

**Сәулет, қала құрылысы және құрылыс
саласындағы мемлекеттік нормативтер
ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ
НОРМАТИВТІК-ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРАЛЫ**

**Государственные нормативы в области
архитектуры, градостроительства и строительства
НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**ЖҮКТЕМЕЛЕР МЕН ӘСЕР ЕТУ.
КОНСТРУКЦИЯҒА ӨРТ КЕЗІНДЕ ӘСЕР ЕТУ**

**НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ.
ВОЗДЕЙСТВИЯ НА КОНСТРУКЦИИ ПРИ
ПОЖАРЕ**

**КР НТҚ 01-01.2.1-2012
НТП РК 01-01.2.1-2012**

**Ресми басылым
Издание официальное**

**Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігінің
Құрылыс, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері және жер
ресурстарын басқару комитеті**

**Комитет по делам строительства, жилищно-коммунального
хозяйства и управления земельными ресурсами
Министерства национальной экономики Республики Казахстан**

Астана 2015

АЛҒЫ СӨЗ

- 1 ӘЗІРЛЕГЕН:** «ҚазҚСҒЗИ» АҚ, «ЗЦ «Алматытехстройэксперт» ЖШС
- 2 ҰСЫНҒАН:** Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігінің Құрылыс, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері және жер ресурстарын басқару комитетінің Техникалық реттеу және нормалау басқармасы
- 3 ҚАБЫЛДАНҒАН ЖӘНЕ ҚОЛДАНЫСҚА ЕНГІЗІЛГЕН МЕРЗІМІ:** Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігінің Құрылыс, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері және жер ресурстарын басқару комитетінің 2014 жылғы 29-желтоқсандағы № 156-НҚ бұйрығымен 2015 жылғы 1-шілдеден бастап
- 4 ОРНЫНА:**

ПРЕДИСЛОВИЕ

- 1 РАЗРАБОТАН:** АО «КазНИИСА», ТОО «ЗЦ «Алматытехстройэксперт»
- 2 ПРЕДСТАВЛЕН:** Управлением технического регулирования и нормирования Комитета по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства национальной экономики Республики Казахстан
- 3 ПРИНЯТ И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ:** Приказом Комитета по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства Национальной экономики Республики Казахстан от 29.12.2014 № 156-НҚ с 1 июля 2015 года
- 4 ВЗАМЕН:**

Осы мемлекеттік нормативті Қазақстан Республикасының сәулет, қала құрылысы және құрылыс істері жөніндегі уәкілетті мемлекеттік органының рұқсатысыз ресми басылым ретінде толық немесе ішінара қайта басуға, көбейтуге және таратуға болмайды

Настоящий государственный норматив не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения уполномоченного государственного органа по делам архитектуры, градостроительства и строительства Республики Казахстан

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ	V
1 ҚОЛДАНУ САЛАСЫ	1
2 НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР	1
3 ТЕРМИНДЕР МЕН АНЫҚТАМАЛАР	2
4 БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР	5
5 ӨРТКЕ ТӨЗІМДІЛІКТІ ЕСЕПТЕУДІҢ ӘДІСТЕРІ	11
6 ЖЫЛУ ТЕХНИКАЛЫҚ ЕСЕПКЕ АРНАЛҒАН ЖЫЛУЛЫҚ ӘСЕР ЕТУ	13
6.1 Жалпы ережелер	13
6.2 Номиналдық температуралық тәртіптер	15
6.3 Өрттерді модельдеу	18
7 СТАТИКАЛЫҚ ЕСЕПТЕУГЕ АРНАЛҒАН МЕХАНИКАЛЫҚ ӘСЕР ЕТУ	20
7.1 Жалпы талаптар	20
7.2 Әсер етудің бір кезеңділігі	21
7.3 Әсер етудің үйлесімі	22
8 ӨРТТІҢ ПАРАМЕТРЛІК ТЕМПЕРАТУРАЛЫҚ ТӘРТІБІ	23
8.1 Жалпы ережелер	23
8.2 Қыздыру сатысы	24
8.3 Салқындату сатысы	30
8-бөлімге арналған есептеудің мысалы	32
9 СЫРТҚЫ КОНСТРУКЦИЯЛАРҒА ЖЫЛУЛЫҚ ӘСЕР ЕТУ – ЕСЕПТЕУДІҢ ЖЕҢІЛДЕТІЛГЕН ӘДІСІ	39
9.1 Қолдану саласы	39
9.2 Қолдану шарты	39
9.3 Желдің әсер етуі	40
9.4 Өрт пен жалынның сипаттамалары	41
9.5 Сәулелендірудің бұрыштық коэффициенті	48
9-бөлімге арналған есептеудің мысалы	48
10 ЛОКАЛДЫҚ ӨРТТЕР	54
10-бөлімге арналған есептеудің мысалдары	58
11 ӨРТТЕРДІҢ ЖАЛПЫ МОДЕЛЬДЕРІ	69
11.1 Жалпы ережелер	69
11.2 Бір аймақтық модельдер	69
11.3 Екі аймақтық модельдер	71
11.4 Есептейтін гидродинамиканың модельдері (өрістік модельдер – CFD)	72
12 САЛЫСТЫРМАЛЫҚ ӨРТ ЖҮКТЕМЕСІ	75
12.1 Өрт жүктемесін есептеу жөніндегі жалпы ережелер	75
12.2 Салыстырмалық өрт жүктемесін анықтау бойынша жалпы талаптар	77
12.3 Өрт жүктемесін анықтаудың тәртібі	77
12.4 Қорғалған өрт жүктемесі	78
12.5 Өрттенудің астыңғы жылуы	78
12.6 Үй-жайларды өрт жүктемесі бойынша жіктеу	80

12.7 Салыстырмалық өрт жүктемесін жеке бағалау	80
12.8 Өртенудің сипаттамалары	81
12.9 Жылу ағысының қуаттылығы	81
12-бөлімге арналған есептеудің мысалы	83
13 ӨРТТІҢ ЭКВИВАЛЕНТТІК ҰЗАҚТЫҒЫ	85
13-бөлімге арналған есептеудің мысалы	88
14 СӘУЛЕЛЕНДІРУДІҢ БҰРЫШТЫҚ КОЭФФИЦИЕНТІ	90
14.1 Сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін анықтаудың жалпы ережелері	90
14.2 Көлеңкелеудің әсері	91
14.3 Сыртқы конструкциялар	92
Есептеудің кешендік мысалдары	94
А ҚОСЫМШАСЫ (<i>ақпараттық</i>) Салыстырмалық өрт жүктемесі	159
Б ҚОСЫМШАСЫ (<i>ақпараттық</i>) Кейбір құрылыс материалдарының жылу инерциясын анықтауға арналған жылу физикалық сипаттамалар	173
В ҚОСЫМШАСЫ (<i>ақпараттық</i>) Жылу ағысының қауіпті тығыздығы	176
БИБЛИОГРАФИЯ	179

КІРІСПЕ

Өңделген құрал 14 бөлімнен тұрады. Әрбір бөлім логикалық түрде бір-бірімен байланысты және есептеудің мысалдары бар ҚР ҚН EN 1991-1-2:2002/2011 дамыған және қосымша талаптарын ұсынады. Негізгі бөлімдердің қысқаша сипаттамасы:

- ҚР ҚН EN 1991-1-2:2002/2011 сәйкес өрт кезінде конструкцияларға әсер етуді бағалаудың талаптарын қолданудың ережелері;

- ҚР ҚН EN 1991-1-2:2002/2011 берілген талаптарды дамытатын ережелер, сонымен қатар өрттің параметрлік және локалды температуралық тәртіптерін, сыртқы конструкцияларға жылулық әсер етуді (өрт секциясындағы максималдық температураны, ойықтардан шыққан жалынның өлшемдері мен температураны, сәулелендіру мен конвекция параметрлерін), салыстырмалық өрт жүктемесінің шамаларын, өрттің эквиваленттік ұзақтығын, сондай-ақ сыртқы конструкциялардың тұтану мүмкіндігін бағалау арқылы сәулелендірудің бұрыштық коэффициенттерін есептеудің мысалдары;

- температуралық өрттің параметрлік тәртібін есептеу мен өрттің даму жылдамдығын анықтау бойынша ҚР ҚН EN 1991-1-2:2002/2011 талаптарына қайшы келмейтін қосымша мәліметтер.

Осы нормативтік-техникалық құралды өңдеу кезінде ҚР ҚН EN 1991-1-2:2002/2011 ережелерінен басқа келесі нормативтік құжаттар ескерілді:

- EN 13501-2. Өрт қаупі бойынша құрылыс конструкцияларын, материалдар мен бұйымдарды жіктеу. 2-бөлім. Желдету жүйелерінде қолданатындардан басқа құрылыс конструкциялары мен бұйымдарының өртке төзімділігі бойынша жіктеу;

- EN 1990 Еурокод 0. Құрылысты жобалаудың негіздері;

- EN 1991-1-1. Еурокод 1. Құрылыс конструкцияларына әсер ету. 1-1-бөлім. Жалпы әсер ету. Өзіндік салмақ. Ғимараттарға тұрақты және уақытша жүктемелер;

- EN 1991-1-3. Еурокод 1. Құрылыс конструкцияларына әсер ету. 1-3-бөлім. Жалпы әсер ету. Қар жүктемелері;

- EN 1991-1-4. Еурокод 1. Құрылыс конструкцияларына әсер ету. 1-4-бөлім. Жалпы әсер ету. Жел жүктемелері;

- EN 1992 Еурокод 2. Темір бетон конструкцияларды жобалау;

- EN 1993 Еурокод 3. Болат конструкцияларды жобалау;

- EN 1994 Еурокод 4. Болат темір бетон конструкцияларды жобалау;

- EN 1995 Еурокод 5. Ағаш конструкцияларды жобалау;

- EN 1996 Еурокод 6. Тас конструкцияларды жобалау;

- EN 1999 Еурокод 9. Алюминий конструкцияларды жобалау.

Өңделген нормативтік-техникалық құрал жобалық ұйымдар мен ғылыми-зерттеу ұйымдарының мамандарына, жобалық өнімнің тапсырысшыларына, жоғары оқу орындарының оқытушыларына, аспиранттары мен білімгерлеріне арналған.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ НОРМАТИВТІК-ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРАЛЫ
НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ЖҮКТЕМЕЛЕР МЕН ӘСЕР ЕТУ.
КОНСТРУКЦИЯҒА ӨРТ КЕЗІНДЕ ӘСЕР ЕТУ

НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ. ВОЗДЕЙСТВИЯ НА КОНСТРУКЦИИ ПРИ
ПОЖАРЕ

Енгізілген күні - 2015-07-01

1 ҚОЛДАНУ САЛАСЫ

1.1 ҚР ҚН EN 1991-1-2:2002/2011 «Күш түсетін конструкцияларға әсер ету. 1-2-бөлім. Жалпы әсер ету. Өрт кезінде конструкцияға әсер ету» берілген нормативтік-техникалық құрал (ары қарай – құрал) ҚР ҚН EN 1991-1-2:2002/2011 ережелеріне сәйкес өңделген және өрттің номиналдық және параметрлік (физикалық тұрғыда негізделген) жылулық әсер етуін бағалауға таралады. Құралда EN 1990, EN 1991-1-1, EN 1991-1-3 және EN 1991-1-4 бірге қолданылуы керек жылулық және механикалық әсер етуді анықтау ережелерінің қағидаттары белгіленеді.

2 НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР

Нормативтік-техникалық құралды қолдану үшін келесі сілтемелік құжаттар керек. Күні көрсетілген сілтемелер үшін сілтемелік құжаттың көрсетілген басылымы ғана, күні көрсетілмеген сілтемелер үшін сілтемелік құжаттың соңғы басылымы (оның барлық өзгертулерін қоса) қолданылады:

- EN 13501-2. Өрт қаупі бойынша құрылыс конструкцияларын, материалдар мен бұйымдарды жіктеу. 2-бөлім. Желдету жүйелерінде қолданатындардан басқа құрылыс конструкциялары мен бұйымдарының өртке төзімділігі бойынша жіктеу;
- EN 1990 Еурокод 0. Құрылысты жобалаудың негіздері;
- EN 1991-1-1. Еурокод 1. Құрылыс конструкцияларына әсер ету. 1-1-бөлім. Жалпы әсер ету. Өзіндік салмақ. Ғимараттарға тұрақты және уақытша жүктемелер;
- EN 1991-1-3. Еурокод 1. Құрылыс конструкцияларына әсер ету. 1-3-бөлім. Жалпы әсер ету. Қар жүктемелері;
- EN 1991-1-4. Еурокод 1. Құрылыс конструкцияларына әсер ету. 1-4-бөлім. Жалпы әсер ету. Жел жүктемелері;
- EN 1992 Еурокод 2. Темір бетон конструкцияларды жобалау;
- EN 1993 Еурокод 3. Болат конструкцияларды жобалау;
- EN 1994 Еурокод 4. Болат темір бетон конструкцияларды жобалау;
- EN 1995 Еурокод 5. Ағаш конструкцияларды жобалау;
- EN 1996 Еурокод 6. Тас конструкцияларды жобалау;
- EN 1999 Еурокод 9. Алюминий конструкцияларды жобалау.

3 ТЕРМИНДЕР МЕН АНЫҚТАМАЛАР

Құралда [1] сәйкес тиісті анықтамалары бар келесі терминдер қолданылады:

3.1 Өрттің эквиваленттік ұзақтығы (equivalent time of fire exposure): ішінде үй-жайдағы нақты өрт кезіндегідей жылулық әсер ету шамаланатын стандартты температуралық тәртіпті сипаттайтын өрттің ұзақтығы.

3.2 Сыртқы конструкция (external member): оның қоршау конструкцияларының ойықтары арқылы өрттің әсер етуіне соғылуы мүмкін ғимараттан тыс орналасқан конструкция.

3.3 Өрт секциясы (бөлімі) (fire compartment): оның шегіндегі регламенттеуші өрттің таралуына кедергі келтіретін қоршау конструкцияларымен белгіленген, бір немесе бірнеше қабаттардың шегіндегі ғимараттағы тұйық кеңістік.

3.4 Өртке төзімділік (fire resistance): жүктеменің берілген деңгейіндегі регламенттеуші өрттің белгіленген ұзақтығының ішінде талап етілген функцияларды (күш түсетін және/немесе қоршайтын) орындауға конструктивтік жүйенің, оның бөліктерінің немесе жеке конструкциялардың қабілеттілігі.

3.5 Дамыған өрт (fully developed fire): барлық жанатын беттердің белгіленген кеңістік шегіндегі өртте толық қатысу кезеңі.

3.6 Өрт кезіндегі конструктивтік жүйенің жалпы сараптамасы (global structural analysis (for fire)): өрттің әсер етуіне жалпы, толық немесе жартылай ұшыраған конструктивтік жүйенің сараптамасы. Өрттің жанама әсер етуі барлық конструктивтік жүйе үшін ескеріледі.

3.7 Өрттің жанама әсер етуі (indirect fire actions): температуралық кенеюмен шақырылған күшейту.

3.8 Бүтіндік (integrity (E)): оттың бір жақты әсер етуі кезінде қоршау конструкциясының жалын мен өртену азықтарының қыздырылмайтын бетке енуін болдырмау қабілеттілігі.

3.9 Жылу оқшаулайтын қабілеттілік (insulation (I)): оттың бір жақты әсер етуі кезінде қоршау конструкциясының қыздырылмайтын беттің температурасының өсімін белгіленген деңгейден шектеу қабілеттілігі.

3.10 Күш түсетін қабілеттілік (load bearing function (R)): өрт кезінде конструктивтік жүйенің немесе жеке конструкцияның берілген параметрлерге сәйкес белгіленген әсер етуді ұстай алу қабілеттілігі.

3.11 Жеке конструкция (member): шекара жағдайлары мен сүйеу схемаларының (мысалы, арқалықтың, бағанның, сонымен қатар фермалар сияқты жиналмалы конструкциялар) есебімен жеке қарастыруға болатын конструктивтік жүйенің негізгі элементі.

3.12 Өрт кезіндегі жеке конструкцияның сараптамасы (member analysis (for fire)): тиісті шекара жағдайлары мен өрттің әсер ету жағдайында сүйеу схемасы бар, жеке қарастырылатын конструкцияның жылу техникалық және статикалық есептері. Температуралық ауытқумен шақырылғандардан басқа өрттің жанама әсер етуі қарастырылмайды.

3.13 Дұрыс температура кезіндегі есептеу (normal temperature design): қоршаған ортаның температурасы кезінде конструкцияны есептеу.

3.14 Қоршау қабілеттілігі (separating function): қоршау конструкциясының регламенттеуші өрттің немесе қызатын беттен тұтанудың таралуын (тұтастықты (*E*) және жылуды оқшаулау қабілеттілікті (*I*) қосады) және болдырмау қабілеттілігі.

3.15 Қоршау конструкциясы (separating element): өрт бөлімінің қоршау бөлігін жасайтын күш түсетін немесе күш түспейтін конструкция (қабырға).

3.16 Стандартты өртке төзімділік (standard fire resistance): конструктивтік жүйенің, оның бөлігінің немесе әдетте бөлек конструкцияның жүктемелердің регламенттелінген үйлесімі кезінде, жылулық әсер ету жағдайында белгіленген уақыт ішінде, стандартты температуралық тәртіппен анықталған, талап етілетін күш түсетін және/немесе қоршау функциясын орындау қабілеттілігі.

3.17 Конструкциялар (structural members): байланысты қоса, конструктивтік жүйенің күш түсетін элементтері.

3.18 Жылу техникалық есептеу (temperature analysis): жылулық әсер етудің (жылулық ағыс), конструкция материалдарының жылу техникалық қасиеттерінің, қажет болған жағдайда – қорғау беттерінің қасиеттерінің есебімен конструкциялардағы температураның өсуін анықтау әдістері.

3.19 Жылулық әсер етулер (thermal actions): жылу ағысының конструкцияларға арналған модельдерінің көмегімен суреттелген конструктивтік жүйеге әсер ету.

3.20 Өрттің жалпы моделі (advanced fire model): масса мен энергияның балансының теңдеулеріне негізделген өрттің есептік моделі.

3.21 Есептейтін газ-динамикалық модель (computational fluid dynamic model): өрт бөлімінің барлық нүктелеріндегі термодинамикалық және аэродинамикалық параметрлердің өзгеруін анықтауға мүмкіндік беретін, жекеше туындыдағы дифференциалдық теңдеулердің сандық шешіміне негізделген өрттің моделі.

3.22 Өртке қарсы қабырға (fire wall): ықтимал көлбеу жүктемелердің есебі бар, оның ішінде жанасқан құрылыс конструкцияларының бір жақты қирауын қоса, қажетті өртке төзімділік пен конструктивтік тұрақтылыққа ие ғимараттық (екі ғимараттың) екі бөлігінің арасындағы қабырға.

3.23 Бір аймақтық модель (one-zone model): үй-жайда орташаландырылған температураны пайдалануға негізделген өрттің моделі.

3.24 Өрттің қарапайым моделі (simple fire model): қабылданған физикалық параметрлердің шектеулі санына негізделген есептік өрт.

3.25 Екі аймақтық модель (two-zone model): Үй-жайда әртүрлі аймақтарды: жоғарғы деңгей, төменгі деңгей, жалын және оның ұшқыны, қоршаған орта және қабырғаларды анықтауға негізделген өрттің моделі.

3.25 Өртенудің толықтығының коэффициенті (combustion factor): өртенудің толықтығын көрсететін және 1 (толық өртену) шектен 0 (өртену жоқ) шекке дейін болатындығын көрсететін коэффициент.

3.26 Есептік өрт (design fire): жобалау кезінде қабылданған өрттің даму схемасы.

3.27 Есептік салыстырмалық өрт жүктемесі (design fire load density): ықтимал белгісіздіктердің есебі бар есептік өрттің жылулық әсер етуін анықтау үшін қабылданатын салыстырмалық өрт жүктемесі.

3.28 Өрттің есептік сценарийі (design fire scenario): ол үшін есеп жүргізілетін есептік сараптамаға арналған өрттің сценарийі.

3.29 Сыртқы өрттің температуралық тәртібі (external fire curve): тікелей күтпелі тауары бар үй-жайдан немесе қарастырылатын сыртқы қабырғаға қатысты төмен/жоғары орналасқан үй-жайдан қасбеттің әртүрлі бөліктеріне өрттің әсер етуіне соғылуы мүмкін сыртқы қабырғалардың ішкі беттері үшін қолданылатын номиналдық температуралық-уақыттық тәуелділік.

3.30 Өрттің пайда болу қаупі (fire activation risk): өрттің пайда болу мүмкіндігін ескеретін және өрт бөлімінің ауданы мен үй-жайдың мақсатының функциясы болып табылатын параметр.

3.31 Салыстырмалық өрт жүктемесі (fire load density): q_f еден ауданының бірлігіне немесе ойықтарды қоса, q_r барлық қоршаулардың бетінің ауданының бірлігіне жатқызылған өрт жүктемесі.

3.32 Өрт жүктемесі (fire load): нақты кеңістікте (ғимараттың конструктивтік элементтері мен ішкі жарықтандырылуы) барлық жанатын заттардың өртенуі кезінде бөлінетін жылу энергиясының сомасы.

3.33 Өрттің сценарийі (fire scenario): сол өртті сипаттайтын және оны басқа ықтимал өрттерден ерекшелендіретін негізгі оқиғалардың уақытын көрсетумен өрт процесінің ағысын сапаоы сипаттау. Әдетте, сценарий өрттің тұтануы мен даму процестерін, оның толық даму және өрттің ағысына әсер ететін жүйелер мен ғимараттарды жарықтандырумен өзара қатынаста сөнуінің процестерін суреттейді.

3.34 Көлемді лапылдау (flash-over): үй-жайда барлық өрт жүктемесінің бір уақытта лапылдауы.

3.35 Көмірсутектердің өртенуінің температуралық тәртібі (hydrocarbon fire curve): көмірсутек типтегі өрт кезінде әсер етуді бағалауға арналған номиналдық температуралық-уақыттық тәуелділік.

3.36 Локалдық өрт (localised fire): үй-жайдағы өрт жүктемесінің шектеулі ауданын қамтыған өрт.

3.37 Ойықтылық коэффициенті (opening factor): қабырғалардағы ойықтардың ауданына, ойықтардың биіктігіне және қоршау беттерінің жалпы ауданына байланысты үй-жайды желдету шарттарын көрсететін коэффициент.

3.38 Жылу ағысының қуаттылығы (rate of heat release): уақыт функциясындағы заттар мен материалдардың өртенуі кезінде босатылатын жылу (энергия).

3.39 Стандартты температуралық тәртіп (standard temperature-time curves): EN 13501-2 анықталған, үй-жайда дамыған өрттің моделінің сипаттамасы үшін қабылданған номиналдық температуралық-уақыттық тәуелділік.

3.40 Температуралық тәртіптер (temperature-time curves): конструкция бетін қоршаған ортаның температурасының уақытқа тәуелділігі. Келесі тәуелділіктерді ажыратады:

– номиналды: өртке төзімділікті жіктеу мен растауға бейімделген жалпы қабылданған тәуелділіктер (бекітілгендер: стандартты температуралық тәртіп, сыртқы өрттің температуралық тәртібі және көмірсутектер өртінің температуралық тәртібі);

– параметрлік: өрт модельдерінің базасында және өрт кезінде үй-жайдағы жағдайды анықтайтын арнайы физикалық параметрлерді анықтайтын тәуелділіктер.

3.41 Сәулелендірудің бұрыштық коэффициенті (configuration factor): B бетінен алынған энергияның A бетіне диффуздық сәулеленген энергияға қатынасымен анықталатын, A бетінен B бетіне сәуле арқылы жылу беруге арналған сәулелендірудің коэффициенті.

3.42 Конвекциямен жылу берудің коэффициенті (convective heat transfer coefficient): қоршаған орта мен конструкция бетінің айырмашылығына жатқызылған, конструкцияға келетін конвективтік жылу ағысы.

3.43 Қаралық дәрежесі (emissivity): қарастырылатын бет сіңірген және абсолютті қара дене бетінің жылулықтарының арасындағы қатынасқа тең беттің сіңіру қабілеттілігінің сипаттамасы.

3.44 Нәтижеленуші жылу ағысы (net heat flux): аудан бірлігіне жатқызылған конструкция сіңірген энергия.

