-1}(s)} \right] + \\
& + \frac{(1-r)E(0)}{s} \frac{1}{\lambda\gamma} \cdot e^{-\gamma\delta} \frac{1}{\left(\frac{s}{\alpha\gamma^2} - \frac{1}{b\gamma} - 1\right)}
\end{aligned} \tag{5.11}$$

burada

$$\begin{aligned}
\bar{\psi}_1^{-1}(s) &= -\alpha_1 \frac{\lambda}{2b} \delta + \alpha_1 \lambda \left(1 + \frac{k^2 \delta^2}{2} \right) + \alpha_1 \alpha_2 \delta \\
\bar{\psi}_2^{-1}(s) &= \alpha_2 \lambda \left(1 - \frac{\delta}{2b} \right) \\
\bar{\psi}_3^{-1}(s) &= \alpha_1 \lambda \left(1 + \frac{\delta}{2b} \right) \\
\bar{\psi}_4^{-1}(s) &= -\alpha_2 \frac{\lambda}{2b} \delta + \alpha_2 \lambda \left(1 + \frac{k^2 \delta^2}{2} \right) + \alpha_1 \alpha_2 \delta \\
\bar{\psi}(s) &= \lambda^2 \frac{s}{\alpha} \delta + \frac{\lambda}{2b} (\alpha_1 - \alpha_2) \delta + \lambda (\alpha_1 + \alpha_2) \left(1 + \frac{k^2 \delta^2}{2} \right) + \alpha_1 \alpha_2 \delta
\end{aligned} \tag{5.12}$$

(5.10) və (5.12) tənliliklərini analiz edək. $\gamma=0$ olduqda (1-r) $E(0)$ enerjisi tam olaraq xarici qoruyucu konstruksiyanın ən kəsiyi boyunca maneəsiz (müqavimətsiz) keçər. Ona görə də həcmi istilik mənbəyinin gücü sıfıra bərabər olar:

$$\lim_{\gamma \rightarrow 0} (1-r)E(0) e^{-\gamma x} = 0 \tag{5.13}$$

Belə ki,

$$\begin{aligned}
\lim_{\gamma \rightarrow 0} \frac{1 + \frac{\alpha_1}{\lambda \gamma}}{\frac{s}{\alpha \gamma^2} - \frac{1}{b \gamma} - 1} &= 0 \\
\lim_{\gamma \rightarrow 0} \frac{1 - \frac{\alpha_2}{\lambda \gamma}}{\frac{s}{\alpha \gamma^2} - \frac{1}{b \gamma} - 1} &= 0 \\
\lim_{\gamma \rightarrow 0} \frac{\frac{1}{\lambda \gamma}}{\frac{s}{\alpha \gamma^2} - \frac{1}{b \gamma} - 1} &= 0
\end{aligned} \tag{5.14}$$

Onda şüalanma istiliyi konstruksiyanın materialından udulmadan keçər. Bu halda qoruyucu konstruksiyaların daxili və xarici

səthlərindəki temperatur sahələri aşağıdakı şəkildə ifadə edilə bilər.

$$\begin{aligned} \bar{t}(0, s) &= \bar{t}_d(s) \frac{\bar{\psi}_1^{-1}(s)}{\bar{\psi}^{-1}(s)} + \bar{t}_x(s) \frac{\bar{\psi}_2^{-1}(s)}{\bar{\psi}^{-1}(s)} \\ \bar{t}(\delta, s) &= \bar{t}_d(s) \frac{\bar{\psi}_3^{-1}(s)}{\bar{\psi}^{-1}(s)} + \bar{t}_x(s) \frac{\bar{\psi}_4^{-1}(s)}{\bar{\psi}^{-1}(s)} \end{aligned} \quad (5.15)$$

$\gamma \rightarrow \infty$ olduqda $(1-r)E(0)$ şüalanma enerjisi konstruksiyanın xarici səthinin yaxınlığında nazik təbəqə tərəfindən udulur. Buna görə də $\gamma=0$ şərtində olduğu kimi daxili istilik mənbəyinin gücünü nəzərə almamaq olar.

$$\lim_{\gamma \rightarrow \infty} \gamma(1-r)e^{-r\alpha} = 0 \quad (5.16)$$

Lakin

$$\begin{aligned} \lim_{\gamma \rightarrow \infty} \left| \frac{1 + \frac{\alpha_1}{\lambda\gamma}}{\frac{s}{\alpha\gamma^2} - \frac{1}{b\gamma} - 1} \right| &= 1 \\ \lim_{\gamma \rightarrow \infty} \left| \frac{1 - \frac{\alpha_2}{\lambda\gamma}}{\frac{s}{\alpha\gamma^2} - \frac{1}{b\gamma} - 1} \right| &= 1 \end{aligned} \quad (5.17)$$

Buna görə də γ -nın qiyməti böyüdükcə həcmi istilik mənbəyinin istiliyi bütün konstruksiyanın en kəsiyi boyunca təsir edir və həmin hissələrin ətrafında xüsusi gücü $(1-r)E(0)$ olan səthi istilik mənbəyinin istiliyinə çevrilir. $0 \leq \gamma \leq \infty$ olduqda temperatur sahələrini (5.10) və (5.11) şəklində yazmaq olar. Bu onu göstərir ki, qoruyucu konstruksiyaların daxili və xarici səthlərdəki temperatur sahələri enerjinin necə verilməsindən və udulmasından asılıdır.

Nəzərə almaq lazımdır ki, daxili və xarici mühitin temperaturlarının ölçmə nəticələrinə görə istilik selinin qiymətini təyin edən zaman zəifləmə əmsalının (γ) böyük qiymətlərində xəyata yol verilə bilər. Ona görə də qoruyucu konstruksiyanın xarici səthinə

daxil olan enerjinin bir hissəsinin udulduğunu nəzərə almaq lazımdır.

(5.10) və (5.11) ifadələrindən aşağıdakı diferensial tənlikləri almaq olar.

$$k_1 \frac{dt(0, \tau)}{d\tau} + t(0, \tau) = k_2 \frac{dt_b(\tau)}{d\tau} + k_3 (t_d(\tau) + t_x(\tau)) k_4 + \dots \quad (5.18)$$

$$k_1 \frac{dt(0, \tau)}{d\tau} + t(\delta, \tau) = k_b t_d(\tau) + k_7 \frac{dt_H(\tau)}{d\tau} + k_8 t_x(\tau) + \dots \quad (5.19)$$

burada $k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6, k_7, k_8, k_9$ – xarici qoruyucu konstruksiyaların istilik-texniki göstəricilərindən və xarakteristik ölçüsündən asılı olan sabit kəmiyyətlərdir.

(5.18) və (5.19) tənlikləri vasitəsilə bir sıra avtomatik idarəetmə və tənzimləmə məsələlərini həll etmək olar.

§5.2. Günəş şüalarının xarici qoruyucu konstruksiyalara təsiri. Günəşdən qoruyucu qurğular

Günəş radiasiyasının gətirdiyi istilik tikinti rayonunun yerləşdiyi coğrafi en dairədən və səthin cəhətlərə görə vəziyyətindən asılıdır. Günəş radiasiyası düz, yayılmış və əks edilmiş şəkildə qoruyucu konstruksiyaların səthinə təsir edir. Hər üç növ radiasiyanın cəminə cəmlənmiş (ümumi) radiasiya deyilir və aşağıdakı şəkildə ifadə edilir:

$$J_r = J^{düz} + J^{yayılmış} + J^{əks edilmiş} \quad (5.20)$$

Vertikal səthlərə düşən düz günəş radiasiyası aşağıdakı düsturdan təyin edilə bilər:

$$J_q^b = J_d^h \cdot \cos \beta \quad (5.21)$$

burada J_q^b, J_d^h – müvafiq olaraq vertikal və horizontal səthə düz günəş radiasiyasının gətirdiyi istilik miqdarıdır. β – günəş şüalarının səthə düşmə bucağıdır. $\cos \beta$ funksiyasının cəhətlərə görə qiyməti aşağıdakı triqonometrik ifadələrdən təyin edilə bilər.

$$\begin{aligned}
\cos \beta_c &= \cos \delta \cdot \sin \varphi \cos \gamma - \sin \delta \cdot \cos \varphi \\
\cos \beta_{\text{simal}} &= \sin \delta \cdot \cos \varphi - \cos \delta \cdot \sin \varphi \cos \gamma \\
\cos \beta_{q-sq} &= \cos \delta \cdot \sin \gamma \\
\cos \beta_{c-q, c-sq} &= 0.707(\cos \delta \cdot \sin \varphi \cos \gamma - \sin \delta \cdot \cos \varphi + \cos \delta \cdot \sin \gamma) \\
\cos \beta_{sm-q, sm-sq} &= 0.707(\cos \delta \cdot \sin \gamma + \sin \delta \cdot \cos \varphi - \cos \delta \cdot \sin \varphi \cos \gamma) \\
\cos \beta_n &= \sin \delta \cdot \sin \gamma + \cos \gamma \cos \delta \cos \varphi
\end{aligned}
\tag{5.22}$$

burada φ -coğrafi en dairə, dərəcə; δ -günəşin yerdəyişmə bucağı, dərəcə; γ -günortadan sonra hesabat zamanı günəşin saatlıq bucağı, dərəcə:

β -bucagını həmçinin aşağıdakı empirik düsturdan da təyin etmək olar.

$$tg \beta = ctgh_0 \cdot \cos \alpha \tag{5.23}$$

burada h -günəşin dayanma hündürlüyü; α - binanın fasadının cəhəti ilə günəş azimutu fərqi nə əsasən təyin edilir.

$$\alpha^0 = A^0 - B^0 \tag{5.24}$$

Horizontal səthə düz günəş radiasiyasının gətirdiyi istiliyin miqdarı faktiki müşahidələrə əsasən qəbul edilir. Əgər müşahidələrin nəticələri məlum deyilsə, onda onun qiymətini Kastrova-Savinova formulasına əsasən təyin etmək olar:

$$J_d^h = \frac{J_0 \sinh_0}{\sinh_0 + C} \tag{5.25}$$

burada J_0 -atmosferin sərhəddində günəş sabiti olub 1390 vt/m^2 qəbul edilir.

h_0 -günəşin dayanma hündürlüyü bucağı, c -empirik əmsal olub atmosferin aydınlığını xarakterizə edir.

Yayılmış radiasiyadan xarici divar konstruksiyasına düşən istilik miqdarı cəhətdən asılı olmayaraq aşağıdakı ifadəyə görə təyin edilə bilər:

$$J_y^b = 0.5 J_y^h \tag{5.26}$$

Əks edilmiş radiasiyadan divara düşən istilik miqdarı isə

$$J_y^b = 0.47 \rho_i (J_d^h + J_y^h) \tag{5.27}$$

burada ρ_i – istilik radiyasını əks etdirən əmsaldır (cədvəl 5.1).

Cədvəl 5.1

Xarici konstruksiyaların xarici səthinin günəş radiyasını udma əmsalı (ρ)

№	Qoruyucu konstruksiyaların xarici səthinin materialı	Günəş radiyasını udma əmsalı ρ
1	Aliminium	0,5
2	Asbest – sement	0,65
3	Asfalt – beton	0,9
4	Beton	0,7
5	Rənglənməmiş ağac	0,6
6	Açıq rəngli dam örtüyünün	0,65
7	Qırmızı gil kərpic	0,7
8	Silikat kərpic	0,6
9	Ağ rəngli təbii daşdan üzlük	0,45
10	Tünd boz silika boya	0,7
11	Ağ əhəng boya	0,3
12	Keramik üzlük tavalər	0,8
13	Göy şüşədən üzlük tavalər	0,6
14	Ağ rəngli üzlük tavalər	0,45
15	Səthinə qum səpilməmiş ruberoid	0,9
16	Ağ rənglə rənglənmiş polad vərəqlər	0,45
17	Tünd qırmızı rənglə rənglənmiş polad vərəqlər	0,8
18	Yaşıl rənglə rənglənmiş polad vərəqlər	0,6
19	Sinklənmiş polad vərəqlərdən dam örtüyü	0,65
20	Şüşə üzlüklər	0,7
21	Tünd boz rəngli əhəngli suvaq	0,7
22	Açıq mavi rəngli sementli suvaq	0,3
23	Tünd yaşıl rəngli sementli suvaq	0,6
24	Qəhvəyi rəngli sementli suvaq	0,4

Qoruyucu konstruksiyanın səthinin uducu istilik miqdarı həmin günəş radiyasının udma əmsalından (ρ_s) asılıdır. Hesabın sadələşməsi üçün çox vaxt günəş radiyasının istilik təsirini ekvivalent temperaturla əvəz etmək məqsədəuyğun hesab edilir. Ekvivalent temperatur aşağıdakı düsturdan təyin edilir:

$$t_{ekv} = \frac{\rho_s \cdot J_c}{\alpha_x} \quad (5.28)$$

Hesabat temperaturu ilə ekvivalent temperaturun cəmi xarici mühitin cəm şəklində temperaturunu təşkil edir və bu temperatur aşağıdakı düsturdan təyin edilir.

$$t_c = t_x + \frac{\rho_s \cdot J_c}{\alpha_x} \quad (5.29)$$

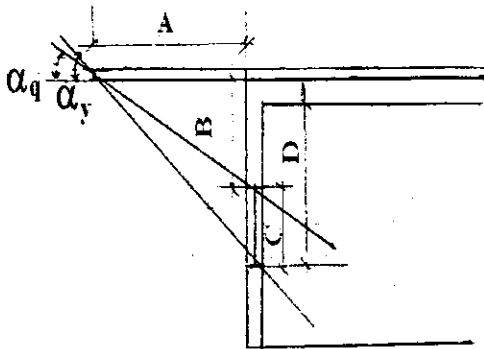
Respublikamız cənub bölgəsində yerləşdiyindən tikilən müasir bina və qurğularda günəşdən qoruyucu qurğuların layihələndirilməsi vacib məsələlərdəndir.

Ümumiyyətlə, günəş şüallarından qoruyucu qurğular horizontal, vertikal, stasionar, qeyri-stasionar, tənzimlənən və tənzimlənməyən qurğular şəklində layihələndirilir.

Horizontal qurğulara karnizləri, verandaları, qalereyaları, eyvanları, balkonları, jalyüzləri, markizləri və müxtəlif horizontal çıxıntıları, vertikal qurğulara isə qabırğaları, həcmli şəbəkələri

perforasiya edilmiş elementləri, lodjiləri və s. misal gətirmək olar.

Tikinti rayonunda iyul ayının orta aylıq temperaturu 21°C-dən yüksək olduqda tətbiq edilən günəşdən qoruyucu qurğuların istilik buraxma əmsalı binaların təyinatından asılı olaraq İN və Q-da qeyd edilən normativ qiymətlərdən ($\beta_{g,q}^n$)



Şəkil 5.1.

Yay dövründə qoruyucu elementlərin ölçülərinin təyini

böyük olmamalıdır. Bununla yanaşı bir sıra günəşdən qoruyucu qurğuların istilikburaxma əmsallarının qiymətləri İN və Q-da verilmişdir. İstilikburaxma əmsallarını və onların normativ qiymətlərini bilməklə günəşdən qoruyucu qurğuları seçmək olar. Bu əsas eti-

barı ilə vertikal jalyüzlərə, pərdələrə, markizlərə aiddir. Horizontal və vertikal çıxıntıların layihələndirilməsində aşağıdakı hesabatdan istifadə edilə bilər. Şəkil 5.1-dən görüldüyü kimi pəncərənin və onun yay dövründə günəşdən qoruyucu elementlərinin ölçüləri təyin edilməlidir. İlin qış və yay dövrlərində günəş şüasının horizontal xətlə təşkil etdiyi bucaqlarını bilmiş olsaq, aşağıdakı ifadələri yazmaq olar.

$$B = A \operatorname{tg} \alpha_q, \quad C + B = B = A \operatorname{tg} \alpha_y \quad (5.30)$$

$$\text{Burada } C = A(\operatorname{tg} \alpha_y - \operatorname{tg} \alpha_q) \quad (5.31)$$

Düsturdan görüldüyü kimi, iki ölçüdən birini bilmək lazımdır. Çox vaxt binada tətbiq edilən pəncərələrin ölçüləri standart olur. Onda

$$A = \frac{C}{(\operatorname{tg} \alpha_y - \operatorname{tg} \alpha_q)} \quad (5.32)$$

Çıxıntının ölçüsünü təyin etdikdən sonra B-ni aşağıdakı düsturdan təyin etmək olar:

$$B = C \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha_q}{(\operatorname{tg} \alpha_y - \operatorname{tg} \alpha_q)} \quad (5.33)$$

Qeyd etmək lazımdır ki, vertikal çıxıntıların da optimal ölçülərini ilin qış və yay dövrlərində günəş şüasının vertikal xətlə təşkil etdiyi bucaqları bilməklə yuxarıdakı kimi təyin etmək olar. Vertikal çıxıntılar əsasən şərq və qərb cəhətlərə, horizontal çıxıntılar isə cənub cəhətə layihələndirilir.

FƏSİL VI. QORUYUCU KONSTRUKSIYALARDA GEDƏN İSTİLİK PROSESLƏRİNİ NƏZƏRƏ ALMAQLA İSTİLİK TƏCHİZATI SİSTEMLƏRİNİN İŞ REJİMLƏRİNİN RİYAZİ MODELLEŞDİRİLMƏSİ

Hal-hazırda intensiv şəkildə böyük miqyaslı sənaye və mülki binaların tikintisi mərkəzləşdirilmiş istilik təchizatı sistemlərinin gələcək inkişafını tələb edir. Bu onunla əlaqədardır ki, tikinti obyektləri çoxaldıqca istilik şəbəkəsinin uzunluğu və onun təsir radiusu fasiləsiz olaraq artır.

Mərkəzləşdirilmiş istilik təchizatı ilə təmin edilən otaqlarda və binalarda istilik şərtləri aşağıdakı təsirlər nəticəsində yaranır:

- Xarici qoruyucu konstruksiyalar vasitəsilə xarici mühitlə istilik-kütlə mübadiləsi prosesləri;
- istilik təchizatı şərtinə təsir göstərən mikroiklimi təmin edən sistemlərin rejimləri;
- texnoloji istilik ayırmaları və başqa amillər.

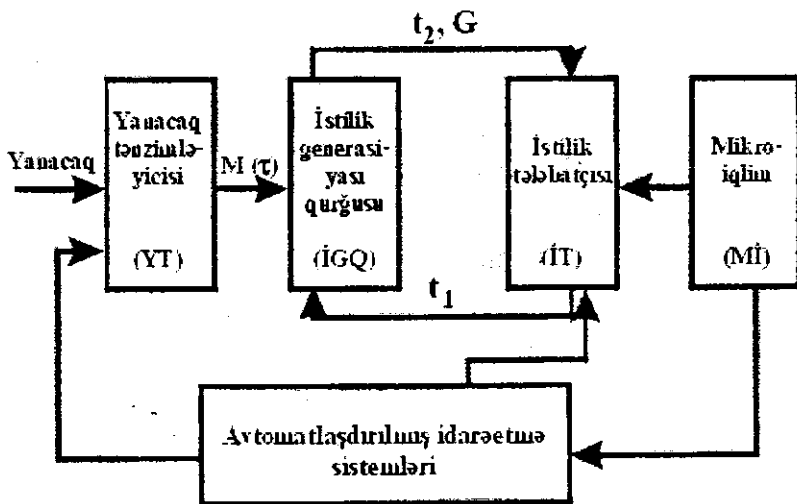
Daxili mühitdə havanın temperaturunun verilmiş həddə saxlanılması üçün isitmə sistemlərinə verilən istilik enerjisinin rəşional məsrəflərini nəzərə almaqla otaqlarda istilik şəraitı yaradan idarəedici amillər və proseslərə məqsədyönlü təsir istilik rejimlərinin təmin edilməsinin mahiyyətini təşkil edir. Mərkəzləşdirilmiş istilik təchizatı şəraitində bu cür məsələnin həlli çətinləşir. Ona görə də burada istilik təchizatı sistemlərinin işləmə rejimlərinin xüsusiyyətləri ilə əlaqəli əlavə amilləri nəzərə almaq tələb olunur və istilik yüklərinin tənziqlənmə üsullarının yeniləşməsinə istiqamətlənmiş müxtəlif cür ölçülər götürülə bilər.

§6.1. «İstilik generasiyası qurğuları-istilik tələbatçısı» sxemi üzrə istilik təchizatı sistemlərinin riyazi modellərinin qurulması

Elektrik təchizatı sistemlərinin işindəki qüsur və yanacaq təchizatı rejiminin pozulması mərkəzləşdirilmiş istilik təchizatı sistemlərinin işləmə səviyyəsinin aşağı düşməsinə səbəb ola bilər. Bu isə öz növbəsində başqa energetik sistemlərin əlavə

yüklənməsinə gətirib çıxarır və bütün yanacaq-energetik kompleksin vəziyyətinə mənfi təsir göstərir. Bunun nəticəsində istilik təchizatı sistemlərində iri qəza baş verir və istilik təchizatı sistemlərinin tənzimlənməsinin pozulması müşahidə edilir. Bu məqsədlə istilik təchizatı sistemləri ilə istilik tələbatçısının onların işləmə rejimlərinə qarşılıqlı təsirinin öyrənilməsi vacibdir.

İstilik generasiyası qurğusundan istilik təchizatı zamanı istilik mənbəyindən çıxan istilik daşıyıcısının temperaturu idarə olunan kəmiyyətdir (şəkil 6.1.). Onun qiyməti xarici havanın temperaturunun dəyişməsindən asılı olaraq temperatur qrafiki şəklində əvvəlcədən verilir. Yerinə yetirilən məsələnin xarakterinə görə bu cür idarəetmə temperatur qrafikinə yerinə yetirilməsi hesabına otağın temperaturuna təsiri əvvəlcədən verilmiş planın yerinə yetirilməsinə yönəlib. Binanın otaqlarında lazım olan istilik şəraitinin saxlanması istilik təchizatının tənzimlənmə rejimləri ilə əlaqəlidir. İstilik tələbatçılarını kəmiyyət və keyfiyyət tənzimləmələri vasitəsilə istiliklə təchiz etmək olar.



Şəkil 6.1.

«İstilik generasiyası-istilik tələbatçısı» sxemi üzrə istilik təchizatı sistemlərinin idarə edilməsinin struktur sxemi

İstilik daşıyıcısının keyfiyyət tənzimlənməsi zamanı, yəni $t_1 = \text{const}$, $G = \text{const}$, $t_2 \neq \text{const}$ istilik generasiyası qurğularında $d\tau$ vaxtı ərzində $\alpha\eta M(\tau)$ istiliyi hasil edilir ki, bu da istilik daşıyıcısının qızdırılmasına sərf edilir. Yəni

$$\alpha\eta M(\tau) = Gc(t_2 - t_1) \quad (6.1)$$

buradan

$$\frac{dt_2}{d\tau} = \frac{\alpha\eta}{cG} M(\tau) \quad (6.2)$$

İstənilən rejimdə binanın isitmə sistemlərinin qızdırıcı cihazlarının istilik gücü aşağıdakı şəkildə yazıla bilər:

$$Q_i = k_c^e F_c^e \left(\frac{t_1 + t_2}{2} - t_d \right) \quad (6.3)$$

burada

$$k_c^e F_c^e = \sum_{i=1}^n k_{ic} F_{ic} \quad (6.4)$$

n -cihazların sayıdır.

(6.3) ifadəsindən yazarıq:

$$t_2(\tau) = \frac{2Q_i}{k_c^e F_c^e} + 2t_d - t_1 \quad (6.5)$$

Buradan

$$\frac{dt_2(\tau)}{d\tau} = \frac{2}{k_c^e F_c^e} \cdot \frac{dQ_i}{d\tau} \quad (6.6)$$

(6.2) və (6.6) ifadələrinin müqayisəsindən yazarıq:

$$M(\tau) = \frac{2cG}{\alpha\eta k_c^e F_c^e} \cdot \frac{dQ_i}{d\tau} \quad (6.7)$$

İstilik itkiləri diferensial şəkildə aşağıdakı kimi ifadə edilə bilər:

$$T \frac{dQ_i}{d\tau} + Q_i = k^e F^e (t_d - t_x) \quad (6.8)$$

Burada

$$k^e F^e = \sum_{i=1}^m k_i F_i$$

m -xarici qoruyucu konstruksiyaların sayıdır.

Xarici havanın temperaturunun dəyişməsinə

$$t_x = t_{x,i} + A_{t_x} \sin(\omega\tau + \varphi) \quad (6.9)$$

şəklində yazmaq olar.