4 БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР

Құралда келесі белгілеулер қабылданған:

Латын әліпбиінің бас әріптері

- A – аудан;
- $A_{ind,d}$ – өрттің жанама әсер етуінің есептік мәні;
- A_f – өрт бөлімінің (секциясының) еденінің ауданы;
- A_{fi} – өрттің ауданы;
- A_h – өрт бөлімінің жабынындағы көлбеу ойықтардың ауданы;
- $A_{h,v}$ – қоршаудағы ойықтардың суммарлық ауданы, $A_{h,v} = A_h + A_v$;
- A_j – ойықтардың есебі жоқ, j қоршау конструкциясының бетінің ауданы;
- A_m – конструкция бетінің ұзындық бірлігіне ауданы;
- A_p – өрттен қорғайтын материалдың конструкция ұзындығының бірлігіне тиісті ауданы;
- A_t – қоршаудың (қабырғаның, ойықтарды қоса, жабындар мен едерндердің) суммарлық ауданы;
- A_v – барлық қабырғалардағы тік ойықтардың суммарлық ауданы, $A_v = \sum A_{v,i}$;
- $A_{v,z}$ – жылжудың ауданы;
- A_{v1} – №1 қабырға терезелерінің аудандарының сомасы;
- $A_{v,i}$ – i терезенің ауданы;
- C_i – конструкцияның i бетінің қорғау коэффициенті;
- D – өрт бөлімінің (секциясының) тереңдігі, өрттің диаметрі;
- E_d – [2] сәйкес негізгі үйлесімнен алынған есептік әсер етудің мәні;

- $E_{fi,d}$ – өрт кезіндегі әсер етудің тұрақты есептік мәні;
 $E_{fi,d,t}$ – t сәтіндегі өрт кезіндегі әсер етудің есептік мәні;
 E_g – үй-жайдағы газ ортасының ішкі энергиясы;
 H – өрт ошағы мен төбе арасындағы қашықтық, биіктік;
 H_u – ылғалдылық есебімен анықталған өртенудің астыңғы жылуы;
 H_{u0} – құрғақ материалдың өртенуінің астыңғы жылуы;
 H_{ui} – i материалдың өртенуінің астыңғы жылуы;
 I_z – жалыннан сәулеленудің жылулық ағысы;
 I_f – терезелік ойықтан сәулеленудің жылулық ағысы;
 L_c – өртену аймағының ұзындығы;
 L_f – жалынның ось бойымен ұзақтығы;
 L_H – жалынның көлбеу проекциясы (қасбет бойынша);
 L_h – жалынның көлбеу ұзақтығы;
 L_L – жалынның биіктігі (терезелік ойықтың жоғарғы шетінен);
 L_x – жалынның осі бойынша терезелік ойықтың жазығынан есеп жүргізілетін

нүктеге дейінгі қашықтық;

- $M_{c,Ed}$ – иіlmелі сәттің қимылына кедергі;
 M_{Ed} – иіlmелі сәттің мәні;
 $M_{fi,Ed}$ – иіlmелі сәттің есептік мәні;
 $M_{fi,t,Rd}$ – өрттің әсер етуі кезіндегі кедергінің есептік сәті;
 $M_{k,i}$ – i жанатын материалдың саны;
 O – өрт бөлімінің (секциясының) ойықтылығының коэффициенті, $O = A_v \cdot \sqrt{h_{eq}} / A_t$;
 O_{lim} – реттелетін өрт жүктемесі бар өртке арналған ойықтылықтың келтірілген коэффициенті;
 P_{int} – жанып жатқан үй-жайдың ішіндегі газ ортасының қысымы;
 Q – өрттің жылу ағысының қуаттылығы;
 Q_c – Q жылу ағысының қуаттылығының конвективтік үлесі;
 $Q_{fi,k}$ – сипаттамалық өрт жүктемесі;
 $Q_{fi,k,i}$ – i материалдың сипаттамалық өрт жүктемесі;
 Q_D^* – жылу ағысының қуаттылығы мен D локалды өртінің диаметріне тәуелді коэффициенті;
 Q_H^* – жылу ағысының өлшемсіз қуаттылығы;
 Q_{in} – газдың ойықтар арқылы қоршау конструкцияларына түсудің салдарынан энергияның ұлғаюы;
 Q_{out} – газ ортасының ойықтар арқылы қоршау конструкцияларына шығуының салдарынан энергияның азаюы (жоғалуы);
 Q_{rad} – ойықтар арқылы сәулелендіру арқылы шығып жатқан жылу ағысының қуаттылығы;
 Q_{wall} – үй-жайдың қоршау конструкцияларына жылу берудің салдарынан энергияның азаюы (жоғалуы);
 R – әмбебап газды тұрақтылық, $R = 287 \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$;
 R_d – дұрыс температура кезінде конструкцияның есептік кедергісі;

- $R_{fi,d,t}$ – t уақытының сәтіндегі өрт кезінде конструкцияның есептік кедергісі;
 RHR_f – жылу ағысының максималдық салыстырмалы қуаттылығы;
 T – температура, К;
 T_0 – бастапқы температура, $T_0 = 293$ К;
 T_f – өрт бөліміндегі (секциядағы) температура, К;
 T_g – қыздыратын газ ортасының температурасы, К;
 T_w – терезе ойығының жазығындағы жалынның температурасы, К;
 T_z – жалынның осі бойындағы жалын температурасы, К;
 W – бір немесе бірнеше ойықтары (W_1 және W_2) бар қабырғалардың ені;
 V – конструкция ұзындығының бірлігінің көлемі;
 V_{Ed} – көлденең күштің мәні;
 $V_{fi,Ed}$ – көлденең күштің есептік мәні;
 $V_{pl,Ed}$ – көлденең күштің қимылына кедергі;
 W_1 – ойықтардың ең үлкен ауданы қабылданған 1 қабырғаның ені;
 W_2 – №1 қабырғаға перпендикуляр өрт секциясының (бөлімінің) қабырғасының ені;
 W_a – бастырманың,балконның, атшаның көлбеу проекциясы;
 W_c – өртену аймағының ені;
 $W_{pl,y}$ – пластикалық сатыдағы қиысудың кедергі сәті;

Латын әліпбиінің кіші әріптері

- a – үй-жайдың сызықтық өлшемі; сәулелендіруші бет аймағының сызықтық өлшемінің сәулелендірілетін объектіге дейінгі қашықтыққа қатынасы; температура өткізгіштіктің коэффициенті;
 a_z – жалынның сіңіргіштік қабілеттілігі;
 b – қоршау конструкциясының жылу сіңіргіштік қабілеттілігі, $b = \sqrt{\rho \cdot c \cdot \lambda}$; үй-жайдың сызықтық өлшемі; сәулелендіруші бет аймағының сызықтық өлшемінің сәулелендірілетін объектіге дейінгі қашықтыққа қатынасы;
 b_i – қоршау конструкциясының i қабатының жылу сіңіргіштік қабілеттілігі;
 b_j – қоршау конструкциясының j қабатының жылу сіңіргіштік қабілеттілігі;
 c – салыстырмалық жылу сыйымдылық; екі таврлық сөрелердің ілмесінің ұзындығы;
 d – екі тавр қабырғаларының биіктігі;
 d_{eq} – сыртқы конструкцияның геометриялық параметрі (диаметрі немесе жақтардың өлшемі);
 d_f – жалынның қалыңдығы;
 d_i – конструкцияның i бетінің өлшемі;
 d_p – өрттен қорғау материалының қалыңдығы;
 f_y – конструкция материалының ағуының шегі;
 g – еркін құлауды жылдамдату;
 g_k – конструкцияға тұрақты әсер етудің шамасы;
 h – биіктік;

h_{eq} – барлық қабырғалардағы терезелердің ауданы бойынша келтірілген биіктік, $h_{eq} = \sum(A_{v,i} \cdot h_i)/A_v$;

h_i – i ойықтың биіктігі;

\dot{h} – төбе деңгейіндегі қыздыратын бетке салыстырмалық жылу ағысы;

\dot{h}_{net} – нәтижелендіруші салыстырмалық жылу ағысы;

$\dot{h}_{net,c}$ – конвекция арқылы жылу беруден болатын салыстырмалық жылу ағысы;

$\dot{h}_{net,r}$ – сәулелену арқылы жылу беруден болатын салыстырмалық жылу ағысы;

\dot{h}_{tot} – бірнеше локалды өрттен құралған жалпы салыстырмалық жылу ағысы;

\dot{h}_i – i локалды өртпен шақырылған салыстырмалық жылу ағысы;

$h_{пл}$ – жалынның тік проекциясы;

g – еркін құлауды жылдамдату;

k_i – түзетуші коэффициент;

k_b – үй-жайдың қоршау конструкцияларының жылу сіңіргіштік қабілеттілігіне тәуелді түзетуші коэффициент;

k_c – өртке төзімділік анықталатын конструкцияның материалына тәуелді түзетуші коэффициент;

k_{sh} – көлеңкелеу әсерін есептеуге арналған түзетуші коэффициент;

$k_{y,\Theta}$ – конструкция қиысуының қызуын есептеуге арналған төмендетуші коэффициент;

m – өртенудің толықтығының коэффициенті;

\dot{m} – массалық шығын;

\dot{m}_{in} – ойық арқылы түсетін газ ортасының массалық шығыны;

\dot{m}_{out} – ойық арқылы шығатын газ ортасының массалық шығыны;

\dot{m}_{fi} – өрт жүктемесінің жанып кетуінің массалық жылдамдығы;

n – мөлшер;

q_f – A_f еденінің ауданына жатқызылған салыстырмалық өрт жүктемесі;

$q_{f,d}$ – A_f еденінің ауданына жатқызылған есептік салыстырмалық өрт жүктемесі;

$q_{f,k}$ – A_f еденінің ауданына жатқызылған сипаттамалық салыстырмалық өрт жүктемесі;

q_k – конструкцияға ауыспалы әсер етудің шамасы;

q_t – A_t бетінің ауданына жатқызылған салыстырмалық өрт жүктемесі;

$q_{t,d}$ – A_t бетінің ауданына жатқызылған есептік өрт жүктемесі;

$q_{t,k}$ – A_t бетінің ауданына жатқызылған сипаттамалық өрт жүктемесі;

$q_{кр}$ – материалдың тұтануына қажетті жылу ағысының қауіпті тығыздығы;

r – жылулық ағыс есептелінетін жалынның тік осі мен төбенің астындағы нүкте арасындағы көлбеу қашықтық; екі таврдың сөресінің қабырғаға жанасатын жердегі дөңгелектеудің радиусы;

s – терезелік ойықтан сыртқы конструкцияға дейінгі қашықтық;

s_i – қоршау конструкциясының i қабатының қалыңдығы;

s_{lim} – шекті қалыңдық;

- t, t^* – уақыт;
 $t_{e,d}$ – өрттің эквиваленттік ұзақтығы;
 $t_{fi,d}$ – есептік өртке төзімділікке сәйкес келетін уақыт;
 t_f – екі таврлық арқалықтың сөрелерінің қалыңдығы;
 $t_{fi,requ}$ – талап етілген өртке төзімділікке сәйкес келетін уақыт;
 t_{lim} – өрт жүктемесімен реттелетін өрттерге арналған максималдық температураға қол жеткізу уақыты;
 t_{max}, t_{max}^* – максималдық температураға қол жеткізу уақыты;
 t_w – екі таврлық арқалықтың қабырғасының қалыңдығы;
 t_{α} – 1 МВт өрттің жылу бөлуіне қол жеткізетін уақыт;
 u – желдің жылдамдығы, ылғалдылық;
 v_d – жүктеменің есептік мәні;
 v_k – жүктеменің сипаттамалық мәні;
 w_i – қоршау конструкциясындағы i ойықтың ені;
 w_t – ойықтардың барлық қабырғалар бойынша суммарлық ені ($w_t = \sum w_i$), A_t жататын коэффициент;
 w_f – жалынның ені; желдету жағдайын ескеретін коэффициент;
 x – коэффициент;
 y – коэффициент;
 z – биіктік бойынша координата; локалды өрттің еденнен (жерден) қарастырылатын нүктеге дейінгі жалынының осінің бойындағы қашықтық;
 z_0 – z виртуалды бастапқы координата;
 z' – өрттің виртуалды ошағының тік позициясы.

Грек әліпбиінің бас әріптері

- Φ – сәулелендірудің бұрыштық коэффициенті;
 Φ_f – ойықтар арқылы сәулемен жылу беруге арналған конструкцияларды сәулелендірудің жалпы бұрыштық коэффициенті;
 $\Phi_{f,i}$ – берілген ойыққа арналған конструкцияның i бетін сәулелендірудің бұрыштық коэффициенті;
 Φ_z – жалыннан сәуле алумен жылу беруге арналған конструкцияның сәулелендіру жалпы бұрыштық коэффициенті;
 $\Phi_{z,i}$ – берілген жалынға арналған конструкцияның i бетін сәулелендірудің бұрыштық коэффициенті;
 Γ – O ойықтылық коэффициенті мен b жылу сіңіргіштік қабілеттілікке тәуелді уақытша коэффициент;
 Γ_{lim} – O_{lim} ойықтылық коэффициенті мен b жылу сіңіргіштік қабілеттілікке тәуелді уақытша коэффициент;
 Θ – температура, °C; $\Theta = T - 273$;
 Θ_0 – бастапқы температура (жалпы жағдайда $\Theta_0 = 20$ °C);
 $\Theta_{cr,d}$ – материалдық есептік қауіпті температурасы, °C;

- Θ_d – материалдық есептік температурасы, °С;
 Θ_g – конструкция маңындағы қыздыратын ортаның температурасы, °С;
 Θ_m – конструкция бетінің температурасы, °С;
 Θ_{\max} – максималдық температура, °С;
 Θ_r – өрттің сәулеленуінің тиімді температурасы, °С;
 $\Theta_{(z)}$ – локалды өрт кезінде жалынның тік осінің бойымен, °С;
 Ω – есептік параметр, $\Omega = (A_f \cdot q_{f,d}) / (A_v \cdot A_t)^{1/2}$;

Грек әліпбиінің кіші әріптері

- α – өрт ерекшелігінің коэффициенті;
 α_c – конвекциямен жылу берудің коэффициенті;
 α_h – көлбеу ойықтардың ауданының еден ауданына қатынасы;
 α_v – тік ойықтардың ауданының еден ауданына қатынасы;
 γ_i – қауіпсіздіктің i жеке коэффициентінің мәні;
 δ – конструкцияның пайдалануға беруге жарамдылығы бойынша шекті жағдайының мәні;
 δ_{ni} – өртті сөндіру үшін i арнайы шешімдердің (шаралардың) бар екендігін ескеретін коэффициент;
 δ_{q1} – үй-жайдың (өрт бөлімінің, секциясының) өлшемдеріне байланысты өрттің пайда болу қаупін есептеудің коэффициенті;
 δ_{q2} – ғимараттың мақсатына байланысты өрттің пайда болу қаупін есептеудің коэффициенті;
 ε_m – конструкция бетінің қаралық дәрежесі;
 $\varepsilon_f, \varepsilon_z$ – жалынның (өрттің) қаралық дәрежесі;
 η_{fi} – келтірілген коэффициент;
 $\eta_{fi,t}$ – өрт кезіндегі жүктеменің есептік деңгейінің коэффициенті;
 θ – қабылдайтын және сәулелендіретін беттің өзара орналасу бұрышы;
 λ – жылу өткізгіштіктің коэффициенті;
 μ_0 – күш түсетін қабілеттілікті пайдаланудың коэффициенті;
 ρ – тығыздық;
 ρ_g – жанып жатқан үй-жайдың ішіндегі газ ортасының тығыздығы;
 σ – Стефан-Больцманның тұрақтысы, $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-4}$;
 τ_F – өрттің еркін дамуының ұзақтығы;
 ψ_{fi} – әсер етудің үйлесімінің коэффициенті ($\psi_{1,1}$ немесе $\psi_{2,1}$ тең етіп қабылданады);
 ψ_i – өрт жүктемесінің қорғанысының коэффициенті.

5 ӨРТКЕ ТӨЗІМДІЛІКТІ ЕСЕПТЕУДІҢ ӘДІСТЕРІ

5.1 Өртке төзімділікті анықтауға арналған жалпы бағыттар

5.1.1 Жалпы жағдайда өртке төзімділіктің шегін есептеу келесі негізгі кезеңдерден тұрады:

- өрттің ықтимал есептік сценарийлерін негіздеу мен таңдау;
- өрттің тиісті есептік нұсқаларын анықтау;
- өрт жағдайында стационарлы жоғары температуралық қызу кезінде құрылыс конструкциясының температурасының өзгеруін есептеу (жылу техникалық есептеу);
- өрт жағдайында қызу кезінде құрылыс конструкцияларының механикалық сипаттамасын анықтау (есептеу) (статикалық есептеу).

ЕСКЕРТПЕ Конструкцияның механикалық сипаттамаларын анықтау кезде тікелей механикалық әсер етуді, жылулық әсер етуді және оларға байланысты материалдардың сипаттамаларының өзгеруін, сонымен қатар жанама механикалық әсер етулерді ескеру керек. Құрылыс материалдарының басым көпшілігі үшін физика-механикалық қасиеттер температураға байланысты болады, сондықтан жылу техникалық және статикалық есептеулер олардың үздіксіз жүйелікті өзара байланысында қайталама әдісімен жүргізіледі.

5.2 Өрттің ықтимал есептік сценарийлерін негіздеу мен таңдау

5.2.1 Ынта білдірген (шығыс) оқиғаларды, өрт дамуының ықтимал сценарийлерін, сонымен қатар оларға байланысты есептік өрттерді анықтау жобалаудың қарастырылып отырған объектісіне арналған өрт қауіптерінің сараптамасының негізінде жүргізіледі.

5.2.2 Егер конструкция үшін басқа ықтимал апаттық әер ету салдарынан ерекше өрт қауіптері (мысалы, өрттің немесе жарылыстың екіншілік қауіпті факторлары) бар болса, онда осы қауіптер қауіпсіздіктің жалпы концепциясы жасалған кезде ескерілуі керек.

5.2.3 Уақытқа және жүктемеге тәуелді конструкция сипаттамалары осы құралдың 5.2.2 көрсетілгендерден басқа, апаттық жағдайдың алдындағы сәтте ескерілмеуі керек.

5.3 Өрттің есептік нұсқаларын анықтау

5.3.1 Өрт бөлімінде өрттің тууы мен дамуының әрбір есептік сценарийіне арналған есептік өрт осы құралдың 6-бөліміне сәйкес бағалануы керек.

5.3.2 Есептеу кезінде, егер есептік өрттің сценарийімен (ойықтар, қуыстар, инженерлік және технологиялық коммуникациялар арқылы басқа бөлімге (секцияға) ауысу мүмкіндігі) өзгесі белгіленбесе, есептік өрт бір өрт бөлімінің (секциясының) шегінде болып жатыр деп қабылданылады.

5.3.3 Егер нормативтік құжаттардың талаптарымен құрылыс конструкцияларының өртке төзімділігін бағалауға арналған температуралық әсер етудің түрлері анықталмаған болса, онда есептік әсер ету ретінде [3] бойынша стандартты өрт қабылданады.

5.4 Жылу техникалық есептеу

5.4.1 Бөлек құрылыс конструкциясының жылу техникалық есебін орындаған кезде есептік өрттің өзіне қатынасы бойынша конвективтік жылу алмасудың параметрлерін және сәулемен жылу алмасуды есептеу үшін оның жағдайы көрсетілуі керек.

5.4.2 Сыртқы құрылыс конструкцияларының өртке төзімділігін анықтау кезінде сыртқы қоршау конструкцияларының ойықтары арқылы шығатын өрттің қауіпті әсерлерінің өртке ықтимал әсер етуін ескеру керек.

5.4.3 Өрт бөлігінің сыртқы құрылыс конструкциялары үшін өрттің қауіпті факторларының іш жақтан (жанып жатқан өрт бөлігі жақтан) және баламалық ретінде сыртқы жақтан (басқа жанып жатқан өрт бөлігі жақтан) әсер етуі тек белгіленген жағдайларда ғана (мысалы, өртке қарсы кедергілердің сенімділігін бағалау және өрттің көрші өрт бөлігіне көшу мүмкіндігін анықтау үшін) ескеріледі.

5.4.4 Өрттің таңдалған есептік нұсқасына байланысты (құралдың 6-бөлімі) бөлек конструкцияның өртке төзімділігін анықтау кезінде келесі әдістер пайдаланылады:

- өрттің номиналдық температуралық тәртіптерін пайдалану кезінде жылу техникалық есеп өрттің берілген ұзақтығы үшін жүргізіледі;
- барлық жанатын беттердің толық қатысуымен өртті (дамыған өртті) модельдеу кезінде жылу техникалық есеп суыту фазасын қоса, өрттің толық ұзақтығы үшін жүргізіледі.

5.5 Статикалық есептеу

5.5.1 Құрылыс конструкциясының жылу техникалық және статикалық есептері уақыттың бірдей аралықтары үшін жүргізілуі керек.

5.5.2 Келесі шарттардың орындалғандығы расталған болса, өрттің t уақыты кезінде құрылыс конструкциясының өртке төзімділігі қамтамасыз етілген болып есептелінеді:

- өртке төзімділік бойынша шекті жағдайдың уақыты өртке төзімділіктің талап етілетін шегінен кем емес (уақыт бойынша өртке төзімділіктің параметрлерін бағалау кезінде):

$$t_{fi,d} \geq t_{fi,requ}; \quad (5.1)$$

- өрттің t уақыты кезінде конструкцияның есептік кедергісі қолданыстағы жүктемелердің (әсер етудің) мәндерінен кем емес (беріктілік бойынша өртке төзімділіктің параметрлерін бағалау кезінде):

$$R_{fi,d,t} \geq E_{fi,d,t}; \quad (5.2)$$

- конструкция материалының температурасы қауіпті температурадан аз (температура бойынша өртке төзімділіктің параметрлерін бағалау кезінде):

$$\Theta_d < \Theta_{cr,d}, \quad (5.3)$$

мұнда $t_{fi,d}$ – өртке төзімділіктің есептік шегі;

$t_{fi,requ}$ – өртке төзімділіктің талапты шегі;

$R_{fi,d,t}$ – t уақыты сәтіндегі өрт кезінде элементтің есептік кедергісі;

$E_{fi,d,t}$ – t уақыты сәтіндегі өрт кезінде әсер етудің есептік нәтижесі;

Θ_d – материалдың есептік температурасы;

$\Theta_{cr,d}$ – материалдың есептік қауіпті температурасы.

6 ЖЫЛУ ТЕХНИКАЛЫҚ ЕСЕПKE АРНАЛҒАН ЖЫЛУЛЫҚ ӘСЕР ЕТУ

6.1 Жалпы ережелер

6.1.1 Өрт кезіндегі құрылыс конструкцияларының жүрісі олардың конструкция бетіне конвекциямен және сәулемен жылу беру кезінде нәтижелендіруші жылу ағысының әсер етуі кезіндегі стандартты емес қызуы жағдайындағы температураларымен анықталады:

$$\dot{h}_{net} = \dot{h}_{net,c} + \dot{h}_{net,r}, \quad (6.1)$$

мұнда $\dot{h}_{net,c}$ – конвекциядан жылу беруден болатын нәтижелендіруші салыстырмалық жылу ағысы, осы құралдың (6.2) формуласы бойынша анықталады;

$\dot{h}_{net,r}$ – сәуледен жылу беруден болатын нәтижелендіруші салыстырмалық жылу ағысы, осы құралдың (6.3) формуласы бойынша анықталады.

6.1.2 Конвекциядан жылу беруден болатын нәтижелендіруші салыстырмалық жылу ағысы $\dot{h}_{net,c}$, Вт·м⁻² мына формула бойынша анықталады:

$$\dot{h}_{net,c} = \alpha_c \cdot (\Theta_g - \Theta_m), \quad (6.2)$$

мұнда α_c – конвекциямен жылу берудің коэффициенті, Вт·м⁻²·К⁻¹;

Θ_g – конструкция маңындағы қыздыратын ортаның температурасы, °С;

Θ_m – конструкция бетінің температурасы, °С.

6.1.3 Жанып жатқан үй-жайларға жанасқан үй-жайда өртену мүмкіндігін бағалау кезіндегі өрт қауіпсіздігінің сұрақтарын шешу кезінде қоршау конструкциясының қыздырылмайтын жағында суммарлық жылу ағысы $\alpha_c = 4$ Вт·м⁻²·К⁻¹ мәні қойылатын (6.1) формуласы бойынша анықталады. Егер конструкцияның қыздырылмайтын жағындағы температура қыздыратын конструкциядан сәулемен жылу алмасу есебінің қажеттілігі бар болатындай жағдайда, (6.1) формулада $\alpha_c = 9$ Вт·м⁻²·К⁻¹ қолдану керек.

6.1.4 Сәулемен жылу беру кезіндегі нәтижелендіруші салыстырмалық жылу ағысы Вт·м⁻² келесі формула бойынша анықталады:

$$\dot{h}_{net,r} = \Phi \cdot \varepsilon_m \cdot \varepsilon_f \cdot \sigma \cdot ((\Theta_r + 273)^4 - (\Theta_m + 273)^4), \quad (6.3)$$

мұнда Φ – сәулелендірудің бұрыштық коэффициенті;

ε_m – конструкция бетінің қаралық дәрежесі;

ε_f – жалынның (өрттің) қаралық дәрежесі;

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт·м⁻²·К⁻⁴ – Стефан–Больцманның тұрақтысы;

Θ_r – өртті сәулелендірудің тиімді температурасы, °С;

Θ_m – конструкция бетінің температурасы, °С.

ЕСКЕРТПЕ Конструкция бетінің қаралық дәрежесі және сәулелендірудің бұрыштық коэффициенті Φ құрылыс материалдарына қатысты Еурокодтардың өртке қарсы бөлімдерінің талаптарына сәйкес қабылданады (үнсіздік бойынша $\varepsilon_m = 0,8$), консервативтік жүріс кезінде (ең жаман нұсқа) өрт жалынының қаралық дәрежесі $\varepsilon_f = 1$ болып қабылданады, ал сәулелендірудің

бұрыштық коэффициенті $\Phi = 1$ болады. Конструкцияның кеңістікте орналасу ерекшелігі мен көлеңкелеу әсерінің ықпалының есебі қажет болғанда $\Phi < 1$ мәнін пайдалануға жол беріледі.

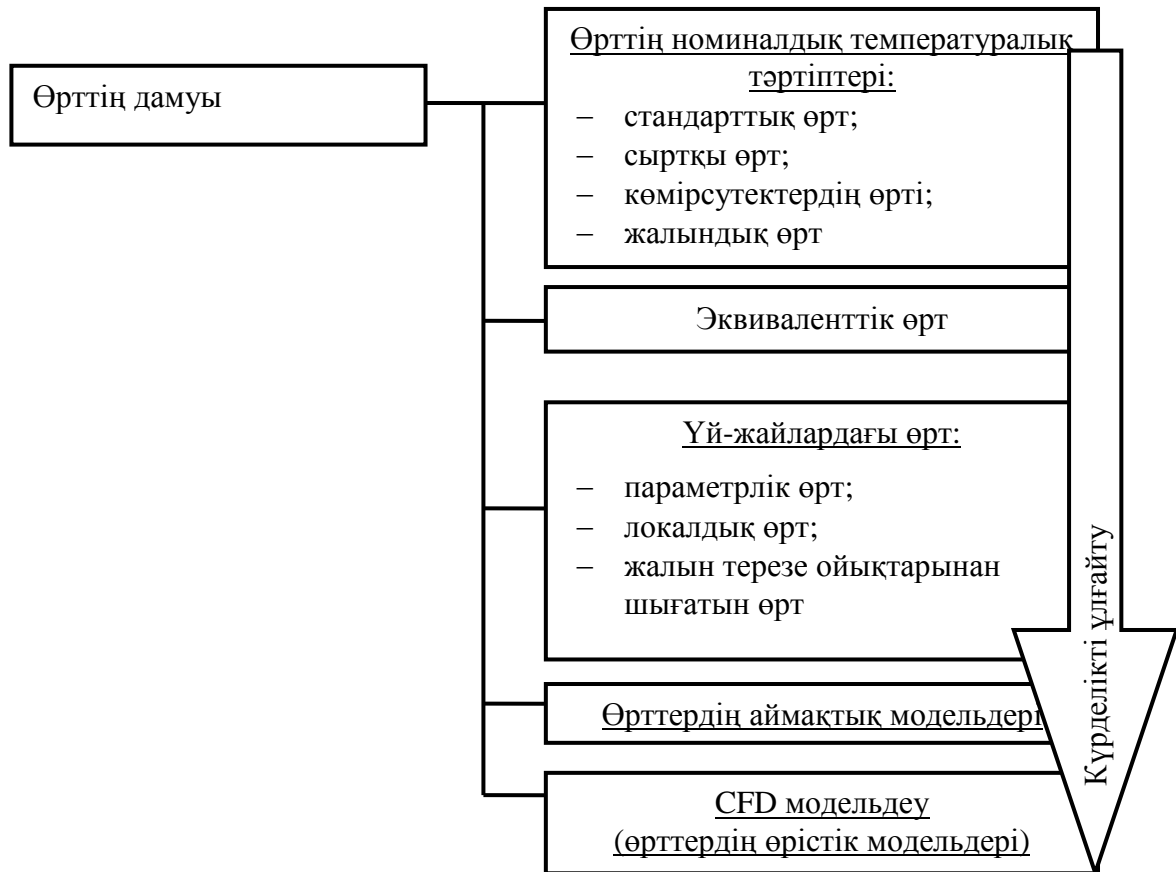
6.1.5 Сәулелендірудің бұрыштық коэффициенті Φ осы құралдың 14-бөлімінің ережелеріне сәйкес анықталады.

6.1.6 Қарастырылатын құрылыс конструкциясы жалында болған жағдайда, өрттің сәуле беруінің тиімді температурасы Θ_r қыздыратын ортаның температурасына Θ_g тең етіп қабылданыла алады.

6.1.7 Құрылыс конструкциясы бетінің температурасын өзгерту Θ_m құрылыс материалдарына қатысты Еурокодтардың өртке қарсы бөлімдерінде келтірілген ережелерге сәйкес конструкцияның жылу техникалық есебінің нәтижелері бойынша анықталады.

6.1.8 Қыздыратын ортаның температурасы Θ_g номиналдық температуралық тәртіптерді пайдаланумен немесе өртті модельдеудің нәтижелері бойынша анықталады. Жалпы айтқанда, үй-жайдағы өрттің қуаттылығына ықпал ететін параметрлерге: 1) өрт жүктемесінің типі мен оны орналастыру сипаты; 2) өрт жүктемесінің жанушылығының сипатамалары; 3) үй-жайдың өлшемі және оның формасы; 4) үй-жайдағы ауа алмасудың жағдайлары; 5) қоршау конструкциясының жылу физикалық қасиеттері жатады.

6.1.9 Күрделіктің дәрежесі 6.1-суретте көрсетілгендей өрттің жеңілдетілген модельдерінен далалық модельдеріне өседі. Негізінен, қазіргі уақытта өрттің алғашқы үш номиналдық температуралық тәртіптері жеңілдетілген модельдер ретінде қарастырылады, далалық модельдер айтарлықтай жетілген болып табылады. Әрбір модельге арналған шығыс деректерінің тізбегінің айырмашылығы болады, ал аймақтық және далалық модельдер үшін жеңілдетілген модельге қарағанда өте жан-жақты деректерді енгізу талап етіледі.



6.1-сурет – Өрттің температуралық тәртібін анықтауға арналған қолданыстағы бағыттар

6.2 Номиналдық температуралық тәртіптер

6.2.1 Номиналдық немесе стандарттық өрттер – ауа алмасу жағдайлары мен қоршау конструкциялардың сипаттарын ескермейтін температуралық-уақыттық тәуелділіктер арқылы өртті ұснудың ең қарапайым амалы. Бұл тәуелділіктер құрылыс конструкциялары мен материалдарын жіктеуге арналған стандарттық от сынақтарын жүргізу үшін өңделген. Стандарттық өрттердің температуралық тәртіптерін пайдаланудың негізгі жетіспеушіліктері мен шектеулеріне келесілер жатады:

- стандарттық өрттер нақты өрттің жүрісін көрсетпейді. Стандарттық және нақты өрттің қызудың жылдамдығындағы, жылулық әсер етудің қарқындылығы мен ұзақтығындағы айырмашылықтар конструкция мен жалпы ғимараттың құрылымдық жүрісін дұрыс емес бағалауға әкеліп соғуы мүмкін. Мысалы, ұзақ емес жоғары температуралық әсер ету бетонның жарылуына, арматураның жалаңашталуына және кейіннен қарқынды қызуға әкелуі мүмкін. Өрттің жоғары емес температураларына қатысты ұзақ әсер ету бетон конструкциялардағы ең жоғарғы орташа температураға әкелуі мүмкін, ол бетон беріктігінің айтарлықтай қарқынды төмендеуіне әкеп соғуы мүмкін;

- стандарттық өрттер өрттің температуралық әсер етуінің ең нашар жағдайларын үнемі көрсетпейді. Стандарттық өрттің жағдайлары үшін жобаланған құрылыс

конструкциялары кейбір жағдайларда нақты өрт жағдайында өртке төзімділік бойынша шекті жағдайға ерте жетуі мүмкін. Мысалы, замани әкімшілік ғимараттардағы әрлеуде, полимер, пластик, жасанды былғары т.с.с. формадағы жиһазда, компьютерлерде және электрлік жабдықтарда көмірсутектен тұратын материалдың үлкен көлемі жоқ. Сәйкесінше, өрттің стандарттық өртпен салыстырғанда сипаты ауыр.

Қазіргі уақытта келесі стандарттық температуралық-уақыттық тәуелділіктер пайдаланылады:

- сыртқы өрт (ішінен өртенуі мүмкін сыртқы қоршау конструкцияларының сыртқы бөліктері үшін пайдаланылады);
- стандарттық өрт (үй-жайдағы толық дамыған көлемді өртті сипаттау үшін пайдаланылады, целлюлоздық жүктеменің өрті деп те аталады);
- көміртүсектердің өрті (көсірсутектердің өртін немесе сұйық отынның төгілуін сипаттау үшін пайдаланылады);
- бықсудың өрті.

6.2.1 Стандарттық температуралық тәртіп

6.2.1.1 Для стандартного температурного режима по [3] бойынша стандарттық температуралық тәртіп үшін сол температуралық тәртіпті нақты өрттің температуралық жағдайларынан алыстататын физикалық параметрлерді ескермейді. Осы температуралық тәртіп целлюлозалық жүктемелердің өртенуі кезінде толық дамыған көлемдік өртке сәйкес келеді, температураның ұдайы көтерілуі болады, жүктеме жанып кетпейді, суыту фазасы болмайды.

6.2.1.2 Стандарттық өрттің температурасын уақыт бойынша өзгерту келесі теңдеумен сипатталады:

$$\Theta_g = 20 + 345 \cdot \lg(8 \cdot t + 1), \quad (6.4)$$

мұнда Θ_g – қыздыратын ортаның температурасы, °C;
 t – уақыт, мин.

6.2.1.3 (6.2) формуласы бойынша нәтижелендіретін салыстырмалық жылу ағысын анықтау үшін конвекциямен жылу беру кезінде $\alpha_c = 25 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$ мәні қолданылады.

6.2.2 Сыртқы өрттің температуралық тәртібі

6.2.2.1 Сыртқы өрт кезінде қыздыратын ортаның температурасын өзгерту мына формула бойынша анықталады:

$$\Theta_g = 660 \cdot (1 - 0,687 \cdot e^{-0,32 \cdot t} - 0,313 \cdot e^{-3,8 \cdot t}) + 20, \quad (6.5)$$

мұнда Θ_g – қыздыратын ортаның температурасы, °C;
 $e = 2,718281 \dots$ – натурал логарифмнің негізі;
 t – уақыт, мин.

6.2.2.2 (6.2) формуласы бойынша нәтижелендіретін салыстырмалық жылу ағысын анықтау үшін конвекциямен жылу беру кезінде $\alpha_c = 25 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$ мәні қолданылады.

6.2.3 Көмірсутектер өртінің температуралық тәртібі

6.2.3.1 Көмірсутектердің өрті кезінде қыздыратын ортаның температурасын өзгерту мына теңдеу бойынша сипатталады:

$$\Theta_g = 1080 \cdot (1 - 0,325 \cdot e^{-0,167 \cdot t} - 0,675 \cdot e^{-2,5 \cdot t}) + 20. \quad (6.6)$$

мұнда Θ_g – қыздыратын ортаның температурасы, °C;

$e = 2,718281 \dots$ – натурал логарифмнің негізі;

t – уақыт, мин.

6.2.3.2 (6.2) формуласы бойынша нәтижелендіретін салыстырмалық жылу ағысын анықтау үшін конвекциямен жылу беру кезінде $\alpha_c = 50 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$ мәні қолданылады.

ЕСКЕРТПЕ Сұйық көмірсутектердің есептік сценарийі бойынша төгілуінің үлкен ауданы бар сұйық көмірсутектер үшін температуралық тәртіпті сипаттауға арналған келесі баламалық теңдеу пайдаланылады:

$$\Theta_g = 1100 \cdot (1 - 0,325 \cdot e^{-0,167 \cdot t} - 0,204 \cdot e^{-1,417 \cdot t} - 0,471 \cdot e^{-15,833 \cdot t}) + 20, \quad (6.7)$$

мұнда Θ_g – қыздыратын ортаның температурасы, °C;

$e = 2,718281 \dots$ – натурал логарифмнің негізі;

t – уақыт, мин.

6.2.4 Бықсу өртінің температуралық тәртібі

6.2.4.1 Бықсу өртінің температуралық тәртібі (ақырын қызудың қисығы) [4] замани жағдайлардағы барлық өрттің есептік сценарийлерінің мүмкіндігін қамтамасыз ету үшін өңделген. Бықсу өртінің температуралық тәртібі өртке қауіпті сипаттамалары температураның көтерілуі кезінде өсетін заттар мен материалдар үшін сипатты. Бұл жағдайда өрт екі кезеңде дамиды:

1-кезең – жанатын үй-жайдағы температураның ақырын көтерілуімен ілеспелі болатын локалдық өртену, жылудың үлкен бөлігі үй-жайдағы жанатын жүктемені қыздыруға жылудың үлкен бөлігі шығындалады (кезеңнің шамалы ұзақтығы – 21 минут);

2-кезең – үй-жайдағы қыздырылған жанатын материалдардың көлемді тұтануы, көлемді өртену, өрт [3] стандарттық тәртіп бойынша дамиды.

6.2.4.2 Бықсу өрті кезінде қыздыратын ортаның температурасының өзгеруі тиісті кезеңдерде келесі теңдеулермен анықталады:

$$\Theta_g = \begin{cases} 154 \cdot t^{0,25} + 20, & 0 < t \leq 21 \text{ мин кезінде} \\ 345 \cdot \lg[8 \cdot (t - 20) + 1] + 20, & t > 21 \text{ мин кезінде} \end{cases} \quad (6.8)$$

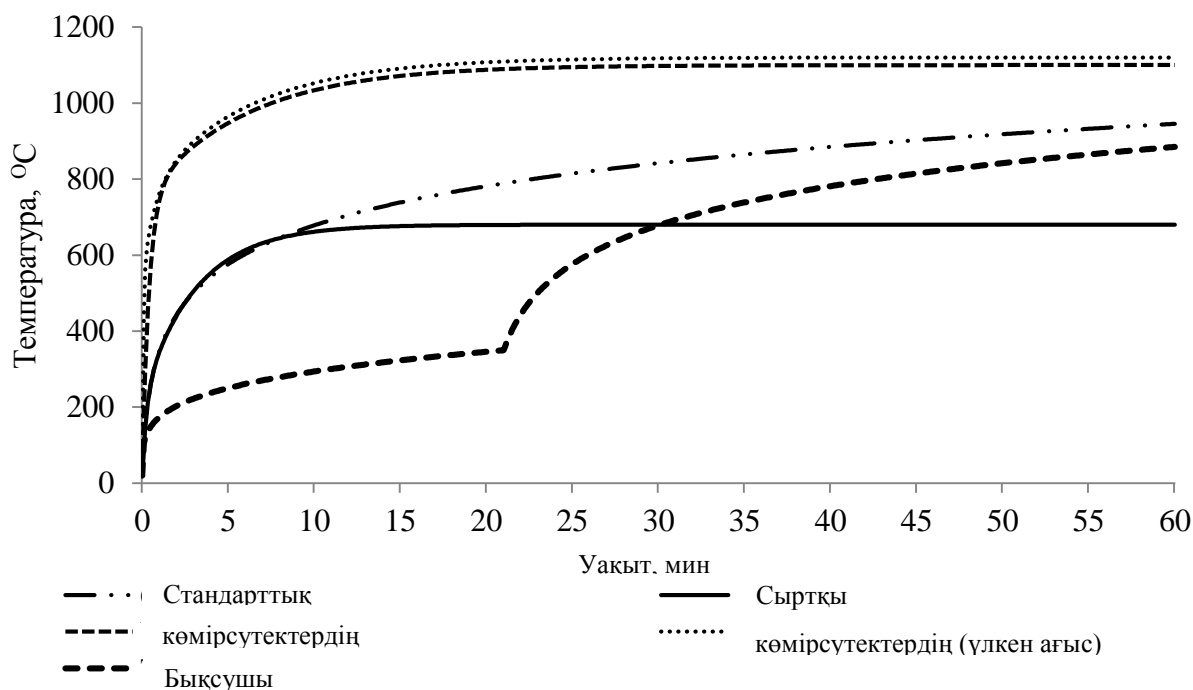
мұнда Θ_g – қыздыратын ортаның температурасы, °C;

t – уақыт, мин.

6.2.4.3 Нәтижелендіруші салыстырмалық жылу ағысын (6.2) формуласы бойынша анықтау үшін конвекциямен жылу беру кезінде $\alpha_c = 25 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$ қолданылады.

6.2.4.4 (6.4)–(6.8) теңдеулерінің графикалық бейнелері 6.2-суретте берілген. Ең үлкен қарқындылыққа көмірсутектердің өрті мен стандарттық өрттер ие. Стандарттық өрт пен бықсу өрті үшін температура уақыт бойынша ылғи өсуде болады. Сыртқы өрт үшін, 22-

минуттан бастап, температура 680°C тең болып қалады, көмірсутектердің өрті үшін температура шамамен 40-минуттан кейін 1100°C және 1120°C болады.



6.2-сурет – Стандарттық өрттердің температуралық-уақыттық тәуелділіктері

6.3 Өрттерді модельдеу

6.3.1 Өрттердің жеңілдетілген модельдері

6.3.1.1 Жалпы ережелер

6.3.1.1.1 6.2 келтірілген өрттердің жеңілдетілген модельдері қолданудың шектелген саласы бар белгіленген физикалық параметрлеріне базаланады.

6.3.1.1.2 Уақытқа байланысты температураны бөлу көлемді өрттер үшін – тегіс (орташа көлемді), локалды өрттер үшін – тегіс емес етіп қабылданады.

6.3.1.1.3 Өрттің жеңілдетілген модельдері үшін қосымша деректер жоқ болған кезде конвекциямен жылу берудің коэффициентін $\alpha_c = 35 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$ тең етіп қабылдауға жол беріледі.

6.3.1.2 Көлемді өрттер

6.3.1.2.1 Газ ортасының температурасы кемінде салыстырмалық өрт жүктемесінің сипаттамасын және өрт кезінде үй-жайдағы ауа алмасу жағдайын ескеретін физикалық параметрлердің негізінде есептелінуі керек.

ЕСКЕРТПЕ Ғимараттың ішінде орналасқан конструкциялар үшін қыздырушы газ ортасының температурасын есептеудің әдісі құралдың 8-бөлімінде берілген.

6.3.1.2.2 Сыртқы конструкциялар үшін нәтижелендіруші салыстырмалық жылу ағысы жылу ағысының құрамдастарын өрт бөлімінің (секциясының) конструкциясынан және жанып жатқан үй-жайдың ойықтарынан шығатын жалыннан сомалаумен анықталады.

ЕСКЕРТПЕ Ойықтар арқылы өрттік әсер етуге ұрылған сыртқы конструкциялар үшін қыздырудың жағдайын есептеудің әдісі құралдың 9-бөлімінде берілген.

6.3.1.3 Локалдық өрттер

6.3.1.3.1 Егер өрттің дамуы кезінде оның көлемді өртке ауысу мүмкіндігі жоқ болса, жылу техникалық есеп локалдық өрттік жағдайы үшін жүргізілуі керек.

ЕСКЕРТПЕ Локалдық өрттің жылулық әсер етуін есептеудің әдісі құралдың 10-бөлімінде берілген.

6.3.2 Өрттердің жалпы модельдері

6.3.2.1 Өрттердің жалпы модельдері келесі әсер ететін физикалық параметрлерді толығырақ ескеруі керек:

- ортаның (газдық) қасиеті;
- масса алмасу жағдайы;
- жылу алмасу жағдайы (энергетикалық алмасу).

ЕСКЕРТПЕ Салыстырмалық өрт жүктемесі $q_{f,d}$ мен жылу ағысының қуаттылығын Q есептеудің әдісі құралдың 12-бөлімінде берілген.

6.3.2.2 Өрттердің жалпы модельдері ретінде келесі модельдердің біреуі қолданылуы керек:

- уақытқа байланысты үй-жайдағы температураны тегіс бөлуді шамалайтын бір аймақтық модель;
- жанып жатқан үй-жайдың көлемін екі қабатқа: температура мен уақытқа тәуелді қалыңдықты тегіс бөлетін жоғарғы, сонымен қатар температурасы төмендеу уақытқа тәуелді тегіс төмен қабаттарға бөлуді шамалайтын екі аймақтық модель;
- өрттің ұзақтығы мен үй-жайдағы қарастырылатын нүктенің кеңістіктік орналасуына байланысты үй-жайдың ішкі кеңістігінің нүктелеріндегі өрттің қауіпті факторларының өзгеруін анықтайтын есептегіш газ-динамикалық (далалық) модель.

ЕСКЕРТПЕ Бір аймақтық, екі аймақтық немесе далалық модельді пайдалану кезінде жылулық әсер етуді есептеудің әдістері құралдың 11-бөлімінде берілген.

6.3.2.3 Өрттердің жалпы модельдерін пайдалану кезінде конвекциямен жылу берудің коэффициентінің мәнін $\alpha_c = 35 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$ тең етіп алуға жол беріледі.

6.3.3 Температураны конструкция ұзындығы бойынша бөлудің нақты есебі үшін локалдык өрт кезінде екі аймақтық модельді және локалдык өртті бағалауға арналған жүрістерді пайдалану арқылы алынған нәтижелердің үйлесімін пайдалануға жол беріледі.

ЕСКЕРТПЕ Конструкциядағы температуралық өріс осы жағдайда конструкцияның әрбір нүктесі үшін екі аймақтық модельді және локалдык өрттің модельді пайдаланумен алынған есептік нәтижелерінің ең үлкені үшін таңдау жолымен анықталады.

7 СТАТИКАЛЫҚ ЕСЕПТЕУГЕ АРНАЛҒАН МЕХАНИКАЛЫҚ ӘСЕР ЕТУ

Күш түсетін қабілеттіліктің шекті жағдайы бойынша өртке төзімділікті анықтау кезінде конструкцияға әсер ету мен олардың [5] ережелеріне сәйкес үйлесімін пайдалану керек.

7.1 Жалпы талаптар

7.1.1 Статикалық есеп жүргізу кезінде өрт жағдайы кезінде конструкцияның температурасының өзгеруі кезінде конструкцияның геометриялық өлшемдері мен формаларының (температуралық деформациялар) өзгеруін ескеру керек. Есептеу кезінде өлшемдері мен формаларының өзгеруін сол кезде пайда болған қосымша әсер ету (мысалы, күштер мен сәттер) арқылы, төмендегі жағдайларды санамағанда, ескеруге жол беріледі:

- егер әсер ету ескерілмей аз болса немесе олардың пайда болуы өртке төзімділіктің артуына әкелетін болса;

- пайда болатын қосымша әсер етулер сүйеу схемаларын таңдауда, шекаралық жағдайларды бекіту кезінде ескерілген және/немесе толығымен құрылыс материалдарына қатысты Еурокодтардың өртке қарсы бөлімдерінің белгіленген өртке қарсы талаптарымен ескеріледі.

7.1.2 Тікелей емес әсер етуді бағалау кезінде статикалық есепті жүргізу шеңберінде келесілерді ескеру керек:

- конструкцияның (мысалы, арақабырға тақтайшасының екі жағынан қатты бекітілген) температуралық кеңеюіне арналған ықтимал физикалық шектеулердің бар болуы;

- статикалық анықталмаған конструкциялардың (мысалы, арақабырғаның кесілмеген тақтайшасы) тегіс емес температуралық кеңеюі;

- жартылай шектелген конструкцияның тегіс емес қызғанының салдарынан көлбеу қиысудағы ішкі кернеуді шақыратын ықтимал температуралық кеңею;

- өрт кезіндегі қарастырылатын қыздырылған конструкциямен тікелей байланыста болатын, жанасқан конструкциялардың ықтимал температуралық кеңеюі.

7.1.3 Өрттің $A_{ind,d}$ есептік нұсқасының тікелей емес әсер етуінің есептік мәндері жылу техникалық есеп пен құрылыс материалдарына қатысты Еурокодтардың өртке

қарсы бөлімдерінде келтірілген материалдардың жылу техникалық және механикалық сипаттамаларының есептік мәндері негізінде анықталады.

7.1.4 Егер құрылыс конструкциясының өртке төзімділігінің шегіне қойылатын өртке қарсы талаптар [3] бойынша өрттің стандарттық температуралық тәртібі үшін бекітілген болса, онда жанасатын конструкциялардан болатын тікелей емес әсер ету ескерілмейді.