(6.8) ifadəsini (6.7)-də nəzərə alsaq, yazarıq:

$$M(\tau) = \frac{2cGk^e F^e}{\alpha\eta k_c^e F_c^e} (t_d - t_x) - \frac{2cG}{\alpha\eta k_c^e F_c^e T} Q_i \quad (6.10)$$

Binanın istilik itkisini (Q_i) təyin etmək üçün (6.8) tənliyinin həllini yazaq:

$$Q_i(\tau) = k^e F^e (t_d - t_{x,i}) - k^e F^e \frac{A_{t_x}}{T} \int_0^\tau \sin(\omega\lambda + \varphi) e^{-\frac{\lambda-T}{T}} \quad (6.11)$$

və ya

$$Q_i(\tau) = k^e F^e (t_d - t_{x,i}) + k^e F^e \frac{A_{t_x}}{1 + \omega^2 T^2} A \quad (6.12)$$

burada

$$A = \omega T \left[\cos(\omega\tau + \varphi) - e^{-\frac{\tau}{T}} \cos \varphi \right] - \left[\sin(\omega\tau + \varphi) - e^{-\frac{\tau}{T}} \sin \varphi \right] \quad (6.13)$$

Beləliklə, (6.12) ifadəsini (6.10) tənliyində nəzərə alsaq yəni nəcə sərfini aşağıdakı şəkildə yazmaq olar.

$$M(\tau) = \left| \frac{2cGk^e F^e A_{t_x}}{\alpha\eta k_c^e F_c^e T} \left[\sin(\omega\tau + \varphi) + \frac{A_{t_x}}{1 + \omega^2 T^2} \right] \right| \quad (6.14)$$

Kəmiyyət tənzimlənməsi zamanı, yəni $t_1 = \text{const}$, $t_2 = \text{const}$, $G \neq \text{const}$ olduqda istilik generasiyası qurğusunda $d\tau$ vaxtı ərzində $\alpha\eta M(\tau)$ istiliyi hasil edilir ki, bu da dG miqdarda istilik daşıyıcısının qızdırılmasına sərf edilir. Bu halda istilik balans tənliyini aşağıdakı şəkildə yazmaq olar:

$$\alpha\eta M(\tau) d\tau = c(t_2 - t_1) dG \quad (6.15)$$

buradan

$$\frac{dG}{d\tau} = \frac{\alpha\eta}{c(t_2 - t_1)} M(\tau) \quad (6.16)$$

Belə ki,

$$Q_i = cG(t_2 - t_1) \quad (6.17)$$

(6.17) ifadəsindən yazarıq:

$$\frac{dG}{d\tau} = \frac{1}{c(t_2 - t_1)} \frac{dQ_i}{d\tau} \quad (6.18)$$

(6.16) və (6.18) ifadələrinin müqayisəsindən, yazarıq:

$$M(\tau) = \frac{1}{\alpha\eta} \frac{dQ_i}{d\tau} \quad (6.19)$$

(6.8) ifadəsini (6.19)-da nəzərə alsaq, yazarıq:

$$M(\tau) = \frac{k^e F^e}{\alpha\eta T} (t_d - t_x) - \frac{Q_u}{\alpha\eta T} \quad (6.20)$$

Beləliklə, (6.9) və (6.14) ifadələrini (6.20) tənliyində nəzərə alsaq yanacaq sərfini aşağıdakı şəkildə yazarıq:

$$M(\tau) = \left| \frac{k^e F^e A_{tx}}{\alpha\eta T} \left[\sin(\omega\tau + \varphi) + \frac{A}{1 + \omega^2 T^2} \right] \right| \quad (6.21)$$

(6.17) ifadəsindən istilik daşıyıcısının sərfini təyin edək

$$G(\tau) = \frac{Q_i}{c(t_2 - t_1)} \quad (6.22)$$

(6.22) tənliyində (6.12) ifadəsini nəzərə alsaq, yazarıq.

$$G(\tau) = \frac{k^e F^e}{c(t_2 - t_1)} \left[(t_d - t_x)_i + \frac{A_{tx} A}{1 + \omega^2 T^2} \right] \quad (6.23)$$

Eyni vaxtda kəmiyyət və keyfiyyət tənzimlənməsi zamanı (kəmiyyət-keyfiyyət tənzimlənməsi), yəni $t_1 = \text{const}$, $t_2 \neq \text{const}$, $G \neq \text{const}$ olduqda istilik generasiyası qurğusunda $d\tau$ vaxtı ərzində $\alpha\eta M(\tau)$ istiliyi hasil edilir ki, bu da $\alpha\eta M(\tau)$ istilik daşıyıcısının qızdırılmasına sərf edilir. Bu halda istilik balans tənliyini aşağıdakı şəkildə yazmaqla bilirik:

$$c(t_2 - t_1) dG = \alpha\eta M(\tau) d\tau$$

buradan

$$\frac{dG}{d\tau} = \frac{\alpha\eta}{c(t_2 - t_1)} M(\tau) \quad (6.24)$$

İstilik istifadə edən obyektlər (istilik tələbatçıları) üçün aşağıdakı ifadəni yazmaq olar.

$$Q_i = k^e F^e \left(\frac{t_1 + t_2}{2} - t_d \right) \quad (6.25)$$

Digər tərəfdən

$$Q_i = cG(t_2 - t_1) \quad (6.26)$$

Onda hesablama sxemi (6.8) ifadəsindən Q_i istilik itkisinin təyin edilməsi ilə başlayır. İsitmə sistemlərindən qayıdan istilik daşıyıcısının temperaturunu təyin etmək üçün (6.25) ifadəsində (6.12) ifadəsini nəzərə almaq lazımdır. Beləliklə,

$$t_2(\tau) = 2t_d + \frac{2k^e F^e}{k_c^e F_c^e} \left[(t_d - t_{x.i.}) + \frac{A_{t_x} A}{1 + \omega^2 T^2} \right] - t_1 \quad (6.27)$$

(6.25) və (6.27) ifadələrini nəzərə almaqla (6.26) ifadəsindən istilik daşıyıcısının dəyişməsinə təyin edirik:

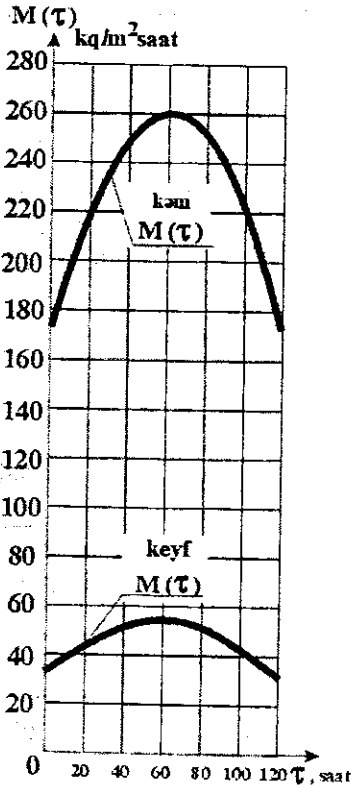
$$G(\tau) = \frac{1}{2} \frac{k_c^e F_c^e}{c} \frac{t_d - t_{x.i.} + \frac{A_{t_x} A}{1 + \omega^2 T^2}}{t_d + \frac{k^e F^e}{k_c^e F_c^e} \left[(t_d - t_{x.i.}) + \frac{A_{t_x} A}{1 + \omega^2 T^2} \right] - t_1} \quad (6.28)$$

Beləliklə, (6.24) ifadəsində (6.28) tənliyini nəzərə alsaq yanacaq sərfi üçün aşağıdakı ifadəni yazı bilərik:

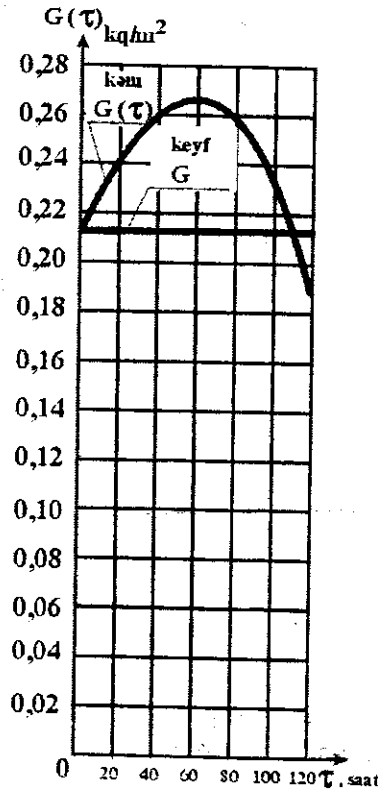
$$M(\tau) = \frac{1}{2} \left| \frac{(t_1 - t_d) k_c^e F_c^e A_{t_x}}{\alpha \eta (1 + \omega^2 T^2)} \right|_x \frac{\omega^2 T^2 \left(e^{-\frac{t}{T}} \sin \varphi - \sin(\omega \tau + \varphi) \right) + \left(\frac{1}{T} e^{-\frac{t}{T}} \cos \varphi - \omega \cos(\omega \tau + \varphi) \right)}{\left[t_d + \frac{k^e F^e}{k_c^e F_c^e} \left[(t_d - t_{x.i.}) + \frac{A_{t_x} A}{1 + \omega^2 T^2} \right] - t_1 \right]^2} \quad (6.29)$$

Yuxarıda alınmış ifadələrə əsasən Bakı şəhəri üçün istilik generasiya qurğularına lazım olan yanacaq sərfinin qrafiki şəkil 6.2-də, istilik tələbatçısına verilən istilik daşıyıcısının miqdarının dəyişmə qanunauyğunluğu isə şəkil 6.3-də göstərilmişdir. Şəkil 6.2-dən görüldüyü kimi xarici havanın kəskin soyuması şəraitində

istilik generasiyası qurğusuna keyfiyyət tənzimlənməsi zamanı verilən yanacaqın sərfi saat 60-a qədər kiçik tempələ (sürətlə) artır, tənzimlənməsi zamanı isə yüksək sürətlə artıb azalır. Şəkil 6.3-dən isə görüldüyü kimi keyfiyyət tənzimlənməsi zamanı istilik generasiya qurğusundan istilik tələbatçısına verilən istilik daşıyıcısı sabit kəmiyyət olub zamandan asılı deyil. Kəmiyyət tənzimlənməsi zamanı isə istilik daşıyıcısının miqdarı 60 saata qədər sabit sürətlə artır, saat 60-dan saat 120-yə qədər isə kəskin sürətlə azalır.



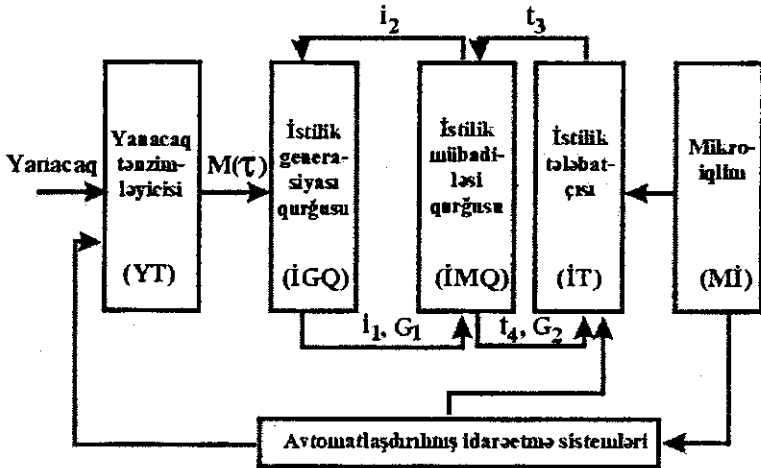
Şəkil 6.2. Yanacaq sərfinin dəyişmə qanunauyğunluğu



Şəkil 6.3. İstilik daşıyıcısının miqdarının dəyişmə qanunauyğunluğu

§ 6.2. «İstilik generasiyası qurğusu-istilik mübadiləsi qurğusu-istilik tələbatçısı» sxemi üzrə istilik təchizatı sistemlərinin riyazi modellərinin qurulması

İstilik tələbatçılarının istilik şəbəkəsinə qoşulması üsullarından biri də istilik mübadiləsi qurğusunun tətbiq edilməsidir ki, ondan istilik daşıyıcısı istilik tələbatçısına doğru istiqamətlənir (şəkil 6.4).



Şəkil 6.4.

«İstilik generasiyası qurğuları – istilik mübadiləsi qurğusu – istilik tələbatçısı» sxemi üzrə istilik təchizatı sistemlərinin idarəedilməsinin struktur sxemi

G_i miqdarında istilik daşıyıcısı i entalpiyası ilə istilik generasiyası qurğusundan istilik mübadiləsi qurğusuna daxil olur. Burada istilik daşıyıcısının parametrlərini yerli isitmə sistemlərinin, o cümlədən isitmə sistemlərinin tələbatına uyğunlaşdırmaq lazımdır.

«İstilik generasiyası qurğusu-istilik mübadiləsi qurğusu-istilik tələbatçısı» sxemi üzrə istilik təchizatı sistemlərinin keyfiyyət tənzimlənməsi məsələsinə baxaq. Bu cür tənzimlənmə üsulunda bina və qurğuların xarici qoruyucu konstruksiyaları istilik yüklərinin sutkalıq qrafikinə qeyri müntəzəmliyini bərabərləşdirən ak-

kumlyator kimi istifadə edilir. Müvafiq temperatur rejimində istilik şəbəkəsinin verici kəmərinəki hesabət istilik daşıyıcısının sərfi isitmə sistemlərinə verilən hesabət istilik daşıyıcısının sərfinə bərabər ola bilər.

Keyfiyyət tənzimləməsində girişdə istilik daşıyıcısının temperaturu dəyişir, sərfi isə sabit qalır, yəni $i_1 = \text{const}$, $i_2 \neq \text{const}$, $t_3 = \text{const}$, $t_4 \neq \text{const}$, $G_1 = \text{const}$, $G_2 \neq \text{const}$

İstilik generasiyası qurğusuna $d\tau$ vaxtında $\alpha\eta M(\tau)$ miqdarda istilik daxil olur ki, bu da istilik daşıyıcısının qızmasına sərf edilir. Bu halda istilik balans tənliyini aşağıdakı şəkildə yazarıq.

$$\alpha\eta M(\tau) d\tau = G_1 d(i_2 - i_1) \quad (6.30)$$

buradan

$$M(\tau) = \frac{G_1 di_2}{\alpha\eta d\tau} \quad (6.31)$$

İstilik mübadiləsi qurğusunda istilik daşıyıcısının verilmiş parametrlərinə və sərfinə görə istilik balans tənliyini aşağıdakı şəkildə yazmaq olar.

$$G_1(i_1 - i_2) = G_2 c_2 (t_4 - t_3) \quad (6.32)$$

(6.3) ifadəsini (6.32) tənliyində nəzərə alsaq qızmış istilik daşıyıcısının entalpiyasının dəyişmə qanunauyğunluğunu aşağıdakı şəkildə yazmaq olar:

$$i_2 = i_1 + 2 \frac{G_2 c_2}{G_1} (t_d - 2t_3) + 2 \frac{2G_2 c_2}{G_1 k_c^e F_c^e} Q_i \quad (6.33)$$

(6.31) ifadəsində (6.33)-ü nəzərə alsaq, yazarıq:

$$M(\tau) = 2 \frac{2G_2 c_2}{\alpha\eta k_c^e F_c^e} \frac{dQ_i}{d\tau} \quad (6.34)$$

(6.8) ifadəsini nəzərə almaqla (6.34) tənliyini aşağıdakı şəkildə yazmaq olar.

$$M(\tau) = \frac{2G_2 c_2}{\alpha\eta k_c^e F_c^e T} (t_d - t_x) - \frac{2G_2 c_2}{\alpha\eta k_c^e F_c^e} Q_i \quad (6.35)$$

(6.9) və (6.12) ifadələrini (6.35)-də nəzərə alsaq yazarıq:

$$M(\tau) = 2 \left| \frac{G_2 c_2 k_c^e F_c^e A_{t,x}}{\alpha \eta k_c^e F_c^e} \right| \left[\sin(\omega \tau + \varphi) + \frac{A}{1 + \omega^2 T^2} \right] \quad (6.36)$$

Analoji olaraq «istilik generasiyası qurğusu-istilik mübadiləsi qurğusu-istilik tələbatçısı» sxemi üzrə istilik təchizatı sitemlərinin kəmiyyət tənzimlənməsinə baxaq.

Kəmiyyət tənzimlənməsi zamanı istilik daşıyıcısının sərfi dəyişir, girişdə temperatur isə sabit qalır, yəni $i_1 = \text{const}$, $i_2 \neq \text{const}$, $t_3 = \text{const}$, $t_4 = \text{const}$, $G_1 \neq \text{const}$, $G_2 \neq \text{const}$

Bu hal üçün istilik generasiyası qurğusunda istilik balansı tənliyini aşağıdakı şəkildə yazmaq olar:

$$\alpha \eta M(\tau) d\tau = G_1 d(i_2 - i_1) \quad (6.37)$$

İstilik mübadiləsi qurğusu üçün isə

$$G_1 (i_1 - i_2) = G_2 c_2 (t_4 - t_3) \quad (6.38)$$

İstilik tələbatçısına lazım olan istiliyin miqdarı aşağıdakı ifadədən təyin edilir:

$$Q_i = G_2 c_2 (t_4 - t_3) \quad (6.39)$$

(6.38) və (6.39) ifadələrindən yazarıq:

$$i_2 = i_1 + \frac{Q_i}{G_1} \quad (6.40)$$

(6.37) ifadəsindən yanacaqın sərfini təyin edək.

$$M(\tau) = \frac{G_1}{\alpha \eta} \frac{di_2}{d\tau} \quad (6.41)$$

(6.40) ifadəsini (6.41)-də nəzərə alsaq yazarıq:

$$M(\tau) = \frac{1}{\alpha \eta} \frac{dQ_i}{d\tau} \quad (6.42)$$

(6.8) ifadəsini (6.42)-də nəzərə alaq:

$$M(\tau) = \frac{k^e F^e}{\alpha \eta T} (t_d - t_x) \cdot \frac{Q_i}{\alpha \eta T} \quad (6.43)$$

(6.9) və (6.12) ifadələrini (6.43) tənliyində nəzərə alsaq yanacaqın sərfinin tənliyini aşağıdakı şəkildə yazı bilərik:

$$M(\tau) = \left[\frac{k^e F^e A_{tx}}{\alpha \eta T} \left[\sin(\omega \tau + \varphi) + \frac{A}{1 + \omega^2 T^2} \right] \right] \quad (6.44)$$

İndi isə kəmiyyət-keyfiyyət tənzimlənməsinə baxaq:

$$i_1 = \text{const}, i_2 \neq \text{const}, t_3 = \text{const}, t_4 \neq \text{const}, G_1 = \text{const}, G_2 \neq \text{const}$$

İstilik generasiyası qurğusu üçün istilik balansı tənliyi (6.30), istilik mübadiləsi qurğusu üçün isə (6.32) tənliyi şəklində yazılır.

İstilik tələbatçısına lazım olan istiliyin miqdarı aşağıdakı ifadədən təyin edilir.

$$Q_i = k_c^e F_c^e \left(\frac{t_1 + t_2}{2} - t_d \right) \quad (6.45)$$

və

$$Q_i = G_2 c_2 (t_4 - t_3) \quad (6.46)$$

(6.45) ifadəsindən t_4 -ü təyin edək

$$t_4 = \frac{Q_i}{k_c^e F_c^e} + 2t_d - t_3 \quad (6.47)$$

(6.47) ifadəsini (6.46) tənliyində nəzərə alıb istilik daşıyıcının miqdarını təyin edək:

$$G_2 = \frac{Q_i}{c_2 \left[\frac{Q_i}{k_c^e F_c^e} + 2t_d - t_3 \right]} \quad (6.48)$$

(6.32) ifadəsində (6.47) və (6.48) ifadələrini nəzərə alsaq yazırıq:

$$i_2 = i_1 + \frac{Q_i}{G_1} \frac{\frac{Q_i}{k_c^e F_c^e} + 2t_d - t_3}{\frac{Q_i}{k_c^e F_c^e} + 2t_d - t_3} \quad (6.49)$$

(6.49) ifadəsi aşağıdakı tənliklə birlikdə prosesin parametrlərinin təyin edilməsinə imkan verir:

$$M(\tau) = \frac{G_1}{\alpha \eta} \frac{di_2}{d\tau} \quad (6.50)$$

§6.3. İstilik təchizatı sistemlərinin sxemlərinin müqayisəli analizi və tənzimlənmə metodları

Hal-hazırda istilik tələbatçılarında lazım olan enerjinin həcmi get-gedə fasiləsiz və sürətlə artır. Buna səbəb insanların artımı, təbii ehtiyatların qazılmasına enerji sərfinin artımı və s. ola bilər.

Meteroloji şəraitdən (xaici havanın temperaturu, küləyin sürəti, günəş radiasiyası və s.) asılı olaraq isti su təchizatının su sərfi rejimi, texnoloji avadanlıqların iş rejimi və başqa amillər abonentlərin istilik gücündən asılı olaraq dəyişir. Yüksək keyfiyyətli istilik təchizatının təmin olunması və istilik generasiyası qurğusunda səmərəli istilik hasil olunması rejimi və bunun istilik kəmərlərində nəqli üçün müvafiq tənzimlənmə metodu seçilir.

Keyfiyyət tənzimlənməsi zamanı yanacaqın sərfi aşağıdakı diferensial tənlikdən təyin edilir:

$$M_{\Delta / keyf} = - \frac{2Gc k^e F^e dt_x}{\alpha \eta k_c^e F_c^e d\tau} \quad (6.51)$$

Kəmiyyət tənzimlənməsi zamanı isə

$$M_{\Delta / keem} = - \frac{k^e F^e dt_x}{\alpha \eta d\tau} \quad (6.52)$$

(6.51)ə (6.52) ifadələrindən nisbi yanacaq sərfini təyin edək:

$$\overline{M}_{\Delta} = \frac{M_{\Delta / keyf}}{M_{\Delta / keem}} = \frac{2Gc}{k_c^e F_c^e} \quad (6.53)$$

İstilik tələbatçısı üçün istilik balans tənliyini aşağıdakı şəkildə yazmaq olar:

$$k_c^e F_c^e \left(\frac{t_1 + t_2}{2} - t_d \right) = Gc(t_1 - t_2) \quad (6.54)$$

buradan

$$\frac{Gc}{k_c^e F_c^e} = \frac{\frac{t_1 + t_2}{2} - t_d}{t_1 - t_2} \quad (6.55)$$

$t_1=95^{\circ}\text{C}$, $t_2=70^{\circ}\text{C}$, $t_d=18^{\circ}\text{C}$ olduqda (6.55) ifadəsindən alırıq:

$$\frac{Gc}{k_c^e F_c^e} = \frac{\frac{95 + 70}{2} - 18}{95 - 70} = \frac{64.5}{25} \approx 2.6$$

Onda (6.53) ifadəsindən alarıq:

$$\overline{M}_\Delta = \frac{Gc}{k_c^e F_c^e} \approx 2 \cdot 2.6 = 5.2$$

$$\overline{M}_\Delta = 5.2$$

Beləliklə, keyfiyyət və kəmiyyət tənzimlənməsi zamanı yanacaq sərfi üçün aşağıdakı ifadələri yazarıq:

$$M_{\Delta/keyf} = M^* \quad M_{\Delta/keem} = 5.2M^* \quad M = M_0 \pm M_\Delta \quad (6.56)$$

(6.56) ifadəsinə görə aşağıdakı nəticəyə gəlmək olar:

1) Xarici havanın temperaturu aşağı düşdükdə lazım olan yanacaq sərfini aşağıdakı ifadəyə əsasən təyin etmək olar.

$$M = M_0 + M_\Delta \quad (\text{keyfiyyət tənzimlənməsi})$$

2) Xarici havanın temperaturu yüksəldikdə isə lazım olan yanacaq sərfini aşağıdakı ifadəyə əsasən təyin etmək olar:

$$M = M_0 - M_\Delta \quad (\text{kəmiyyət tənzimlənməsi})$$

FƏSİL VII. QORUYUCU KONSTRUKSİYALARDA İSTİLİK PROSESLƏRİNİN AMPLİTUD – FAZA XARAKTERİSTİKASI.

Mikroiqlimi təmin edən sistemlər üçün vacib və əsas enerji tənzimləyici elementlərdən bir də xarici qoruyucu konstruksiyalardır. Xarici və daxili mühitin dəyişmə və qeyri stasionar iqlim parametrlərinin təsirindən konstruksiyanın materiallarında mürəkkəb istilik – kütlə mübadiləsi prosesləri baş verir. Qoruyucu konstruksiyaların istilik ötürməni başlanğıc və sərhəd şərtləri ödəyən istilikkeçirmənin diferensial tənliyinin həlli ilə təyin edilir. Lakin bu həll vasitəsilə alınan nəticələr konstruksiyanın daxili və xarici səthlərində, eləcə də qalınlığı boyu istiliyin köçürülməsini analiz etməyə həmişə imkan vermir. Həllin qeyri effektiv istifadə olunmasına səbəb onun mürəkkəb törəmə və inteqral vasitəsilə ifadə olunmasıdır. Odur ki, konstruksiyalarda istilik proseslərinin analiz və hesabının ənənəvi üsullarla aparılması zamanı istilik proseslərinin məqsədyönlü idarə olunması və istilik texniki xarakteristikalarının təyin olunması müəyyən çətinliklər törədir. Bu çətinlikləri aradan qaldırmaq üçün istilik-kütlə mübadiləsinin tənzimlənməsinin hesabat sxemlərinin və istilik – texniki parametrlərinin təyin edilməsi üçün qoruyucu konstruksiyalarda istilik proseslərinin amplitud – faza xarakteristikasının tədqiq edilməsi vacib məsələlərdən biridir.

Qeyd etmək lazımdır ki, çıxış kəmiyyətinin kvazistasionar reaksiyanın giriş kəmiyyətinin harmonik təsirinə nisbəti amplitud – faza xarakteristikasını ifadə edir. Ayrı-ayrı elementlərin amplitud – faza xarakteristikalarının cəmi dinamik sistemin xüsusiyyətini xarakterizə edir.

Daxili və xarici mühitin temperaturları ölçülən kəmiyyət olduğu üçün qoruyucu konstruksiyalarda istilik proseslərinin amplitud-faza xarakteristikası fiziki məna daşıyır və konstruksiyanın istilik-texniki xarakteristikalarının təyin edilməsində istifadə edilə bilər. Amplitud-faza xarakteristikasını təyin edən zaman ötürücü funksiyada Laplas operatoru (S) $i\omega$ ilə əvəz edilə bilər. Qeyd etmək lazımdır ki, ω dəyişən kəmiyyət olub $-\infty$ - dan $+\infty$ -a qədər dəyişir.

§ 7.1 Harmonik təsirlərə dinamik sistemin reaksiyası.