7.2 Әсер етудің бір кезеңділігі

7.2.1 Дұрыс температура кезіндегі әсер ету

7.2.1.1 Егер дұрыс температура кезінде пайдалануға беру жағдайы үшін қабылданған конструкцияларға әсер ету өзінің әрекетін өрт кезінде сақтаған жағдай болса, онда оларды өрттің есептік нұсқасы үшін статикалық есептеу кезінде ескеру керек. Өрттің есептік нұсқасы үшін ауыспалы әсер етудің сипаттамалық мәндері [2] талаптарына сәйкес қабылдануы керек.

7.2.1.2 Статикалық есептеу кезінде конструкцияға жанатын заттар мен материалдардың өртенуіне байланысты жүктемелердің әрекет етуінің төмендеуі ескерілмейтін консервативтік жүріс қолданылады.

7.2.1.3 Конструкцияға түсетін қар жүктемесінің мәні өрттің есептік нұсқасы үшін конструкцияның қыздыру динамикасын негіздеу мен қар ерудің тиісті жылдамдығын анықтау (мысалы, жабын элементтерінің өртке төзімділігін анықтау кезінде) кезінде төмендетілуі мүмкін.

7.2.1.4 Өртке төзімділіктің статикалық есебін жүргізу кезінде өрттің есептік нұсқасы үшін өрт пайда болған кезде технологиялық жабдық тоқтайтындығы және нормативтік құжаттардың талабымен өзгесі (жетектердің және өртке қарсы сақтау жүйесінің инженерлік жабдықтарының жұмысы) қарастырылмаса, өндірістік процестерден (мысалы, дірілдер, соққылық жүктемелер) болатын қосымша әсер ету ескерілмейтіндігі қабылданады.

7.2.2 Қосымша әсер ету

7.2.2.1 Өртке төзімділіктің статикалық есебі кезінде өрт кезінде пайда болатын басқа тәуелсіз апаттық әсер етулерді, бірақ оның салдарын емес, ескермеуге жол беріледі.

7.2.2.2 Егер өрттің есептік нұсқасы жағдайында қарастырылатын конструкцияларға қосымша әсер етудің (конструкция, жабдық қираған кездегі, отын әуелік қоспалар мен қысым астындағы аппараттардың жарылысы кезіндегі динамикалық жүктеме) пайда болуы мүмкін болса, онда сол әсер етулер есептеу кезінде ескерілуі керек.

7.2.2.3 Өртке қарсы қабырғалардың өртке төзімділігін есептеу кезінде [4] сәйкес қиайтын жанасқан құрылыс конструкцияларынан болатын көлбеу қосымшаланған соққылық жүктемелердің әрекеті кезінде олардың беріктігін тексеру керек.

7.3 Әсер етудің үйлесімі

7.3.1 Жалпы ережелер

7.3.1.1 Өрт кезіндегі әсер етудің нәтижесінің есептік мәнін $E_{fi,d,t}$ анықтау үшін [2] келтірілген есептік апаттық жағдай (өрт) үшін механикалық әсер етудің үйлесу ережелері қолданылады.

7.3.1.2 Ауыспалы әсер етудің есептік мәнін квази тұрақты мән $\psi_{2,1} \cdot Q_1$ сияқты немесе $\psi_{1,1} \cdot Q_1$ жеке мәні сияқты балама түрінде ескеруге жол беріледі.

ЕСКЕРТПЕ Қосымша деректер жоқ болғанда, есептеу кезінде ауыспалы әсер етудің квази тұрақты мәндерін $\psi_{2,1} \cdot Q_1$ пайдалануға кепілдеме беріледі.

7.3.2 Жеңілдетілген ережелер

7.3.2.1 Өрттің тікелей емес әсер етуін нақты есептеу қажеттілігі болмаға жағдайда, әсер етудің нәтижесі $t = 0$ уақыт сәті (өрттің басталу алдындағы сәт – пайдалануға берудің дұрыс жағдайлары) үшін 7.3.1 сәйкес әсер етуің үйлесімі үшін конструкцияларды есептеу жолымен анықталына алады. Әсер етудің $E_{fi,d}$ осы нәтижесін өрттің барлық ұзақтығы ішінде тұрақты етіп қабылдауға жол беріледі.

ЕСКЕРТПЕ Осы талапты, мысалы, құрылыс материалдарына қатысты Еурокодтардың өртке қарсы бөлімдерінің талаптарына сәйкес конструктивтік бөліктердің сараптамасын жүргізу кезінде қоршау мен тіреулерге әсер етудің нәтижелерін бағалау үшін қолдануға жол беріледі.

7.3.2.2 7.3.2.1 соңы ретінде өрт кезіндегі әсер етудің нәтижелері дұрыс температура кезінде пайдалануға беру жағдайлары үшін конструкцияны жобалау кезінде алынған нәтижелердің негізінде алынуы мүмкін:

$$E_{fi,d,t} = E_{fi,d} = \eta_{fi} \cdot E_d, \quad (7.1)$$

мұнда E_d – [2] сәйкес негізгі үйлесім бойынша әсер етудің тиісті есептік нәтижесі;

$E_{fi,d}$ – өрт кезіндегі нәтиженің тиісті тұрақты есептік мәні;

η_{fi} – құрылыс материалдарына қатысты Еурокодтардың өртке қарсы бөлімдерінде анықталған келтірілген коэффициент.

7.3.3 Жүктеменің деңгейі

7.3.3.1 Егер жүктеудің тиісті деңгейі үшін кестелік деректер берілген жағдай болса, онда жүктеудің деңгейі келесі теңдеуге жатады:

$$E_{fi,d,t} = \eta_{fi,t} \cdot R_d, \quad (7.2)$$

мұнда R_d – құрылыс материалдарына қатысты Еурокодтардың өртке қарсы бөлімдерінің талаптарына сәйкес анықталған дұрыс температура кезіндегі конструкцияның есептік кедергісі;

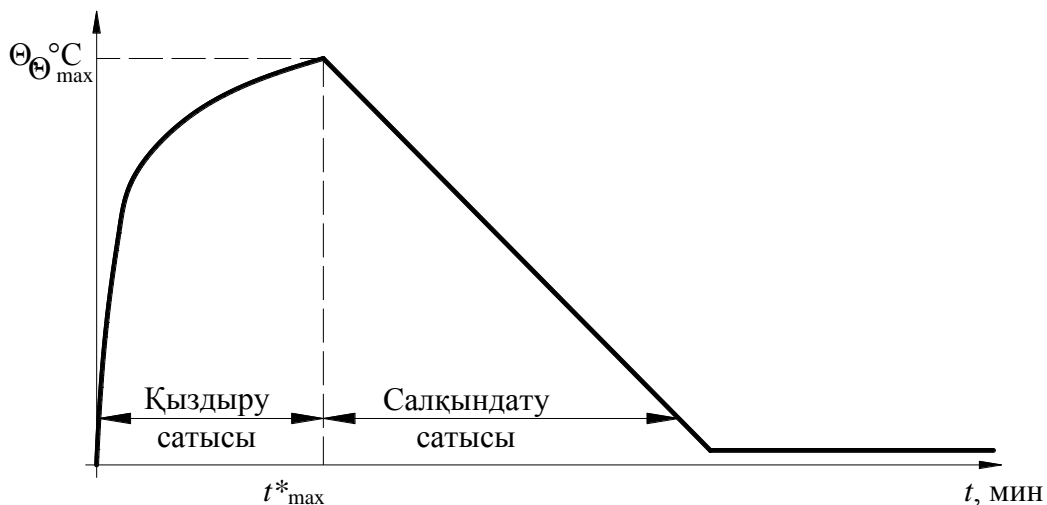
$\eta_{fi,t}$ – өрт кезіндегі жүктеменің есептік деңгейінің коэффициенті.

8 ӨРТТІҢ ПАРАМЕТРЛІК ТЕМПЕРАТУРАЛЫҚ ТӘРТІБІ

8.1 Жалпы ережелер

8.1.1 Өрттің көрсетілген тәртібі еденінің ауданы 500 м^2 аспайтын және максималдық биіктігі 4 м артық болмайтын өрт секциялары үшін қолданбалы. Аталған өрт секцияларында жабында ойықтардың болуына жол берілмейді. Өрттің параметрлік тәртібін есептеу кезінде қарастырылатын кеңістіктегі өрт жүктемесі толығымен жанып кетеді деген жорамал қабылданады.

8.1.2 8.1-суретте өрттің типтік параметрлік тәртібінің температуралық-уақыттық тәуелділігі келтірілген. Суреттен байқалғандай, көрсетілген тәуелділік қыздыру сатысын (максималдық температураға дейінгі экспоненциалдық қисық Θ_{\max}) және салқындату сатысын (қоршаған ортаның температурасына дейінгі сызықтық-кемитін түзу) қосады. Өрттің максималдық температурасы Θ_{\max} мен максималдық температураға қол жеткізудің уақыты t^*_{\max} өрт кезінде ғимараттың конструктивтік жүйесінің жүрісіне әсер ететін екі негіз салушы фактор болып табылады және параметрлік өрттер үшін есептік формулалардағы бақылаушы параметрлерді анықтайды. Мұндай параметрлерге 1) өрт жүктемесі; 2) ойықтылық коэффициенті; 3) қоршау конструкцияларының сипаттамалары жатады.



8.1-сурет – Өрттің параметрлік тәртібінің негізгі сатылары

8.1.3 Егер салыстырмалық өрт жүктемесі осы құралдың 12-бөлімінде келтірілген өртенудің сипаттамаларының есебісіз белгіленсе, онда әдісті қолдану артық целлюлоздық өрт жүктемесі бар өрт бөлімдерімен шектелуі керек. Көрсетілген шектеулер мен рұқсаттар еуропалық ұйымдардың алдыңғы қатарлы ғылыми сынақ зертханаларында орындалған 100 аса өрт сынақтарының деректерін өңдеу нәтижелері бойынша анықталған.

8.2 Қыздыру сатысы

8.2.1 Параметрлік өрт кезінде қыздыру сатысындағы қыздыратын ортаның температурасын өзгерту мына формула бойынша анықталады:

$$\Theta_g = 20 + 1325 \cdot (1 - 0,324 \cdot e^{-0,2 \cdot t^*} - 0,204 \cdot e^{-1,7 \cdot t^*} - 0,472 \cdot e^{-19 \cdot t^*}), \quad (8.1)$$

мұнда Θ_g – конструкция маңындағы қыздырушы ортаның температурасы, °C;

$e = 2,718281 \dots$ – натурал логарифмнің негізі;

t^* – уақыт, сағ.

$$t^* = t \cdot \Gamma, \text{ ч}, \quad (8.2 \text{ а})$$

мұнда t – өрттің әсер ету уақыты, сағ.;

Γ – уақытша коэффициент.

Ойықтылық коэффициенті O мен жылу сіңіргіштік қабілеттілігі b тәуелді уақытша коэффициент Γ мына жолмен анықталады:

$$\Gamma = \frac{(O/b)^2}{(0,04/1160)^2}, \quad (8.2 \text{ б})$$

мұнда $b = \sqrt{\rho \cdot c \cdot \lambda}$ – қоршау конструкциясының жылу сіңіргіштік қабілеттілігі, $(100 < b < 2200)$, Дж·м⁻²·с^{-1/2}·К⁻¹;

мұнда ρ – қоршау конструкциясының материалының тығыздығы, кг·м⁻³;

c – қоршау конструкциясының материалының салыстырмалық жылу сыйымдылығы, Дж·кг⁻¹·К⁻¹;

λ – қоршау конструкциясының материалының жылу өткізгіштіктің коэффициенті, Вт·м⁻¹·К⁻¹;

O – ойықтылық коэффициенті $0,02 < O < 0,2$, м^{1/2},

$$O = \frac{A_v \cdot \sqrt{h_{eq}}}{A_t}, \quad (8.2 \text{ в})$$

мұнда A_v – барлық қабырғалардағы тік ойықтардың суммарлық ауданы, м²;

h_{eq} – аудан бойынша келтірілген барлық қабырғалардағы терезелердің биіктігі, м;

A_t – қоршаулардың (қабырғалардың, ойықтарды қоса, жабындар мен едендердің) суммарлық ауданы, м².

ЕСКЕРТПЕ Уақытша коэффициенттің $\Gamma = 1$ мәні кезінде (8.1) формуласы $t > 6$ мин үшін 1 % кем дәлсіздігі бар стандарттық температуралық-уақыттық тәуелділікке түрленеді.

8.2.2 Өрттің параметрлік тәртібінің температуралық-уақыттық тәуелділігін ойықтылық коэффициентінен өзгерту 8.2-суретте берілген. Ойықтылық коэффициентінің кіші мәндері кезінде өрттің ұзақтығы өседі, ал өрттің температурасы төмендейді, ойықтылық коэффициентінің үлкен мәндері кезінде – өрт үлкен жылдамдықпен жүреді, оның ұзақтығы азаяды, ал максималдық температураның мәні ұлғаяды.

8.2.3 b коэффициентін есептеу үшін ρ тығыздығын, салыстырмалық жылу сыйымдылығын c және қоршау конструкцияларының жылу өткізгіштіктің коэффициентін λ бастапқы температура кезінде қабылдауға жол беріледі.

8.2.4 Қоршау конструкциясының көп қабаттық құрылымын есептеу жылу сіңіргіштіктің қабілеттілігі $b = \sqrt{\rho \cdot c \cdot \lambda}$ кезінде мына жолмен анықталады:

– егер $b_1 < b_2$ болса, онда $b = b_1$; (8.3)

– егер $b_1 < b_2$ болса, онда қыздырылатын материал үшін шекті қалыңдық s_{lim} , м, мына формула бойынша есептеледі:

$$s_{lim} = \sqrt{\frac{3600 \cdot t_{max} \cdot \lambda_1}{c_1 \cdot \rho_1}}, \quad (8.4)$$

мұнда t_{max} – (8.7) формула бойынша анықталады;

– егер $s_1 > s_{lim}$ болса, онда $b = b_1$;

(8.4 а)

– егер $s_1 > s_{lim}$ болса, онда $b = \frac{s_1}{s_{lim}} \cdot b_1 + \left(1 - \frac{s_1}{s_{lim}}\right) \cdot b_2$, (8.4 б)

мұнда s_i – қоршау конструкциясының i қабатының қалыңдығы.

Қоршау конструкциясының i қабатының материалының жылу сіңіргіштік қабілеттілігі b_i , $\text{Дж} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1/2} \cdot \text{К}^{-1}$ мына жолмен анықталады:

$$b_i = \sqrt{\rho_i \cdot c_i \cdot \lambda_i},$$

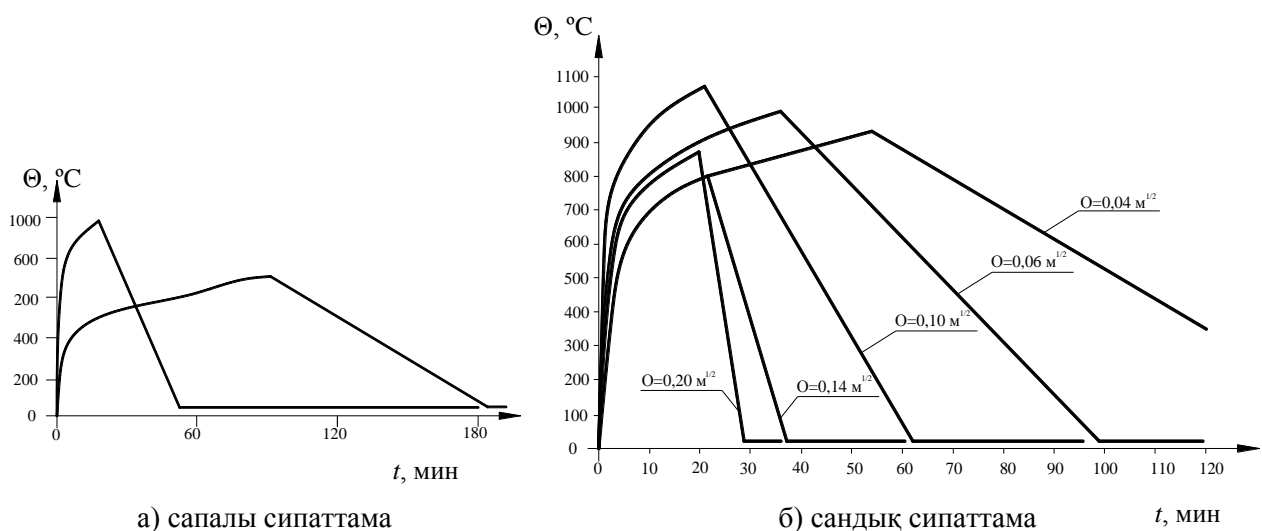
мұнда ρ_i – қоршау конструкциясының i қабатының материалының тығыздығы;

c_i – қоршау конструкциясының i қабатының материалының салыстырмалық жылу сыйымдылығы;

λ_i – қоршау конструкциясының i қабатының материалының жылу өткізгіштіктің коэффициенті;

1-индекс – тікелей өрттің әсер етуіне ұрылған қабат;

2-индекс – келесі қабат ж.с.с.



8.2-сурет – Ойықтылық коэффициенттерінің әртүрлі мәндері кезіндегі өрттің параметрлік тәртібінің температуралық-уақыттық тәуелділігі

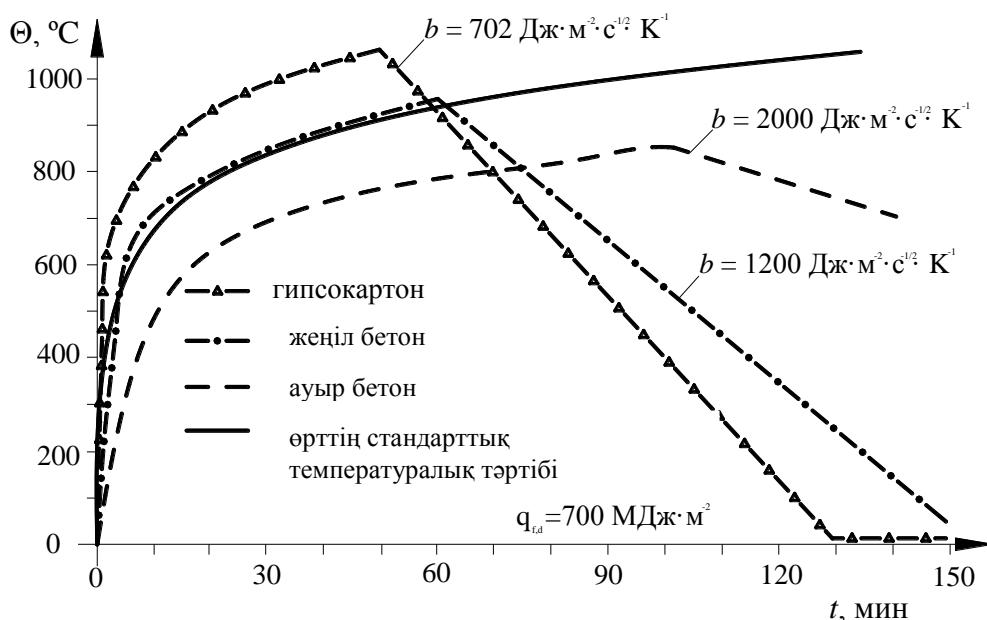
8.2.5 Қабырғалар, төбелер мен едендер үшін жылу сіңіргіштік қабілеттіліктің коэффициенттерін b айырудың есебі үшін келесі формула қолданылады:

$$b = \frac{\sum (b_j \cdot A_j)}{A_f - A_v}, \quad (8.5)$$

мұнда $A_j - j$ қоршау конструкциясының бетінің ауданы, ойықтардың есебісіз;

b_j – (8.3) және (8.4) формулаларына сәйкес j қоршау конструкциясының жылу сіңіргіштік қабілеттілігі.

8.2.6 Әртүрлі материалдардан (гипсокартон, жеңіл және ауыр бетон) орындалған қоршау конструкцияларының жылу сіңіргіштік қабілеттілігінің параметрлік өрттің дамуына әсер етуі 8.3-суретте берілген. Берілген теңдеулерде өрт секциясындағы есептік өрт жүктемесінің бірдей мәндері кезінде ($q_{f,d}=770 \text{ МДж}\cdot\text{м}^{-2}$) конструкция материалының тығыздығының ұлғаюы өрттің максималдық температурасын (Θ_{\max}) және көрсетілген температураға (t^*_{\max}) қол жеткізу уақытын төмендетуге әкелетіндігі көрінеді.



8.3-сурет – Әртүрлі материалдардан жасалған қоршау конструкцияларының жылу сіңіргіштік қабілетінің өрттің параметрлік тәртібін дамытуға ықпал етуі

8.2.7 [6] 8.1-кестеде сәйкес әртүрлі температуралар үшін құрылыс конструкциялардың материалдарын жобалау кезінде ең көп таралған жылулық сипаттамалар берілген.

8.1-кесте – Құрылыс материалдарының жылулық сипаттамалары

Материалдың атауы	Температура, °C	λ , Вт·м ⁻¹ ·К ⁻¹	ρ , кг·м ⁻³	c , Дж·кг ⁻¹ ·К ⁻¹
1	2	3	4	5

8.1-кесте – Құрылыс материалдарының жылулық сипаттамалары (жалғасы)

1	2	3	4	5
Ауыр бетон	20	2	2300	900
	200	1,63	2300	1022
Ауыр бетон	500	1,21	2300	1164
	1000	0,83	2300	1269
Жеңіл бетон	20	1	1500	840
	200	0,875	1500	840
	500	0,6875	1500	840
	1000	0,5	1500	840
Болат	20	54	7850	425
	200	47	7850	530
	500	37	7850	667
	1000	27	7850	650
Гипс (оқшаулайтын материал ретінде)	20	0,035	128	800
	200	0,06	128	900
	500	0,12	128	1050
	1000	0,27	128	1100
Оқшаулағыш бетон	20	0,0483	200	751
	250	0,0681	200	954
	500	0,1128	200	1052
	800	0,2016	200	1059
Кальций силикатынан жасалған тақтайшалар	20	0,0685	450	748
	250	0,0786	450	956
	450	0,0951	450	1060
	1050	0,157	450	1440
Сүрек	20	0,1	450	1113
	250	0,1	450	1125
	450	0,1	450	1135
	1050	0,1	450	1164
Кірпіш	20	1,04	2000	1113
	200	1,04	2000	1125
	500	1,18	2000	1135
	1000	1,41	2000	1164
Шыны	20	0,78	2700	840

8.2.8 Қыздыру сатысында максималдық температураға $\Theta_{\max} t^* = t^*_{\max}$ кезінде қол жеткізіледі:

$$t^*_{\max} = t_{\max} \cdot \Gamma; \quad (8.6)$$

$$t_{\max} = \max \left\{ \frac{0,2 \cdot 10^{-3} \cdot q_{t,d}}{O}, t_{\lim} \right\} \quad - \text{өрт желдетумен реттеледі} \quad (8.7)$$

– өрт өрт жүктемесімен реттеледі,

мұнда $q_{t,d}$ – қоршау конструкцияларының бетінің суммарлық ауданына A_t келтірілген есептік салыстырмалық өрт жүктемесі, $\text{МДж}\cdot\text{м}^{-2}$, мына формула бойынша анықталады:

$$q_{t,d} = q_{f,d} \cdot A_f / A_t.$$

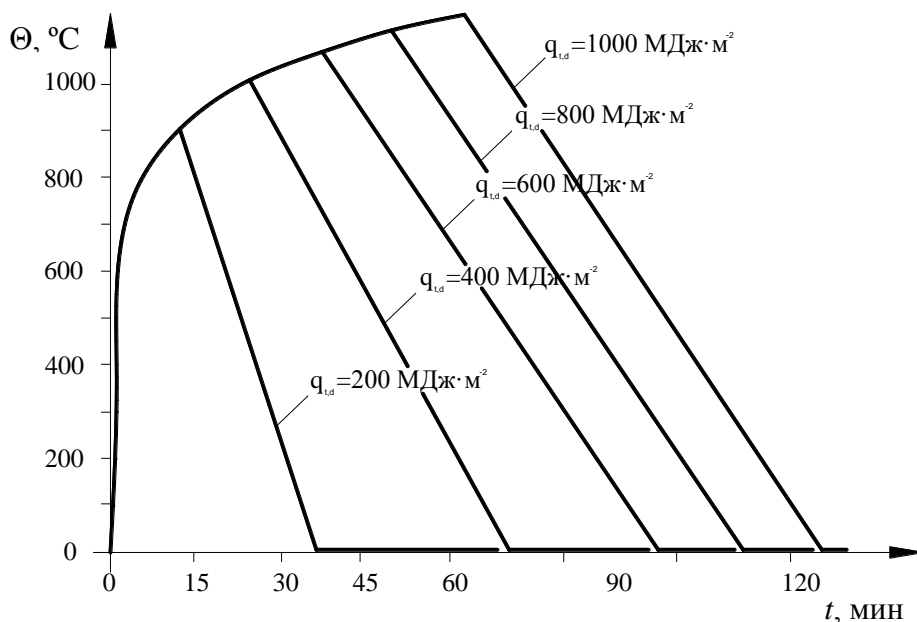
мұнда $q_{f,d}$ – еденнің суммарлық ауданына A_f келтірілген есептік салыстырмалық өрт жүктемесі, $\text{МДж}\cdot\text{м}^{-2}$ (осы құралдың 12-бөлімі);

t_{lim} – өрт жүктемесімен реттелетін өрттер үшін максималдық температураға қол жеткізудің уақыты, сағ., осы құралдың 8.2.12-тармағы бойынша қабылданады.

Салыстырмалық өрт жүктемесін есептеу кезінде $50 \leq q_{t,d} \leq 1000 \text{ МДж}\cdot\text{м}^{-2}$ шартының орындалғандығын тексеруді жүзеге асыру керек.

ЕСКЕРТПЕ Үй-жайдағы өрттің максималдық температурасына сәйкес келетін t_{max} уақыты өрт жүктемесімен реттелетін өрттер үшін t_{lim} -тең етіп қабылданады. Егер өрт желдетумен реттелсе, онда $t_{\text{lim}} = 0,2 \cdot 10^{-3} \cdot q_{t,d} / O$ болады.

8.2.9 Өрт жүктемесінің өрттің температуралық тәртібіне әсер етуі өзге тең жағдайларда (ойықтылық коэффициенті O мен қоршау конструкциясының жылу сіңіргіштік қабілеттілігі b) 8.4-суретте берілген. Салыстырмалық өрт жүктемесінің шамасын азайту кезінде максималдық температураны (Θ_{max}) төмендету мен өрт бөлімінде максималдық температураға (t^*_{max}) қол жеткізудің уақытын азайту жүреді.



8.4-сурет – Өрттің параметрлік тәртібі кезіндегі салыстырмалық өрт жүктемесінің қыздырушы ортаның температурасына ықпал етуі

8.2.10 Егер $t_{\text{max}} = t_{\text{lim}}$ (өрт өрт жүктемесімен реттеледі) болса, онда (8.1) формуласындағы t^* , сағ, келесіге ауыстырылады:

$$t^* = t \cdot \Gamma_{\text{lim}}; \quad (8.2 \text{ б})$$

$$\Gamma_{\text{lim}} = \frac{(O_{\text{lim}}/b)^2}{(0,04/1160)^2}, \quad (8.8)$$

$$\text{мұнда } O_{\text{lim}} = 0,1 \cdot 10^{-3} \cdot q_{t,d}/t_{\text{lim}}. \quad (8.9)$$

8.2.11 Егер $O > 0,04$, $q_{t,d} < 75$ және $b < 1160$ шарты орындалып жатса, онда (8.8) формуласындағы Γ_{lim} коэффициентін k көбейту керек:

$$k = 1 + \left(\frac{O - 0,04}{0,04} \right) \cdot \left(\frac{q_{t,d} - 75}{75} \right) \cdot \left(\frac{1160 - b}{1160} \right). \quad (8.10)$$

8.2.12 Өрт жүктемесімен реттелетін өрттің максималдық температурасына жетудің уақыты төмендегідей қабылданады:

- $t_{\text{lim}} = 25$ мин – өрттің баяу дамуы үшін;
- $t_{\text{lim}} = 20$ мин – өрттің орташа дамуы үшін;
- $t_{\text{lim}} = 15$ мин – өрттің жылдам дамуы үшін.

8.2.13 Өртті дамытудың жылдамдығын таңдау жөніндегі нұсқаулар 12-бөлімде (осы құралдың 12.5-кестесі) берілген. Одан басқа, өртті дамытудың жылдамдығын анықтау кезінде « t -squared» моделін қолдануға жол беріледі, ол бойынша жылу бөлудің шамасы өрт жүктемесінің ерекшелігін және [7] өрттің дамуының ерекшеліктерін ескеретін коэффициентке көбейтілген екінші дәреженің уақытына пропорционал:

$$Q = \alpha \cdot t^2, \quad (8.11)$$

- мұнда Q – жылулық энергиясы, кВт;
 α – өрт ерекшелігінің коэффициенті, кВт·с⁻¹;
 t – уақыт, с.

8.2.14 « t -squared» өрттерінің өрттің дамуының барлық типтерін сипаттау үшін төрт класы бар: баяу, орташа, жылдам және өте жылдам. 8.2-кестеде жылу ағысының қуаттылығына 1 МВт қол жеткізетін α мәндері бар өрттің дамуының төрт типі берілген, баяу өрт 1 МВт қуаттылыққа – 600 секундта, өте жылдам – 75 секундта қол жеткізеді. 8.3-кестеде мысал ретінде әртүрлі қызметтік мақсаттың үй-жайлары үшін Британ стандарттарымен кепілдеме берілген өрттің дамуының әртүрлі типтері келтірілген. Жылу ағысының қуаттылығын және өрттің дамуының жылдамдығын толығырақ анықтау осы құралдың 12-бөлімінде келтірілген.

8.2-кесте – α коэффициентінің және жылу бөлуге қол жеткізу уақытының 1 МВт-тегі мәні

Дамыту параметрі	α , кВт·с ⁻¹	Жылу бөлуге қол жеткізудің уақыты t_{α} 1 МВт, с
1	2	3
Баяу	0,003	600
Орташа	0,012	300
Жылдам	0,047	150
Өте жылдам	0,188	75

8.3-кесте – Өрттің дамуының әртүрлі функционалдық мақсаттағы үй-жайлар мен ғимараттар үшін мысалдары

Функционалдық мақсаты	Өрттің даму типі	Жылу бөлуге қол жеткізудің уақыты t_{α} 1 МВт, с
Картиналық галерея	Баяу	600
Қоймалық ғимарат (қиын тұтанатын заттар мен материалдарды сақтау)	Баяу	600
Тұрғын үй	Орташа	300
Қонақ үй	Орташа	300
Қоймалық ғимарат (мақтадан жасалған маталар, полиэстер)	Орташа	300
Кеңсе	Орташа	300
Дүкен	Жылдам	150
Қоймалық ғимарат (пошталық жіберулер, көбікпласт, сүректің қатары)	Жылдам	150
Химиялық кәсіпорын	Өте жылдам	75
Қоймалық ғимарат (жылдам тұтанатын сұйықтықтардың өртенуі, жұмсақ жиһаздық көмкерме)	Өте жылдам	75

8.2.15 Өрттің даму типтері мен өрт жүктемесінің кейбір түрлері үшін оларға тиісті жылдамдықтар 8.5-суретте [8] графикалық түрде берілген.

8.3 Салқындату сатысы

8.3.1 Салқындату сатысындағы параметрлік өрттің температуралық тәртібі төмендегі формулалар бойынша анықталады:

$$\text{егер } t_{\max}^* \leq 0,5 \text{ болса, } \Theta_g = \Theta_{\max} - 625 \cdot (t^* - t_{\max}^* \cdot x), \quad (8.12 \text{ а})$$

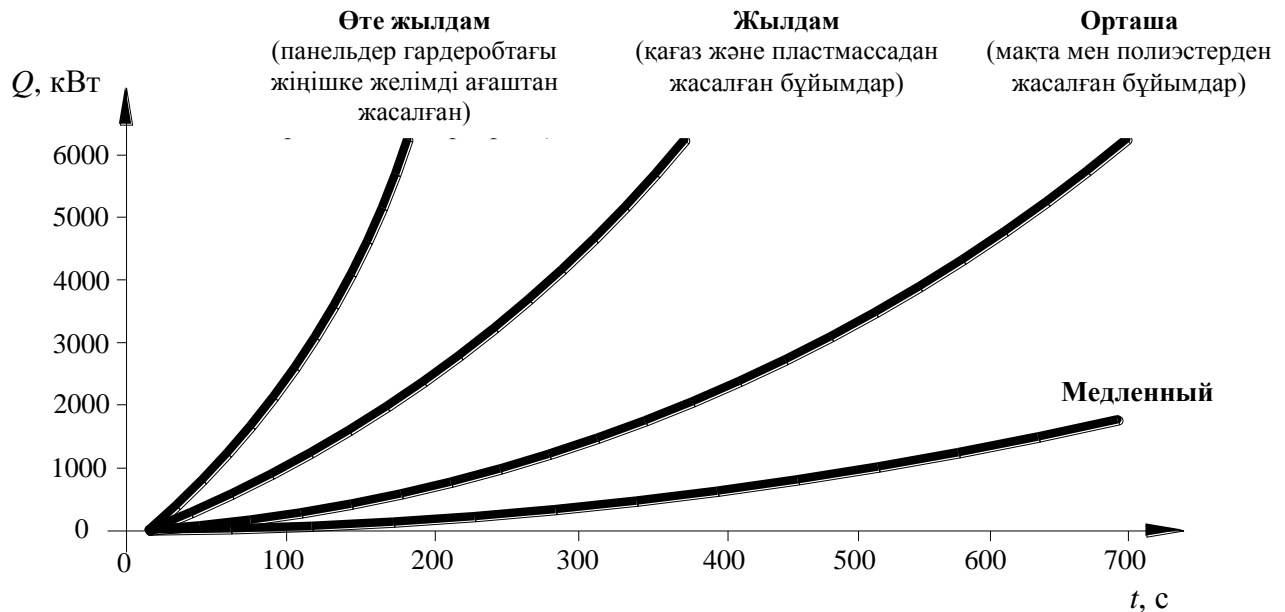
$$\Theta_g = \Theta_{\max} - 250 \cdot (3 - t_{\max}^*) \cdot (t^* - t_{\max}^* \cdot x), \text{ если } 0,5 < t_{\max}^* < 2; \quad (8.12 \text{ б})$$

$$\Theta_g = \Theta_{\max} - 250 \cdot (t^* - t_{\max}^* \cdot x), \text{ если } t_{\max}^* \geq 2, \quad (8.12 \text{ в})$$

мұнда t^* – осы құралдың (8.2а) формуласы бойынша анықталады.

$x = 1$, егер $t_{\max} > t_{\lim}$ немесе

$x = t_{\lim} \cdot \Gamma / t_{\max}^*$, если $t_{\max} = t_{\lim}$ болса.



8.5-сурет – Өрт жүктемесінің құрамына байланысты өрттің дамуының жылдамдығы

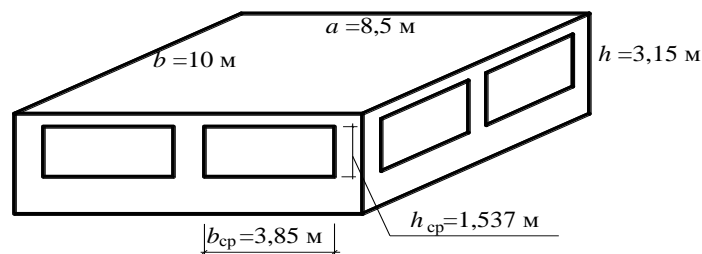
8.3.2 Суыту сатысындағы максималдық температура мына формула бойынша анықталады:

$$t_{\max}^* = (0,2 \cdot 10^{-3} \cdot q_{t,d}/O) \cdot \Gamma. \quad (8.13)$$

1-мысал

Шығыс деректер: ғимараттың қоршау конструкциялары (қабырғалары мен жабындары) темір бетоннан орындалған. Сыртқы қабырғаларында ашық ойықтар бар. Ғимараттың параметрлері:

- ені $a = 8$ м;
- ұзындығы $b = 10$ м;
- үй-жайдың биіктігі $h = 3,15$ м;
- барлық қабырғалар бойынша келтірілген ойықтардың биіктігі $h_{eq} = 1,537$ м;
- ойықтардың ені $b_{op} = 3,85$ м;
- ойықтардың саны $n = 4$ (8.6-сурет).



8.6-сурет – Кеңселік ғимараттың геометриялық сипаттамасы

Жабын темір бетоннан жасалған және сипаттамасы төмендегідей:

- тығыздығы $\rho = 2300 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$;

- салыстырмалық жылу сыйымдылығы $c = 840 \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$;
- жылу өткізгіштіктің коэффициенті $\lambda = 1,57 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$.

Қабырғалар жеңіл бетоннан жасалған және сипаттамасы төмендегідей:

- бетонның тығыздығы $\rho = 500 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$;
- салыстырмалық жылу сыйымдылығы $c = 840 \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$;
- жылу өткізгіштіктің коэффициенті $\lambda = 0,22 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$.

Талап етіледі: Бір қабаттық кеңсе ғимараты үшін өрттің параметрлік тәртібінің есебін жүргізу

Есептеу:

Өрт жүктемесін есептеу

Кеңселік ғимараттар үшін салыстырмалық өрт жүктемесінің мәні 80% қамтамасыз ету кезінде осы құралдың 12.4-кестесіне сәйкес анықталады:

$$q_{f,k} = 511 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}.$$

Өрт бөлімінің еденінің ауданы:

$$A_f = a \cdot b = 8,5 \times 10 = 85 \text{ м}^2 \text{ құрайды.}$$

Өрттің пайда болу қаупін есептеудің коэффициенті өрт бөлімінің үй-жайының өлшемдеріне байланысты құралдың 12.1-кестесі бойынша сызықтық интерполяциямен анықталады:

$$\delta_{q1} = 1,1 + (1,5 + 1,1) \times (85 - 25) / (250 - 25) = 1,20.$$

Өрттің пайда болу қаупін есептеудің коэффициенті ғимараттың мақсатына байланысты құралдың 12.4-кестесіне сәйкес анықталады:

$$\delta_{q2} = 1,00.$$

Өртті сөндіруге арналған арнайы шараларды ескеретін коэффициент құралдың 12.1.4 тармағына сәйкес:

$$\delta_n = 1,00 \text{ тең етіп қабылданады.}$$

Есептік салыстырмалық өрт жүктемесі $q_{f,d}$ (12.1) формуласы бойынша анықталады:

$$q_{f,d} = q_{f,k} \cdot m \cdot \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n = 511 \times 0,8 \times 1,20 \times 1,00 \times 1,00 = 490,6 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2},$$

мұнда m – целлюлоздық өрт жүктемесінің өртенуінің толықтығының коэффициенті.

Өрт бөлімінің жылу техникалық сипаттамалары

Қоршаудың (қабырғаның, ойықтарды қоса, жабындар мен едендердің) суммарлық ауданы:

$$A_t = 2 \cdot A_f + 2 \cdot (a + b) \cdot h = 2 \times 85 + 2 \times (8,5 + 10,0) \times 3,15 = 286,55 \text{ м}^2 \text{ құрайды.}$$

Барлық қабырғалардағы тік ойықтардың суммарлық ауданы:

$$A_v = n \cdot h_{eq} \cdot b_{op} = 4 \times 1,537 \times 3,85 = 23,67 \text{ м}^2 \text{ құрайды.}$$

Өрт бөліміндегі желдетудің сипаттамалары

Ойықтылық коэффициенті мына формула бойынша есептеледі:

$$O = \frac{A_v \cdot \sqrt{h_{eq}}}{A_t} = \frac{23,67 \times \sqrt{1,537}}{286,55} = 0,1024 \text{ м}^{1/2},$$

мұнда $h_{eq} = 1,537 \text{ м}$ – аудан бойынша келтірілген барлық қабырғалардағы терезелердің биіктігі.

Ойықтылық коэффициентінің мәні осы құралдың 8.2.1 тармағына сәйкес $0,02 < O < 0,2 \text{ м}^{1/2}$ шартын қанағаттандырады.

Қоршау бетінің суммарлық ауданына A_t келтірілген есептік салыстырмалық өрт жүктемесі мына формула бойынша анықталады:

$$q_{t,d} = q_{f,d} \cdot A_f / A_t = 490,6 \times 85 / 286,55 = 145,5 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}.$$

Максималдық температураға қол жеткізудің уақытын анықтау

Өртті өрт жүктемесімен немесе желдетумен реттеудің типін келесідей анықтаймыз:

$$0,2 \cdot 10^{-3} \cdot q_{t,d} / O = 0,2 \cdot 10^{-3} \times 145,5 / 0,1024 = 0,284 \times h < t_{\text{lim}} = 0,333 \times h \rightarrow$$

сөйтіп, осы құралдың 8.2.5 тармағына сәйкес, өрт жүктемемен реттеледі деген қорытынды жасауға болады.

Қыздыру және салқындату сатысында өрттің температуралық тәртібін есептеу үшін b параметрінің (қоршаудың жылу сіңіргіштік қабілеттілігі) есебін жүргізу керек. Ғимараттың қоршау конструкциялары ауыр және жеңіл бетоннан жасалғандығының есебімен параметрдің мәні келесі жолмен анықталады:

Жабын мен еденнің жылу сіңіргіштік қабілеттілігі мына формула бойынша анықталады:

$$b = \sqrt{\rho \cdot c \cdot \lambda} = \sqrt{2300 \times 840 \times 1,57} = 1742 \text{ Дж} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1/2} \cdot \text{К}^{-1}.$$

Қабырғалардың жылу сіңіргіштік қабілеттілігі мына формула бойынша анықталады:

$$b = \sqrt{\rho \cdot c \cdot \lambda} = \sqrt{500 \times 840 \times 0,22} = 304 \text{ Дж} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1/2} \cdot \text{К}^{-1}.$$

Жабын мен еденге, сонымен қатар қабырғаға арналған жылу сіңіргіштік қабілеттілігінің мәні $100 < b < 2200$ интервалында болады.

Қабырғаларға, төбелер мен едендерге арналған коэффициенттердің $b = \sqrt{\rho \cdot c \cdot \lambda}$ айырмашылығын есептеп мына формула бойынша жүргізіледі:

$$b = \frac{\sum (b_j \cdot A_j)}{A_t - A_v} = \frac{2 \times 85 \times 7 \times 1742 + (2 \times (8,5 + 10,0) \times 3,15 - 23,67) \times 304}{286,55 - 23,67} = 1234 \text{ Дж} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1/2} \cdot \text{К}^{-1}.$$

Қыздыру сатысына арналған температуралық-уақыттық теңдеуінің түрі келесідей:

$$\Theta_g = 20 + 1325 \cdot (1 - 0,324 \cdot e^{-0,2 \cdot t^*} - 0,204 \cdot e^{-1,7 \cdot t^*} - 0,472 \cdot e^{-19 \cdot t^*}).$$

Өрт $t_{\text{max}} = t_{\text{lim}}$, жүктемесімен реттелуіне байланысты (8.1) формуласындағы t^* мынаған ауыстырылады:

$$t^* = t \cdot \Gamma_{\text{lim}} = 1,05 = 1,05 \cdot t,$$

$$\text{мұнда } \Gamma_{\text{lim}} = \frac{(O_{\text{lim}} / b)^2}{(0,04 / 1160)^2} = \frac{(0,0437 / 1234)^2}{(0,04 / 1160)^2} = 1,05.$$

$$O_{\text{lim}} = 0,1 \cdot 10^{-3} \cdot q_{t,d} / t_{\text{lim}} = 0,1 \times 10^{-3} \times 145,5 / 0,333 = 0,0437$$

Сәйкесінше, қыздыру сатысындағы өрттің температурасы келесідей анықталады:

$$\Theta_g = 20 + 1325 \cdot (1 - 0,324 \cdot e^{-0,2 \cdot (1,05 \cdot t)} - 0,204 \cdot e^{-1,7 \cdot (1,05 \cdot t)} - 0,472 \cdot e^{-19 \cdot (1,05 \cdot t)}).$$

Өртті суытудың сатысын есептеу үшін максималдық температура келесі жолмен анықталады:

$$\Theta_g = 20 + 1325 \cdot (1 - 0,324 \cdot e^{-0,2 \cdot t^*_{\text{max}}} - 0,204 \cdot e^{-1,7 \cdot t^*_{\text{max}}} - 0,472 \cdot e^{-19 \cdot t^*_{\text{max}}}),$$

мұнда, $t^*_{\text{max}} = t_{\text{max}} \cdot \Gamma = 0,333 \times h \times 5,791 = 1,928 \times h$.

t^*_{max} уақыты келесі жолмен анықталады:

$$t_{\text{max}} = \max \left\{ \frac{0,2 \times 10^{-3} \cdot q_{t,d}}{O} \right\} = \max \left\{ \frac{0,2 \times 10^{-3} \times 145,5}{0,1024} = 0,284 \times h \right\} = 0,333 \times h.$$

Ойықтылық коэффициентіне O және жылу сіңіргіштік қабілеттілікке b тәуелді уақытша коэффициент келесі формула бойынша анықталады:

$$\Gamma = \frac{(O/b)^2}{(0,04/1160)^2} = \frac{(0,1024/1234)^2}{(0,04/1160)^2} = 5,791.$$

Максималдық температураның мәні келесі жолмен анықталады:

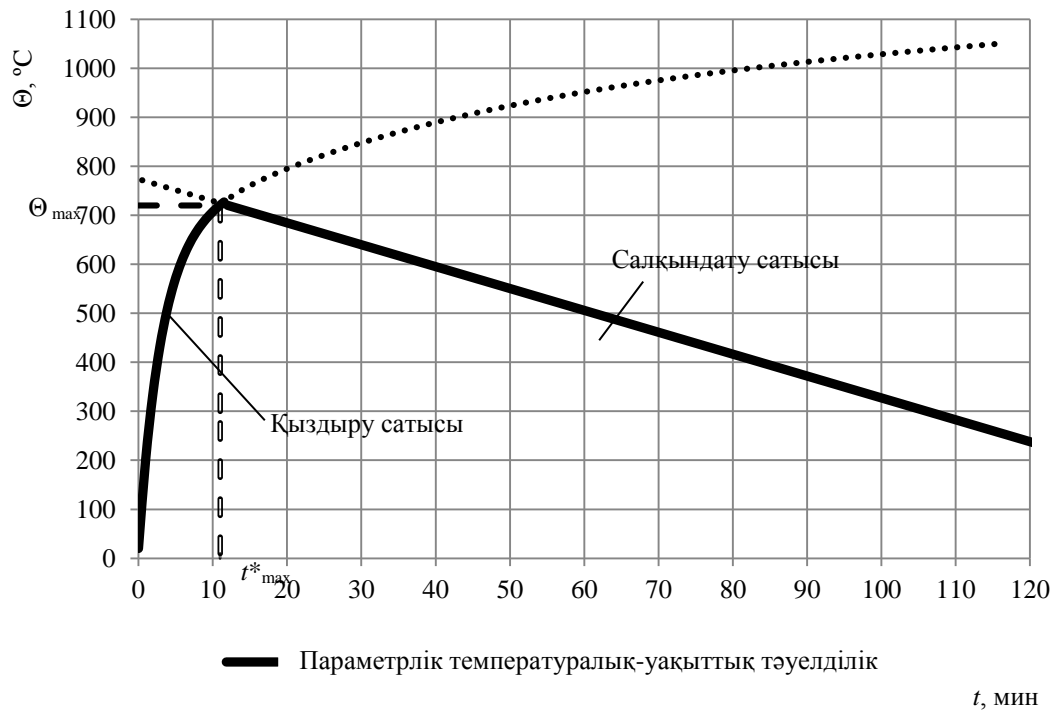
$$\begin{aligned} \Theta_{\text{max}} &= 20 + 1325 \cdot (1 - 0,324 \cdot e^{-0,2 \cdot t^*} - 0,204 \cdot e^{-1,7 \cdot t^*} - 0,472 \cdot e^{-19 \cdot t^*}) = \\ &= 20 + 1325 \cdot (1 - 0,324 \times e^{-0,2 \times 1,928} - 0,204 \times e^{-1,7 \times 1,928} - 0,472 \times e^{-19 \times 1,928}) = 1042 \text{ } ^\circ\text{C}. \end{aligned}$$

$0,5 < t^*_{\text{max}} < 2$ шарты орындалып жатқандықтан, сәйкесінше суыту сатысындағы температуралық тәртіп (8.11b) формуласы бойынша анықталады:

$$\begin{aligned} \Theta_g &= \Theta_{\text{max}} - 250 \cdot (3 - t^*_{\text{max}}) \cdot (t^* - t^*_{\text{max}} \cdot x) = \\ &= 1042 - 250 \cdot (3 - 1,928) \cdot (t^* - 1,928 \cdot 1,000209) = 773,95 - 268 \cdot t^*, \end{aligned}$$

мұнда $x = t_{\text{lim}} \cdot \Gamma / t^*_{\text{max}} = 0,333 \times 5,791 / 1,928 = 1,000209$.

Өрттің параметрлік тәртібінің нәтижелендіруші мәндерін есептеу 8.7-суретте берілген.