Başlanğıc zaman anında xarici qoruyucu konstruksiyaların daxili səthində temperaturun maksimal qiymətə bərabər olduğunu qəbul etsək, onda daxili səthlərin temperaturasının harmonik rəqs-ləri kimi yazıla bilər

$$t(0, \tau) = A_{t(0)} \cdot e^{i\omega\tau} \quad (7.1)$$

Onda konstruksiyanın qalınlığı boyu temperatur sahəsi aşağıdakı kimi təyin edilə bilər:

$$\begin{aligned} t(x, \tau) &= g(x, \tau) * A_{t(0)} e^{i\omega\tau} = A_{t(0)} \int_0^{\tau} e^{i\omega(\tau-\tau_0)} g(x, \tau_0) d\tau_0 = \\ &= A_{t(0)} e^{i\omega\tau} \int_0^{\tau} e^{-i\omega\tau_0} g(x, \tau_0) d\tau_0 \end{aligned} \quad (7.2)$$

burada $g(x, \tau)$ - ötürücü funksiyanın orijinalıdır.

Fərz edək ki, $L\{g(x, \tau)\}$ inteqralı var.

Onda

$$\int_0^{\infty} e^{-i\omega\tau_0} g(x, \tau_0) d\tau_0 = G(x, i, \omega) \quad (7.3)$$

(7.3) ifadəsi $s = i\omega$ olduğu hal üçün Laplas çevirməsinin ifadəsidir.

(7.2) ifadəsini aşağıdakı kimi iki inteqralın cəmi şəklində yazaq:

$$\begin{aligned} t(x, \tau) &= A_{t(0)} e^{i\omega\tau} \left\{ \int_0^{\infty} e^{-i\omega\tau_0} g(x, \tau_0) d\tau_0 - \int_{\tau}^{\infty} e^{-i\omega\tau_0} g(x, \tau_0) d\tau_0 \right\} = \\ &= G(x, i\omega) e^{i\omega\tau} A_{t(0)} - e^{i\omega\tau} A_{t(0)} \int_{\tau}^{\infty} e^{-i\omega\tau_0} g(x, \tau_0) d\tau_0 \end{aligned} \quad (7.4)$$

$\tau \rightarrow \infty$ olduqda (7.4) ifadəsinin sağ tərəfindəki ikinci inteqral sıfıra yaxınlaşır. Buna görə də xarici qoruyucu konstruksiyalarda qərarlaşmış vəziyyət uzun müddətdən sonra baş verir və aşağıdakı kimi yazıla bilər.

$$t_{\omega}(x, \tau)_{\tau \rightarrow \infty} = G(x, i\omega) A_{t(0)} e^{i\omega\tau} \quad (7.5)$$

buradan

$$G(x, i\omega) = \frac{t_\omega(x, \tau)}{A_{t(0)} e^{i\omega\tau}} \quad (7.6)$$

(7.6) ifadəsi dinamik sistemlə amplitud – faza tezlik xarakteristikası adlanır.

$G(i\omega)$ funksiyanın vektor şəklində də göstərmək olar:

$$G(i\omega) = |G(i\omega)| e^{i\varphi(\omega)} \quad (7.7)$$

burada $G(i\omega) = |G(i\omega)|$ sistemin amplitud xarakteristikası, $\varphi(\omega)$ isə faza xarakteristikası adlanır.

Beləliklə

$$t(x, \tau) = |G(i\omega)| e^{i\varphi(\omega)} A_{t(0)} e^{i\omega\tau} = |G(i\omega)| A_{t(0)} e^{i(\omega\tau + \varphi)} \quad (7.8)$$

$G(i\omega)$ funsiyanı aşağıdakı şəkildə yazmaq:

$$G(x, \tau) = u(\omega) + iv(\omega) \quad (7.9)$$

burada $u(\omega), v(\omega)$ - $G(i\omega)$ funksiyanın müvafiq olaraq həqiqi və xəyali hissəsidir.

Onda

$$|G(i\omega)| = \sqrt{(u(\omega))^2 + (v(\omega))^2} \quad (7.10)$$

$$\varphi(\omega) = \arg G(i\omega) = \arctg \frac{v(\omega)}{u(\omega)}$$

Beləliklə,

$$t(x, \tau) = t(0, \tau) \sqrt{(u(\omega))^2 + (v(\omega))^2} e^{i(\omega\tau + \arctg[v(\omega)/u(\omega)])} \quad (7.11)$$

(7.11) ifadəsini trigonometrik şəkildə yazmaq:

$$t(x, \tau) = t(0, \tau) \sqrt{(u(\omega))^2 + (v(\omega))^2} \left\{ \cos \left[\omega\tau + \arctg \frac{v(\omega)}{u(\omega)} \right] + i \sin \left[\omega\tau + \arctg \frac{v(\omega)}{u(\omega)} \right] \right\} \quad (7.12)$$

Xarici qoruyucu konstruksiyaların daxili səthində temperaturun paylanması.

$$i(0, \tau) = t_0 \sin \omega \tau = \text{Im} t_0 e^{i\omega \tau} \quad (7.13)$$

olarsa, onda temperatur rəqsləri

$$i(x, \tau) = t_0 \sqrt{(u(\omega))^2 + (v(\omega))^2} \sin \left[\omega \tau + \text{arctg} \frac{v(\omega)}{u(\omega)} \right] \quad (7.14)$$

şəklində təyin edilə bilər.

Əgər

$$i(0, \tau) = t_0 \cos \omega \tau = \text{Re} t_0 e^{i\omega \tau} \quad (7.15)$$

olarsa, onda

$$i(x, \tau) = t_0 \sqrt{(u(\omega))^2 + (v(\omega))^2} \cos \left[\omega \tau + \text{arctg} \frac{v(\omega)}{u(\omega)} \right] \quad (7.16)$$

burada ω - dairəvi tezliyin dəyişməsidir.

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} \quad (7.17)$$

f - tezlik, T - temperaturun dəyişmə dövrüdür.

Əgər dinamik sistemin tezlik xarakteristikası məlumdursa, onda həmin tezlik xarakteristikasından istifadə etməklə sistemin istənilən təsirə reaksiyasını təyin etmək olar. Bu onların qarşılıqlı əlaqələrinə əsasən mümkündür. Doğrudan da əgər təsir $f(\tau)$ funksiyası vasitəsilə verilibsə

$$\Phi \{f(\tau)\} = \int_0^{\infty} f(\tau) e^{-i\omega \tau} d\tau = f_{\Phi}(i\omega) \quad (7.18)$$

burada $f_{\Phi}(i\omega) - f(\tau)$ funksiyasının kompleks spektridir.

Qeyd etmək lazımdır ki, $f(\tau)$ funksiyası Dirixle şərtini ödəməlidir: $f(\tau)$ funksiyası hər bir sonlu intervalda məhduddur və

$$\int_{-\infty}^{\infty} |f(\tau)| d\tau < \infty$$

Fürye çevirməsi Laplas çevirməsinin xüsusi halı olduğu üçün $s = i\omega$ olar. Ona görə də əgər $G(s)$ ötürücü funksiyası məlumdursa, onda $\bar{i}(s)$ ilə $\bar{f}(s)$ arasında əlaqə aşağıdakı kimi olar:

$$\bar{i}(s) = G(s) \bar{f}(s) \quad (7.19)$$

Analoji olaraq

$$t_{\phi}(i\omega) = G(i\omega)f_{\phi}(i\omega) \quad (7.20)$$

yazmaq olar.

$G(i\omega) \cdot f_{\phi}(i\omega)$ - hasili $t(\tau)$ funksiyasının Fürye çevirməsidir. Tərs Fürye çevirməsinə görə $t(\tau)$ funksiyasını təyin edək.

$$t(\tau) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} t_{\phi}(i\omega) e^{i\omega\tau} d\omega \quad (7.21)$$

Adətən düz Fürye çevirməsinə görə funksiya aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$\Phi(i\omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} f(\tau) e^{-i\omega\tau} d\omega \quad (7.22)$$

Onda tərs Fürye çevirməsi aşağıdakı kimi olar:

$$f(\tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} \Phi(i\omega) e^{i\omega\tau} d\omega \quad (7.23)$$

§ 7.2. Ötürücü funksiyaların amplitud faza xarakteristikası

İstilikkeçirmənin diferensial tənliyini

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} \quad (7.24)$$

həll etmək üçün aşağıdakı başlanğıc və sərhəd şərtlərini qəbul edək.

$$t(x, 0) = 0$$

$$t(\infty, \tau) = 0, \quad -\lambda \frac{\partial t(x, \tau)}{\partial x} \Big|_{x=0} = q_0(\tau) \quad (7.25)$$

Laplas çevirməsinin xassələrinə əsasən (7.24) tənliyini və (7.25) başlanğıc və sərhəd şərtlərini aşağıdakı şəkildə yazmaq olar:

$$a \frac{d^2 \bar{t}(x, s)}{dx^2} - s \bar{t}(x, s) = 0 \quad (7.26)$$

$$\bar{t}(\infty, s) = 0, \quad -\lambda \frac{d\bar{t}(0, s)}{dx} = \bar{q}_0(s) \quad (7.27)$$

(7.26) tənliyinin ümumi həlli aşağıdakı şəkildə olar

$$\bar{i}(x,s) = c_1 e^{\sqrt{\frac{s}{a}}x} + c_2 e^{-\sqrt{\frac{s}{a}}x} \quad (7.28)$$

(7.27) və (7.28) tənliklərini birgə həll etsək, alarıq:

$$\bar{i}(x,s) = \bar{q}_0(s) \frac{1}{\lambda \sqrt{\frac{1}{a}} \sqrt{s}} e^{-\frac{x}{\sqrt{a}} \sqrt{s}} \quad (7.29)$$

burada $\frac{1}{\sqrt{s}} e^{-\frac{x}{\sqrt{a}} \sqrt{s}}$ - ötürücü funksiyadır.

$\frac{1}{\lambda \sqrt{\frac{1}{a}} \sqrt{s}}$ operatorunun amplitud – faza xarakteristikası aşağıdakı kimi olar.

$$G(i\omega) = \left[\frac{1}{\lambda \sqrt{\frac{1}{a}} \sqrt{s}} \right]_{s=i\omega} = \frac{1}{b\sqrt{i\omega}} = -\frac{1}{b\sqrt{\omega}} i\sqrt{i} \quad (7.30)$$

(7.30) ifadəsində aşağıdakıları nəzərə alsaq

$$i = e^{i\frac{\pi}{2}}; \quad -i = e^{-i\frac{\pi}{2}} \quad \text{və} \quad \sqrt{i} = e^{i(\frac{\pi}{4} + \pi k)}$$

yazarıq:

$$\begin{aligned} G(i\omega) &= \frac{1}{b\sqrt{\omega}} e^{-i\frac{\pi}{2}} e^{i(\frac{\pi}{4} + \pi k)} = \frac{1}{b\sqrt{\omega}} e^{-i(\frac{\pi}{4} + \pi k)} = \\ &= \begin{cases} \frac{1}{b\sqrt{\omega}} e^{-i\frac{\pi}{4}} = \frac{1}{b\sqrt{\omega}} \left(\cos \frac{\pi}{4} - i \sin \frac{\pi}{4} \right) = \frac{1}{b\sqrt{\omega}} \left(\frac{\sqrt{2}}{2} - i \frac{\sqrt{2}}{2} \right); k=0 \\ \frac{1}{b\sqrt{\omega}} e^{i\frac{3\pi}{4}} = \frac{1}{b\sqrt{\omega}} \left(\cos \frac{3\pi}{4} - i \sin \frac{3\pi}{4} \right) = \frac{1}{b\sqrt{\omega}} \left(-\frac{\sqrt{2}}{2} + i \frac{\sqrt{2}}{2} \right); k=1 \end{cases} \\ \text{mod } G(i\omega) &= \frac{1}{b\sqrt{\omega}}, k=0.1 \end{aligned}$$

$$\arg G(i\omega) = \varphi = \begin{cases} -\frac{\pi}{4}, & k=0 \\ \frac{3\pi}{4}, & k=1 \end{cases}$$

Bu ifadələr onu göstərir ki, kompleks müstəvidə amplitud faza xarakteristikasının qrafiki düz xətt olub sonsuzluqdan ω artımı ilə $\varphi = -\frac{\pi}{4}$ və $\varphi = \frac{3\pi}{4}$ bucaq mailliyi ilə həqiqi oxa yaxınlaşır

$G(i\omega)$ -in modulu isə tezliyin artmağı ilə əlaqədar sıfıra yaxınlaşır, faza bucağı isə ondan asılı olmur (şəkil 7.1)

Əgər konstruksiyanın səthinə daxil olan istilik sinusoidal qanunla dəyişərsə, yəni $q(0, \tau) = q_0 \sin \omega \tau$, onda həmin səthdəki temperatur uzun müddətdən sonra tezliyin azalması amplitudası ilə rəqs edəcək.

$$t(0, \tau) = q_0 \frac{1}{b\sqrt{\omega}} \sin \left(\omega \tau - \frac{1}{4} \pi \right) \quad (7.31)$$

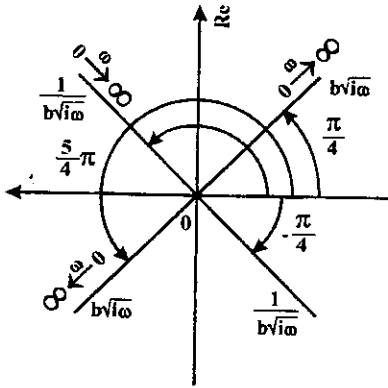
Tərs amplitud – faza xarakteristikasını təyin edək.

$$\begin{aligned} \frac{1}{G(i\omega)} &= [b\sqrt{s}]_{s=i\omega} = b\sqrt{\omega} \sqrt{i} = b\sqrt{\omega} e^{i\left(\frac{\pi}{4} + \pi k\right)} = \\ &= \begin{cases} b\sqrt{\omega} e^{i\frac{\pi}{4}} = b\sqrt{\omega} \left(\cos \frac{\pi}{4} + i \sin \frac{\pi}{4} \right) = b\sqrt{\omega} \left(\frac{\sqrt{2}}{2} + i \frac{\sqrt{2}}{2} \right); & k=0 \\ b\sqrt{\omega} e^{i\frac{3\pi}{4}} = b\sqrt{\omega} \left(\cos \frac{5\pi}{4} + i \sin \frac{5\pi}{4} \right) = b\sqrt{\omega} \left(-\frac{\sqrt{2}}{2} - i \frac{\sqrt{2}}{2} \right); & -k=1 \end{cases} \end{aligned}$$

$$\text{mod } G(i\omega) = b\sqrt{\omega}; k=0.1$$

$$\arg G(i\omega) = \varphi = \begin{cases} \frac{\pi}{4}; & k=0 \\ \frac{5\pi}{4}; & k=1 \end{cases}$$

Alınmış ifadələr onu göstərir ki, kompleks müstəvidə əks amplitud – faza xarakteristikasının qrafiki düz xətt olub koordinat



Şəkil 7.1.

Amplitud faza xarakteristikaları

amplitudaya malik olması üçün səthdəki temperaturunun amplitu-

dasının rəqsləri $\sqrt{\omega}$ qanunu üzrə dəyişən rəqs dəfə artsın $\frac{1}{\sqrt{s}}$

operatorunu yarıminteqrallayıcı, \sqrt{s} - i isə yarımiferensiyallayıcı adlandırmaq olar. İnteqrallayıcı operatorun amplitud-faza xarakteristikasını təyin edək:

$$G(i\omega) = \left[\frac{1}{s} \right]_{s=i\omega} = \frac{1}{i\omega} = -i \frac{1}{\omega} = \frac{1}{\omega} e^{-i\frac{\pi}{2}}$$

$$\text{mod} \frac{1}{i\omega} = \frac{1}{\omega}$$

$$\text{arg} \frac{1}{i\omega} = -\frac{\pi}{2}$$

Beləliklə inteqrallayıcı operatorun amplitud-faza xarakteristikası xəyali ox adlanır (şəkil 7.2a), mənfi xəyali yarımox $\omega > 0$, müsbət xəyali yarımox isə $\omega < 0$ uyğun gəlir.

Diferensiyallayıcı operatorun amplitud-faza xarakteristikası isə

$$\frac{1}{G(i\omega)} = [s]_{s=i\omega} = i\omega = \omega e^{i\frac{\pi}{2}}$$

$$\text{mod} i\omega = \omega$$

$$\text{arg} i\omega = \frac{\pi}{2}$$

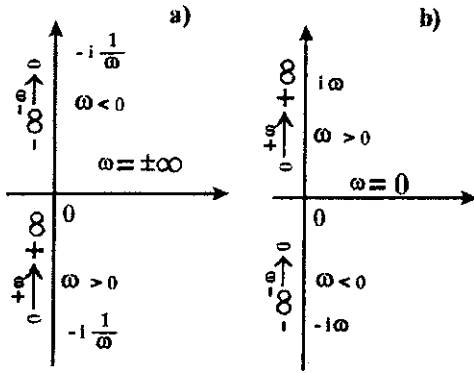
başlangıcından ω artımı ilə

$\varphi = \frac{\pi}{4}$ və $\varphi = \frac{5\pi}{4}$ müsbət bucaq

mailliyi ilə sonsuzluqda, həqiqi oxa yaxınlaşır (şəkil 7.1);

$\frac{1}{G(i\omega)}$ vektoru tezliyin artması

ilə əlaqədar qeyri-məhdud artır, $\omega = 0$ olduqda isə sıfıra bərabər olur. Odur ki, tezliyin artımı ilə əlaqədar konstruksiyanın səthinə daxil istiliyin prinsipinin böyük



Şəkil 7.2.

İntegrallayıcı və diferensiyallayıcı operatorun amplitud-faza xarakteristikaları

Diferensiyallayıcı operatorun amplitud faza xarakteristikası da inteqrallayıcı operatorunda olduğu kimi xəyali oxudur (şəkil 7.2b). İnteqrallayıcı operatorndan fərqli olaraq burada müsbət xəyali yarımx müsbət ω -ya, mənfi xəyali yarımx isə mənfi ω -ya uyğun gəlir. $\omega=0$ olduqda $i\omega$ vektoru sifra bərabər olur, $-i\frac{1}{\omega}$ vektoru isə

$\omega = \infty$ olduqda sifra bərabər olur.

$e^{-\frac{x}{\sqrt{a}}\sqrt{s}}$ operatorunun amplitud-faza xarakteristikasını təyin edək:

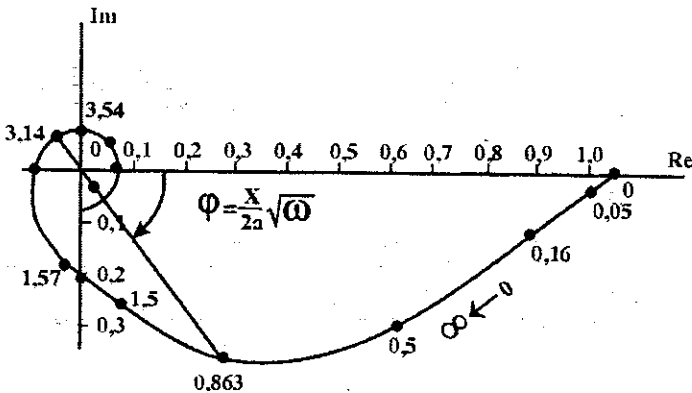
$$\begin{aligned}
 G(i\omega) &= \left[e^{-\frac{x}{\sqrt{a}}\sqrt{s}} \right]_{s=i\omega} = e^{-\frac{x}{\sqrt{a}}\sqrt{i\omega}} = e^{-\frac{x}{\sqrt{a}}\sqrt{\omega}\sqrt{i}} = \\
 &= e^{-\frac{x}{\sqrt{a}}\sqrt{\omega} \left[\cos\left(\frac{\pi}{4} + \pi k\right) + i \sin\left(\frac{\pi}{4} + \pi k\right) \right]} = e^{-\frac{x}{\sqrt{a}}\sqrt{\omega} \cos\left(\frac{\pi}{4} + \pi k\right)} \cdot \\
 &\cdot e^{-i\frac{x}{\sqrt{a}}\sqrt{\omega} \sin\left(\frac{\pi}{4} + \pi k\right)} = \\
 &= \begin{cases} e^{-\frac{x}{\sqrt{a}}\sqrt{\omega} \cos\frac{\pi}{4}} e^{-i\frac{x}{\sqrt{a}}\sqrt{\omega} \sin\frac{\pi}{4}} = e^{-\frac{x}{\sqrt{2a}}\sqrt{\omega}} e^{-i\frac{x}{\sqrt{2a}}\sqrt{\omega}} ; k=0 \\ e^{-\frac{x}{\sqrt{a}}\sqrt{\omega} \cos\frac{5\pi}{4}} e^{-i\frac{x}{\sqrt{a}}\sqrt{\omega} \sin\frac{5\pi}{4}} = e^{-\frac{x}{\sqrt{2a}}\sqrt{\omega}} e^{-i\frac{x}{\sqrt{2a}}\sqrt{\omega}} ; k=1 \end{cases} \\
 \text{mod } G(i\omega) &= \begin{cases} e^{-\frac{x}{\sqrt{2a}}\sqrt{\omega}} , k=0 \\ e^{\frac{x}{\sqrt{2a}}\sqrt{\omega}} , k=1 \end{cases}
 \end{aligned}$$

$$\varphi = \arg G(i\omega) = \begin{cases} -\frac{x}{\sqrt{2a}}\sqrt{\omega}, k=0 \\ \frac{x}{\sqrt{2a}}\sqrt{\omega}, k=1 \end{cases}$$

beləliklə, $e^{-\frac{x}{\sqrt{a}}\sqrt{s}}$ operatorunu nəzərə almaqla

$$e^{\pm \frac{x}{\sqrt{2a}}\sqrt{\omega}} \left(\cos \frac{x}{\sqrt{2a}}x \pm i \sin \frac{x}{\sqrt{2a}}x \right) - \text{amplitud - faza xarakteristikası}$$

stikası konstruksiyanın səthindəki temperaturun harmonik rəqsi ilə konstruksiyanın qalınlığı boyu temperaturunun rəqsi arasında əlaqə yaradır. Qeyd etmək lazımdır ki, $t(0, \tau)$ və $t(x, \tau)$ - fiziki nəzarət olunan və ölçülən kəmiyyətlərdir. Ona görə də real şəraitdə bu amplitud faza xarakteristikası $\omega = \infty$ olduqda koordinat başlanğıcından keçməlidir. Bu hal üçün amplitud - faza xarakteristikası $k=0$ üçün doğrudur. Amplitud-faza xarakteristikasının bu qrafiki kompleks müstəvidə əyri olub həqiqi və xəyali oxlarla çoxlu sayda kəsişir (şəkil 7.3). Belə ki, $\omega = 0$ olduqda $\text{mod} G(i\omega) = \pm 1$, $\omega \rightarrow \infty$ olduqda isə $\text{mod} G(i\omega) \rightarrow \infty$ olar.



Şəkil 7.3.

Ötürücü funksiyanın amplitud - faza xarakteristikası

Amplitud – faza xarakteristikası xəyali ox ilə kəsişdikdə tezlik (ω) aşağıdakı tənlikdən təyin edilir:

$$\cos \frac{x}{\sqrt{2a}} \sqrt{\omega} = 0$$

buradan

$$\frac{x}{\sqrt{2a}} \sqrt{\omega} = \frac{\pi}{2} + \pi k; \quad k = 0.1$$

$$\omega = \frac{2a}{x^2} \left(\frac{\pi}{2} + \pi k \right)^2$$

Həqiqi ox ilə kəsişdikdə isə

$$\sin \frac{x}{\sqrt{2a}} \sqrt{\omega} = 0$$

buradan

$$\frac{x}{\sqrt{2a}} \sqrt{\omega} = 2\pi k \quad k = 0.1$$

$$\omega = \frac{2a}{x} (2\pi k)^2$$

İstənilən zaman anında konstruksiyanın qalınlığı boyu temperaturunun ($t(x, \tau)$) konstruksiyanın səthinin harmonik qanunla dəyişən temperaturuna nisbəti tezlikdən asılı olan amplitud-faza xarakteristikasını ifadə edir. Qeyd etmək lazımdır ki, harmonik qanunla dəyişən konstruksiyanın səthinin temperaturunu aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$t(0, \tau) = A_{t(0)} e^{i\omega\tau}$$

Bu rəqsi proseslərin qərarlaşmış halına uyğundur. Əgər qərarlaşmış prosesi təyin etmək tələb olunarsa, onda aşağıdakı tənliyin həllinə baxmaq lazımdır.

$$\bar{t}(x, s) = \frac{A_{t(0)}}{s - i\omega} e^{-\frac{x}{\sqrt{2a}} \sqrt{s}} \quad (7.32)$$

burada

$$L^{-1} \left\{ \frac{A_{t(0)}}{s - i\omega} \right\} = A_{t(0)} e^{i\omega\tau}$$

(7.32) tənliyinin həlli aşağıdakı şəkildə yazıla bilər:

$$t(x, \tau) = \frac{A_{t(0)}}{2} e^{i\omega\tau} \left[e^{\frac{x}{\sqrt{2a}}\sqrt{\omega}} e^{i\frac{x}{\sqrt{2a}}\sqrt{\omega}} \operatorname{erfc} \left(\frac{x}{2\sqrt{a}} + \sqrt{\frac{\omega\tau}{2}} + i\sqrt{\frac{\omega\tau}{2}} \right) \right] +$$

$$+ \left[e^{-\frac{x}{\sqrt{2a}}\sqrt{\omega}} e^{-i\frac{x}{\sqrt{2a}}\sqrt{\omega}} \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{x}{2\sqrt{a}}} - \sqrt{\frac{\omega\tau}{2}} - j\sqrt{\frac{\omega\tau}{2}} \right) \right]$$

Nəzərə almaq lazımdır ki, $\operatorname{erfc} \infty = 0$ və $\operatorname{erfc} -\infty = 2$
 $\tau \rightarrow \infty$ olduqda

$$t(x, \tau) = A_{t(0)} e^{i\omega\tau} e^{\frac{x}{\sqrt{2a}}\sqrt{\omega}} e^{-i\frac{x}{\sqrt{2a}}\sqrt{\omega}} \quad (7.33)$$

alınar.

(7.33) tənliyindən alarıq.

$$\frac{t(x, \tau)}{A_{t(0)} e^{i\omega\tau}} = G(i\omega) = e^{-\frac{x}{\sqrt{2a}}\sqrt{\omega}} e^{-i\frac{x}{\sqrt{2a}}\sqrt{\omega}} =$$

$$= e^{-\frac{x}{2a}\sqrt{\omega}} \left(\cos \frac{x}{\sqrt{2a}}\sqrt{\omega} - i \sin \frac{x}{\sqrt{2a}}\sqrt{\omega} \right) \quad (7.34)$$

$t(x, \tau)$ və $t(0, \tau)$ arasındakı faza bucağı aşağıdakı kimi təyin edilir.

$$\varphi = \operatorname{arctg} \left(-\frac{x}{\sqrt{2a}}\sqrt{\omega} \right) \quad (7.35)$$

İndi isə $\frac{1}{b\sqrt{s}} e^{-\frac{x}{\sqrt{a}}\sqrt{s}}$ ötürücü funksiyanın amplitud-faza xarakteristikasına baxaq:

$$G(i\omega) = \left[\frac{1}{b\sqrt{s}} e^{-\frac{x}{\sqrt{a}}\sqrt{s}} \right]_{s=i\omega} = \begin{cases} \frac{e^{-\frac{x}{\sqrt{2a}}\sqrt{\omega}}}{b\sqrt{\omega}} e^{-i\left(\frac{\pi}{4} + \frac{x}{\sqrt{2a}}\sqrt{\omega}\right)}; & k=0 \\ \frac{e^{-\frac{x}{\sqrt{2a}}\sqrt{\omega}}}{b\sqrt{\omega}} e^{i\left(\frac{\pi}{4} + \frac{x}{\sqrt{2a}}\sqrt{\omega}\right)}; & k=1 \end{cases}$$

$$\text{mod } G(i\omega) = \frac{e^{-\frac{x}{\sqrt{2a}}\sqrt{\omega}}}{b\sqrt{\omega}}; k=0,1$$

$$\varphi(\omega) = \arg G(i\omega) = \begin{cases} -\left(\frac{1}{4}\pi - \frac{x}{\sqrt{2a}}\sqrt{\omega}\right) \\ \left(\frac{3}{4}\pi - \frac{x}{\sqrt{2a}}\sqrt{\omega}\right) \end{cases}$$

ω artdıqca $G(i\omega)$ -in modulu sıfıra yaxınlaşır.

Əgər konstruksiyanın səthinə $q(\tau) = q_0 \sin \omega \tau$ istilik seli daxil olarsa, onda uzun müddətdən sonra konstruksiyanın qalınlığı boyu temperatur rəqsləri qərarlaşar:

$$t(x, \tau) = q_0 \frac{e^{-\frac{x}{\sqrt{2a}}\sqrt{\omega}}}{b\sqrt{\omega}} \sin \left[\omega \tau - \left(\frac{1}{4}\pi - \frac{x}{\sqrt{2a}}\sqrt{\omega} \right) \right] \quad (7.36)$$

Əgər $\frac{1}{b\sqrt{s}}$ və $e^{-\frac{x}{\sqrt{2a}}\sqrt{s}}$ operatorlarının amplitud – faza xarak-

teristikalarının qrafiki qurulubsa, onda $\frac{1}{b\sqrt{s}} e^{-\frac{x}{\sqrt{2a}}\sqrt{s}}$ operatorunun

amplitud-faza xarakteristikasına qrafikini qurmaq olar. Bunun üçün müvafiq vektorların modullarını bir-birinə vurmaq, arqumentlərini isə toplamaq lazımdır.

§ 7.3 Amplitud – faza xarakteristikası vasitəsilə temperatur-keçirmə əmsalının təyini

Əgər konstruksiyanın daxili səthində temperatur $t(0, \tau) = t_0 \cos \omega \tau$ qanunu ilə dəyişərsə və konstruksiyanın en kəsiyindən istiliyin köçürülməsi istilikkeçirmə tənliyi ilə ifadə olunsaydı, onda konstruksiyanın qalınlığı boyu temperatur rəqslərini aşağıdakı şəkildə yazmaq olar:

$$t(x, \tau) = \operatorname{Re} t_0 e^{i\omega \tau} G(i\omega) \quad (7.37)$$

burada Re – həqiqi hissədir

$$G(i\omega) = e^{-\frac{x}{\sqrt{2a}} \sqrt{\omega}} e^{-i \frac{x}{\sqrt{2a}} \sqrt{\omega}} \quad (7.38)$$

Həqiqi hissəni ayırsaq, alırıq:

$$t(x, \tau) = t_0 e^{-\frac{x}{\sqrt{2a}} \sqrt{\omega}} \cos \left(\omega \tau - \frac{x}{\sqrt{2a}} \sqrt{\omega} \right) \quad (7.39)$$

Konstruksiyanın temperatur keçirmə əmsalının təyin etmək üçün $t(0, \tau)$ temperaturunu və qeyd edilmiş tezlikdə x kəsiyində $t(x, \tau)$ temperaturunun amplitud qiymətinə, həmçinin faza bucağını

ni $\left(\varphi = \frac{x}{\sqrt{2a}} \sqrt{\omega} \right)$ ölçmək lazımdır.

Deməli

$$a = \frac{x^2}{2\varphi^2} \omega = \frac{x^2}{\varphi^2} \pi f = \frac{x^2}{\varphi^2} \frac{\pi}{T} \quad (7.40)$$

burada $\omega = 2\pi f$, $f = \frac{1}{T}$, T - temperaturun dəyişmə dövrüdür.

$t(0, \tau)$ və $t(x, \tau)$ kəmiyyətlərini ölçmək üçün termoqramlardan istifadə etmək olar.

FƏSİL VIII. XARİCİ QORUYUCU KONSTRUKSIYALARDA İSTİLİKKÜTLƏ MÜBADİLƏSİ PROSESLƏRİNİN MƏQSƏDYÖNLÜ İDARƏ OLUNMASI

Mikroiqlimi təmin edən sistemlərdə yanacaq-enerji resurslarına qənaət edilməsi problemləri xarici qoruyucu konstruksiyaların istismarı zamanı xarici havanın təsirini nəzərə almaqla xarici qoruyucu konstruksiyalarda istilik-kütlə mübadiləsi proseslərinin məqsədyönlü idarə olunması məsələlərinin həllini tələb edir.

Bununla əlaqədar olaraq bu fəsildə xarici qoruyucu konstruksiyalarda istilik prosesləri üçün bəzi psevdo tərs məsələlərə baxaq.

§8.1. Xarici qoruyucu konstruksiyalarda istilik prosesləri üçün psevdo tərs məsələlər

Hal-hazırda tikilən bina və qurğuların get-gedə həcmi artığından, orada istifadə edilən mikroiqlimi təmin edən sistemlərə sərf edilən enerjinin xüsusi çəkisi artır. Bu isə öz növbəsində ölkənin yanacaq-enerji balansına təsir edir. Bununla əlaqədar olaraq mikroiqlimi təmin edən sistemlərdə enerji xərclərinin azaldılması aktual və perspektiv məsələlərdən biridir. Daxili və xarici qeyri-stasionar iqlim parametrlərinin təsirindən istilik-kütlə mübadiləsi proseslərinin baş verdiyi xarici qoruyucu konstruksiyalar mikroiqlimi təmin edən sistemlərin əsas enerji tənzimləyici elementidir.

Xarici qoruyucu inşaat konstruksiyaların istilikötürməsi kənar şərtləri ödəyən istilikkeçirmənin diferensial tənliyinin həlli ilə təyin edilir.

Bu zaman aşağıdakı məsələləri həll etmək olar:

Düz məsələlər. Daxili və xarici havanın temperaturundan asılı olaraq temperatur və istilik seli sahələrinin təyini.

Psevdo tərs məsələlər konstruksiyanın en kəsiyi boyunca və həmçinin xarici qoruyucu konstruksiyanın daxili səthində lazım olan temperaturu təmin edən daxili mühitin temperaturunun dəyişmə qanunauyğunluğunun təyini.

Tərs məsələlər. İstilik proseslərini xarakterizə edən istilikkeçirmə, istilik mübadilə əmsallarının və s. təyini.

Xarici qoruyucu konstruksiyalarda psevdo tərs məsələləri həll etməklə enerji sərfələrini xeyli azaltmaq olar.

§8.2. Daxili mühit temperaturunun təyin edilməsi

Yuxarıda qeyd edilidiyi kimi xarici qoruyucu konstruksiyaların daxili səthində lazım olan temperaturu təmin etməklə daxili mühitin təyin edilmiş temperaturu ilə yanacaq-enerji sərfələrini azaltmaq olar. Qoruyucu konstruksiyaların daxili səthində lazım olan temperaturu mikroiklimi təmin edən sistemlərlə, xüsusən də isitmə sistemləri vasitəsilə əldə etmək olar.

(4.78) tənliyindən psevdo tərs məsələ üçün lazım olan $\bar{t}_d(s)$ təyin edək.

$$\bar{t}_d(s) = \left[1 + \frac{\lambda^2 \frac{s}{a} \delta - \alpha_2 \frac{\lambda}{2b} \delta + \alpha_2 \lambda \left(1 + \frac{k^2 \delta^2}{2} \right)}{\alpha_1 \frac{\lambda}{2b} \delta + \alpha_1 \lambda \left(1 + \frac{k^2 \delta^2}{2} \right) + \alpha_1 \alpha_2 \delta} \right] \bar{t}(0, s) -$$

$$\frac{-\bar{t}_x(s) \alpha_2 \lambda \left(1 - \frac{\delta}{2b} \right)}{\alpha_1 \frac{\lambda}{2b} \delta + \alpha_1 \lambda \left(1 + \frac{k^2 \delta^2}{2} \right) + \alpha_1 \alpha_2 \delta}$$

$$- 2 p_x q_x \frac{\lambda \left(1 - \frac{\delta}{2b} \right) \left\{ \begin{array}{l} -\frac{\beta}{s} + \frac{s}{s^2 + \omega^2}, s_1 \leq s \leq s_2 \\ 0, s < s_1, s > s_2 \end{array} \right.}{\alpha_1 \frac{\lambda}{2b} \delta + \alpha_1 \lambda \left(1 + \frac{k^2 \delta^2}{2} \right) + \alpha_1 \alpha_2 \delta}$$
(8.1)

Psevdo tərs məsələsinin şərtinə görə

$$t(0, \tau) = t_0 = const \quad (8.2)$$

olmalıdır.

Onda

$$\bar{t}(0,s) = t_0 \cdot \frac{1}{s} \quad (8.3)$$

(8.3) ifadəsini (8.1) tənliyində nəzərə alsaq yazarıq:

$$\bar{t}(s) = t_0 \left\{ \frac{1}{s} + \frac{\left(\lambda^2 \frac{\delta}{a} + \alpha_2 \lambda \frac{\delta^2}{2a} \right) s + \alpha_2 \lambda \left(1 + \frac{k^2 \delta^2}{2} \right) - \alpha_2 \lambda \frac{\delta}{2b}}{\left(\alpha_1 \lambda \frac{\delta^2}{2a} s + \alpha_1 \frac{\lambda}{2b} \delta + \alpha_1 \lambda \left(1 + \frac{k^2 \delta^2}{2} \right) + \alpha_1 \alpha_2 \delta \right) s} \right\} - \frac{\alpha_2 \lambda \left(1 - \frac{\delta}{2b} \right)}{\alpha_1 \lambda \frac{\delta^2}{2a} s + \alpha_1 \frac{\lambda}{2b} \delta + \alpha_1 \lambda \left(1 + \frac{k^2 \delta^2}{2} \right) + \alpha_1 \alpha_2 \delta} - 2 p_x q_x \frac{\lambda \left(1 - \frac{\delta}{2b} \right) \begin{cases} -\frac{\beta}{s} + \frac{s}{s^2 + \omega^2}, & s_1 \leq s \leq s_2 \\ 0 & s < s_1, \quad s > s_2 \end{cases}}{\alpha_1 \lambda \frac{\delta^2}{2a} s + \alpha_1 \frac{\lambda}{2b} \delta + \alpha_1 \lambda \left(1 + \frac{k^2 \delta^2}{2} \right) + \alpha_1 \alpha_2 \delta} \quad (8.4)$$

$$t_x(\tau) = t_x^{or} + A_{t_x} \sin \omega \tau \quad \text{olduqda}$$

$$\bar{t}_x(s) = \frac{t_x^{or}}{s} + \frac{A_{t_x} \omega}{\omega^2 + s^2} \quad (8.5)$$

olar.

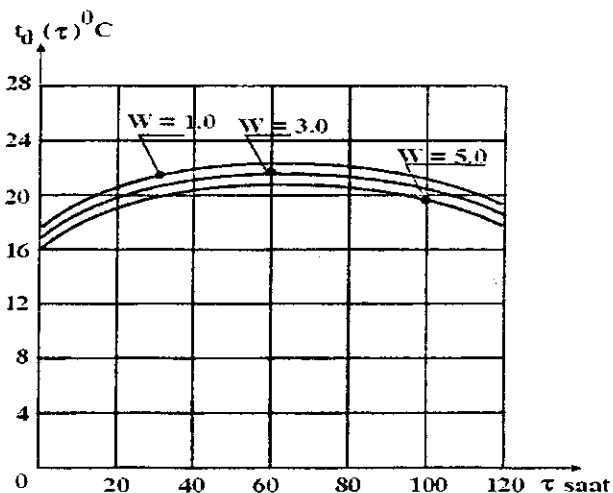
(8.5) ifadəsini (8.4) tənliyində nəzərə alıb, orijinala keçsək, alarıq:

$$t_d(\tau) = \left[t_d(0) - \frac{B}{A} - \frac{AC - k\omega}{A^2 + \omega^2} \right] e^{-A\tau} + \frac{B}{A} + \frac{AC - k\omega}{A^2 + \omega^2} \cos \omega \tau + \frac{\omega + AK}{A^2 + \omega^2} \sin \omega \tau \quad (8.6)$$

burada

$$\begin{aligned}
 A &= \left(1 + \frac{\delta}{2a} + \frac{\delta^2}{8b^2} + \alpha_2 \frac{\delta}{\lambda} \right) \frac{2a}{\delta^2} \\
 B &= \frac{\lambda(\alpha_1 + \alpha_2) \left(1 + \frac{\delta^2}{8b^2} \right) + \lambda(\alpha_1 - \alpha_2) \frac{\delta}{2a} + \alpha_1 \alpha_2 \delta}{\alpha_1 \lambda \frac{\delta^2}{2a}} t_0 - \\
 &\quad - \frac{\alpha_2 \left(1 - \frac{\delta}{2b} \right)}{\alpha_1 \frac{\delta^2}{2a}} t_x^{or} + 2 p_x q_x \frac{\beta \left(1 - \frac{\delta}{2a} \right)}{\alpha_1 \frac{\delta^2}{2a}} \\
 C &= - \frac{2 \rho_H q_H \left(1 - \frac{\delta}{2a} \right)}{\alpha_1 \frac{\delta^2}{2a}} \\
 K &= - \frac{\alpha_2 \left(1 - \frac{\delta}{2a} \right)}{\alpha_1 \frac{\delta^2}{2a}} A_{t_H}
 \end{aligned} \tag{8.7}$$

(8.6) tənliyinə əsasən daxili havanın temperaturunun dəyişmə qanunauyğunluğunu şəkil 8.1-də verək. Şəkil 8.1-dən görüldüyü kimi, alınmış nəticənin analizi göstərir ki, daxili havanın temperaturu $\tau=0$ -dan $\tau=60$ saata qədər yavaş sürətlə qızır, $\tau=60$ saatdan $\tau=120$ saata qədər isə əksinə soyuyur. Daxili havanın temperaturu $W=1,0 \text{ kq/m}^2$ saat olduqda 18°C -dən $19,5^\circ\text{C}$ -ə qədər, $W=3,0 \text{ kq/m}^2$ saat olduqda $18,5^\circ\text{C}$ -dən 20°C -ə qədər, $W=5,0 \text{ kq/m}^2$ saat olduqda isə $19,5^\circ\text{C}$ -dən 21°C -ə qədər dəyişir. Bu zaman otağın temperaturunun sutkalıq rəqsi 1,5-dən çox olmur. Daxili mühitin temperaturu ilə konstruksiyanın daxili səthinin temperaturları arasındakı fərq minimum olub 2°C -dən çox olmur.



Şəkil 8.1.

Kəskin soyuma zamanı xarici havanın infiltrasiyasını nəzərə almaqla daxili havanın temperaturunun dəyişmə qanunauyğunluğu

Xarici soyuq havanın infiltrasiyası artdıqca qoruyucu konstruksiyanın daxili səthində temperatur aşağı düşür, xarici səthində isə əksinə yüksəlir. Alınmış nəticənin analizi göstərir ki, $w > 3$ kq/m^2 saat olduqda normativ temperatur düşgüsü pozulur.

§8.3. Birtərəfli qızma və ya soyumada istilik itkilərinin təyin edilməsi

Mikroiqlimi təmin edən sistemlərin hesabı zamanı xarici qoruyucu konstruksiyalarda birtərəfli qızma və ya soyumada istilik itkilərinin təyini mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

(4.98) tənliyində $\xi=0$ qəbul edib psevdo tərs məsələ üçün lazım olan $\frac{\psi_0}{s} - i$ təyin edək

$$\frac{\psi_0}{s} = \bar{\varphi}(0, s) \frac{\beta + \left(1 + \frac{\beta}{2}\right)s}{1 + \beta + \frac{1}{2}s} - \bar{\varphi}_x(s) \frac{\beta}{1 + \beta + \frac{1}{2}s} \quad (8.8)$$

Psevdo tərs məsələsinin şərtinə görə

$$\varphi(0, F_0) = \varphi_0 = \text{const} \quad (8.9)$$

olmalıdır.

Onda

$$\bar{\varphi}(0, s) = \varphi_0 \cdot \frac{1}{s} \quad (8.10)$$

(8.10) ifadəsini (8.8) tənliyində nəzərə alaq

$$\frac{\psi_0}{s} = \varphi_0(0, s) \frac{\beta + \left(1 + \frac{\beta}{2}\right)s}{s \left(1 + \beta + \frac{1}{2}s\right)} - \bar{\varphi}_x(s) \frac{\beta}{1 + \beta + \frac{1}{2}s} \quad (8.11)$$

$$\varphi_x(F_0) = \varphi_{x,i} + \varphi_{A_{ix}} \sin \frac{2\pi}{F_0^1} \cdot F_0 \quad \text{olduqda}$$

$$\bar{\varphi}_x(s) = \frac{\varphi_{x,i}}{s} + \varphi_{A_{ix}} \frac{\frac{2\pi}{F_0^1}}{\left(\frac{2\pi}{F_0^1}\right)^2 + s^2} \quad (8.12)$$

olar.

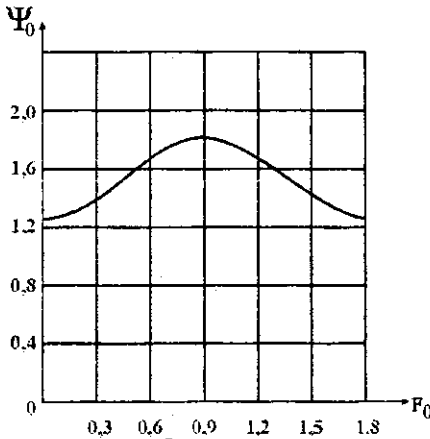
(8.12) ifadəsini (8.11) tənliyində nəzərə alsaq kəskin soyuma dövrün dəxarici divar konstkruksiyanının daxili səthindən istiliyin miqdarını təyin etmək olar. Alınmış nəticələr şəkil 8.2-də verilmişdir. Həmin nəticəyə görə məhəllədə yerləşən hər-hansı bir binanın isitmə sistemlərində qəza baş verdikdə istilik mərkəzində istilik daşıyıcısının verilməsinin hansı müddətə dayandırılmasını təyin etmək olar. (8.12) ifadəsini (8.11) tənliyində nəzərə alaq və orijinala keçək.

$$\psi_0 = \varphi_0 \left[\frac{\beta}{1 + \beta} - \left(\frac{\beta}{\beta + 1} - \beta - 2 \right) e^{-2(1+\beta)F_0} \right] -$$

$$\begin{aligned}
& -\varphi_{x,i} \left[\frac{\beta}{1+\beta} - \frac{1}{2(1+\beta)} e^{-2(1+\beta)F_0} \right] - \varphi_{A_i} \left[\frac{\frac{4\pi}{F_0} \beta}{\left(\frac{2\pi}{F_0^1} \right)^2 + (1+\beta)^2} + \right. \\
& \left. + 4 \frac{(1+\beta) \sin \frac{2\pi}{F_0^1} \cdot F_0 - \frac{1}{2} \frac{2\pi}{F_0^1} \cos \frac{2\pi}{F_0^1} \cdot F_0}{\left(\frac{2\pi}{F_0^1} \right)^2 + 4(1+\beta)^2} \right]
\end{aligned}
\tag{8.13}$$

(8.13) ifadəsi kəskin soyuma dövründə xarici divan konstruksiyasının daxili səthindən itən istiliyin miqdarını təyin etməyə imkan verir.

Bakı şəhərində kəskin soyuma dövründə keramzit betonundan ibarət olan xarici divar konstruksiyasının daxili səthindən itən istiliyin miqdarı (8.13) ifadəsi ilə hesablanmış və nəticələri şəkil 8.2-də verilmişdir.



Şəkil 8.2.

Kəskin soyuma zamanı istilik itkilərinin dəyişmə qanunauyğunluqları

Şəkil 8.2-dən görünüyü kimi $F_0=0,774$ olduqda konstruksiyanın daxili səthindən itən istiliyin miqdarı maksimal qiymətə malik olur. Zaman keçdikcə konstruksiyasını daxili səthindən itən istiliyin miqdarı əvvəlcə yavaş təpələnir və $F_0=0,774$ -dən $F_0=1,548$ -ə qədər həmin istilik azalır.

Alınmış ifadə həmçinin istilik generasiya qurğularına verilən yanacaq sərfinin tənzimlənməsi üçün böyük əhəmiyyət kəsb edir.

FƏSİL IX. BİNA VƏ QURĞULARIN İSTİLİK EFFEKTİVLİYİNİN OPTİMALLAŞDIRILMASI

XX əsrin 70-ci illərində dünyada baş verən energetika böhranı, bina və qurğularda istiliyin effektiv istifadə olunması üçün tikişlərdə yeni elmi-eksperimental istiqamətin yaranmasını tələb edirdi. Belə ki, otaqların daxilində istilik komfortunu təmin etmək üçün bina və qurğuların istilik effektivliyini optimallaşdırmaq lazımdır.

Həmçinin, son illər texnoloji təyinatlı müxtəlif tipli binaların tikilməsinin həcmi xeyli artmışdır. Praktika göstərir ki, istismar zamanı bina və qurğularda mikroiklimi təmin edən sistemlərə sərf olunan istilik gücü layihədə göstərilən istilik gücündən çoxdur. Bunun səbəbləri aşağıdakılardan ibarətdir:

1) Hal-hazırda istifadə olunan «İN və Q»-a görə divar konstruksiyasının hesablanmış istilikötürmə müqaviməti istənilən iqlim zonası üçün eyni xüsusi istilik itkisi (52 vt/m^2) olmasına səbəb olur.

2) Xarici divar konstruksiyaları kərpicdən, əhəng daşından və s. olan bina və qurğularda inşaat işlərinin aşağı keyfiyyətdə aparılması istilik itkilərinin çoxalmasına səbəb olur.

3) Xarici divar konstruksiyaları beton panellərdən ibarət olan bina və qurğuların faktiki istilik itkisi layihədə göstərilən istilik itkisindən çoxdur. Bu onunla əlaqədardır ki, həmin beton panellər hazırlanarkən materialın lazım olan sıxlığı və normativ nəmliyi təmin olunmur. Şlak-betonundan, keramzit betonundan və yüngül məsaməli betonlardan hazırlanmış panellərdə istilikötürmə müqavimətinin faktiki qiyməti azalmış olur. Bu isə həmin konstruksiyalardan ibarət olan xarici divarların ayrı-ayrı hissələrin nəmlənməsinə səbəb olur.

4) Panelin əsas massivinə müqavimətin yüksək olması, qabırğalarının olması və intensiv istilikkeçirən elementlərinin olması effektiv üçqat paneldən olan xarici divar konstruksiyasında hesabata istilikötürmə müqavimətinin 1,5 dəfə azalmasına səbəb olur.

5) İstilik izolyasiya materialının panelin en kəsiyinin müxtəlif yerlərində düzgün yerləşdirilməməsi nəticəsində istilikötürmə müqaviməti 35% azala bilər.

6) Xarici panel divar konstruksiyalarının birləşmə yerlərinin düzgün quraşdırılması nəticəsində bina və qurğulara infiltrasiya nəticəsində xarici soyuq hava daxil olur. Bu zaman xarici soyuq havanın qızmasına sərf olunan istilik sərfi artır.

7) Pəncərənin havakeçirməsinin artması binanın istilik itkisinin çoxalmasına səbəb olur.

8) Materialın nəm olması və istismar nəmliyinin yığılması nəticəsində çardaqsız örtük konstruksiyalarının istilik mühafizə keyfiyyəti nəzərə çarpacaq dərəcədə aşağı düşür.