8.7-сурет – Кеңселік ғимараттардағы өрттің параметрлік тәуелділігінің температуралық-уақыттық тәуелділігі

2-мысал

Шығыс деректер (кеңселік ғимарат):

- жалпы ауданы $A_f = 135 \text{ м}^2$;
 - қоршаудың (қабырғаның, ойықтарды қоса, жабындар мен едендердің) суммарлық ауданы $A_t = 474 \text{ м}^2$;
 - тік ойықтардың суммарлық ауданы $A_v = 27 \text{ м}^2$;
 - тік ойықтардың ауданының еден ауданына қатынасы $\alpha_v = 0,2$;
 - көлбеу ойықтардың ауданының еден ауданына қатынасы $\alpha_h = 0,0$;
 - ғимараттың биіктігі $H = 4,0 \text{ м}$;
 - барлық қабырғалар бойынша келтірілген ойықтардың биіктігі $h_{eq} = 1,8 \text{ м}$;
- Ғимарат конструкциясы жеңіл бетоннан жасалған және сипаттамасы төмендегідей:
- бетонның тығыздығы $\rho = 1900 \text{ кг·м}^{-3}$;
 - салыстырмалық жылу сыйымдылығы $c = 840 \text{ Дж·кг}^{-1}·\text{К}^{-1}$;
 - жылу өткізгіштіктің коэффициенті $\lambda = 1,0 \text{ Вт·м}^{-1}·\text{К}^{-1}$.
- Есепке өрт дамудың орташа қарқындылығы қабылданады:

Талап етіледі: Бір қабаттық кеңсе ғимараты үшін өрттің параметрлік тәртібінің есебін жүргізу

Есептеу:

Салыстырмалық өрт жүктемесінің шамасын анықтау

Есептік салыстырмалық өрт жүктемесі $q_{f,d}$ осы құралдың (12.1) формуласы бойынша анықталады:

$$q_{f,d} = q_{f,k} \cdot m \cdot \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n = 805 \times 0,8 \times 1,50 \times 1,00 \times 0,50 = 483,0 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}.$$

мұнда m – өртенудің толықтығының коэффициенті;

δ_{q1} – үй-жайдың (өрт секциясының) өлшемдеріне байланысты өрттің туу қаупінің есебінің коэффициенті;

δ_{q2} – ғимараттың мақсатына байланысты өрттің туу қаупінің есебінің коэффициенті;

$\delta_n = \prod_{i=1}^{10} \delta_{ni}$ – i өртін сөндіруге арналған арнайы шешімдердің (шаралардың) бар екендігін ескеретін коэффициент. Әдетте, бұл шешімдер адамдардың өмірін сақтауға бағытталған;

$q_{f,k}$ – еденнің ауданына келтірілген сипаттамалық салыстырмалық өрт жүктемесі, МДж·м⁻².

Өрт жүктемесі пайыздық қатынаста қарастырылатын ғимаратта мынандай жолмен бөлінген:

- 20% пластмасса;
- 11% қағаз;
- 69% ағаш.

Өрт жүктемесі целлюлозадан тұратын материалдармен айтарлықтай ұсынылғандықтан, өртенудің толықтығының коэффициенті құралдың 12.8.2-тармағына сәйкес $m = 0,8$ тең етіп қабылданады.

Өрттің пайда болу қаупін есептеудің коэффициенті өрт бөлімінің үй-жайының өлшемдеріне байланысты құралдың 12.1-кестесіне сәйкес:

$$\delta_{q1} = 1,5 \text{ тең етіп қабылданады.}$$

Өрттің пайда болу қаупін есептеудің коэффициенті ғимараттың мақсатына байланысты құралдың 12.4-кестесіне сәйкес:

$$\delta_{q2} = 1,00.$$

Өртті сөндіруге арналған арнайы шараларды ескеретін коэффициент құралдың 12.1.3 тармағына сәйкес:

$$\delta_n = \prod_{i=1}^{10} \delta_{ni} = 1,0 \times 0,73 \times 0,87 \times 0,78 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 = 0,50.$$

тең етіп қабылданады.

Сипаттамалық өрт жүктемесі құралдың (12.2) формуласы бойынша анықталады:

$$Q_{fi,k} = \sum M_{ki} \cdot H_{ui} \cdot \psi_i = (135 \times 46) \times 17,5 \times 1,0 = 108675 \text{ МДж.}$$

мұнда $M_{k,i}$ – жанатын материалдың массасы (шығыс деректеріне сәйкес ағашқа эквиваленттегі өрт жүктемесінің жалпы саны $135 \text{ м}^2 \times 46 \text{ кг}_{\text{ағаш}} \cdot \text{м}^{-2}$) тең;

$$H_{ui} = 17,5 \text{ МДж} \cdot \text{кг}^{-1} - 12.3\text{-кестесіне сәйкес ағаштың өртенуінің астыңғы жылуы};$$

$$\psi_i = 1 \text{ құралдың 12.4.2-тармағына сәйкес.}$$

Салыстырмалық өрт жүктемесінің сипаттамалық мәні құралдың 12.4.2-тармағына сәйкес анықталады.

Салыстырмалық өрт жүктемесінің сипаттамалық мәні (12.3) формуласы бойынша анықталады:

$$q_{f,k} = Q_{f,k}/A = 108675/135 = 805 \text{ МДж.}$$

Өрттің параметрлік тәртібін есептеу

Бірінші кезекте өрттің қандай жолмен: өрт жүктемесімен немесе желдетумен реттелетіндігі анықталады.

Ойықтылық коэффициенті мына формула бойынша есептеледі:

$$O = \frac{A_v \cdot \sqrt{h_{eq}}}{A_t} = \frac{27,0 \times \sqrt{1,8}}{474,0} = 0,076 \text{ м}^{1/2}.$$

мұнда $h_{eq} = 1,537 \text{ м}$ – аудан бойынша келтірілген барлық қабырғалардағы терезелердің биіктігі.

Ойықтылық коэффициентінің мәні осы құралдың 8.2.1 тармағына сәйкес $0,02 < O < 0,2 \text{ м}^{1/2}$ шартын қанағаттандырады.

Қоршау бетінің суммарлық ауданына A_t келтірілген есептік салыстырмалық өрт жүктемесі мына формула бойынша анықталады:

$$q_{t,d} = q_{f,d} \cdot A_f/A_t = 483,0 \times 135,0/474,0 = 137,6 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}.$$

Өртті өрт жүктемесімен немесе желдетумен реттелетіндігін келесідей анықталады:

$$0,2 \cdot 10^{-3} \cdot q_{t,d}/O = 0,2 \cdot 10^{-3} \times 137,6/0,076 = 0,362 \times h > t_{lim} = 0,333 \times h \rightarrow$$

сөйтіп, осы құралдың 8.2.5 тармағына сәйкес, өрт желдетумен реттеледі деген қорытынды жасауға болады.

Қыздыру және салқындату сатысында өрттің температуралық тәртібін есептеу үшін b параметрінің (қоршаудың жылу сіңіргіштік қабілеттілігі) есебін жүргізу керек. Ғимараттың қоршау конструкциялары жеңіл бетоннан жасалғандығының есебімен параметрдің мәні келесі жолмен анықталады:

$$b = \sqrt{\rho \cdot c \cdot \lambda} = \sqrt{1900 \times 840 \times 1,0} = 1263,3 \text{ Дж} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1/2} \cdot \text{К}^{-1}.$$

Қыздыру сатысына арналған температуралық-уақыттық теңдеуінің түрі келесідей:

$$\Theta_g = 20 + 1325 \cdot (1 - 0,324 \cdot e^{-0,2 \cdot t^*} - 0,204 \cdot e^{-1,7 \cdot t^*} - 0,472 \cdot e^{-19 \cdot t^*}).$$

Өрттің желдетумен реттелуіне байланысты t^* уақыты келесі жолмен анықталады:

$$t^* = t \cdot \Gamma = 3,04 \cdot t$$

$$\text{мұнда } \Gamma = \frac{(O/b)^2}{(0,04/1160)^2} = \frac{(0,076/1263,3)^2}{(0,04/1160)^2} = 3,04.$$

Сәйкесінше, қыздыру сатысындағы өрттің температурасы келесідей анықталады:

$$\Theta_g = 20 + 1325 \cdot (1 - 0,324 \cdot e^{-0,2 \cdot (3,04 \cdot t)} - 0,204 \cdot e^{-1,7 \cdot (3,04 \cdot t)} - 0,472 \cdot e^{-19 \cdot (3,04 \cdot t)}).$$

Өртті суытудың сатысын есептеу үшін максималдық температура келесі жолмен анықталады:

$$\Theta_g = 20 + 1325 \cdot (1 - 0,324 \times e^{-0,2 \cdot t^*_{\max}} - 0,204 \times e^{-1,7 \cdot t^*_{\max}} - 0,472 \times e^{-19 \cdot t^*_{\max}}),$$

$$\text{мұнда } t^*_{\max} = t_{\max} \cdot \Gamma = 0,363 \times 3,04 = 1,10 \times h.$$

t^*_{\max} уақыты келесі жолмен анықталады:

$$t_{\max} = \max \left\{ \frac{0,2 \times 10^{-3} \cdot q_{t,d}}{O}, t_{\lim} \right\} = \max \left\{ \frac{0,2 \times 10^{-3} \times 137,6}{0,076} = 0,363 \times h, 0,333 \times h \right\} = 0,363 \times h.$$

Максималдық температураның мәні келесі жолмен есептелінеді:

$$\Theta_g = 20 + 1325 \cdot (1 - 0,324 \times e^{-0,2 \times 1,1} - 0,204 \times e^{-1,7 \times 1,1} - 0,472 \times e^{-19 \times 1,1}) = 958,8 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Салқындату сатысында t^* және t^*_{\max} келесі жолмен есептелінеді:

$$t^* = t \cdot \Gamma = 3,04 \times t$$

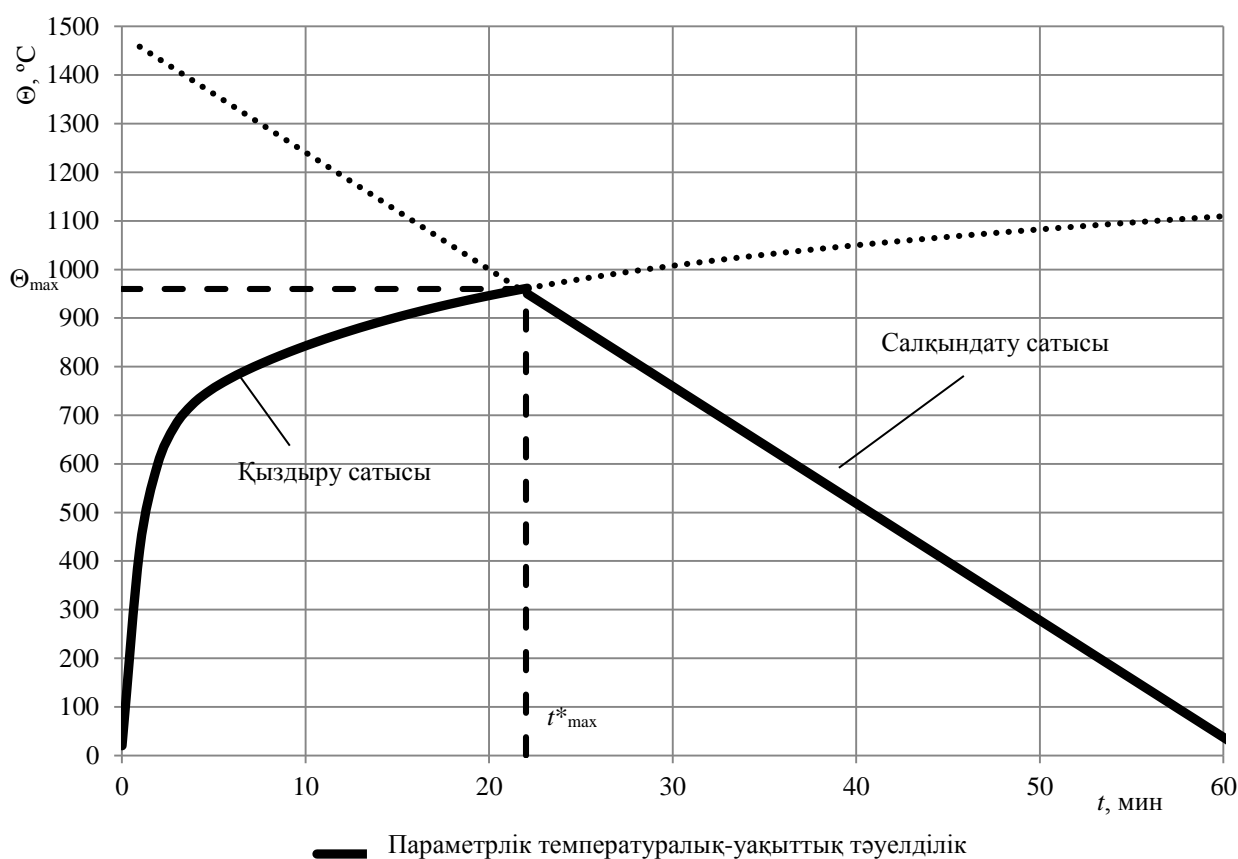
$$t^*_{\max} = (0,2 \times 10^{-3} \cdot q_{t,d} / O) \cdot \Gamma = (0,2 \times 10^{-3} \times 137,6 / 0,076) = 1,1 \times h.$$

$0,5 < t^*_{\max} < 2$ шарты орындалып жатқандықтан, сәйкесінше салқындату сатысында температуралық тәртіп (8.11б) формуласы бойынша анықталады:

$$\begin{aligned} \Theta_g &= \Theta_{\max} - 250 \cdot (3 - t^*_{\max}) \cdot (t^* - t^*_{\max} \cdot x) = \\ &= 958,8 - 250 \times (3 - 1,1) \times (t \times 3,04 - 1,1 \times 1,0) = 1481,3 - 1444 \times t. \end{aligned}$$

мұнда, $x=1$, себебі $t_{\max} > t_{\lim}$.

Өрттің параметрлік тәртібін есептеудің нәтижелендіруші мәндері 8.8-суретте берілген.



8.8-сурет – Кеңселік ғимараттағы өрттің параметрлік тәртібінің температуралық-уақыттық тәуелділігі

9 СЫРТҚЫ КОНСТРУКЦИЯЛАРҒА ЖЫЛУЛЫҚ ӘСЕР ЕТУ – ЕСЕПТЕУДІҢ ЖЕҢІЛДЕТІЛГЕН ӘДІСІ

9.1 Қолдану саласы

9.1.1 Осы әдісті қолдану:

- өрт секциясындағы (бөліміндегі) қыздырушы ортаның максималдық температурасын;
- қоршау конструкциялардағы ойықтардан шығатын жалынның өлшемдері мен температурасын;
- конвективтік жылу алмасу мен сәулемен жылу алмасудың параметрлерін анықтауға мүмкіндік береді.

ЕСКЕРТПЕ Сыртқы конструкцияларға жылулық әсер етудің есебінің жеңілдетілген әдісі ұзындық бойынша – 70 м аспайтын, ені бойынша – 18 м және $q_{f,d} > 200$ МДж·м⁻² бар биіктік бойынша – 5 м өлшемді өрт бөлімдері (секциялары) үшін қолданылады және беітілген тәртіп үшін есептік сипаттамаларды анықтауға мүмкіндік береді. Ұсынылған әдіс конструкцияны қыздырудың белгіленген тәртібіне шығудың уақытын анықтауға мүмкіндік бермейді.

9.2 Қолдану шарты

9.2.1 Егер қарастырылатын өрт бөлімінің (секциясының) қоршау конструкцияларында бірден артық терезе орналасса, онда есептеуде аудан бойынша келтірілген терезелердің биіктігі h_{eq} , тік ойықтардың суммарлық ауданы A_v және барлық қабырғалардағы терезелердің суммарлық ені ($w_t = \sum w_i$) пайдаланылады.

9.2.2 Егер барлық терезелік ойықтар бір қабырғада орналасса, онда D/W қатынасы келесі формула бойынша анықталады:

$$D/W = \frac{W_2}{w_t}, \quad (9.1)$$

мұнда D – өрт бөлімінің (секциясының) тереңдігі, м;

W – терезелік ойықтар орналасқан қабырғаның ені, м;

$W_2 - W_1$ қабырғасына перпендикуляр өрт бөлімінің (секциясының) қабырғаның ені, м;

w_t – қабырғадағы суммарлық ойықтардың ені, м.

9.2.3 Егер терезелік ойықтар бірден артық қабырғаларда орналасса, онда D/W қатынасы келесі формула бойынша анықталады:

$$D/W = \frac{W_2}{W_1} \cdot \frac{A_{v1}}{A_v}, \quad (9.2)$$

мұнда W_2 – №1 қабырғаға перпендикуляр өрт бөлімінің (секциясының) қабырғаның ені, м;

W_1 – терезелердің максималдық ауданы бар № 1 қабырғаның ені, м;

A_{v1} – № 1 қабырғаның терезелерінің аудандарының сомасы, м²;

A_v – барлық қабырғалардағы тік ойықтардың суммарлық ауданы, м²;

9.2.4 Егер қыздыру аймағы тікелей өрт секциясында орналасса, онда D/W қатынасы 9.1.1 келтірілген шектеулерді сақтау кезінде мына формула бойынша анықталады:

$$D/W = \frac{(W_2 \cdot L_c)}{(W_1 \cdot W_c)} \cdot \frac{A_{v1}}{A_v}, \quad (9.3)$$

мұнда L_c , W_c – өртену аймағының сәйкесінше ұзындығы мен ені;

W_1 , W_2 – өрт секциясының сәйкесінше ұзындығы мен ені.

9.2.5 Өртке төзімділіктің (REI) талап етілетін шегіне сәйкес келмейтін сыртқы қабырғаның барлық бөліктері ғимараттың тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін терезелік ойықтар деп қарастырылады.

ЕСКЕРТПЕ Егер терезелер мен оларға теңестірілген сыртқы қабырғаның телімдері өрт бөлімінің (секциясының) тиісті сыртқы қабырғасының ауданының 50 % кем құрайтын жағдай болса, онда есептеуде табылған суммарлық аудан қолданылады. Кері жағдайда (суммарлық аудан тиісті сыртқы қабырғаның ауданының 50 % асады) есептеуде тиісті сыртқы қабырғаның ауданының 50 % тең суммарлық ауданның мәні қолданылады, осы жерде ойықтар мен кеңістіктегі қабырғаның телімдердің есептік орналасу мен олардың геометриясы ең жаман сценарийі үшін анықталады.

9.2.6 Жалынның температурасы оның ені мен қалыңдығы бойынша тегіс етіп қбылданады.

9.3 Желдің әсер етуі

9.3.1 Желдету тәртібі

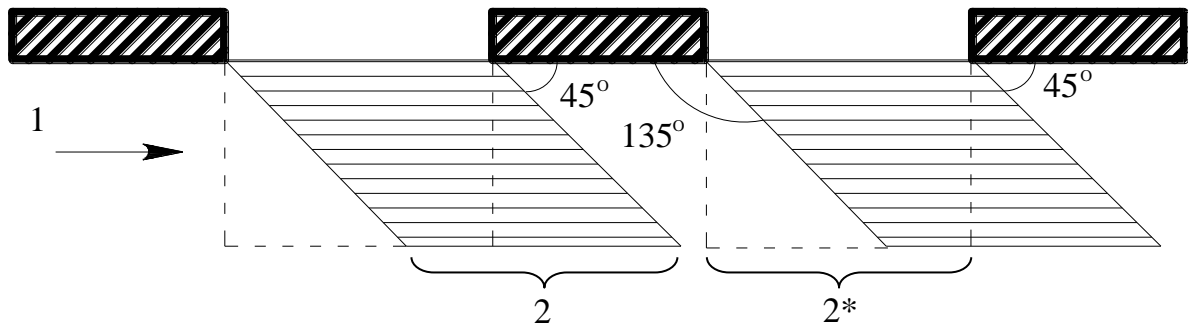
9.3.1.1 Егер өрт бөлімінің (секцияларының) қарама-қарсы жақтарында терезелер болса немесе ауа жанып жатқан үй-жайға басқа ойықтар (терезелерден өзге) арқылы қосымша кіріп жатса, онда есеп мәжбүрлі желдету жағдайлары үшін орындалады.

9.3.1.2 9.3.1.1 келтірілген жағдайлардан айырмашылығы бар жағдайлар үшін есептеу табиғи желдету жағдайлары үшін орындалады.

9.3.2 Жалынды желмен тоқтату

9.3.2.1 Есептеу жалынның ойықтан шығатын еі жағдайы (9.1-сурет) үшін:

- қасбетке перпендикуляр (жел жоқ болған кезде);
- қасбетке 45° ауытқуы бар желдің әсер етуі салдарынан жүргізіледі.



1 – желдің бағыты; 2 – желмен ауытқу кезіндегі көлбеу проекция;
2* – желмен ауытқуы жоқ көлбеу проекция

9.1-сурет – Жалынды желмен тоқтату

9.4 Өрт пен жалынның сипаттамалары

9.4.1 Табиғи желдету жағдайындағы өрт

9.4.1.1 Өрттің жылу ағысының қуаттылығы Q , МВт келесі жолмен анықталады:

$$Q = \min \left\{ \frac{A_f \cdot q_{f,d}}{\tau_F}; 3,15 \cdot \left(1 - e^{\frac{-0,036}{O}} \right) \cdot A_v \cdot \sqrt{\frac{h_{eq}}{D/W}} \right\}, \quad (9.4)$$

мұнда A_f – өрт бөлімінің (секциясының) еденінің ауданы, м²;

$q_{f,d}$ – еденнің ауданына жатқызылған есептік салыстырмалық өрт жүктемесі, A_f , МДж·м⁻²;

τ_F – өрттің еркін дамуының ұзақтығы (1200 с тең етіп қабылдауға жол беріледі);

$e = 2,718281\dots$ – натурал логарифмнің негізі;

O – өрт бөлімінің (секциясының) ойықтылығының коэффициенті, $O = A \cdot \sqrt{h_{eq}} / A_i$;

A_v – барлық қабырғалардағы тік ойықтардың суммарлық ауданы, $A_v = \sum A_{v,i}$;

h_{eq} – аудан бойынша келтірілген барлық қабырғалардағы терезелердің биіктігі, $h_{eq} = \sum (A_{v,i} \cdot h_i) / A_v$;

D/W – 9.2.2–9.2.4 сәйкес анықталатын қатынас.

ЕСКЕРТПЕ (9.4) бірінші жағдайды таңдау – өрт жүктемесімен реттелетін өртке арналған жылу ағысының қуаттылығын; екінші жағдайды таңдау – желдетумен реттелетін өртті сипаттайды.

9.4.1.2 Өрт секциясындағы температура T_f , К табиғи желдету жағдайы үшін мына формула бойынша анықталады:

$$T_f = 6000 \cdot \sqrt{O} \cdot \left(1 - e^{\frac{-0,1}{O}} \right) \cdot (1 - e^{-0,00286 \cdot \Omega}) + T_0, \quad (9.5)$$

мұнда O – өрт бөлімінің (секциясының) ойықтылығының коэффициенті,

A_f – өрт бөлімінің (секциясының) еденінің ауданы, м^{1/2};

$e = 2,718281\dots$ – натурал логарифмнің негізі;

$\Omega = (A_f \cdot q_{f,d}) / (A_v \cdot A_t)^{1/2}$ – есептік параметр;

T_0 – бастапқы температура, К (үнсіздік бойынша $T_0 = 293$ К).

9.4.1.3 Жалынның биіктігі L_L , м (9.2-сурет) табиғи желдету жағдайы үшін келесі жолмен анықталады:

$$L_L = \max \left\{ \begin{array}{l} 0; \\ h_{eq} \cdot \left(2,37 \cdot \left(\frac{Q}{A_v \cdot \rho_g \cdot \sqrt{h_{eq} \cdot g}} \right)^{\frac{2}{3}} - 1 \right) \end{array} \right\}, \quad (9.6)$$

мұнда h_{eq} – аудан бойынша келтірілген барлық қабырғалардағы терезелердің биіктігі, м;

Q – өрттің жылу ағысының қуаттылығы, МВт;

A_v – барлық қабырғалардағы тік ойықтардың суммарлық ауданы, м²;

g – еркін құлауды жылдамдату, м·с⁻²;

ρ_g – жанып жатқан үй-жайдың ішіндегі газ ортасының тығыздығы, кг·м⁻³;

ЕСКЕРТПЕ Ең жиі кездесетін $\rho_g = 0,45$ кг·м⁻³ және $g = 9,81$ м·с⁻² мәндері үшін (9.6) формуласы төмендегідей жеңілдетілуі мүмкін:

$$L_L = 1,9 \cdot \left(\frac{Q}{w_t} \right)^{\frac{2}{3}} - h_{eq}, \quad (9.7)$$

мұнда w_t – барлық қабырғалар бойынша суммарлық ойықтардың ені, м.