§9.1. Təcrübə qurğusu və təcrübənin aparılma üsulu

Otaqlarda mikroiqlim yaradarkən yanacaq resurslarından rəşional istifadə olunması problemi müasir inşaat tikintisinin əsasını təşkil edir. Bu problemin həlli ümumilikdə isitmə, ventilyasiya, kondisioner sistemlərinin optimal təmzirləmə üsulundan asılıdır. Qeyd etmək lazımdır ki, xarici iqlim göstəriciləri öz təbiətinə görə təsadüfi xarakter daşıyır. Xarici qoruyucu konstruksiyaların layihələşdirilməsi zamanı onun istilik mühafizə xüsusiyyətinin və uzunömürlülüynün təmin olunması məqsədilə aşağıdakı iqlim göstəricilərinin birgə təsirini nəzərə almaq lazımdır.

- Xarici havanın temperaturu, küləyin istiqaməti və sürəti. Bunlar ilin qış dövründə otaqlardan itən istiliyin kəskin artmasına səbəb olur.

Xarici havanın temperaturu, nisbi nəmliyi, küləyin sürəti və istiqaməti, istilik itkisinin miqdarı:

- Atmosfer çöküntüsünün intensivliyi, küləyin istiqaməti və sürəti;

- Xarici havanın temperaturu, günəş radiasiyasının intensivliyi, küləyin istiqaməti və sürəti, atmosfer çöküntüləri;

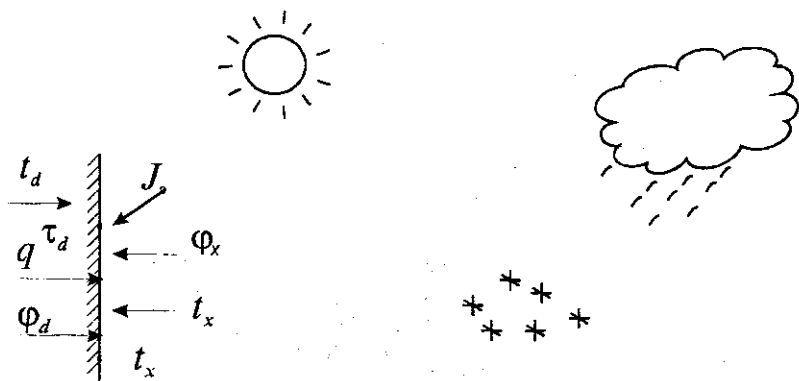
- Xarici havanın temperaturu, küləyin istiqaməti və sürəti, günəş radiasiyasının maksimal qiyməti.

Xarici qoruyucu konstruksiyaların istilik rejimlərinə iqlim parametrlərinin birgə təsirini kəmiyyət və keyfiyyətə qiymətləndirilməsi üçün eksperiment tədqiqatı apararaq. Konduktiv istilik itkisinin iqlim parametrlərindən asılılığını təyin etmək üçün aparılan eksperimental tədqiqata aşağıdakılar daxildir:

1) Hər bir cəhətə görə xarici iqlim parametrlərinin (temperatur, nəmlik, küləyin sürəti, günəş radiasiyası) təsirini nəzərə almaqla konduktiv istilik itkisinin (q) dəyişmə qanunauyğunluğunu müəyyən etmək;

2) Eksperiment üsulunu müəyyənləşdirmək

Bunun üçün hər bir binada ilin isti və soyuq dövrlərində beş gün ərzində natur ölçmələr aparmaq lazımdır. Bu zaman hər bir saatdan bir otaqların daxilində havanın temperaturunun və nəmliyinin, konstruksiyanın daxili və xarici səhətlərindəki temperaturlarının, cəhəti nəzərə almaqla qoruyucu konstruksiyadan itən istilik itkisinin, miqdarının, xarici havanın temperaturunun, nisbi nəmliyinin, günəş radiasiyasının və küləyin sürətinin ölçülməsini aparmaq lazımdır.



Qoruyucu konstruksiyaların istilik rejimini təmin edən iqlim göstəriciləri.

Cəhətləri nəzərə almaqla binanın bir neçə otaqlarında iqlim parametrlərinin ölçülməsini aparmaq lazımdır. İlin qış və yay dövrlərində cəhətdən asılı olaraq binaların otaqlarının seçilməsi böyük əhəmiyyət kəsb edir. İlin qış dövründə günəş şüalarının təsirini nəzərə aldıqda ölçmələrin qışın axırında aparılması vacibdir. Ölçmələri eyni vaxtda şimal, qərb, cənub və şərq cəhətlərində aparmaq lazımdır.

Həmçinin nəzərə almaq lazımdır ki, bina və qurğuların yuxarı mərtəbələri aşağı mərtəbələrə nisbətən çox qızır. Ölçmə nöqtələrini şaquli xətt üzrə müxtəlif mərtəbələrdə yerləşdirmək lazımdır.

Ölçmələr üçün aşağıdakı cihazlardan istifadə oluna bilər:

- havanın temperatur və nəmliyini ölçmək üçün Assman psixometri; termoqraf, qiqroqraf;

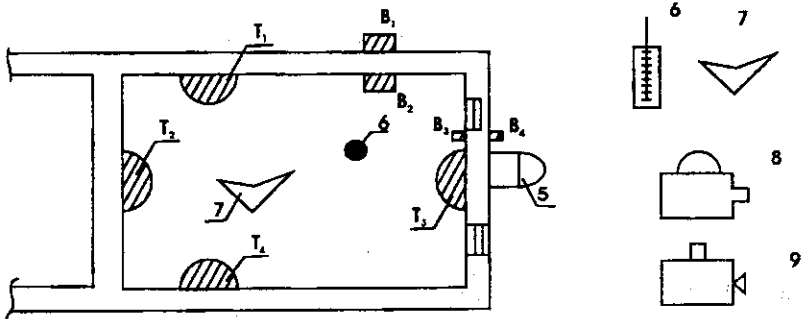
- konstruksiyanın daxili və xarici səthlərindəki temperaturu ölçmək üçün termoelektrik cihazı (pirometr); Pirometr əsasən termocüt və ona birləşdirilmiş elektrik ölçü cihazlarından ibarətdir.

- küləyin sürətini ölçmək üçün qanadlı anemometr;

- istilik itkisini ölçmək üçün – istilik ölçüsü cihazı.

Havanın temperaturunu ölçmək üçün uzunluğu 15 m və diametri 0,5 – 0,52 mm olan xromel-kopel termocütü olan vericidən (datçik) istifadə olunur. Termocütler çeviricilər vasitəsilə avtomatik olmayan ПП-63 tipli potensiometrə birləşdirilir.

Qoruyucu konstruksiyaların səthlərindəki temperaturları ölçmək üçün temperatur vericisini (datçiki) döşəmədən 150 sm hündürlükdə yerləşdirmək lazımdır.



Şəkil 9.1.

Qoruyucu konstruksiyalara təsir edən iqlim parametrlərinin nəzarət olunma sxemi

- B1, B2, B3 B4 – istilikverici cihazı
- 5 – pironometr cihazı
- 6 – termometr
- 7 – Assman psixometri
- 8 – tereoqraf
- 9 – qiqroqraf

Teriociütlər vasitəsilə səthlərdəki temperaturların ölçülməsi prinsipi iki yerində lehim olan və iki müxtəlif metaldan hazırlanmış iki keçiricidən ibarət olan zəncirə əsaslanır. Lehimlər müxtəlif temperaturlara malik olurlar və birinci temperaturu bilməklə ikincisini təyin etmək olar.

İstilik selinin qiymətini təyin etmək üçün istifadə olunan termotranzitorer cihazı gips və plastilin vasitəsilə qoruyucu konstruksiyanın səthlərinə bərkidilir.

Ölçülmə nəticəsində istilik miqdarının alınan ilkin qiymətlərini təhlili etmək üçün aşağıdakı düsturlardan istifadə edilə bilər.

$$R = \frac{\Delta\tau}{Q^I} - (R^I + R^{II}), \quad m^2 \text{ } ^\circ C / vt \quad (9.1)$$

burada R - konstruksiyanın istilikötürməyə qarşı müqavimətin Q^I - istilik selinin ölçülən qiyməti; $\Delta t = t_b - t_x$ - daxili və xarici havanın temperaturlar fərqi, $\Delta\tau = \tau_b - \tau_h$ - qoruyucu konstruksiyanın daxili və xarici səthlərindəki temperaturlar fərqi, R^I - termotranzitorer cihazının istilik müqaviməti, R^{II} - termotranzitor cihazı ilə qoruyucu konstruksiya arasında qalan hava qatının istilik müqavimət olub $R^{II}=0,05, m^2 \text{ oc/Bt}$ qəbul edilir.

Tədqiq olunan qoruyucu konstruksiyadan keçən istilik selinin qiyməti aşağıdakı düsturla təyin edilə bilər.

$$Q = \frac{\Delta\tau}{R} \quad (9.2)$$

İstilik selinə nəzarət olunan vaxt və müddət temperatur ölçülərindəki vaxt və müddətdən az olmalıdır.

Havanın nəmliyini ölçmək üçün istifadə olunan Assman psixometrini yerin səthindən 150 sm hündürlükdə yerləşdirmək lazımdır.

Günəş radiasiyasının qiymətini ölçmək üçün istifadə olunan pironometr cihazı xarici konstruksiyanın səthində elə yerləşdirilir ki, cihazı qəbul edən səthi qoruyucu konstruksiyanın səthinə paralel olsun. Pironometr çardağın çıxıntısı ilə, karnizlə və yaxınlıqdakı ağaclarla kölgələnməməlidir. Pironometr cihazı öz-özünə yazan potensiometrə birləşdirilir.

Küləyin sürətini ölçmək üçün finçanlı anemometrədən, istiqamətini təyin etməkdən ötrü isə vumpeldən istifadə olunur.

Küləyin sürətini və istiqamətini açıq yerdə və yer səthindən 2m hündürlükdə təyin etmək lazımdır.

§9.2. Qoruyucu konstruksiyaların istilik rejimlərinə xarici iqlim parametrlərinin təsirinin optimal nəzərə alınmasının mühəndis metodu.

Bina və qurğuların ümumi faydalı inşaat sahələrini və mərtəbə hündürlüklərini, eləcə də tikinti rayonunu. Xarici iqlim parametrlərini bilməklə istilik texniki nöqtəyi nəzərindən bina və qurğuların optimal ölçülərini təyin etmək olar. Hesabat üçün aşağıdakı başlanğıc göstəriciləri bilmək vacibdir:

1. İqlim parametrləri:

1.1. İsitmə və soyutma dövrünün davam etmə müddəti;

1.2. Aylar üzrə xarici mühitin orta temperaturu; xarici havanın 0,98 və 0,92 təminatlı orta soyuq sutkalıq temperaturu; xarici havanın 0,92 təminatlı orta soyuq beşgünlük temperaturu;

1.3. Daxili havanın temperaturu, t_d ;

1.4. Küləyin sürəti və istiqaməti;

1.5. Xarici qoruyucu konstruksiyaların səthlərinə düşən düz (J_d) və səpələnmiş (J_s) günəş radiasiyasının orta saatlıq qiyməti;

2. Xarici qoruyucu konstruksiyaların istilik texniki göstəriciləri%

2.1. Qoruyucu konstruksiyaların daxili səthlərinin istilikvermə əmsalı (α_d);

2.2. Qoruyucu konstruksiyaların xarici səthlərinin istilikvermə əmsalı (α_x);

2.3. Qoruyucu konstruksiyaların xarici səthlərinin günəş radiasiyasının udma əmsalı, divar üçün $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4$, örtük üçün β_5 ;

2.4. Düz və səpələnmiş günəş radiasiyasının keçirməsi əmsalı (K_{1d} , K_{1s}); düz və səpələnmiş günəş radiasiyasının udulma əmsalı (K_{2d} , K_{2s}); pəncərələr üçün şüalanma əmsalı (r_R);

3. Bina və qurğuların xarakteristikası:

3.1. Ümumi faydalı sahəsi F_u , m²;

3.2. Mərtəbənin hündürlüyü H, m;

3.3. Şüşələnmə əmsali; divar üçün P_1, P_2, P_3, P_4 ; örtük üçün P_5 , arakəsmələr üçün P_6 ;

3.4. Qoruyucu konstruksiyaların istilikötürmə müqaviməti; divar üçün R_1, R_2, R_3, R_4 , örtük üçün R_5 , döşəmə üçün R_6 , pəncərə üçün R_w ; m² °C/vt.

3.5. Xarici qoruyucu konstruksiyaların havakeçirməyə qarşı müqaviməti, divar üçün R_d^h , pəncərə üçün R_p^h , m² saat/kq;

3.6. Xarici qoruyucu konstruksiyalar üçün havakeçirmə, divar üçün $G_d = \frac{1}{R_d^h}$, pəncərə üçün $G_p = \frac{1}{R_p^h}$, $\frac{kq}{m^2 \text{ saat}}$;

Başlangıç göstəriciləri təyin etdikdən sonra hesabı aşağıdakı ardıcılıqla aparmaq lazımdır:

1. Xüsusi istilik selinin hesabı (burada divar üçün $i=1, \dots, 4$, örtük üçün $i=5$, döşəmə üçün $i=6$ qəbul edilir):

1.1. Hesabat dövrü ərzində istilik selinin orta qiyməti:

$$q = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N q_j \quad (9.3)$$

burada N – hesabat dövründəki ayların sayı;

q_j – istilik selinin orta aylıq qiymətləri, vt/m²;

1.2. İlin qış dövründə pəncərədən keçən istilik selinin orta aylıq qiyməti, vt/m².

$$q_n = q_{tw} + q_{fw} + q_{th} - q_{AB} \quad (9.4)$$

İlin yay dövrü üçün isə

$$q_n = q_{tw} + q_{fw} + q_{th} - q_{AB} \quad (9.5)$$

burada q_{tw} – istilikötürmənin hesabına pəncərədən keçən istilik selinin orta aylıq qiymətidir.

İlin qış dövrü üçün

$$q_{tw} = \frac{t_d - t_x}{R_p} \quad (9.6)$$

İlin yay dövrü üçün

$$q_{tw} = \frac{t_x - t_d}{R_p} \quad (9.7)$$

q_{fw} – havanın filtrasiyasının hesabına pəncərədən keçən istilik selinin orta aylıq qiymətidir.

$$\text{İlin qış dövrü üçün} \\ q_{tw} = 0,28G_w \cdot (t_d - t_x) \quad (9.8)$$

$$\text{İlin yay dövrü üçün} \\ q_{tw} = 0,28G_w \cdot (t_x - t_d) \quad (9.9)$$

q_{th} – cəhətlərə görə günəş şüalarının daxil olmasına görə pəncərədən keçən istilik selinin orta aylıq qiyməti olub aşağıdakı ifadədən təyin edilə bilər.

$$q_{IH} = J_{d_i} \cdot r_{R_i} \cdot k_{1d_i} + J_{S_i} \cdot k_{1S_i} \quad (9.10)$$

q_{AB} – cəhətlərə görə günəş radiasiyasının udulmasına görə pəncərədən keçən istilik selinin orta aylıq qiymətidir.

$$q_{AB_i} = J_{d_i} \cdot r_{R_i} \cdot k_{2d_i} + J_{S_i} \cdot k_{2S_i} \quad (9.11)$$

1.3. İnfiltrasiyanı nəzərə almaqla ilin qış dövründə divar və örtük konstruksiyasından keçən istilik selinin orta aylıq qiyməti

$$q^u = (\alpha_d + 0,28G_w) \cdot (t_d - t_{d.si}) \quad (9.12)$$

ilin yay dövrü üçün

$$q^u = (\alpha_d + 0,28G_w) \cdot (t_{d.si} - t_d) \quad (9.13)$$

burada $t_{d.si}$ – konstruksiyanın daxili səthinin temperaturu olub aşağıdakı düsturla təyin edilə bilər:

$$t_{d.si} = t_x^{şerti} + (t_d - t_x^{şerti}) \cdot \frac{e^{0,28G_d R_i} - 1 + \frac{0,28G_d}{\alpha_2}}{\left(1 + \frac{0,28G_d}{\alpha_1}\right) e^{0,28G_d R_i} - 1 + \frac{0,28G_d}{\alpha_2}} \quad (9.14)$$

$t_x^{şerti}$ – günəş radiasiyasını nəzərə almaqla xarici havanın şerti temperaturudur.

$$t_x^{sarti} = t_x + \frac{\beta_i J_i}{\alpha_2} \quad (9.15)$$

J_i – hesabat dövründə xarici qoruyucu konstruksiyanın orta aylıq qiymətidir.

$$J_i = J_{di} + J_{si} \quad (9.16)$$

1.4. Filtrasiya olmadıqda ilin qış dövründə divar və örtükdən keçən istilik selinin orta aylıq qiyməti

$$q_i = \frac{1}{R_i} (t_d - t_x^{sarti}) \quad (9.17)$$

yay dövrü üçün isə

$$q_i = \frac{1}{R_i} (t_x^{sarti} - t_d) \quad (9.18)$$

1.5. Döşəmədən keçən istilik selinin orta aylıq qiyməti

$$q_6 = \frac{1}{R_6} (t_x - t_d) \quad (9.19)$$

ilin yay dövrü üçün

$$q_6 = \frac{1}{R_6} (t_d - t_x) \quad (9.20)$$

2. Bina və qurğuların optimal ölçüləri.

2.1. Binanın uzunluğu

$$\alpha = \sqrt[3]{\frac{HF_{\bar{u}}}{q_5(1-P_5) + q_6}} \cdot \sqrt[3]{\frac{[q_2(1-P_2) + q_{w2}P_2] + [q_4(1-P_4) + q_{w4}P_4]}{[q_1(1-P_1) + q_{w1}P_1] + [q_1(1-P_1) + q_{w3}P_3]}} \quad (9.21)$$

2.2. Binanın eni

$$\alpha = \sqrt[3]{\frac{HF_{\bar{u}}}{q_5(1-P_5) + q_6}} \cdot \sqrt[3]{\frac{[q_1(1-P_1) + q_{w1}P_1] + [q_3(1-P_3) + q_{w3}P_3]}{[q_2(1-P_2) + q_{w2}P_2] + [q_4(1-P_4) + q_{w4}P_4]}} \quad (9.22)$$

3. Bina və qurğuların mərtəbələrinin sayı.

$$Z = \frac{F_{\bar{u}}}{a \cdot b} \quad (9.23)$$

4. Bina və qurğuların minimal xüsusi istilik xarakteristikası.

$$q_{F_u}^{min} = 3 \sqrt[3]{\frac{H^2}{F_{\bar{u}}} \cdot [q_5(1 - P_5) + q_{w5}P_5 + q_6] \psi} \quad (9.24)$$

burada

$$\psi = \{ [q_1(1 - P_1) + q_{w1}P_1] + [q_3(1 - P_3) + q_{w3}P_3] \} \cdot \{ [q_2(1 - P_2) + q_{w2}P_2] + [q_4(1 - P_4) + q_{w4}P_4] \}$$

5. Bina və qurğuların istilik effektivliyi göstəricisi

$$\lambda = \frac{q_{F_{\bar{u}}}^{min}}{q_{F_{\bar{u}}}} \quad (9.25)$$

burada $q_{F_{\bar{u}}}$ – bina və qurğuların xüsusi istilik xarakteristikasının layihə qiymətidir.

§ 9.3. Otaqlarda mikroiklimin yaradılmasına sərf olunan enerjinin optimallaşdırılması

Bina və qurğularda komfort şəraiti yaranan mikroiklimi təmin edən sistemlərə sərf olunan yanacaq-enerji resurslarına qənaət olunması üçün istismar dövründə xarici və daxili mühitin iqlim parametrlərini nəzərə almaqla həmin sistemlərin məqsədyönlü idarə olunması metodlarının yaradılmasını tələb edir. Otaqlarda mikroiklimin yaradılmasına sərf olunan enerjinin minimallaşdırılması məsələsinə optimal idarə olunma məsələsi kimi baxıla bilər.

Məlumdur ki, otaqların istilik rejimlərinin qərarlaşma prosesi daxili havanın istilik balansı və qoruyucu konstruksiyalarda istilikötürmə tənliyinə əsasən yazılır:

$$\frac{dt_d}{d\tau} = \sum_i \alpha_{k,i} [t_i(0, \tau) - t_d] F_i + C_h \rho \lambda_v V (t_x - t_d) + Q(\tau) \quad (9.26)$$

burada $\alpha_{k,i}$ – otağın temperaturu ilə konstruksiyanın daxili səthi arasındakı konvektiv istilik mübadilə əmsalı, C_h – havanın xüsusi istilik tutumu, ρ – havanın sıxlığı, λ_v – havanın dəyişmə misli, V – otağın həcmidir.

$$C\rho \frac{\partial t}{\partial \tau} = \lambda \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} \pm C_h w \frac{\partial t}{\partial x}$$

$$\tau = 0, \quad t(x, 0) = \varphi(x)$$

$$x = 0, \quad -\lambda \frac{\partial t}{\partial x} = \alpha_1(t_d - t) \quad (9.27)$$

$$x = \delta, \quad -\lambda \frac{\partial t}{\partial x} = \alpha_2(t - t_x)$$

Tənliyi aşağıdakı şəkildə yazmaq

$$\frac{dt_d}{dt} = f(t_d, t_{d,s}, Q(\tau)) \quad (9.28)$$

Optimal idarə olunma nəzəriyyəsinə və (9.28) tənliyin sağtərəfindəki ifadə kəsilməz funksiya olduğu üçün (τ_0, τ) intervalında həmin funksiyanın $t_d, t_{d,s}$ və τ dəyişmələrinə görə I tərtib törəməsi kəsilməz olmalıdır.

Otaqlarda mikroiklimin yaradılmasına sərf olunan enerjinin optimallaşdırılması üçün aşağıdakı məsələyə baxaq. Otaqların daxili havasının temperaturunun dəyişməsinə sərf olunan enerjinin optimal idarə olunması və başlanğıc şərti ödəyən istilik balansları tənlikləri sisteminin həlli üçün aşağıdakı ifadə ən kiçik qiymətə malik olmalıdır:

$$w = \int_{\tau_0}^{\tau_1} Q(\tau) d\tau \quad (9.29)$$

(9.29) funksiyasını minimallaşdırmaqla otaqlarda mikroiklimin yaradılmasına sərf olunan enerjinin miqdarını təyin etmək olar.

Otaqların daxilində havanın başlanğıc temperaturdan (t_{db}) son temperatura (t_{ds}) keçməsinə sərf olunan istiliyin $(Q(\tau))$ idarə

olunması optimal idarə olunma, temperaturun dəyişmə trayektoriyası isə optimal trayektoriya adlanır.

Qoyulmuş məsələni həll etmək üçün Pontryaqinin maksimum prinsipindən istifadə etmək olar. Aşağıdakı köməkçi funksiyanı yazaq:

$$\bar{H}(t_d, t_{d.s}, Q(\tau), \tau, \psi_0, \psi_1) = \psi_0 Q(\tau) + \psi_1 f(t_d, t_{d.s}, Q(\tau)) \quad (9.30)$$

burada ψ_0, ψ_1 – yeni dəyişənlər, f isə (9.28) tənliyinin sağ tərəfindəki ifadədir.

Aşağıdakı xətti diferensial tənliyə baxaq.

$$\frac{d\psi_1}{d\tau} = -\frac{\partial Q}{\partial t_d} \psi_0 - \frac{\partial t}{\partial t_d} \psi_1 \quad (9.31)$$

(9.28) və (9.31) tənliklərini aşağıdakı şəkildə də yazmaq olar:

$$\frac{dt_d}{d\tau} = \frac{\partial \bar{H}}{\partial \psi_1}, \quad \frac{\partial \psi_1}{\partial \tau} = -\frac{\partial \bar{H}}{\partial t_d} \quad (9.32)$$

$\tau_0 < \tau < \tau_1$ intervalında $Q(\tau)$ və $t_d(\tau)$ funksiyalarının optimal prosesi təyin etməsi üçün Pontryaqinin maksimum prinsipinə əsasən hər bir τ nöqtəsində $Q = Q(\tau)$ və $t_d = t_d(\tau)$ funksiyalarına ödəyən hökmən elə bir sabit kəmiyyət olmalıdır ki $\psi_0 < 0$ olsun və (9.31) tənliyinin həlli $\psi_1(\tau)$ ($\psi_0 = 0$ olduqda trivial olmayan həll) olmalıdır.

$Q = Q(\tau)$ nöqtəsində ($Q \leq Q_0$) $H(t_d, t_{d.s}, Q, \tau, \psi_0, \psi_1)$ kəsilməz funksiyası maksimum qiymət alır.

$$H(t_d, t_{d.s}, Q, \tau, \psi_0, \psi_1) = M(t_d, t_{d.s}, Q, \tau, \psi_0, \psi_1) \quad (9.33)$$

Bina və qurğuların daxilində komfort şərait yaratmaq üçün mikroiklimi təmin edən sistemləri iş salmaq lazımdır. Bu zaman xarici qoruyucu konstruksiyanın daxili səthinin temperaturu sabit qiymətə malik ola bilər. Variasiya nəzəriyyəsində isbat edilmişdir ki, (9.29) funksiyasının qeyri-şərtsiz ekstremumu həmin əyriyə yerləşir.

$$W^* = \int_{\tau_0}^{\tau_1} [Q(\tau) - \beta(\tau)\varphi(\tau)] d\tau \quad (9.34)$$

burada

$$\varphi(\tau) = C_h \rho V \frac{dt_d}{d\tau} - \sum_i \alpha_{k,i} [t_i(0, \tau) - t_d] F_i - C_h \rho \lambda v V (t_x - t_d) - Q(\tau) \quad (9.35)$$

Eyler tənlikləri vasitəsilə (9.34) funksiyasını tədqiq edək:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial F}{\partial Q} - \frac{d}{d\tau} \left[\frac{\partial F}{\partial \left(\frac{\partial Q}{\partial \tau} \right)} \right] = 0 \\ \frac{\partial F}{\partial t_d} - \frac{d}{d\tau} \left[\frac{\partial F}{\partial \left(\frac{\partial t_d}{\partial \tau} \right)} \right] = 0 \end{array} \right. \quad (9.36)$$

burada

$$F = Q(\tau) + \beta(\tau)\varphi(\tau) \quad (9.37)$$

(9.26) və (9.36) tənliklərini həll etməklə $t_d(\tau)$, $Q(\tau)$ və $\beta(\tau)$ funksiyalarını təyin etmək olar.

(9.36) tənliklər sisteminin birinci tənliyində müvafiq qiymətləri nəzərə alsaq, yazarıq:

$$1 - \beta(\tau) = 0 \text{ və ya } \beta(\tau) = 0, \beta(\tau) = \text{const.} \quad (9.38)$$

(9.26) tənliyində müvafiq qiymətləri nəzərə alsaq, yazarıq:

$$\beta \sum_{i=1} \alpha_{k,i} F_i + \beta C_h \rho \lambda v \cdot V = 0$$

$1 - \beta(\tau) \neq 0$ olduğu üçün

$$\sum_{i=1} \alpha_{k,i} F_i = -C_h \rho \lambda v \cdot V = A = \text{const} \quad (9.39)$$

burada A – sabit kəmiyyətdir.

(9.38) və (9.39) ifadələrini (9.34) tənliyində nəzərə alsaq, aşağıdakı şəkildə düşər:

$$W^* = \int_{\tau_0}^{\tau_1} \left[C_h \rho V \frac{dt_d}{d\tau} - \sum_{i=1} \alpha_{k,i} F_i t_i(0, \tau) - C_h \rho \lambda v V t_x \right] d\tau \quad (9.40)$$

Onda (9.26) tənliyini aşağıdakı kimi yaza bilərik

$$C_h \rho V \frac{dt_d}{d\tau} = \sum_{i=1} \alpha_{k,i} F_i t_i(0, \tau) + C_h \rho \lambda_v t_x + Q(\tau) \quad (9.41)$$

Bu halda Eyler tənliyi aşağıdakı şəkli alar:

$$F_{t_d t_d}^1 \cdot t_d'' = 0$$

$$\text{buradan } t_d'' = 0 \text{ və ya } F_{t_d t_d}' = 0$$

Əgər $t_d'' = 0$ olarsa, onda $t_d = C_1 \tau + C_2$ olar. Bu düzxəttin iki parametrlı ailəsinə aiddir.

Əgər $F_{t_d t_d}' = 0$ tənliyinin bir və ya bir neçə həqiqi həlli varsa, yəni $t_d'' = k$. Onda

$$t_d = k\tau + C$$

Bu halda düzxəttin birparametrlı ailəsinə alırıq. Beləliklə, $\frac{dt_d}{d\tau} = C_2 = \text{const}$ ifadəsini (9.41) tənliyində nəzərə alsaq və istilik mənbəyinin işləmə müddətində $t_{d,s} = \text{const}$, $t_x = \text{const}$ qəbul etsək

$$Q(\tau) = \text{const} = Q^*$$

alırıq.

Bu halda (9.29) funksiyası $W = Q^* \tau_{son}$ şəklinə alar. Onda istilik miqdarının ($Q(\tau)$) optimal olunması daxili mühitin temperaturunun $t_{d,st}$ -dən $t_{d,son}$ -yə keçməsi minimal vaxt müddətində baş verir. Bu halda optimal idarə olunma təzətsirli optimal məsələ adlanır.

İndi isə daxili havanın temperatur rəqsinin təsirindən konstruksiyanın daxili səthinin temperaturunun dəyişməsi halına baxaq. Bu halda (9.34) funksiyası aşağıdakı şəkildə yazıla bilər:

$$W^* = \int_0^{\tau} \left[Q(\tau) + \varphi(\tau) \beta(\tau) + \sum_{i=1}^n \varphi_i(\tau) \beta(\tau) \right] d\tau \quad (9.42)$$

Q_i - aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$\varphi_i(\tau) = C\rho \frac{\partial t_i}{\partial \tau} - \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial t_i}{\partial x} \right) \quad (9.43)$$

Eyler tənlikləri vasitəsilə (9.26) və (9.27) tənliklərini nəzərə almaqla (9.42) funksiyasını tədqiq edən

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial F}{\partial Q} - \frac{d}{dt} \left[\frac{\partial F}{\partial \left(\frac{\partial Q}{\partial \tau} \right)} \right] = 0 \\ \frac{\partial F}{\partial t_d} - \frac{d}{dt} \left[\frac{\partial F}{\partial \left(\frac{\partial t_d}{\partial \tau} \right)} \right] = 0 \\ \frac{\partial F}{\partial t_{d,s}} - \frac{d}{dt} \left[\frac{\partial F}{\partial \left(\frac{\partial t_{d,s}}{\partial \tau} \right)} \right] = 0 \end{array} \right. \quad (9.44)$$

burada

$$F = Q(\tau) + \beta(\tau)\varphi(\tau) + \sum_{i=1}^n \beta_i(\tau)\varphi_i(\tau) \quad (9.45)$$

Qoyulmuş məsələnin mühəndis üçün yararlı olan həllinə baxaq. Bunun üçün nəzərə alaq ki, daxili havanın temperaturunun rəqsi ilə qoruyucu konstruksiyanın daxili səthinin temperaturunun rəqsi arasındakı əlaqə ümumiləşdirilmiş dəyişənlərə ayırma üsuluna əsasən aşağıdakı şəkildə yazıla bilər:

$$\frac{t(0, \tau)}{t_d(\tau)} = F * \left\{ B_i, F_0, \frac{\sqrt{\lambda_j \cdot C_j \cdot \rho_j}}{\sqrt{\lambda_{j+1} \cdot C_{j+1} \cdot \rho_{j+1}}}, \delta_j, \delta_{j+1} \right\} \quad (9.46)$$

burada B_i, F_0 – müvafiq olaraq Bio və Fürye kriteriyalarıdır.

(9.46) tənliyindən yazarıq:

$$t(0, \tau) = t_d(\tau) \cdot F * \{B_i, F_0, \dots\} \quad (9.47)$$

(9.46) tənliyində $t(0, \tau) = t/x = 0$ qiymətini nəzərə alsaq, yazarıq

$$C_h \rho V \frac{dt_d}{d\tau} = \sum_{i=1} \alpha_{k,i} (F^* - 1) \gamma_d F_i + C_h \rho \lambda_v V (t_x - t_d) + Q(\tau) \quad (9.48)$$

Bu halda (9.42) funksionalı dəyişmir. $\varphi(\tau)$ funksiyası isə aşağıdakı şəkli alır:

$$\varphi(\tau) = C_h \rho V \frac{dt_d}{d\tau} - \sum_{i=1} \alpha_{k,i} (F^* - 1) - C_h \rho \lambda_v V (t_x - t_d) + Q(\tau) \quad (9.49)$$

(9.44) tənliklər sisteminin I tənliyindən alarıq:

$$\beta(\tau) = \text{const}, \beta = \text{const} \quad (9.50)$$

(9.44) tənliklər sisteminin II tənliyindən alarıq:

$\beta \neq 0$ olduqda

$$\beta \left[\sum_{i=1} \alpha_{k,i} (F^* - 1) \gamma_d F_i + C_h \rho \lambda_v V \right] (t_x - t_d) = 0$$

buradan

$$\sum_{i=1} \alpha_{k,i} (F^* - 1) \gamma_d F_i = -C_h \rho \lambda_v V (t_x - t_d) = A_1 = \text{const} \quad (9.51)$$

burada A_1 – sabit kəmiyyətdir.

(9.50) və (9.51) ifadələrini (9.42) tənliyinə nəzərə alsaq, yazarıq:

$$W^* = \int_0^{\tau} \left[C_h \rho V \frac{dt_d}{d\tau} - C_h \rho \lambda_v V t_x \right] d\tau \quad (9.52)$$

(9.26) tənliyində (9.50) və (9.51) ifadələrini nəzərə aldıqda aşağıdakı şəkli düşər:

$$C_h \rho V \frac{dt_d}{d\tau} = C_h \rho \lambda_v V t_x + Q(\tau) \quad (9.53)$$

Əgər $t_x = \text{const}$ olarsa, onda bundan əvvəlki halda olduğu kimi $t_d = C_1 \tau + C_2$ olar.

Əgər $t_x = t_x(\tau) \neq \text{const}$ olarsa, onda $t_x(\tau)$ temperatur sahəsinin azalma dövrünə müvafiq olaraq $Q(\tau)$ funksiyası mütənasib şəkildə artacaq. Əgər temperatur sahəsinin azalma dövrünü kiçik zaman intervalına bölsək, onda hər bir kiçik zaman intervalında $t_H(\tau) = \text{const}$ qəbul edilə bilər.

Teztəsirli optimal məsələlərinin həlli Pontryaqinin maksimum prinsipinə əsasən həll edilir. Teztəsirli məsələlərdə $Q(\tau)$ və $t_d(\tau)$ funksiyalarının ($\tau_0 \leq \tau \leq \tau_1$) optimal prosesləri təyin etməsi üçün $\psi(\tau)$ aşağıdakı tənliyin trivial olmayan həlli olmalıdır.

$$\frac{d\psi}{d\tau} = -\frac{\partial f}{\partial t_d} \psi \quad (9.54)$$

$\tau_0 \leq \tau \leq \tau_1$ intervalında $Q(\tau)$ və $t_d(\tau)$ funksiyaları (9.54) tənliyinin həllinə cavab verir və $Q(\tau)$ funksiyası kəsilməzdir. $H(t_d, Q, \tau, \psi)$ funksiyası öz maksimum qiymətini $Q = Q(\tau)$ olan halda alır.

$$H(t_d, Q, \tau, \psi) = M(t_d, Q, \tau, \psi) \quad (9.55)$$

və

$$M[t_d(\tau_1), \tau_1, \psi(\tau_1)] \geq 0M \quad (9.56)$$

Teztəsirli məsələlərdə $Q(\tau)$ və $t_d(\tau)$ ($\tau_0 \leq \tau \leq \tau_1$) funksiyalarının optimal prosesləri təyin etməsi üçün $Q(\tau)$ funksiyası Qamilton funksiyasının maksimumuna çatdırılmalıdır. Yəni

$$M(t_d, \tau, \psi) = \sup H(t_d, Q, \tau, \psi) \quad (9.57)$$

$$Q \leq Q_{max}$$

burada

$$H(t_d, Q, \tau, \psi) = \psi \cdot \frac{1}{C_n \rho v} \cdot \left[\sum_{i=1} \alpha_{k,i} (t_i(0, \tau) - t_d) + C_n \rho v V(t_x - t_d) + Q(\tau) \right] \quad (9.58)$$

$\psi(\tau)$ funksiyası aşağıdakı ifadədən təyin edilir.

$$\frac{d\psi}{d\tau} = -\frac{\partial H}{\partial t_d} \quad (9.59)$$

Buradan

$$\psi = C \cdot e^{-\left(\sum_{i=1} \alpha_{k,i} F_i + C_n \rho v V \right) \tau} \quad (9.60)$$

Məlumdur ki, $Q = Q_{max}$ olduqda ($H(t_d, Q, \tau, \psi)$) funksiyası maksimum $M(t_d, Q, \tau, \psi)$ qiymətini alır.

Enerji sərfini minimallaşdıran və mikroiqlimi təmin edən sistemlərə sərf olunan istilik sərfinin idarə olunması üçün alınmış $Q = Q_{max}$ şərti qoruyucu konstruksiyaların qızması halı üçün də doğrudur. Xüsusi halda aşağıdakı qoyulmuş məsələyə baxaq

$$C\rho \frac{\partial t}{\partial \tau} = \lambda \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} \quad (9.61)$$

(9.61) tənliyini həll etmək üçün aşağıdakı başlangıç və sərhəd şərtlərini yazaq

$$t(x, 0) = t_d - \frac{t_d - t_x}{R_{um}} \cdot (R_d + R(x)) \quad (9.62)$$

$$x=0 \quad -\lambda \frac{\partial t}{\partial x} = \alpha_d (t_d - t) \quad (9.63)$$

$$x = \delta \quad -\lambda \frac{dt}{dx} = \alpha_x (t - t_x) - Q$$

(9.61) tənliyinin inteqrallayıb (9.62) və (9.63) kənar şərtlərini nəzərə alsaq, konstruksiyanın qalınlığı boyu temperatur sahəsinin dəyişmə qanunauyğunluğunu alarıq:

$$C\rho\delta \frac{dt_{op}}{d\tau} = d_d (t_{op} - t_d) + d_x (t_{op} - t_x) - Q \quad (9.64)$$

burada

$$t_{op} = \frac{1}{\delta} \int_0^\delta t dx$$

Göründüyü kimi (9.64) tənliyi (9.26) tənliyi ilə eynidir.

Kiçik zamanda temperaturun t_b -dan t_{son} -a çatması üçün sərf olunan istilik miqdarının ($Q = Q(\tau)$) optimal idarə olunma məsələsinin həlli aşağıda göstərilən iki halda mümkündür:

1) Daxili havanın temperaturunun və qoruyucu konstruksiyanın qızmasına sərf edilən istiliyin minimallaşdırılması.

2) Qoruyucu konstruksiyanın qalınlığı boyu temperatur qradientinin sürətinin artması;

Hər iki hal aşağı istilik akkumilyasiyalı qoruyucu konstruksiyalardan istifadə zamanı mümkündür.

Bəzi inşaat materiallarının istilik xarakteristikalarının onun qızma sürətinə təsiri cədvəl 9.1-də öz əksini tapmışdır.

Cədvəl 9.1

Materialın adı	$\lambda, \frac{vt}{m^0C}$	δ, m	$R, \frac{m^2^0C}{vt}$	$C\rho, \frac{kcoul}{m^3^0C}$	$Q, kcoul$	$\frac{\Delta t}{\Delta \tau}, oc/dəq$
Əhəng daşı	0,93	0,4	0,43	1584	12672	6
Kərpic	0,7	0,38	0,54	1584	12038	7
Keramzit betonu	0,56	0,3	0,54	1176	7056	10
Taxma	0,14	0,1	0,71	1150	2300	28
Mineral pambıq (istilik izolyasiya qatı)	0,064	0,07	1,09	105	147	48

Cədvəl 9.1-dən görüldüyü kimi materialın istilik akkumilyasiya göstəricisi az olduqca konstruksiyanın qızma sürəti çox olur. Bunun üçün isə enerji sərfi tələb edilir.

Optimal məsələnin həlli zamanı daxili hava ilə qoruyucu konstruksiyanın daxili səthi arasındakı konvektiv istilik mübadiləsi əmsalının qiymətinin yüksək olması xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Belə ki, sərbəst konveksiya zamanı konvektiv istilik mübadiləsi əmsalının qiyməti $4vt/m^2^0C$ olur. Onun qiymətinin nəzərə çarpacaq artımı ($\sim 15vt/m^2^0C$) qoruyucu konstruksiyanın qızmasının hesabına ola bilər. Mikroikli təmin edən sistemlər vasitəsilə otaqların qızdırılmasına istifadə edilən istiliyin hasil olmasına sərf olunan enerji sərfinin minimallaşdırılmasını təmin etmək üçün aşağıdakı üsulları təklif etmək olar:

- otaqların isitmə üsulları
- qızdırıcı cihazlara istiliyin verilməsi üsulları;
- istiliyin paylanması tənziqlənməsi;
- enerjiyə qənaət olunması məqsədilə istiliyin otaqlara verilməsi minimal vaxtda isitmə avadanlıqlarının gücündən maksimal istifadə olunması əsasında yerinə yetirilir.

İsitmə dövründə istiliyin paylanma prosesi qoruyucu konstruksiyanın daxili səthindəki istilik seli hesabına baş verir.

Müəyyən edilmiş vaxtda istiliyin verilməsinə keçid qızma prosesinin avtomatlaşdırılmasını təmin edir. Bu işə otaqlarda normalaşdırılmış istilik mübadiləsinə təmin edir.

§ 9.4. Bina və qurğuların isidilməsinə sərf olunan istiliyin optimallaşdırılması.

Məlumdur ki, ilin qış dövründə daxili havanın qızması və ya otaqların isidilməsi istilik daşıyıcıları ilə təchiz olunan isitmə sistemlərinin (qızdırıcı cihazların) hesabına baş verir. Bu sistemlər vasitəsilə otaqların istilik şəraitinin komfortluğunu təmin etmək olar. Bina və qurğuların istilik sistemə verilən istilik daşıyıcısı mərkəzləşdirilmiş istilik təchizatı sistemləri ilə yerinə yetirilir. Buna istilik mənbəyi və ya istilik generasiya qurğusu deyilir. İstilik mənbəyinin maksimal istilik məhsuldarlığını Q_{max} ilə işarə edək. Başlanğıc zaman anında (τ_0) otaqların temperaturu t_{sti} ($i = 1, \bar{n}, t_{sti} \neq t_{sti+1}$) olsun. Otaqların temperaturunu t_{li} ($t_{li} \neq t_{i+1}$) temperaturuna qədər qızdırmaq tələb olunur. Bu zaman enerji sərfinin elə bir idarə olunmasını tapmaq lazımdır ki,

$$W = \int_{\tau_0}^{\tau_1} \sum_{i=1}^n Q_i(\tau) d\tau \quad (9.65)$$

funksiyası mümkün olan ən kiçik qiyməti alır. Burada $Q_i(\tau)$ - i -ci otağın isidilməsinə verilən istiliyin miqdarı olub aşağıdakı şərtləri ödəməlidir.

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n Q_i(\tau_j) \leq Q_{max} \\ W \leq Q_{max} (\tau_1 - \tau_0) \end{cases} \quad (9.66)$$

Bina və qurğuların işlədilməsinə sərf olunan istiliyin qənaət olunmasını təmin etmək məqsədilə yuxarıda aldığımız nəticələrlə yanaşı, həm də bir neçə otağın isidilməsi üçün istilik mənbəyinin maksimal gücündən istifadə edilməlidir. Bina və qurğular isidilər-

kən otaqların t_{sti} temperaturundan $t_{1,i}$ temperaturuna qədər qisidilməsi eyni vaxtda olarsa, onda hər bir otağa Q_i miqdarda istilik daxil olur. Bu zaman aşağıdakı şərt ödənilməlidir.

$$\sum_{i=1}^n Q_i(\tau_d) = Q_{max} \quad (9.67)$$

Bina və qurğuların istifadəsinə sərf olunan istiliyin optimallaşdırılması üçün eyni bir vaxtda hər bir otaqda istilik rejimini təmin edən və (9.67) şərtini ödəyən istiliyin miqdarını (Q_i) təyin etmək lazımdır.

Qoyulmuş məsələnin mühəndis həllini almaq üçün aşağıdakı sadələşdirməni qəbul edək. İsitmə dövründə daxili havanın temperaturu ilə konstruksiyanın daxili səthinin temperaturu arasındakı asılılıq aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir.

$$\frac{t_d(\tau)}{t(0,\tau)} = F^{**}(Bi, Fo, \dots) \quad (9.68)$$

Qızma dövründə I-ci otaqda havanın temperaturunun dəyişmə qanunauyğunluğu aşağıdakı tənliklə ifadə oluna bilər.

$$C_i \rho_i V_i \frac{dt_{d,i}}{d\tau} = \sum_{k=1} \alpha_{d,k,i}^{wl} F_{k,i}^{wl} (t_{k,i}^{wl} - t_{d,i}) + \sum_{p=1} \alpha_{d,p,i}^v \cdot F_{p,i}^v (t_{p,i}^v - t_{d,i}) + C_i \rho_i \lambda_{v,i} V_i (t_x^{or} - t_{d,i}) + C_i \rho_i J_{F,i} (t_x - t_{d,i}) + Q_i \quad (9.69)$$

burada W_1 – divar, döşəmə və örtük konstruksiyalarını W – işə pəncərə, fonar və s. göstərir.

F_{ki} – konstruksiyanın daxili səthinin sahəsi, t_{ki} – daxili səthinin temperaturu, α_k – konvektiv istilik mübadiləsi əmsalıdır.

(9.69) tənliyini həll etmək üçün aşağıdakı şərtləri qəbul edək:

$$\tau = 0 \text{ olduqda } t_{di} = t_{sti}$$

$$\tau = \tau_1 \text{ olduqda } t_{di} = t_{1i} \quad i = 1, \dots, n \quad (9.70)$$

İsitmə dövründə $t_x = const$ və $Q_i = const$ olduqda (9.70) şərtini nəzərə almaqla (9.69) tənliyinin həlli aşağıdakı şəkildə olur.

$$t_{d,i} = \left(t_{st,i} - \frac{K_{2,i}}{K_{1,i}} \right) e^{-K_{1,i} \tau} + \frac{K_{2,i}}{K_{1,i}} \quad (9.71)$$

burada

$$K_{1,i} = \frac{\sum_{k=1}^{nl} \alpha_{d,k,i}^{wl} F_{k,i}^{wl} (1 - F^{**}) + \sum_{p=1} \alpha_{d,p,i}^w \cdot F_{d,p,i}^w + C_i \rho_i \lambda_v \cdot V_{r,i} + C_i \rho_i J_{F,i}}{C_i \rho_i V_i} \quad (9.72)$$

$$K_{2,i} = \frac{\sum_{p=1} \alpha_{d,p,i} F_{d,p,i}^w t_{p,i}^w + C_i \rho_i \lambda_{v,i} V_{r,i} t_x + C_i \rho_i J_{F,i} t_x + Q_i}{C_i \rho_i V_{R,i}}$$

t_x – vurucu havanın temperaturu, λ_v – vurucu ventilyasiya sistemində hava mübadiləsinin dəyişmə mislidir.

Yuxarıdakı tənliklər sisteminin qapalı olması üçün

$$\sum_{i=1}^n Q_i = Q_{max} \quad (9.73)$$

tənliyini həmin tənliklər sistemi ilə birlikdə həll etmək lazımdır. Bu işə qoyulmuş məsələnin həllini verir.

ƏDƏBİYYAT

1. Алекссенко О.В., Жук И.П., Селезнев Н.В., Интергальный метод расчета теплопередачи в строительных ограждающих конструкциях, при переменных тепловых воздействиях. В кн.: Строительная теплофизика. Под ред. Лыкова А.В., Минск, Энергия 1966.
2. Алиев Ф.Г. Микроклимат спортивных сооружений М., Стройиздат, 1986.
3. Ариевич Э.М., Вавула Н.М. Повышение теплотехнических качеств полносборных жилых зданий. М., Стройиздат, 1986.
4. Банхиди Л. Тепловой микроклимат помещений. М., Стройиздат, 1981.
5. Богословский В.Н. Тепловой режим здания. М., Стройиздат, 1982.
6. Богословский В.Н. Строительная теплофизика. М., Высшая школа, 1982.
7. Qənbərov G.M. «Bina və qurğuların qoruyucu konstruksiyalarının daxili və xarici səthlərindəki istilik mübadilə əmsallarını rekonstruksiya olunması» Metodik rəhbərlik. Bakı 2003.
8. Qənbərov G.M. «Mikroiqlimi təmin edən sistemlərdə və ya istilik mənbəyində qəza baş verdikdə qəzanın aradan qaldırılma müddətini və amplitud fəza xarakteristikası üsulu ilə qoruyucu konstruksiyaların istilik texniki xarakteristikalarının təyini» Metodik rəhbərlik. Bakı 2003.
9. Гамбург П.Ю. Расчет солнечный радиации в строительстве. М., 1966.
10. Годунов С.К. Уровнения математической физики. М., Наука, 1974.
11. Гусейнов Н.А., Марданов М.А. Системноструктурный анализ одностороннего нагревания и охлаждения стенки. Баку . Аз НИИНТИ, №1327 – Аз, от 10.07.89, библиографический указатель депожированная рукопись ВНИИТПИ Гостроя СССР строительная и архитектура вып 11, 1989 г.

12. Ильинский В.М. Строительная теплофизика (ограждающих конструкции и микроклимат зданий). М., 1974.
13. Марданов М.А. Системно – структурный анализ нестационарных тепловых процессов в ограждающих конструкциях. Баку, Аз НИИНТИ, № 1325 – Аз от 10. 07. 89 библиографический указатель депонированная рукопись ВНИИНТИ, Гострая СССР Строительство и архитектура, выл. 11, 1989 г.
14. Марданов М.А. Системно – структурный анализ тепловых процессов в ограждающих конструкциях при периодическом тепловом воздействии. Баку, Аз НИИНТИ, № 1328 – Аз от 10. 07. 89 библиографический указатель депонированная рукопись ВНИИНТИ, Гострая СССР Строительство и архитектура, выл. 11, 1989 г.
15. Марданов М.А., Асадов Н.Ш. Инженерный метод расчета теплоустойчивости ограждающих конструкций с учетом солнечной радиации и инфильтрации воздуха. Баку , Аз НИИНТИ, № 1790 – Аз, 06.04.92, библиографический указатель ВИНТИ «Депонированные научные работы » № 7(249).
16. Марданов М.А. , Асадов Н.Ш. К теории теплоустойчивости ограждающих конструкций с учетом солнечной радиации и инфильтрации воздуха. Баку , Аз НИИНТИ, № 1791 – Аз, 06.04.92, библиографический указатель ВИНТИ «Депонированные научные работы» № 7 (249).
17. Марданов М.А., Асадов Н.Ш. К теории теплоустойчивости ограждающих конструкций с учетом солнечной радиации. Баку, Аз НИИНТИ, № 1792 – Аз, 06.04.92, библиографический указатель ВИНТИ «Депонированные научные работы» № 7 (249)
18. M.A.Mardanov. Economy of fuel and energy resources microclimate sistem maintenance. Proceeding of the fourth Baku international congress on “Energy, ecology, economy” May 30 – June 3, 2002, Vol. 11, pp 148-151

19. Мехрабов А.О., Курбатов А.М., Зданьский А.К. Перенос тепло в системах сосложной геометрией. Баку, Маариф, 1987.
20. Рустамов К.Э., Гусейнов Н.А., Марданов М.А. и др. Разработка общей теории теплоустойчивости ограждающих конструкций. Отчет по госбюджетной теме № г/р 01.86.00116569 инвертарный № 0289, 0039059, Баку, 1988.
21. Рустамов К.Э., Гусейнов Н.А., Марданов М.А. Системно – структурный анализ тепловых прцессов в ограждающих конструкциях с нулевым начальным условием. Баку, Аз НИИНТИ, № 1326 – Аз, от 10.07.89 г. , библиографический указатель депонированная рукопись ВНИИНТПИ Госстроя СССР «Строительство и архитектура» вып 11, 1989 г.
22. Рустамов К.Э., Гусейнов Н.А., Марданов М.А., Гусейнов Ф.Н. Наружные климатические показатели и обработка их методом математической статистики. Баку, Аз НИИНТИ, № 1396 – Аз, от 14.12.89, библиографический указатель депонированная рукопись ВНИИНТПИ Госстроя СССР «Строительство и архитектура» вып 2, 1990 г.
23. Рустамов К.Э., Гусейнов Н.А., Марданов М.А., Гусейнов Ф.Н. Об одном методе теплофического расчета наружных ограждающих конструкций. Баку, Аз НИИНТИ, № 1399 – Аз, от 114.12.89 г. библиографический указатель депонированная рукопись ВНИИНТПИ Госстроя СССР «Строительство и архитектура» вып 2, 1990 г.
24. Rüstəmov K.Ə., Hüseynov N.Ə., Mərdanov M.Ə., Mirələmov H.F. İnşaat istilik fizikası. Ali texniki məktəblər üçün dərs vəsaiti. Bakı, Maarif, 1991.
25. Рустамов К.Э., Гусейнов Н.А., Марданов М.А., Иссам Аль – Бакуни. Вероятностно – статистические основы проектирования и эксплуатации систем обеспечения микроклимата Труды международного симпозиума по энергии, экологии, экономии. Баку, 1991 г.
26. Рустамов К.Э., Гусейнов Н.А., Марданов М.А. Системно – структурное моделирование тепло – массообменных

процессов в системах обеспечения микроклимата. Труды международного симпозиума по энергии, экологии, экономике. Баку, 1991 г.