9.4.1.4 Жалынның ені терезелік ойықтың (9.2-сурет) еніне тең етіп қабылданады.

9.4.1.5 Жалынның тереңділігі $2/3 \cdot h_{eq}$ тең етіп қабылданады (9.2-сурет).

9.4.1.6 Өрттің көлбеу проекциясы төмендегі жағдайлардан шыға анықталады:

– егер терезелік ойық орналасқан қабаттың үстінде қабырға болса:

$$h_{eq} \leq 1,25 \cdot w_t \text{ кезінде } L_H = \frac{h_{eq}}{3}, \quad (9.8)$$

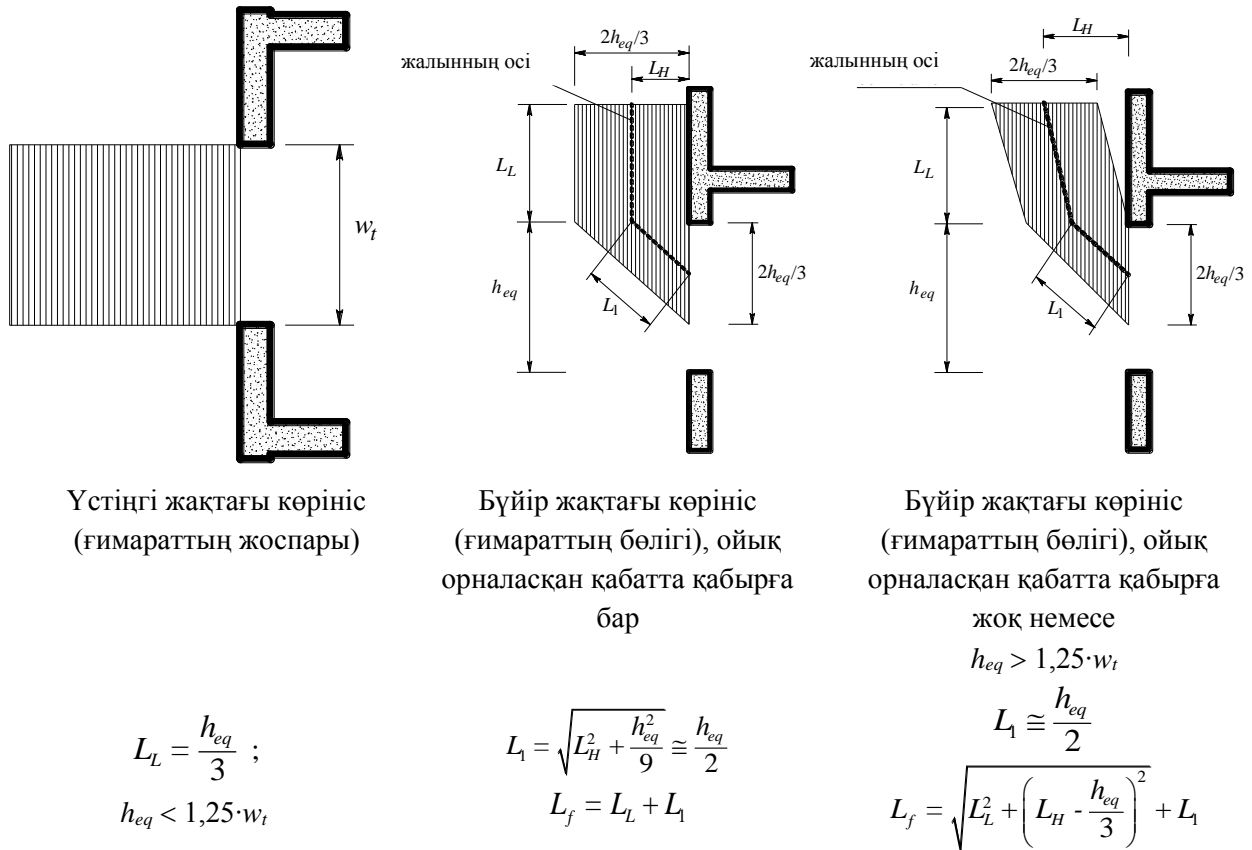
$h_{eq} > 1,25 \cdot w_t$ және басқа терезелерге дейінгі қашықтық $> 4 \cdot w_t$ кезінде

$$L_H = 0,3 \cdot h_{eq} \cdot \left(\frac{h_{eq}}{w_t} \right)^{0,54} \quad (9.9)$$

$$L_H = 0,454 \cdot h_{eq} \cdot \left(\frac{h_{eq}}{2 \cdot w_t} \right)^{0,54} - \text{басқа жағдайларда;} \quad (9.10)$$

– егер ойық орналасқан қабаттың үстінде қабырға жоқ болса:

$$L_H = 0,6 \cdot h_{eq} \cdot (L_L/h_{eq})^{1/3}. \quad (9.11)$$



9.2-сурет – Табиғи желдету жағдайына арналған өрт жалынының өлшемдері

9.4.1.7 Ойықтан шығатын жалынның ось бойындағы ұзындығы келесі жолмен анықталады:

9.4.1.7.1 Егер $L_L > 0$ болса, онда:

- ойық орналасқан қабаттың үстінде қабырға болса немесе $h_{eq} \leq 1,25 \cdot w_t$:

$$L_f = L_L + \frac{h_{eq}}{2} ; \quad (9.12)$$

- ойық орналасқан қабаттың үстінде қабырға болмаса немесе $h_{eq} > 1,25 \cdot w_t$:

$$L_f = \sqrt{L_L^2 + \left(L_H - \frac{h_{eq}}{3}\right)^2} + \frac{h_{eq}}{2} , \quad (9.13)$$

9.4.1.7.2 Егер $L_L = 0$ болса, онда $L_f = 0$ болады.

9.4.1.8 Терезелік ойықтың жазығындағы жалынның температурасы T_w , К табиғи желдету жағдайлары үшін мына формула бойынша анықталады:

$$T_w = 520 / (1 - 0,4725 \cdot (L_f \cdot w_t / Q)) + T_0. \quad (9.14)$$

ЕСКЕРТПЕ (9.14) формуласы $L_f \cdot w_t / Q \leq 1$ теңдеуін орындаған кезде әділ болады.

9.4.1.9 Өрттің ось бойындағы өрт жалынының температурасы T_z , К табиғи желдету жағдайлары үшін мына формула бойынша анықталады:

$$T_z = (T_w - T_0) \cdot (1 - 0,4725 \cdot (L_x \cdot w_t / Q)) + T_0, \quad (9.15)$$

мұнда L_x – жалын осі бойынша терезенің терезелік ойығының жазығынан есеп жүргізіліп отырған нүстеге дейінгі қашықтық.

ЕСКЕРТПЕ (9.15) формуласы $L_x \cdot w_t / Q < 1$ теңдеуін орындаған кезде әділ болады.

9.4.1.10 Сәулемен жылу алмасудың параметрлерін есептеу кезінде терезелік ойық жазығының шегінен тыс өрт жалынының қаралық дәрежесі мына формула бойынша анықталады:

$$\varepsilon_f = 1 - e^{-0,3d_f}, \quad (9.16)$$

мұнда d_f – жалынның қалыңдығы, м.

ЕСКЕРТПЕ Үнсіздік бойынша қосымша деректер жоқ болғанда терезелік ойықтағы өрт жалынының дәрежесін $\varepsilon_f = 1$ тең етіп қабылдауға жол беріледі.

9.4.1.11 Сыртқы құрылыс конструкциясынан жалыннан конвекциямен жылу берудің коэффициенті табиғи желдету жағдайлары үшін мына формула бойынша анықталады:

$$\alpha_c = 4,67 \cdot (1/d_{eq})^{0,4} \cdot (Q/A_v)^{0,6}, \quad (9.17)$$

мұнда d_{eq} – сыртқы конструкцияның геометриялық өлшемі (жақтың диаметрі немесе өлшемі), м.

9.4.1.12 Егер терезелік ойықтың жоғарғы шетінде оның барлық ені бойынша (9.3-сурет) ойық орналасқан қабаттың үстінде қабырға болса және $h_{eq} \leq 1,25$ болған жағдай үшін көлбеу проекциясы W_a бар шығыңқы (балкон, күнқағар ж.с.с.) орналасқан болса, онда жалынның биіктігі мен көлбеу проекциясы келесі жолмен жалынның қосымша ауытқуымен (9.3-сурет) қайта есептелінуі керек:

– 9.4.1.3 сәйкес анықталған L_L жалынның биіктігін $W_a \cdot (1 + \sqrt{2}) = W_a \cdot 2,414$ тең шамаға азайту керек;

– 9.4.1.6 сәйкес анықталған L_H жалынның көлбеу проекциясын W_a тең шамаға ұлғайту керек.

9.4.1.13 Егер терезелік ойықтың жоғарғы шетінде оның барлық ені бойынша (9.3-сурет) ойық орналасқан қабаттың үстінде қабырға болмаса немесе $h_{eq} > 1,25w_t$, болған жағдай үшін көлбеу проекциясы W_a бар шығыңқы (балкон, күнқағар ж.с.с.) орналасқан болса, онда жалынның биіктігі мен көлбеу проекциясы келесі жолмен жалынның қосымша ауытқуымен қайта есептелінуі керек:

– 9.4.1.3 сәйкес анықталған L_L жалынның биіктігін W_a тең шамаға азайту керек;

– 9.4.1.6 сәйкес анықталған L_H жалынның көлбеу проекциясын W_a тең шамаға ұлғайту керек.

9.4.2 Мәжбүрлі желдету жағдайындағы өрт

9.4.2.1 Өрттің жылу ағысының қуаттылығы Q , МВт, келесі формула бойынша анықталады:

$$Q = \frac{A_f \cdot q_{f,d}}{\tau_F}, \quad (9.18)$$

мұнда A_f – өрт бөлімінің (секциясының) еденінің ауданы, m^2 ;

$q_{f,d}$ – еденнің ауданына жатқызылған есептік салыстырмалық өрт жүктемесі, A_f , $МДж \cdot м^{-2}$;

τ_F – өрттің еркін дамуының ұзақтығы (1200 с тең етіп қабылдауға жол беріледі).

9.4.2.2 Өрт секциясындағы (бөліміндегі) температура T_f , К келесі формула бойынша анықталады:

$$T_f = 1200 \cdot \frac{A_f \cdot q_{f,d}}{17,5 - e^{-0,00228 \cdot \Omega}} + T_0, \quad (9.19)$$

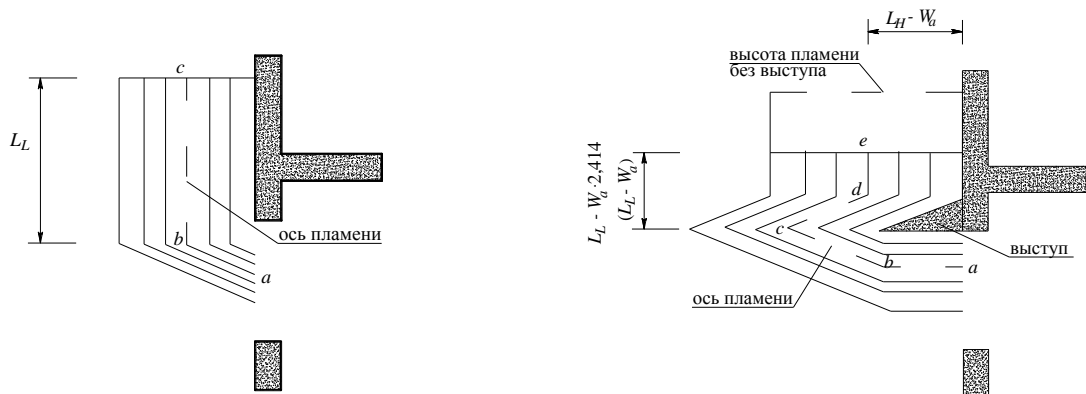
мұнда A_f – өрт бөлімінің (секциясының) еденінің ауданы, m^2 ;

$q_{f,d}$ – еденнің ауданына жатқызылған есептік салыстырмалық өрт жүктемесі, A_f , $МДж \cdot м^{-2}$;

$\Omega = (A_f \cdot q_{f,d}) / (A_v \cdot A_t)^{1/2}$ – есептік параметр;

A_v – барлық қабырғалардағы тік ойықтардың суммарлық ауданы, m^2 ;

T_0 – бастапқы температура, К.



Бүйір жақтағы көрініс (ғимараттың бөлігі, терезелік ойық шығыңқысыз)

$$L_f = a - b - c$$

Бүйір жақтағы көрініс (ғимараттың бөлігі, терезелік ойық шығыңқылы)

$$L_f = a - b - c - d - e \text{ и } w_a = a - b$$

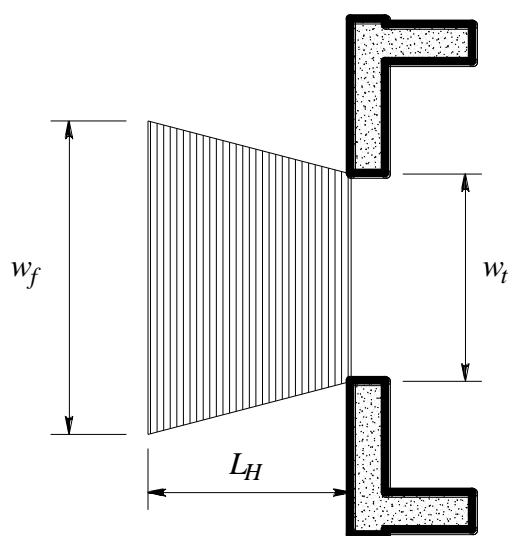
9.3-сурет – Жалынды тоқтату (табиғи желдету)

9.4.2.3 Мәжбүрлі желдету (9.4-сурет) жағдайындағы өрттің кезінде жалынның биіктігі мына формула бойынша анықталады:

$$L_L = \left(1,366 \cdot \left(\frac{1}{u} \right)^{0,43} \cdot \frac{Q}{\sqrt{A_v}} \right) - h_{eq}, \quad (9.20)$$

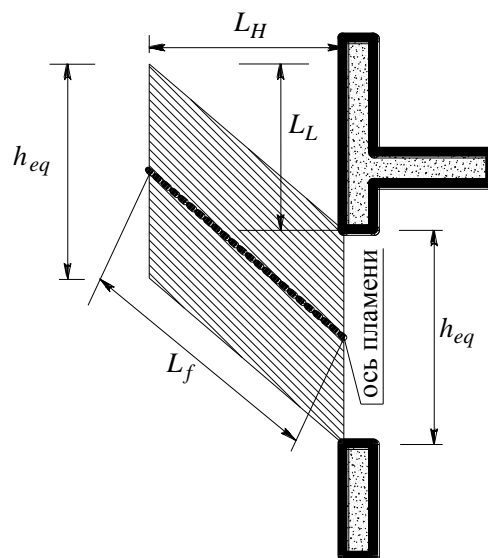
мұнда u – желдің жылдамдығы, $м \cdot с^{-1}$.

ЕСКЕРТПЕ Желдің жылдамдығы $u = 6 м \cdot с^{-1}$ құраған кезде (9.20) формуласы жеңілдетілуі мүмкін: $L_L \approx 0,628 \cdot Q / (A_v^{1/2}) - h_{eq}$.



Үстіңгі жақтағы көрініс (ғимараттың жоспары)

$$w_f = w_t + 0,4 \cdot L_H$$



Бүйір жақтағы көрініс (ғимараттың бөлігі)

$$L_f = \sqrt{L_L^2 + L_H^2}$$

9.4-сурет – Мәжбүрлі желдету жағдайына арналған өрт жалынының өлшемдері

9.4.2.4 Мәжбүрлі желдету жағдайы үшін жалынның көлбеу проекциясы мына формула бойынша анықталады:

$$L_H = 0,605 \cdot (u^2/h_{eq})^{0,22} \cdot (L_L + h_{eq}). \quad (9.21)$$

ЕСКЕРТПЕ Желдің жылдамдығы $u = 6 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ құраған кезде (9.21) формуласы жеңілдетілуі мүмкін: $L_H = 1,33 \cdot (L_L + h_{eq})/h_{eq}^{0,22}$.

9.4.2.5 Жалынның ені мына формула бойынша анықталады:

$$w_f = w_t + 0,4 \cdot L_H. \quad (9.22)$$

9.4.2.6 Жалын осінің бойындағы жалынның ені мына формула бойынша анықталады:

$$L_f = (L_L^2 + L_H^2)^{1/2}. \quad (9.23)$$

9.4.2.7 Терезелік ойықтың жазықтығындағы жалынның температурасы T_w , К мына формула бойынша анықталады:

$$T_w = 520 / (1 - 0,3325 L_f \cdot (A_v)^{1/2} / Q) + T_0. \quad (9.24)$$

ЕСКЕРТПЕ (9.24) формуласы $L_f \cdot (A_v)^{1/2} / Q \leq 1$ теңдеуі орындалғанда әділ болады. Егер есеп $L_f \cdot (A_v)^{1/2} / Q > 1$ болып шыкса, онда (9.24) формуласына $L_f \cdot (A_v)^{1/2} / Q = 1$ мәнін қою керек.

9.4.2.8 Терезелік ойықтағы жалынның қаралық дәрежесін $\varepsilon_f = 1$ тең етіп алуға жол беріледі.

9.4.2.9 Терезелік ойықтан жалынның осі бойынан алыстатылу бойынша келесі теңдеумен сипатталатын жалынның температурасының T_z , К төмендеуі болады:

$$T_z = \left(1 - 0,3325 \cdot \frac{L_x \cdot \sqrt{A_v}}{Q}\right) \cdot (T_w - T_0) + T_0, \quad (9.25)$$

мұнда L_x – жалын осі бойынша терезелік ойықтың жазығынан жалынның температурасының есебі жүргізіліп жатқан нүктеге дейінгі қашықтық, м.

9.4.2.10 Сәулемен жылу алмасудың параметрлерін есептеу кезінде терезелік ойықтың жазығының шегінен тыс жалынның (өрттің) қаралық дәрежесін мына формула бойынша анықтауға жол беріледі:

$$\varepsilon_f = 1 - e^{-0,3 \cdot d_f}, \quad (9.26)$$

мұнда d_f – жалынның қалыңдығы, м;

$e = 2,718281 \dots$ – натурал логарифмнің негізі;

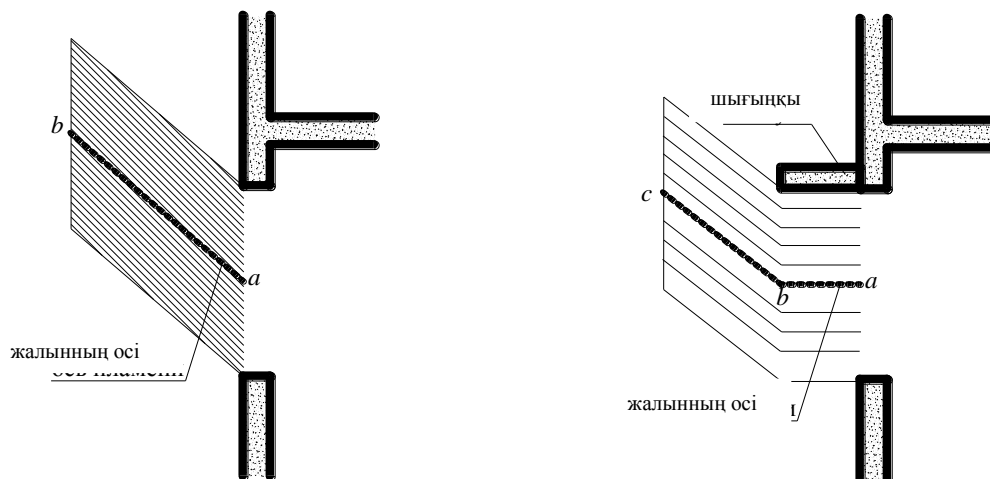
9.4.2.11 Мәжбүрлі желдетудің жағдайлары үшін конвекциямен жылу берудің коэффициенті мына формула бойынша анықталады:

$$\alpha_c = 9,8 \cdot \left(\frac{1}{d_{eq}}\right)^{0,4} \cdot \left(\frac{Q}{17,5 \cdot A_v} + \frac{u}{1,6}\right)^{0,6}. \quad (9.27)$$

ЕСКЕРТПЕ Желдің жылдамдығы $u = 6 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ құраған жағдайда, (9.27) формуласы жеңілдетілуі мүмкін:

$$\alpha_c = 9,8 \cdot \left(\frac{1}{d_{eq}}\right)^{0,4} \cdot \left(\frac{Q}{17,5 \cdot A_v} + 3,75\right)^{0,6}.$$

9.4.2.12 Шығыңқылардың (балкондардың, күнкағардың ж.с.с.) әсерімен (9.5-сурет) көлбеу ауытқудан кейінгі жалынның траекториясы өзгермейді, жалын шығыңқының көлбеу проекциясының шамасына жылжиды, ал ұзындығы L_f өзгермейді.



Үстіңгі жақтағы көрініс (ғимараттың жоспары)

$$L_f = a - b$$

Бүйір жақтағы көрініс (ғимараттың бөлігі)

$$L_f = a - b - c$$

9.5-сурет – Жалынды тоқтату (тікелей тескен немесе мәжбүрлі желдету)

9.5 Сәулелендірудің бұрыштық коэффициенті

9.5.1 Конструкцияның сәулелендіруінің жалпы бұрыштық коэффициенті жанып жатқан үй-жайлардың ойықтарынан сәулемен жылу берудің параметрлерін анықтау үшін мына формула бойынша анықталады:

$$\Phi_f = \frac{(C_1 \cdot \Phi_{f,1} + C_2 \cdot \Phi_{f,2}) \cdot d_1 + (C_3 \cdot \Phi_{f,3} + C_4 \cdot \Phi_{f,4}) \cdot d_2}{(C_1 + C_2) \cdot d_1 + (C_3 + C_4) \cdot d_2}, \quad (9.28)$$

мұнда $\Phi_{f,i}$ – конструкцияның i бетінің терезелік ойықтан сәулелендіруінің бұрыштық коэффициенті;

d_i – көлбеу қиысудың жазығында қарастырылатын конструкцияның i бетінің өлшемі, м;

C_i – конструкцияның i бетін қорғаудың (экрандаудың) коэффициенті (конструкцияның қорғалған беті үшін – $C_i = 0$, конструкцияның қорғалмаған беті үшін – $C_i = 1$ деп қабылданады).

9.5.2 Конструкция бетінің ойығынан көрінбейтін сәулелендірудің бұрыштық коэффициенті $\Phi_{f,i}$ нөлге тең етіп алынады.

9.5.3 Терезелік ойықтан шығатын жалыннан сәулемен жылу берудің параметрлерін есептеу кезіндегі конструкцияның сәулелендірудің бұрыштық коэффициенті Φ_z мына формула бойынша анықталады:

$$\Phi_z = \frac{(C_1 \cdot \Phi_{z,1} + C_2 \cdot \Phi_{z,2}) \cdot d_1 + (C_3 \cdot \Phi_{z,3} + C_4 \cdot \Phi_{z,4}) \cdot d_2}{(C_1 + C_2) \cdot d_1 + (C_3 + C_4) \cdot d_2}, \quad (9.29)$$

мұнда $\Phi_{z,i}$ – жалыннан сәулемен жылу беру үшін конструкцияның i бетінің сәулелендіруінің бұрыштық коэффициенті (осы құралдың 14-бөлімін қар.).

9.5.4 Жалыннан сәулемен жылу беруді есептеу үшін конструкцияның жеке беттерінің сәулелендіруінің бұрыштық коэффициенті $\Phi_{z,i}$ жалынның эквиваленттік тік бұрышты өлшемдеріне негізделі алады. Жалынның фронталдық және бүйір түрлерін көрсететін эквиваленттік тік бұрыштардың өлшемдері мен жағдайы құралдың 14-бөліміне сәйкес анықталынады. Басқа мақсаттар үшін өлшемдер 9.4 бойынша анықталады.

1-мысал

Шығыс деректер: Өрт секциясы 6х12 м жоспарда биіктігі $H=3$ м өлшемді тік бұрышты формадағы, 2-қабаттық ғимараттың 1-қабатында орналасқан үй-жай болып ұсынылған. Үй-жайдың сыртқы қабырғасында ($W_1=6$ м) $3 \times 1,5$ м өлшемді терезелік ойық орналасқан. Үй-жайдағы есептік өрт жүктемесі $q_{f,d} = 500$ МДж·м² құрайды. Ғимараттың сыртында сыртқы қабырғадан 0,5 м қашықтықта терезелік ойықтың орталығына қарама-қарсы 200×200 мм өлшемді шаршы қиысудың едендік болат баған орналасқан.