27. СНиП 2.01.01 – 82 Строительная климатология и геофизика. М., 1983.
28. СНиП II – 3 – 79** Строительная теплотехника. М., 1986.
29. Табунщиков Ю.А. Тепловая защита ограждающих конструкций зданий и сооружений М., Стройиздат, 1986.
30. Ушков Ф.В. Теплопередача ограждающих конструкций при фильтрации воздуха. М., Стройиздат, 1969.
31. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. М., Стройиздат, 1973.

KİTABDA İSTİFADƏ OLUNAN TERMİNLƏR

- Aerasiya
- Aerodinamik əmsal
- Aktiv qat
- Amplituda
- Amplitud – tezlik xarakteristikası
- Amplitud – faza xarakteristikası
- Assimilyasiya əmsalı

- Başlanğıc şərtlər
- Bircins temperatur sahəsi
- Birtərəfli qızma
- Birtərəfli soyuma
- Birtərəfli qurumada keçid nəmlik prosesi
- Birinci növ komfort şərt
- Binanın istilik xarakteristikası
- Binaların istilik rejimləri
- Binaların hava rejimləri
- Buxar
- Buxar keçirmə
- Buxar keçirmə əmsalı
- Buxar keçirmə müqaviməti
- Buraxıla bilən istilik köçürmə müqaviməti
- Buxar tutumu
- Buxarlanma
- Buqer qanunu

- Cəm günəş radiasiyası

- Daxili mühitin hesabat təminatı
- Daxili mühitin nisbi nəmlik potensialı
- Daxili mühitin temperaturu
- Dəyişənlərə ayırma üsulu

- Ekvivalent qat

Ekonomayzer effekti
Eksfiltrasiya

Əlavə istilik sistemləri
Əks olunmuş günəş radiasiyası

Filtrasiya
Filtrasiya zamanı istilik mübadiləsi
Fürye kriteriyası
Fürye qanunu

Günəş radiasiyası
Günəş sabiti
Günəş azimutu
Günəşin dayanma hündürlüyü
Günəşdən mühafizə qurğuları
Günəşdən mühafizə qurğularının kölgələnmə əmsalı.

Hava
Havakeçirmə
Havakeçirmə əmsalı
Havakeçirmə müqaviməti
Havanın nəmlik tutumu
Hava mübadiləsi
Hava qatı
Havanın kondisionerləşməsi sistemləri
Havanın təzyiqlər fərqi
Harmotik rəqslər

Xarici mühit
Xarici mühitin nisbi nəmlik potensialı
Xarici mühitin iqlim parametrləri
Xarici mühitin hesabət temperaturu
Xarici havanın temperaturunun amplitudası

İkitərəfli qurmada keçid nəmlik prosesi
İstilik təhcizatı sistemləri
İstilik təhcizatının enerji təlabatı
İsitmə sistemləri
İşçi zona
İnsan orqanizminin istilik balansı
İnsan orqanizminin istilik istehsalı
İstilik
İstilik miqdarı
İstilik seli
İstilik tutumu
İstilikkeçirmə
İstilikkeçirmə əmsalı
İstilikkeçirmə tənliyi
İstilik şüalanması
İstilik mübadiləsi
İstilik dayanıqlığı
İstilik nəmlik vəziyyəti
İnsan orqanizminin istilik tənzimləmə sistemləri
İstismar nəmliyi
İstilik aktivliyi əmsalı
İstilik daşıyıcısının orta temperaturu
İstilik şəraitinin komfortluluğu
İzafi təzyiq
İzafi təzyiq epyürləri
İzafi dinamiki (külək) təzyiq
İzafi qravitasiya təzyiqi
İkiölçülü temperatur sahəsi
İkinci komfort şərt
İkinci növ sərhəd şərti
İstilik aktivliyi əmsalı
İstilik udma əmsalı
İnsolyasiya əmsalı
İnfiltrasiya
İnfiltrasiyaya görə istilik itkisi

Küləyin yaratdığı təzyiq
Küləyin sürəti
Konvektiv istilik mübadiləsi
Konvektiv istilik mübadiləsi əmsalı
Konvektiv istilik mübadiləsi göstəricisi
Keçid istilik prosesləri
Keçid nəmlik prosesləri
Küləyin dinamik təzyiqi
Kirxhof qanunu
Keçid rejim zonası
Konstruksiyanın havakeçirmə əmsalı
Konstruksiyanın səthinin istiliklənməmə əmsalı
Kriteriya
Kondratyev kriteriyası

Qoruyucu konstruksiyanın əsas qatları
Qoruyucu konstruksiyanın istilik – izolyasiya qatı
Qoruyucu konstruksiyanın gətirilmiş istilikköçürmə müqaviməti
Qoruyucu konstruksiyanın temperaturun paylanması
Qoruyucu konstruksiyanın istilik ətaləti
Qoruyucu konstruksiyanın materialının qatları
Qoruyucu konstruksiyanın daxili səthinin temperaturu
Qoruyucu konstruksiyanın daxili səthinin temperaturunun amplitudası
Qoruyucu konstruksiyanın daxili səthinin termiki müqaviməti
Qoruyucu konstruksiyanın daxili səthinin istilik mübadiləsi əmsalı
Qoruyucu konstruksiyanın ümumi istilik ötürmə əmsalı
Qoruyucu konstruksiyanın tələb edilən ümumi istilikötürmə müqaviməti
Qoruyucu konstruksiyalarda stasionar istilikötürmə
Qoruyucu konstruksiyalarda qeyri-stasionar istilikötürmə
Qravamasiya təzyiqi
Qeyri – stasionar istilikkeçirmə

Qeyri- stasionar nəmlikötürmə
Qarışıq konveksiya

Laminar rejim
Laminar rejim zonası
Lambert qanunu
Laplas çevirmələri üsulu

Mikroiqlim
Mikroiqlim tənzimlənməsi
Mikroiqlimi təmin edən sistemlər
Materialın istilik mənimsəmə əmsalı
Müqavimət
Müqavimət miqyası

Məcburi konveksiya
Mütləq qara cisim
Mütləq qara səth
Mütləq qara səthlər arasında şüalanma

Nisbi izafi temperatur
Nisbi nəmlik potensialı
Nisbi nəmlik
Nəmlik potensialı
Nəmlik mübadiləsi
Nəmlik mübadiləsi əmsalı
Nəmlik tutumu
Nəmlikötürmə
Nəmlikkeçirmə
Nəmlik saxlama
Nəm tutma qabiliyyəti
Nüsselt kriteriyası

Otaqların konvektiv istilik mübadiləsi
Otaqların istilik mübadiləsi

Otağın havasının temperaturu
Otaqların istilik balansı
Otaqların nəmlik balansı
Otaqların hava balansı
Otaqların istilik rejimləri
Prandtl kriteriyası

Radiasiya
Requlyar rejim

Səthin temperaturunun ortalaşdırılması
Sərhəd təbəqələri
Stasionar isilikötürmə
Stasionar nəmlikötürmə
Stefan - Boltsman qanunu
Səthin kollektiv istilik mübadiləsi
Su buxarının elastikliyi
Su buxarının maksimal elastikliyi
Su buxarının parsial təzyiqi
Su buxarının diffuziyya əmsalı
Sərbəst konveksiya
Səpələnmiş günəş radiasiyası
Soyuma tempi (sürəti)
Soyuq sutkalıq temperatur
Soyuq beş günlük temperatur
Sərhəd şərtləri
Sanitar – gigiyena tələbatı

Şırnağın kinematik impulsu
Şüalanma
Şüalanma əmsalı
Şüa istilikkeçirmə əmsalı
Şeh nöqtəsi
Şeh nöqtəsinin temperaturu
Şüalanma istilik mübadiləsi

Temperatur
Təbii konveksiya
Turbulent rejim
Turbulent rejim zonası
Termiki müqavimət
Termiki müqavimət miqyası
Tələb edilən istilikötürmə müqaviməti
Temperaturkeçirmə əmsalı
Təmin olunma əmsalı
Temperatur rəqsləri
Temperatur rəqslərinin amplitudası

Udma əmsalı

Ventilyasiya olunan hava qatı

Vin qanunu

Ventilyasiya sistemləri

Ölçü kəmiyyətlərinin texniki vahidlər sistemindən (TS)
beynəlxalq vahidlər sisteminə (BS) keçid cədvəli

Kəmiyyətlərin adı	Texniki vahidlər sistemində ölçü vahidi		Beynəlxalq vahidlər sistemində ölçü vahidi
Çəki	kq.san ² /m	9,81	Kq
Qüvvə	kq	9,81	H
Tezyiq	kq/sm ₂	10 ⁴	Pa
	mm su süt.	9,81	Pa
	mm cive süt.	133,3	Pa
Vaxt	saat, saniyə	1	Saat, saniyə
İş, enerji	kq.m	9,81	coul
İstilik miqdarı	kcal	4186,8	coul
İstilik seli	kcal/saat	1,163	Vt
İstilik selinin sıxlığı	kcal/(m ₂ .saat)	1,163	Vt/m ²
Xüsusi istilik tutumu	kcal/(kq. °C)	4186,8	Coul/(kq.K)
İstilikkeçirmə əmsali	kcal/(m.saat °C)	1,163	Vt/(m.K)
İstilikmənimmə əmsali	kcal/(m ² saat °C)	1,163	Vt/(m ² .K)
İstilikvermə əmsali	kcal/(m ² saat °C)	1,163	Vt/(m ² .K)
Dinamiki özlülük əmsali	(kq-san)/m ²	9,81 (H.san)/m ²	(H.san)/m ²
Buxarkeçirmə əmsali	q/(m.saat mm.c.süt.)	0,75□10 ⁻²	q/(m.saat Pa)
Havakeçirmə əmsali	kq/[m ² .saat (mm su süt)2/3]	0,57	kq/(m ² saat Pa 2/3)

İnşaat materialları və konstruksiyaların istilik texniki göstəriciləri.

№	Materialların adı	Quru halda materialların xarakteristikaları			Materialda nəmliyin nisbi kütlə nisbəti (istismar şəraitinə uyğun) w, %		Hesabi əmsallar (istismar şəraitinə uyğun)				
		Sıxlığı ρ kg/m^3	Xüsusi istilik tutumu C_p , $\text{kJ/kg}^\circ\text{C}$	İstilik keçirmə əmsali λ_0 $\text{Bt/m}^\circ\text{C}$	A	B	İstilik keçir-mə λ , $\text{Bt/m}^\circ\text{C}$	A	B	İstilikməniməmə (24 saat müddətin-də S, Bt/m^2 $^\circ\text{C}$)	Buxar ke-çirmə μ , Pa
1	Beton və məhlullar A. Təbii dolduru-culu betonlar										
1	Dəmir - beton	2500	0,84	1,69	2	3	1,92	2,04	17,98	18,95	0,03
2	Təbii daşdan çınqılı və yaxud qırmadaş betonu B. Təbii yüngül dolduruculu beton-lar	2400	0,84	1,51	2	3	1,74	1,86	16,77	17,88	0,03
3	Tuf betonu	1800	0,84	0,64	7	10	0,87	0,99	11,38	12,79	0,090
4	Tuf betonu	1600	0,84	0,52	7	10	0,70	0,81	9,62	10,91	0,11
5	Tuf betonu	1400	0,84	0,41	7	10	0,52	0,58	7,76	8,63	0,11
6	Tuf betonu	1200	0,84	0,29	7	10	0,41	0,47	6,38	7,20	0,12

7	Pemza - betonu	1600	0,84	0,52	4	6	0,62	0,68	8,54	9,30	0,075
8	Pemza - betonu	1400	0,84	0,42	4	6	0,49	0,54	7,10	7,76	0,083
9	Pemza - betonu	1200	0,84	0,34	4	6	0,40	0,43	5,94	6,41	0,098
10	Pemza - betonu	1000	0,84	0,26	4	6	0,30	0,34	4,69	5,20	0,11
11	Pemza - betonu	800	0,84	0,19	4	6	0,22	0,26	3,60	4,07	0,12
12	Vulkan posasından hazırlanmış beton	1600	0,84	0,52	7	10	0,64	0,70	9,20	10,14	0,075
13	-/-	1400	0,84	0,41	7	10	0,52	0,58	7,76	8,63	0,083
14	-/-	1200	0,84	0,33	7	10	0,41	0,47	6,3	7,20	0,090
15	-/-	1000	0,84	0,24	7	10	0,29	0,35	4,90	5,67	0,098
16	-/-	800	0,84	0,20	7	10	0,23	0,29	3,90	4,61	0,11
17	Keranzit - qum asasında hazırlanmış keranzit - beton və keranzit köplük beton	1800	0,84	0,66	5	10	0,80	0,92	10,50	12,33	0,090
18	-/-	1600	0,84	0,58	5	10	0,67	0,79	9,06	10,77	0,090
19	-/-	1400	0,84	0,47	5	10	0,56	0,65	7,75	9,14	0,098
20	-/-	1200	0,84	0,36	5	10	0,44	0,52	6,36	7,57	0,11
21	-/-	1000	0,84	0,27	5	10	0,33	0,41	5,03	6,13	0,14
22	-/-	800	0,84	0,21	5	10	0,24	0,31	3,83	4,77	0,19
23	-/-	600	0,84	0,16	5	10	0,20	0,26	3,03	3,78	0,26
24	-/-	500	0,84	0,14	5	10	0,17	0,23	2,55	3,25	0,30
25	Kvars qumundan hazırlanmış keranzit beton	1200	0,84	0,41	4	8	0,52	0,58	6,77	7,72	0,075
26	-/-	1000	0,84	0,33	4	8	0,41	0,47	5,49	6,35	0,075
27	-/-	800	0,84	0,23	4	8	0,29	0,35	4,13	4,90	0,075

28	Perlit quımdan hazırlanmış keramzit beton	1000	0,84	0,28	9	13	0,35	0,41	5,57	6,43	0,15
29	-/-	800	0,84	0,22	9	13	0,29	0,35	4,54	5,32	0,17
30	Şuıçizit beton	1400	0,84	0,49	4	7	0,56	0,64	7,59	8,60	0,098
31	-/-	1200	0,84	0,36	4	7	0,44	0,50	6,23	7,04	0,11
32	-/-	1000	0,84	0,27	4	7	0,33	0,38	4,92	5,60	0,14
33	Perlit beton	1200	0,84	0,29	10	15	0,44	0,50	6,96	8,01	0,15
34	-/-	1000	0,84	0,22	10	15	0,33	0,38	5,50	6,38	0,19
35	-/-	800	0,84	0,16	10	15	0,27	0,33	4,45	5,32	0,26
36	-/-	600	0,84	0,12	10	15	0,19	0,23	3,24	3,84	0,30
37	Posa - penza be-tonu	1800	0,84	0,52	5	8	0,63	0,76	9,32	10,83	0,075
38	-/-	1600	0,84	0,41	5	8	0,52	0,63	7,98	9,29	0,090
39	-/-	1400	0,84	0,35	5	8	0,44	0,52	6,87	7,90	0,098
40	-/-	1200	0,84	0,29	5	8	0,37	0,44	5,83	6,73	0,11
41	-/-	1000	0,84	0,23	5	8	0,31	0,37	4,87	5,63	0,11
42	Posa - penza - köpük beton və posa - penza - qaz beton	1600	0,84	0,47	8	11	0,63	0,70	9,29	10,31	0,09
43	-/-	1400	0,84	0,35	8	11	0,52	0,58	7,90	8,78	0,098
44	-/-	1200	0,84	0,29	8	11	0,41	0,47	6,49	7,31	0,11
45	-/-	1000	0,84	0,23	8	11	0,35	0,41	5,48	6,24	0,11
46	-/-	800	0,84	0,17	8	11	0,29	0,35	4,46	5,15	0,13
47	Domna şlakından hazırlanmış beton	1800		0,58	5	8	0,70	0,81	9,82	11,18	0,083
48	-/-	1600		0,47	5	8	0,58	0,64	8,43	9,37	0,09

49	-/-	1400		0,41	5	8	0,52	0,58	7,46	8,34	0,098
50	-/-	1200		0,35	5	8	0,47	0,52	6,57	7,31	0,11
51	Aqloporit beton	1800		0,70	5	8	0,85	0,93	10,82	11,98	0,075
52	-/-	1600		0,58	5	8	0,72	0,78	9,39	10,34	0,083
53	-/-	1400		0,47	5	8	0,59	0,65	7,92	8,83	0,09
54	-/-	1200		0,35	5	8	0,48	0,54	6,64	7,45	0,11
55	-/-	1000		0,29	5	8	0,38	0,44	5,39	6,14	0,14
56	Gülden hazırlanmış beton	1400		0,47	5	8	0,52	0,58	7,46	8,34	0,09
57	-/-	1200		0,35	5	8	0,41	0,47	6,14	6,95	0,11
58	-/-	1000		0,24	5	8	0,30	0,35	4,79	5,48	0,12
59	Vermikulit beton	800		0,21	8	13	0,23	0,26	3,97	4,58	-
60	-/-	600		0,14	8	13	0,16	0,17	2,87	3,21	0,15
61	-/-	400		0,09	8	13	0,11	0,13	1,94	2,29	0,19
62	-/-	300		0,08	8	13	0,09	0,11	1,52	1,83	0,23
	Q. Məsələli beton										
63	Qaz - beton , köpük -beton və köpük -silikat	1000		0,29	10	15	0,41	0,47	6,13	7,09	0,11
64	-/-	800		0,21	10	15	0,33	0,37	4,92	5,63	0,14
65	-/-	600		0,14	8	12	0,22	0,26	3,36	3,91	0,17
66	-/-	400		0,11	8	12	0,14	0,15	2,19	2,42	0,23
67	-/-	300		0,08	8	12	0,11	0,13	1,68	1,95	0,26
68	Qaz beton və köpügilbeton										
69	-/-	1000		0,23	15	22	0,44	0,50	6,86	8,01	0,098
70	-/-	800		0,17	15	22	0,36	0,41	5,48	5,48	0,12

	D. Sement, əhəng və gips məhsulları																				
71	Sement – qum	1800										0,58	2	4	0,76	0,93	9,60	11,09		0,09	
72	Mürəkəb (qum, əhəng, sement)	1700										0,52	2	4	0,70	0,87	8,95	10,42		0,098	
73	Əhəng – qum	1600										0,47	2	4	0,70	0,81	8,09	9,76		0,12	
74	Sement – posa	1400										0,41	2	4	0,52	0,64	7,00	8,11		0,11	
75	-/-	1200										0,35	2	4	0,47	0,58	6,16	7,15		0,14	
76	Sement perlit	1000										0,21	7	12	0,26	0,30	4,64	5,42		0,15	
77	-/-	800										0,16	7	12	0,21	0,26	3,73	4,51		0,16	
78	Gips – perlit	600										0,14	10	15	0,19	0,23	3,24	3,84		0,17	
79	Məməli gips – perlit	500										0,12	6	10	0,15	0,19	2,44	2,95		0,43	
80	-/-	400										0,09	6	10	0,13	0,15	2,03	2,35		0,53	
81	Gips tava	1200										0,35	4	6	0,41	0,47	6,01	6,70		0,098	
82	-/-	1000										0,23	4	6	0,29	0,35	4,62	5,28		0,11	
83	Gipsdən üzülük verəçə (quru su-vaq)	800										0,15	4	6	0,19	0,21	3,34	3,66		0,16	
	P. Kəpçic hörgüsü və təbii üzülük daş																				
	A. Bütöv kəpçicdən hörgü																				
84	Adi gil kəpçic (DÜİST 530-80)	1800	0,88									0,56	1	2	0,70	0,81	9,20	10,12		0,11	
85	-/-	1700	0,88									0,52	1,5	3	0,64	0,76	8,64	9,70		0,12	
86	-/-	1600	0,88									0,47	2	4	0,58	0,70	8,08	9,23		0,15	

87	Silikat kərpic (DÜİST 379 - 79)	1800	0,88	0,70	2	4	0,76	0,87	9,77	10,90	0,11
88	Trepel kərpic (DÜİST 648 - 73)	1200	0,88	0,35	2	4	0,47	0,52	6,26	6,49	0,19
89	-/-	1000	0,88	0,29	2	4	0,41	0,47	5,35	5,96	0,23
90	Posa kərpic	1500	0,88	0,52	1,5	3	0,64	0,70	8,12	8,76	0,11
	B. Keramik və boşluqlu silikat kərpicdən hörgü										
91	Boşluqlu keramik kərpic	1600	0,88	0,47	1	2	0,58	0,64	7,91	8,48	0,14
92	-/-	1400	0,88	0,41	1	2	0,52	0,58	7,01	7,56	0,16
93	-/-	1200	0,88	0,35	1	2	0,47	0,52	6,16	6,62	0,17
94	On bir boşluqlu silikat kərpic	1500	0,88	0,64	2	4	0,70	0,81	8,50	9,63	0,13
95	On dörd boşluqlu silikat kərpic	1400	0,88	0,52	2	4	0,64	0,76	7,93	8,01	0,14
	B. Təbii üzlük daşlar										
96	Granit, qneys və bazalt	2800	0,88	3,49	0	0	3,49	3,49	25,04	25,04	0,088
97	Mərmər	2800	0,88	2,91	0	0	2,91	2,91	22,86	22,86	0,008
98	Əhəng daşı	2000	0,88	0,93	2	3	1,16	1,28	12,77	13,70	0,06
99	-/-	1800	0,88	0,70	2	3	0,93	1,05	10,85	11,77	0,075
100	-/-	1600	0,88	0,58	2	3	0,73	0,81	9,06	9,75	0,09
101	-/-	1400	0,88	0,49	2	3	0,56	0,58	7,42	7,72	0,11

102	Tuf daşı	2000	0,88	0,76	3	5	0,93	1,05	11,68	12,92	0,075
103	-/-	1800	0,88	0,56	3	5	0,70	0,81	9,61	10,76	0,083
104	-/-	1600	0,88	0,41	3	5	0,52	0,64	7,81	9,02	0,09
105	-/-	1400	0,88	0,33	3	5	0,43	0,52	6,64	7,60	0,098
106	-/-	1200	0,88	0,27	3	5	0,35	0,41	5,55	6,25	0,11
107	-/-	1000	0,88	0,21	3	5	0,24	0,29	4,20	4,80	0,11
	Ş. Ağac, ondan hazırlanmış mə'mulətlər və digər ağac materialları										
108	Eninə lifli şam və küknaq ağacı DÜİST 8486 - 66, DÜİST 9463 - 74		2,30	0,09	15	20	0,14	0,18	3,87	4,54	0,06
109	Uzununa lifli şam və küknaq ağacı		2,30	0,18	15	20	0,29	0,35	5,56	6,33	0,32
110	Eninə lifli palıd DÜİST 9462 - 71, DÜİST 2965-83	700	2,30	0,10	10	15	0,18	0,23	5,00	5,86	0,05
111	Uzununa lifli palıd	700	2,30	0,23	10	15	0,35	0,41	6,9	7,83	0,30
112	Yapışqanlı faner (DÜİST 3916-69)	600	2,30	0,12	10	13	0,15	0,18	4,22	4,73	0,02
113	Üzlük karton	1000	2,30	0,18	5	10	0,21	0,33	6,20	6,75	0,06

114	Çox qat inşaat kartonu (DÜİST 4408 - 75)	650	2,30	0,13	6	12	0,15	0,18	4,26	4,89	0,083
115	Ağac qırntılarından tavalar (DÜİST 4598-74)	1000	2,30	0,15	10	12	0,23	0,29	6,75	7,70	0,12
116	-/-	800	2,30	0,13	10	12	0,19	0,23	6,49	5,13	0,12
117	Ağac qırntılarından tavalar (DÜİST 4590-74, DÜİST 10632-77)	600	2,30	0,11	10	12	0,13	0,16	3,93	4,43	0,13
118	-/-	400	2,30	0,08	10	12	0,11	0,13	2,95	3,26	0,19
119	-/-	200	2,30	0,06	10	12	0,07	0,08	1,67	1,81	0,24
120	Portland sementli fibrolit (DÜİST 8928-81) və arbolit (DÜİST 19222-84) tavaları	800	2,30	0,16	10	15	0,24	0,30	6,17	7,16	0,11
121	-/-	600	2,30	0,12	10	15	0,18	0,23	4,63	5,43	0,11
122	-/-	400	2,30	0,08	10	15	0,13	0,16	3,21	3,70	0,26
123	-/-	300	2,30	0,07	10	15	0,11	0,14	2,56	2,99	0,30
124	Qamışdan hazırlanmış tavalar	300	2,30	0,07	10	15	0,09	0,14	2,31	2,99	0,45
125	-/-	200	2,30	0,06	10	15	0,07	0,09	1,67	1,96	0,49
126	İstilik izolyasiya üçün torf tavalar	300	2,30	0,064	15	20	0,07	0,08	2,12	2,34	0,19

	(DÜİST 4861-74)																							
127	-//-	200	2,30	0,052	15	20	0,06	0,064	1,60	1,71	0,40													
128	Paklya	150	2,30	0,05	7	12	0,06	0,07	1,30	1,47	0,49													
	IV - İstilik izolyasiya materialları																							
	A. Mineral pambıq və şişe pambıq																							
129	Mineral pambıqlı və (DÜİST 21880-76) və sintetiki birləşdiricili (DÜİST 9573-82) hesablar.	125	0,84	0,056	2	5	0,064	0,07	0,73	0,82	0,30													
130	-//-	75	0,84	0,052	2	5	0,06	0,064	0,55	0,61	0,49													
131	-//-	50	0,84	0,043	2	5	0,052	0,06	0,42	0,48	0,53													
132	Sintetik və bitüm birləşdiricili yumşaq, yarımberk və bərk mineral pambıq (DÜİST 9673-82, DÜİST 10140-80, DÜİST 12394-66)	350	0,84	0,091	2	5	0,09	0,11	1,46	1,72	0,38													
133	-//-	300	0,84	0,081	2	5	0,087	0,09	1,32	1,44	0,41													
134	-//-	200	0,84	0,070	2	5	0,076	0,08	1,01	1,11	0,49													
135	-//-	100	0,84	0,056	2	5	0,06	0,07	0,64	0,73	0,56													

136	-/-	50	0,84	0,048	2	5	0,052	0,06	0,42	0,48	0,60
137	Üzvi fosfatlı bərk mineral pambıq tavalər (TŞ 21-RSFSR-3-72-76)	200	0,84	0,064	1	2	0,07	0,076	0,94	1,01	0,45
138	Krazmali birləşdirici yarımberk mineral pambıq tavalər (TŞ 400-1-61-74 Moskva icraiyyə komitəsi)	200	0,84	0,07	2	5	0,076	0,08	1,01	1,11	0,38
139	-/-	125	0,84	0,056	2	5	0,06	0,064	0,70	0,78	0,38
140	Sintetik birləşdiricili laylı şüşə pambıq tavalər (DÜİST 1049-78)	50	0,84	0,056	2	5	0,06	0,064	0,44	0,50	0,60
141	Şüşə lifli, tikanlı həsir və zolaqlar (TŞ 21-23-72-75)	150	0,84	0,061	2	5	0,064	0,07	0,80	0,90	0,53
	B. Polimerlər										
142	Köpüklü polistrol (TŞ 6-05-11-78-78)	150	1,34	0,05	1	5	0,052	0,06	0,89	0,99	0,05
143	-/-	100	1,34	0,041	2	10	0,041	0,052	0,65	0,82	0,05
144	Köpüklü polistrol (DÜİST 15588-70)	40	1,34	0,038	2	10	0,041	0,05	0,41	0,49	0,05
145	Penoplastı PXX-1	125	1,26	0,052	2	10	0,06	0,064	0,86	0,99	0,23

146	(TŞ 6-05-1179-75) və PV-1 (TŞ 6-05-1158-78)	100 və aşağı	1,26	0,041	2	10	0,05	0,052	0,68	0,80	0,23
147	Köpüklü poliretan (TŞ B-56-70 TŞ 67-98-75 TŞ 67-87-75)	80	1,47	0,041	2	5	0,05	0,05	0,67	0,70	0,05
148	-/-	60	1,47	0,035	2	5	0,041	0,041	0,53	0,55	0,05
149	-/-	40	1,47	0,029	2	5	0,04	0,04	0,40	0,42	0,05
150	Rezol – fenol-formaldehid köpük plast tava-lar (DÜİST 20916-75)	100	1,68	0,047	5	20	0,052	0,076	0,85	1,18	0,15
151	-/-	75	1,68	0,043	5	20	0,05	0,07	0,72	0,98	0,23
152	-/-	50	1,68	0,041	5	20	0,05	0,064	0,59	0,77	0,23
153	-/-	40	1,68	0,03	5	20	0,041	0,06	0,48	0,66	0,23
154	Perlit – plast beton (TŞ 480-1-145-74)	200	1,05	0,041	2	3	0,052	0,06	0,93	1,01	0,008
155	-/-	100	1,05	0,005	2	3	0,041	0,05	0,58	0,66	0,008
156	Perlitli fosfohelyi məmulatları (DÜİST1500-76)	300	1,05	0,076	3	12	0,08	0,12	1,43	2,02	0,20

157	-/-	200	1,05	0,064	3	12	0,07	0,09	1,10	1,43	0,23
	V. Doldurucular										
158	Keramik çınqılı (DÜİST 9759-83)	800	0,84	0,18	2	3	0,21	0,23	3,36	3,60	0,21
159	-/-	600	0,84	0,14	2	3	0,17	0,20	2,62	2,91	0,23
160	-/-	400	0,84	0,12	2	3	0,13	0,14	1,87	1,99	0,24
161	-/-	300	0,84	0,108	2	3	0,12	0,13	1,56	1,66	0,25
162	-/-	200	0,84	0,099	2	3	0,11	0,12	1,22	1,30	0,26
163	Şunqizit çınqılı (DÜİST 9759-83)	800	0,84	0,16	2	4	0,20	0,23	3,28	3,68	0,21
164	-/-	600	0,84	0,13	2	4	0,16	0,20	2,54	2,97	0,22
165	-/-	400	0,84	0,11	2	4	0,13	0,14	1,87	2,03	0,23
166	Donma posası (DÜİST 5578-76) penza posası (DÜİST 9760-75) alqoparil (DÜİST 11991-83)	800	0,84	0,18	2	3	0,21	0,26	3,36	3,83	0,21
167	-/-	600	0,84	0,15	2	3	0,18	0,21	2,70	2,98	0,23
168	-/-	400	0,84	0,122	2	3	0,14	0,16	1,94	2,12	0,24
169	Köpüklənmiş perlitdən qum və çınqıl (DÜİST 10832-83)	600	0,84	0,11	1	2	0,111	0,12	2,07	2,20	0,26
170	-/-	400	0,84	0,076	1	2	0,087	0,09	1,59	1,56	0,30
171	-/-	200	0,84	0,064	1	2	0,076	0,08	0,99	1,04	0,34

172	Köpüklənmiş vermikulit (DÜİST 12875-67)	200	0,84	0,076	1	3	0,09	0,11	1,08	1,24	0,23
173	--/--	100	0,84	0,064	1	3	0,076	0,08	0,7	0,75	0,30
174	İnşaat işləri üçün qum (DÜİST 8736-77)	1600	0,84	0,35	1	2	0,47	0,58	6,95	7,91	0,17
	Q. Köpüklü və ya qazlı şüşə										
175	Köpüklü və ya qazlı şüşə (TŞ 21-BSSR-86-73)	400	0,84	0,11	1	2	0,12	0,14	1,76	1,94	0,02
176	--/--	300	0,84	0,09	1	2	0,11	0,12	1,46	1,56	0,02
177	--/--	200	0,84	0,07	1	2	0,08	0,09	1,01	1,10	0,03
	U. çardağ üçün hidroizolyasiya, üzülük və döşəmə üçün rulon örtük materialları										
	A. Asbesement										
178	Hamar asbest-sement lövhələr	1800	0,84	0,35	2	3	0,47	0,52	7,55	8,12	0,03
179	--/--	1600	0,84	0,23	2	3	0,35	0,41	6,14	6,80	0,03
	B. Bitüm										
180	Tikinti və dam örtükləri üçün neft bitümü	1400	1,68	0,27	0	0	0,27	0,27	6,80	6,80	0,008

181	-/-	1200	1,68	0,22	0	0	0,22	0,22	5,69	5,69	0,008
182	-/-	1000	1,68	0,17	0	0	0,17	0,17	4,56	4,56	0,008
183	Asfalt - beton (DÜİST 9228-74)	2100	1,68	1,05	0	0	1,05	1,05	16,43	16,43	0,0008
184	Bitümlə köpük- lanmış perlit məmulatları (DÜİST 1613-80)	400	1,68	0,111	1	2	0,12	0,13	2,45	2,59	0,04
185	-/-	300	1,68	0,087	1	2	0,09	0,099	1,84	1,95	0,04
186	Ruberoid (DÜİST 10923- 82) Pergamin (DÜİST 2687-83) Tol (DÜİST 10999-76)	600	1,68	0,17	0	0	0,17	0,17	3,53	3,53	Cədvəl 2.7-ə bax
187	B. Linoleum Çoxqat polivinil- xlorid linoleum (DÜİST 14632- 79)	1800	1,47	0,38	0	0	0,38	0,38	8,56	8,56	0,002
188	-/-	1600	1,47	0,33	0	0	0,33	0,33	7,52	7,52	0,002
189	Parça üzərində polivinixlorid linolium (DÜİST 7251-77)	1800	1,47	0,35	0	0	0,35	0,35	8,22	8,22	0,002
190	-/-	1600	1,47	0,29	0	0	0,29	0,29	7,05	7,05	0,002
191	-/-	1400	1,47	0,23	0	0	0,23	0,23	5,87	5,87	0,002

	Metal və şüşə												
192	Polad çubuq armaturlar (DÜİST 10884- 81)	7850	0,482	58	0	0	58	58	126,5	126,5	0		
193	Çuqun	7200	0,482	50	0	0	50	50	112,5	112,5	0		
194	Alüminium (DÜİST 22233- 83)	2600	0,84	221	0	0	221	221	187,6	187,6	0		
195	Mis (DÜİST 859-78)	8500	0,42	407	0	0	407	407	326	326	0		
196	Pancərə şüşəsi (DÜİST 111-78)	2500	0,84	0,76	0	0	0,76	0,76	10,79	10,79	0		

Qeyd: 1. Konstruksiyanın materiallarının hesabı istilik mənimsemə əmsallarının (24 saat müddətində) qiyməti

$S = 0,27 \sqrt{\lambda \gamma_0 (C_0 + 0,0419 \overline{\sigma})}$ düsturu ilə hesablanır; burada λ , γ_0 , C_0 , ω əlavə №1 –dən müvafiq qrafalardan qəbul edilir.

2. Materialların quru vəziyyətdə xarakteristikaları materialda nəmliyin kütlə üzrə nisbəti 0% olan hal üçün nəzərdə tutulub.

Nəmlənmə dövründə materiallarda nəmliyin yol verilən
kütəvi nisbi artımı ΔW_{op}

№	Qoruyucu konstruksiyaların materialları	Materiallarda yol verilən kütəvi nisbi nəmliyi, ΔW_{op} , %
1	Kərpic və keramik bloklardan hörgü	1,5
2	Silikat kərpicdən hörgü	2,0
3	Məsaməli doldurucu yüngül betonlar (keramzit – beton, şunqizit – be- ton və başqaları)	5,0
4	Özəkləri betonlar (qaz – beton, qazosilikat və başqaları)	6,0
5	Qazosilikat	1,5
6	Sementli fibrolit	7,5
7	Mineral pambıq tavalər və döşəkçələr	3,0
8	Köpük polistrel və köpük poliuretən	25,0
9	Keramzit, şunqizit, şlakdan hazırlanmış istilik – izolyasiya materialları	3,0
10	Ağır betonlar	2,0

Baromerik təzyiq $B = 986,8$ qPa olduqda, su buxarının maksimal elastikliyiinin qiyməti, qPa – la

№	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	6,11	6,15	6,20	6,24	6,29	6,33	6,39	6,43	6,48	6,52
1	6,57	6,61	6,67	6,71	6,76	6,81	6,85	6,91	6,96	7,01
2	7,05	7,11	7,16	7,21	7,27	7,32	7,37	7,43	7,48	7,53
3	7,59	7,64	7,69	7,75	7,8	7,85	7,91	7,96	8,03	8,08
4	8,13	8,19	8,26	8,31	8,36	8,43	8,48	8,54	8,6	8,69
5	8,72	8,79	8,86	8,91	8,98	9,04	9,1	9,16	9,23	9,3
6	9,35	9,42	9,48	9,56	9,62	9,68	9,75	9,82	9,88	9,95
7	10,02	10,1	10,16	10,23	10,3	10,38	10,44	10,51	10,59	10,66
8	10,74	10,8	10,88	10,95	11,03	11,1	11,18	11,26	11,32	11,40
9	11,48	11,56	11,64	11,72	11,80	11,88	11,96	12,04	12,12	12,2
10	12,28	12,36	12,44	12,54	12,62	12,70	12,79	12,87	12,95	12,04
11	13,12	13,22	13,31	13,39	13,48	13,58	13,66	13,75	13,84	13,94
12	14,03	14,12	14,22	14,31	14,4	14,50	14,59	14,68	14,79	1489
13	14,98	15,08	15,18	15,27	15,38	15,47	15,58	15,68	15,78	15,88
14	15,99	16,09	16,19	16,29	16,40	16,51	16,62	16,72	16,83	16,95
15	17,06	17,1	17,28	13,39	17,49	17,62	17,72	17,84	17,95	18,07
16	18,1	18,29	18,12	18,54	18,66	18,78	18,89	19,02	19,15	19,26
17	19,38	19,49	19,63	19,75	19,87	20,00	20,12	20,26	20,3	20,51
18	20,64	20,78	20,89	21,03	21,16	21,29	21,43	21,56	21,69	21,83
19	21,98	22,11	22,26	22,39	22,52	22,67	22,82	22,95	23,09	23,24
20	23,39	23,48	23,67	23,82	23,96	24,12	24,27	24,42	24,57	24,73
21	24,67	25,03	25,19	25,34	25,49	25,65	25,82	25,97	26,13	26,29
22	26,45	26,61	26,77	26,93	27,09	27,29	27,43	27,59	27,77	27,93
23	28,1	28,27	28,43	28,61	28,78	28,95	29,14	29,31	29,49	29,6
24	29,85	30,02	30,21	30,29	30,57	30,75	30,94	31,13	31,31	31,5

t, °C	E	t, °C	E	t, °C	E	t, °C	E
0	6,12	-6,6	3,51	-13,2	1,95	19,8	1,05
-0,2	6,01	-6,8	3,44	-13,4	1,91	20	1,03
-0,4	5,92	-7	3,37	-13,6	1,88	20,5	0,99
-0,6	5,31	-7,2	3,32	-13,8	1,84	21	0,93
-0,8	5,73	-7,4	3,27	-14	1,81	21,5	0,89
-1	5,63	-7,6	3,21	-14,2	1,79	22	0,85
-1,2	5,53	-7,8	3,15	-14,4	1,75	22,5	0,81
-1,4	5,44	-8	3,09	-14,6	1,72	23	0,77
-1,6	5,35	-8,2	3,04	-14,8	1,68	23,5	0,73
-1,8	5,27	-8,4	2,99	-15	1,65	24	0,69
-2	5,17	-8,6	2,93	-15,2	1,63	24,5	0,65
-2,2	5,09	-8,8	2,89	-15,4	1,59	25	0,63
-2,4	5,00	-9	2,84	-15,6	1,56	25,5	0,6
-2,6	4,92	-9,2	2,79	-15,8	1,53	26	0,56
-2,8	4,88	-9,5	2,73	-16	1,51	26,5	0,53
-3	4,76	-9,6	2,08	-16,2	1,48	27	0,51
-3,2	4,68	-9,8	2,64	-16,4	1,45	27,5	0,48
-3,4	4,6	-10	2,6	-16,6	1,43	28	0,45
-3,6	4,52	-10,2	2,55	-16,8	1,4	28,5	0,44
-3,8	4,45	-10,4	2,51	-17	1,37	29	0,41
-4	4,37	-10,6	2,45	-17,2	1,35	29,5	0,39
-4,2	4,29	-10,8	2,41	-17,4	1,32	30	0,37
-4,4	4,23	-11	2,37	-17,6	1,29	31	0,34
-4,6	4,15	-11,2	2,33	-17,8	1,28	32	0,3
-4,8	4,08	-11,4	2,29	-18	1,25	33	0,27
-5	4,01	-11,6	2,25	-18,2	1,23	34	0,25

-5,2	3,95	-11,8	2,21	-18,4	1,2	35	0,22
-5,4	3,38	-12	2,17	-18,6	1,17	36	0,2
-5,6	3,81	-12,2	2,13	-18,8	1,16	37	0,18
-5,8	3,75	-12,4	2,09	-19	1,13	38	0,16
-6	3,68	-12,6	2,07	-19,2	1,11	39	0,14
-6,2	3,63	-12,8	2,03	-19,4	1,09	40	0,12
-6,4	3,56	-13	1,99	-19,6	1,07	41	0,11

Əlavə № 5

Nisbi nəmlik və daxili mühitin temperaturundan asılı olaraq bina və qurğuların daxilində nəmlik rejimi.

Rejim	Temperaturundan asılı olaraq daxili mühitin nəmliyi %		
	12 °C –yə qədər	21 °C –yə qədər	24 °C –dən çox
Quru	$\varphi \leq 60 \%$	$\varphi \leq 50 \%$	$\varphi \leq 49 \%$
Normal	$60 < \varphi \leq 75$	$50 < \varphi \leq 60$	$40 < \varphi \leq 50$
Nəm	$\varphi > 75$	$60 < \varphi \leq 75$	$50 < \varphi \leq 60$
Yaş	-	$\varphi > 75$	$\varphi > 60$

Əlavə № 6

Otaqların nəmlik rejimindən və zonasından asılı olaraq qoruyucu konstruksiyaların istismar şəraiti.

Otaqların nəmlik rejimi	Nəmlik zonalarında A və B istismar şəraiti	
	Quru	Normal
Quru	A	A
Normal	A	B
Nəm və ya yaş	B	B
		Nəm
		B
		B
		B

MÜNDƏRİCAT

Ön söz.....	3
Şərti işarələr və onların əsas ölçü vahidləri.....	5
Giriş.....	7
Fəsil I. Bina və qurğuların daxilində istilik rejimləri.....	9
§1.1. Otaqlarda istilik mübadiləsi.....	9
§1.2. Şüalanma yolu ilə istilik mübadiləsi.....	11
§1.3. Konvektiv istilik mübadiləsi.....	15
§1.4. Bina və qurğuların qoruyucu konstruksiyalarının istilikkeçirməsi.....	21
§1.5. Bina və qurğuların daxilində istilik balansı.....	25
§1.6. İnsanlarla ətraf mühit arasında istilik balansı.....	25
§1.7. Daxili mühitdə komfort şərtlər.....	28
Fəsil II. Qoruyucu konstruksiyalarda stasionar istilikötürmə və nəmlik rejimləri.....	31
§2.1. Qoruyucu konstruksiyalarda stasionar istilikötürmə.....	32
§2.2. Xarici qoruyucu konstruksiyaların termiki müqavimətlərinin təyini.....	33
§2.3. Xarici qoruyucu konstruksiyalarda stasionar istilikötürmənin xüsusi halları.....	45
§2.4. Daxili mühitdə nəmlik rejimi. Qoruyucu konstruksiyalarda buxarkeçirməyə qarşı müqavimətlər.....	47
§2.5. Qoruyucu konstruksiyaların nəmlik halının hesabı. Temperatur və nəmlik sahələrinin təsviri. Su buxarının kondensasiya əmələ gətirdiyi hissənin aradan qaldırılması üsulları.....	53
§2.6. İnfiltrasiyanı nəzərə almaqla xarici qoruyucu konstruksiyalarda stasionar nəmlikkeçirmə.....	55
§2.7. Konstruksiyalarda maye şəkilli nəmlikkeçirmə.....	57
§2.8. Günəş şüalarının istiliyini nəzərə almaqla qoruyucu konstruksiyalarda istilikötürmə.....	61
§2.9. Xarici qoruyucu konstruksiyaların stasionar istilik – nəmlikkeçirməsi.....	67
§2.10. Xarici qoruyucu konstruksiyalarda daxili istilik mənbəyini nəzərə almaqla istilikötürmə.....	74

Fəsil III. Bina və qurğuların hava rejimləri. Qoruyucu konstruksiyaların istilikötürmə proseslərində havakeçirmənin nəzərə alınması.....	80
§3.1. Bina və qurğuların hava rejimləri. Qoruyucu konstruksiyaların havakeçirməyə qarşı müqavimətləri.....	80
§3.2. Havakeçirməni nəzərə almaqla qoruyucu konstruksiyaların istilik-ötürməsi.....	86
§3.3. Xarici qoruyucu konstruksiyalarda əlavə istilik itkiləri.....	91
Fəsil IV. Xarici qoruyucu konstruksiyalarda qeyri-stasionar istilikötürmə və nəmlik keçirmə.....	93
§4.1. Xarici qoruyucu konstruksiyalarda qeyri-stasionar istilikkeçirmə proseslərinin klassik həll üsulları.....	94
§4.2. Xarici qoruyucu konstruksiyaların istilik dayanıqlığı məsələsinin dəyişənlərə ayırma üsulu ilə analitik həlli.....	97
§4.3. İlin qış dövründə xarici qoruyucu konstruksiyaların və otaqların istilik dayanıqlığı.....	106
§4.4. İlin yay dövründə xarici qoruyucu konstruksiyaların və otaqların istilik dayanıqlığı.....	109
§4.5. Sonsuz integral çevirmələr üsulu (laplas çevirməsi üsulu).....	112
§4.6. Xarici qoruyucu konstruksiyalarda istilik-kütlə mübadiləsi proseslərinin laplas çevirmələri üsulu ilə tətqiqi.....	114
§4.7. Xarici qoruyucu konstruksiyaların birtərəfli qızması və ya soyuması.....	122
§4.8. Qeyri-stasionar şəraitdə qoruyucu konstruksiyalarda havanın infiltrasiyasını nəzərə almaqla nəmlikötürmə.....	126
§4.9. İkitərəfli quruma zamanı nəmlik potensialı əsasında xarici qoruyucu konstruksiyanın qeyri-stasionar nəmlikötürməsi.....	128
Fəsil V. Günəş şüalarının bina və qurğulara təsiri.....	134
§5.1. Günəş şüaları nəzərə alınmaqla qeyri-stasionar istilikötürmə.....	135
§5.2. Günəş şüalarının xarici qoruyucu konstruksiyalara təsiri. Günəşdən qoruyucu qurğular.....	141

Fəsil VI. Qoruyucu konstruksiyalarda gedən istilik proseslərini nəzərə almaqla istilik təchizatı sistemlərinin iş rejimlərinin riyazi modelləşdirilməsi...	146
§6.1. «istilik generasiyası qurğuları-istilik tələbatçısı» sxemi üzrə istilik təchizatı sistemlərinin riyazi modellərinin qurulması.....	146
§ 6.2. «İstilik generasiyası qurğusu-istilik mübadiləsi qurğusu-istilik tələbatçısı» sxemi üzrə istilik təchizatı sistemlərinin riyazi modellərinin qurulması	153
§6.3. İstilik təchizatı sistemlərinin sxemlərinin müqayisəli analizi və tənzimlənmə metodları.....	157
Fəsil VII. Qoruyucu konstruksiyalarda istilik proseslərinin amplitud – faza xarakteristikası.....	159
§ 7.1. Harmonik təsirlərə dinamik sistemin reaksiyası.....	160
§ 7.2. Ötürücü funksiyaların amplitud faza xarakteristikası.....	163
§ 7.3. Amplitud – faza xarakteristikası vasitəsilə temperatur-keçirmə əmsalının təyini.....	172
Fəsil VIII. Xarici qoruyucu konstruksiyalarda istiliklə mübadiləsi proseslərinin məqsədyönlü idarə olunması.....	173
§8.1. Xarici qoruyucu konstruksiyalarda istilik prosesləri üçün psevdo tərs məsələlər.....	173
§8.2. Daxili mühit temperaturunun təyin edilməsi.....	174
§8.3. Birtərəfli qızma və ya soyumada istilik itkilərinin təyin edilməsi.....	177
Fəsil IX. Bina və qurğuların istilik effektivliyinin optimallaşdırılması.....	180
§9.1. Təcrübə qurğusu və təcrübənin aparılma üsulu	181
§9.2. Qoruyucu konstruksiyaların istilik rejimlərinə xarici iqlim parametrlərinin təsirinin optimal nəzərə alınmasının mühəndis metodu.....	182
§ 9.3. Otaqlarda mikroiqlimin yaradılmasına sərf olunan enerjinin optimallaşdırılması.....	189
§ 9.4. Bina və qurğuların isidilməsinə sərf olunan istiliyin optimallaşdırılması.....	199
Ədəbiyyat.....	202
Kitabda istifadə olunan terminlər.....	206
Əlavələr.....	213

Gülağa Məmi oğlu Qənbərov

**QORUYUCU KONSTRUKSİYALARIN
İSTİLİK FİZİKASI**

Nəşrin redaktoru: R.S. Babayev

Kompyuter: İ.K. Əhmədova

Yığılmağa verilmişdir: 14.03.2003

Çapa imzalanmışdır: 20.04.2003

Formatı: 60x84 1/16

Tiraj 1000.

«EL-Alliance» şirkətinin
mətbəəsində çap olunmuşdur