Талап етіледі: Үй-жайда өрттің белгіленген тәртібінің жағдайында болат бағандардың температурасын анықтау.

Есептеу:

Үй-жайдың қабырғасында бір ғана терезелік ойық болғандықтан және үй-жайда көлемді өрт қарастырылып жатқандықтан, (9.1) тендеуі бойынша D/W қатынасты табамыз:

$$D/W = \frac{W_2}{w_t} = \frac{12}{3} = 4,$$

мұнда W_2 – ойық орналасқан қабырғаға перпендикуляр өрт секциясының (бөлімінің) қабырғасының ені;

w_t – қабырғадағы суммарлық ойықтардың ені, м.

Терезелік ойықтың ауданы:

$$A_v = 3 \times 1,5 = 4,5 \text{ м}^2 \text{ тең.}$$

Үй-жайдың қоршау конструкцияларының суммарлық ауданы (ойықтардың есебісіз):

$$A_t = 2 \cdot (A_f + [W_1 + W_2] \cdot H) = 2(6 \times 12 + [6 + 12] \times 3) = 252 \text{ м}^2 \text{ тең.}$$

Өрт бөлімінің ойықтылық коэффициентін анықтаймыз (осы құралдың 4-бөлімі):

$$O = A_v \cdot \sqrt{h_{eq}} / A_t = 4,5 \times \sqrt{1,5} / 252 = 0,022 \text{ м}^{1/2}.$$

Үй-жайда бір ғана терезе болғандықтан, яғни үй-жайдың қарама-қарсы жағында ойықтар жоқ, солар арқылы жанып жатқан үй-жайға қосымша ауа түсетін басқа ойықтар сияқты 9.3.1 сәйкес есепті табиғи желдету жағдайы үшін жүргіземіз.

Жылу ағысының қуаттылығы 9.4.1.1-тармақша бойынша (9.4) формуласы) анықталады:

$$Q = \min \left\{ \frac{A_f \cdot q_{f,d}}{\tau_F}; 3,15 \cdot \left(1 - e^{\frac{-0,036}{O}} \right) \cdot A_v \cdot \sqrt{\frac{h_{eq}}{D/W}} \right\} = \min \left\{ \frac{72 \times 500}{1200}; 3,15 \times \left(1 - e^{\frac{-0,036}{0,022}} \right) \times 4,5 \times \sqrt{\frac{1,5}{4}} \right\} = \min \left\{ 30; 7 \right\} = 7 \text{ МВт} \hat{=} \hat{Q},$$

мұнда $A_f = 6 \times 12 = 72 \text{ м}^2$ – үй-жайдың еденінің ауданы;

$q_{f,d} = 500 \text{ МДж} \cdot \text{м}^2$ – еденнің ауданына жатқызылған есептік салыстырмалық өрт жүктемесі A_f (шарт бойынша берілген);

τ_F – өрттің еркін дамуының ұзақтығы (1200 с тең етіп қабылдауға жол беріледі);

$O = 0,022 \text{ м}^{1/2}$ – үй-жайдың ойықтылығының коэффициенті;

$A_v = 4,5 \text{ м}^2$ – барлық қабырғалардағы тік ойықтардың суммарлық ауданы;

$h_{eq} = 1,5 \text{ м}$ – аудан бойынша келтірілген барлық қабырғалардағы терезелердің биіктігі (ойықтың биіктігіне тең, себебі, терезелік ойық жалғыз);

$D/W = 4$ – жоғарыда анықталған қатынас.

Сөйтіп, нақты $Q = 7 \text{ МВт}$ – желдетумен реттелетін өртті қабылдаймыз.

Ω есептік параметрінің мәнін анықтаймыз:

$$\Omega = (A_f \cdot q_{f,d}) / (A_v \cdot A_t)^{1/2} = (72 \times 500) / (4,5 \times 252)^{1/2} = 1069 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}.$$

(9.5) формуласы бойынша жанып жатқан үй-жайдағы температураны табамыз:

$$T_f = 6000 \cdot \sqrt{O} \cdot \left(1 - e^{\frac{-0,1}{O}} \right) \cdot \left(1 - e^{-0,00286 \cdot \Omega} \right) + T_0 = 6000 \times \sqrt{0,022} \times \left(1 - e^{\frac{-0,1}{0,022}} \right) \times \left(1 - e^{-0,00286 \times 1069} \right) + 293 = 1132 \text{ К} = 859^\circ \text{N}.$$

(9.7) келтірілген рұқсаттардың есебімен жалынның биіктігін анықтаймыз:

$$L_L = 1,9 \cdot \left(\frac{Q}{w_t} \right)^{\frac{2}{3}} - h_{eq} = 1,9 \cdot \left(\frac{7}{3} \right)^{\frac{2}{3}} - 1,5 = 1,84 \text{ м}$$

9.4.1.4 бойынша жалынның ені терезелік ойықтың еніне тең етіп қабылданады: $w_f = 3$ м.

9.4.1.5 бойынша жалынның тереңдігі $2/3 \cdot h_{eq} = 2/3 \times 1,5 = 1$ м тең етіп қабылданады.

$1,25 \cdot w_t$ теңдеуінің мәнін табамыз және оны h_{eq} салыстырамыз:

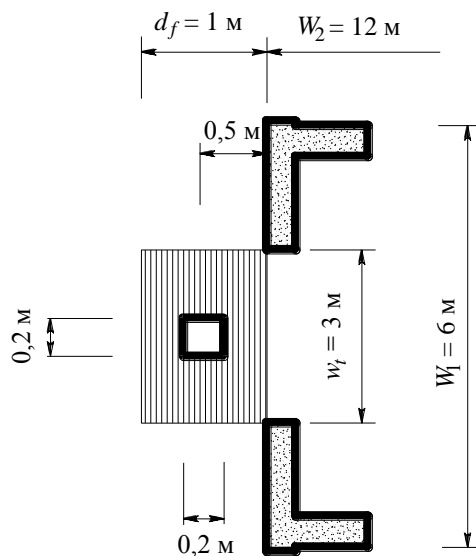
$$h_{eq} = 1,5 \text{ м} < 3,75 \text{ м} = 1,25 \times 3 = 1,25 \times w_t,$$

сәйкесінше, 9.4.1.6-тармақша бойынша терезелік ойық орналасқан қабаттың үстіндегі жағдай үшін жалынның көлбеу проекциясы, қабырға бар және $h_{eq} \leq 1,25 \times w_t$; (9.8) формуласы бойынша анықталады:

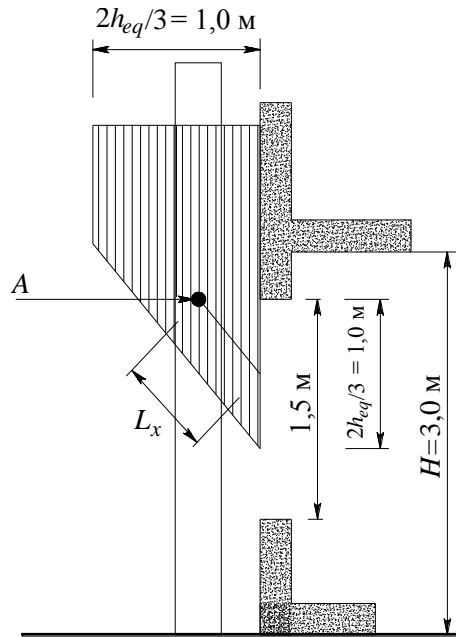
$$L_H = \frac{h_{eq}}{3} = \frac{1,5}{3} = 0,5 \text{ м}.$$

Ойықтан шығатын жалынның ұзындығы қарастырылып отырған жағдай үшін осыған бойында (9.12) формуласы бойынша анықталады:

$$L_f = L_L + \frac{h_{eq}}{2} = 1,84 + \frac{1,5}{2} = 2,59 \text{ м}.$$



9.6-сурет – Өрттің үстіңгі жақтағы көрінісі



9.7-сурет – Өрттің бүйір жақтағы көрінісі

Терезелік ойықтың жазығындағы жалынның температурасын табу үшін $L_f \cdot w_t/Q$ теңдеуінің мәнін анықтаймыз:

$$L_f \cdot w_t/Q = 2,59 \times 3,0 / 7 = 1,11 > 1,$$

сәйкесінше, терезелік ойықтың жазығындағы жалынның температурасын анықтау мүмкіндігін қамтамасыз ету үшін (9.14) формула бойынша келесі есептеуде $L_f \cdot w_t/Q = 1$ теңдеуінің мәнін пайдаланамыз:

$$T_w = 520 / (1 - 0,4725 \cdot (L_f \cdot w_t / Q)) + T_0 = 520 / (1 - 0,4725 \times 1,0) + 293 = 1278 \text{ K} = 1005 \text{ }^\circ\text{C}.$$

9.4.1.10-тармақшасына берілген ескертпеге сәйкес сәулемен жылу алмасудың параметрлерін есептеу үшін терезелік ойықтағы жалынның қаралық дәрежесін $\epsilon_f = 1,0$ тең етіп қабылдаймыз.

Жылу алмасудың параметрлерін анықтау үшін бағанның орналасқан орнындағы температураны табу керек. Терезелік ойықтың жазықтығынан температура (9.7-суреттегі А нүктесі) есептелініп жатқан бағанға дейінгі жалынның осі бойынша ұзындық мынаған тең:

$$L_x = \sqrt{\left(\frac{2 \cdot h_{eq}/3}{2}\right)^2 + 0,5^2} = \sqrt{\left(\frac{2 \times 1,5/3}{2}\right)^2 + 0,5^2} = 0,707 \text{ м},$$

мұнда 0,5 (м) – жанып жатқан үй-жайдың сыртқы қабырғасынан бағанға дейінгі қашықтық.

А нүктесіне дейінгі алынған қашықтық үшін (9.15) формуласы бойынша жалынның температурасын табамыз:

$$T_z = (T_w - T_0) \cdot (1 - 0,4725 \cdot (L_x \cdot w_t / Q)) + T_0 = (1278 - 293) \times (1 - 0,4725 \times (0,707 \times 3/7)) + 293 = 1137 \text{ K} = 864 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Есептік жағдай үшін (9.7-сурет) жалынның қалыңдығы $d_f = 2/3 \cdot h_{eq} = 2/3 \times 1,5 = 1 \text{ м}$ тең.

(9.16) формула бойынша терезелік ойықтың жазықтығының артындағы ғимараттың жалынының қаралық дәрежесін анықтаймыз:

$$\varepsilon_f = 1 - e^{-0,3 \cdot d_f} = 1 - e^{-0,3 \times 1,0} = 0,259.$$

Жалыннан бағанға конвекциямен жылу берудің коэффициентін (9.17) формуласы бойынша есептейміз:

$$\alpha_c = 4,67 \cdot (1/d_{eq})^{0,4} \cdot (Q/A_v)^{0,6} = 4,67 \times (1/0,2)^{0,4} \cdot (7/4,5)^{0,6} = 11,6 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$$

Конструкция температурасын анықтау үшін [9] В қосымшасын пайдаланамыз. Баған жалында орналасқандықтан оның орташа температурасы T_m жылу балансының [9] (В.2) формуласы) келесі теңдеуін шешу жолымен анықталады:

$$\sigma \cdot T_m^4 + \alpha \cdot T_m = I_z + I_f + \alpha \cdot T_z$$

мұнда: σ – Стефан-Больцманның тұрақтысы ($\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^4$);

α – конвективтік жылу алмасудың коэффициенті ($\alpha = \alpha_c = 11,6 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$);

I_z – жалыннан сәулелік жылулық ағысы ($\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2}$);

I_f – терезелік ойықтан сәулелік жылулық ағысы ($\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2}$);

T_z – жалынның температурасы, $T_z = 864^\circ\text{C}$ (1137 К).

Жалыннан сәулелік жылулық ағысын I_z ([9] (В.18) формуласы) бойынша анықтаймыз:

$$I_z = \frac{(I_{z,1} + I_{z,2}) \cdot d_1 + (I_{z,3} + I_{z,4}) \cdot d_2}{2 \cdot (d_1 + d_2)},$$

мұнда $I_{z,1} = C_1 \cdot \varepsilon_{z,1} \cdot \sigma \cdot T_z^4$; $I_{z,2} = C_2 \cdot \varepsilon_{z,2} \cdot \sigma \cdot T_z^4$; $I_{z,3} = C_3 \cdot \varepsilon_{z,3} \cdot \sigma \cdot T_w^4$; $I_{z,4} = C_4 \cdot \varepsilon_{z,4} \cdot \sigma \cdot T_z^4$ –

бағанның i бетіне жалыннан сәулелік жылулық ағысы;

i – баған бетінің реттік нөмірі;

C_i – конструкцияның i бетін қорғаудың коэффициенті (қарастырылған қорғалмаған баған үшін $C_i = 1$ ([9] В.1.4(1) бойынша);

T_z – жалынның температурасы (К);

T_w – ойықтағы жалынның температурасы (К);

d_1 – конструкцияның терезе жазықтығына перпендикуляр жағының ені $d_1 = 0,2$ м;

d_2 – конструкцияның терезе жазықтығына параллель жағының ені $d_2 = 0,2$ м;

$\varepsilon_{z,1}$, – терезе жазықтығына перпендикуляр № 1 жақтағы жалынның қаралық дәрежесі;

В.4(2)-тармақшасын, [9] В.6-сурет және 9.8-сурет бойынша жалынның қалыңдығын пайдалану арқылы осы құралдың (9.16) формуласы бойынша жалынның қаралық дәрежесін анықтаймыз:

№1 жақ = №2 жақ (конструкцияның қиысуы мен оның терезелік ойыққа қатысты орналасуы симметриялы):

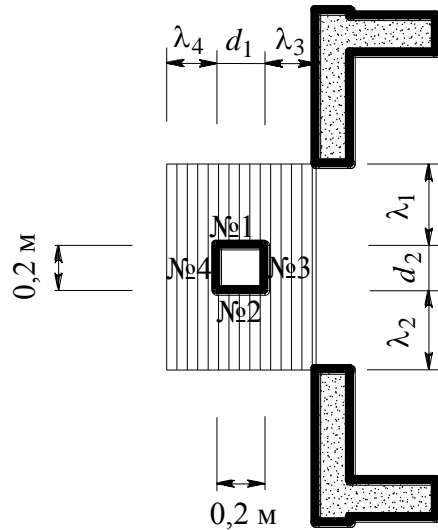
$$d_{f,1} = d_{f,2} = \lambda_1 = 3,0 / 2 - 0,2/2 = 1,4 \text{ м};$$

$$\varepsilon_{z,1} = \varepsilon_{z,2} = \varepsilon_{f,1} = 1 - e^{-0,3 \cdot \lambda_1} = 1 - e^{-0,3 \times 1,4} = 0,343.$$

№3 жақ = №4 жақ (конструкцияның қиысуы мен оның терезелік ойыққа қатысты орналасуы симметриялы):

$$d_{f,3} = d_{f,4} = \lambda_3 = 0,5 - 0,2/2 = 0,4 \text{ м};$$

$$\varepsilon_{z,3} = \varepsilon_{z,4} = \varepsilon_{f,3} = 1 - e^{-0,3\lambda_3} = 1 - e^{-0,3 \times 0,4} = 0,113.$$



9.8-сурет – Өрт орнының есептік схемасы

Жалынның бағанның i бетіне қарай сәулелік жылу ағысы төмендегіні құрайды:

№1 жақ = №2 жақ:

$$I_{z,1} = I_{z,2} = C_1 \cdot \varepsilon_{z,1} \cdot \sigma \cdot T_z^4 = 1,0 \times 0,343 \times 5,67 \times 10^{-8} \times 1137^4 = 32503 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} = 32,5 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2};$$

$$I_{z,4} = C_4 \cdot \varepsilon_{z,4} \cdot \sigma \cdot T_z^4 = 1,0 \times 0,113 \times 5,67 \times 10^{-8} \times 1137^4 = 10707 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} = 10,7 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2};$$

$$I_{z,3} = C_3 \cdot \varepsilon_{z,3} \cdot \sigma \cdot T_w^4 = 1,0 \times 0,113 \times 5,67 \times 10^{-8} \times 1278^4 = 17091 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} = 17,1 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}.$$

Жалынның сәулелік жалпы жылу ағысы I_z төмендегіні құрайды:

$$I_z = \frac{(I_{z,1} + I_{z,2}) \cdot d_1 + (I_{z,3} + I_{z,4}) \cdot d_2}{2 \cdot (d_1 + d_2)} = \frac{(32,5 + 32,5) \times 0,2 + (17,1 + 10,7) \times 0,2}{2 \times (0,2 + 0,2)} = 23,2 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$$

Терезелік ойықтан (В.1.3(5)-тар.) сәулелік жылу ағысты [9] (В.3) формуласы бойынша есептейміз:

$$I_f = \Phi_f \cdot \varepsilon_f \cdot (1 - a_z) \cdot \sigma \cdot T_f^4 = 0,197 \times 1,0 \times (1 - 0,266) \times 5,67 \times 10^{-8} \times 1128^4 = 13,273 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2},$$

мұнда Φ_f – ашық ойықтан сәулелік жылу алмасу үшін конструкцияны сәулелендірудің нәтижелік бұрыштық коэффициенті осы құралдың (9.28) формуласы бойынша анықталады:

$$\begin{aligned} \Phi_f &= \frac{(C_1 \cdot \Phi_{f,1} + C_2 \cdot \Phi_{f,2}) \cdot d_1 + (C_3 \cdot \Phi_{f,3} + C_4 \cdot \Phi_{f,4}) \cdot d_2}{(C_1 + C_2) \cdot d_1 + (C_3 + C_4) \cdot d_2} = \\ &= \frac{(1,0 \times 0,157 + 1,0 \times 0,157) \times 0,2 + (1,0 \times 0,472 + 1,0 \times 0) \times 0,2}{(1,0 + 1,0) \times 0,2 + (1,0 + 1,0) \times 0,2} = \\ &= \frac{2 \times 0,157 + 0,472}{4} = 0,197 \end{aligned}$$

мұнда C_i – конструкцияның i бетін қорғаудың коэффициенті (қарастырылған қорғалмаған баған үшін $C_i=1$ ([9] В.1.4(1) бойынша);

$\Phi_{f,3}$ – терезелік ойықтан ойықтың жағына қараған бағанның №3 жағына қарай сәулелендірудің бұрыштық коэффициенті (екі ауданнан сәулелендіруге арналған осы құралдың (14.2) теңдеуі бойынша $1,5 \times 1,5$ м $s=0,4$ м, $h=1,5$ м, $w=1,5$ м, $\Phi_{f,3}=2 \times 0,236=0,472$ анықталады);

$\Phi_{f,2}$ – терезелік ойықтан ойыққа перпендикуляр орналасқан бағанның №2 жағына қарай сәулелендірудің бұрыштық коэффициенті (осы құралдың (14.3) теңдеуі бойынша $s=0,5$ м, $h=1,5$ м, $w=1,4$ м, $\Phi_{f,2}=0,157$ үшін анықталады). $\Phi_{f,2} = \Phi_{f,1}$ конструкция симметриясы мен оның ойыққа қатысты орналасуына қарай);

$\Phi_{f,4} = 0$ 9.5.2-тармақшасы бойынша, себебі №4 жақ конструкцияның ойықтан қарама-қарсы жағында орналасқан және ойықпен сәулеленбейді (баған маңында ғана жалынмен сәулелену);

ε_f – терезелік ойықтың жазығындағы жалынның қаралық дәрежесі ($\varepsilon_f = 1,0$);

a_z – жалынның сіңіргіштік қабілеттілігі (В.4(6)-тармақшасы бойынша анықталады, [9] (В.20) формуласы):

$$a_z = \frac{\varepsilon_{z,1} + \varepsilon_{z,2} + \varepsilon_{z,3}}{3} = \frac{0,343 + 0,343 + 0,113}{3} = 0,266,$$

мұнда $\varepsilon_{z,1}$, $\varepsilon_{z,2}$ және $\varepsilon_{z,3}$ – бағанның 1, 2 және 3 беттері үшін жалынның қаралық дәрежесі;

T_f – жалынның температурасы (В.4(5) бойынша, [9] (В.19а) формуласы және L_x -ды $l=h/2$ ауыстыру арқылы, осы құралдың (9.15) формуласы бойынша анықталады):

$$T_f = (T_w - T_0) \cdot (1 - 0,4725 \cdot (L_x \cdot w_t / Q)) + T_0 = (1278 - 293) \times (1 - 0,4725 \times (0,75 \times 3 / 7)) + 293 = 1128$$

$$K = 855^\circ\text{C}.$$

Өрттің жылулық ағысы төмендегіні құрайды:

$$I_z + I_f + \alpha \cdot T_z = 23200 + 13273 + 11,6 \times 1137 = 49662 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}.$$

Алынған мәнді нәтижесінде баған температурасының мәні $T_m = 913 \text{ К}$ (640°C) шығатын жылу балансының теңдеуін есептік шешу үшін қолданамыз. Конструкцияның осы температурасына белгіленген тәртіпке шығу кезінде қол жеткізіледі.

10 ЛОКАЛДЫҚ ӨРТТЕР

10.1 Егер қоршаған ортаның көтерілген температурасы жанып жатқан үй-жайдың барлық көлемі бойынша таралмаса, онда өртті локалдық деп қарастыруға болады. Локалдық өрт кезінде құрылыс материалдарына жылулық әсер ету қарастырылатын конструкцияларға қатысты өрттің ошағының орналасуына және стационарлық емес қыздыру жағдайындағы конвективтік және сәулелендіруші құрамдастардың қатынасына ықпал ететін өрттің геометриялық сипаттамаларына байланысты болады. Жалын үй-жайдың төбесіне жететіндігіне немесе жетпейтіндігіне байланысты әртүрлі есептік модельдерді пайдалану керек.

Есепті жүргізу үшін шығыс деректерге:

- өрт ошағының диаметрі D ;
- үй-жайдың биіктігі H ;

- конструкцияның көлбеу қиысуының геометриялық сипаттамалары;
- үй-жайдағы бастапқы температура Θ_0 ;
- өрт ошағының орталығынан қарастырылатын конструкцияға дейінгі қашықтық r ;
- өрттің ұзақтығы t ;
- өрттің жылу ағынысының қуаттылығын уақыт бойынша өзгерту;
- конвекциямен жылу берудің коэффициенті α_c ;
- сәулелендірудің бұрыштық коэффициенті Φ ;
- өрт жалынының қаралық дәрежесі ε_f ;
- құрылыс конструкциясының бетінің қаралық дәрежесі ε_m жатады.

ЕСКЕРТПЕ Осы бөлімде қарастырылған есептік модельдер өрттің жылу ағысының қуаттылығы 50 МВт аспайды деген шарт арқылы $D \leq 10$ м диаметрлі өрттердің ошағы үшін әділ болады.

10.2 Құрылыс конструкциясын қыздыру конвекциямен жылу берудің және өрт жалынымен сәулеленудің есебінен болады. Локалдық өрттен конструкцияларға деген жылу ағысы Q осы құралдың (6.1)–(6.3) формулалары бойынша анықталады, сәулелендірудің бұрыштық коэффициенті осы құралдың 14-бөлімінде келтірілген әдістемеге сәйкес анықталады.

10.3 Өрттің қарастырылып отырған сатысы үшін қажетті есептік модельді таңдау үшін локалдық өрттің жалынының ұзындығын L_f (10.1-сурет) анықтау керек. Жалынның ұзындығы өрт ошағының геометриясы мен жылу ағысының шамасына Q байланысты келесі формула бойынша анықталады:

$$L_f = -1,02 \cdot D + 0,0148 \cdot Q^{2/5} \quad (10.1)$$

мұнда D – жалынның ең кең бөлігіндегі диаметрі, м (10.1-сурет);

Q – өрттің жылу ағысының қуаттылығы, Вт (осы құралдың 12-бөлігінде келтірілген әдістемеге сәйкес анықталады);

ЕСКЕРТПЕ 1 Айналмалы өрттен айырмашылығы бар өрт ошағының проекциясы кезінде өрттің диаметрі D үшін өрт ошағының маңайындағы сипатталған төңіректің диаметрін (ошақтың геометриялық дұрыс емес формасы үшін) немесе өрт ошағының проекциясының ауданы бойынша тең шеңбердің диаметрін (ошақтың геометриялық дұрыс формасы үшін) қабылдауға жол беріледі.

ЕСКЕРТПЕ 2 Құрылыс материалдарының температурасын өзгерту динамикасын анықтау кезінде номиналдық температуралық тәртіптерден айырмашылығы бар локалдық өрт кезінде қыздыру сатысы мен салқындату сатысы болуы мүмкін. Осы жерде жылу ағысының қуаттылығы тұрақты шама болып табылмайды, сәйкесінше, жалынның биіктігі өрт процесі кезінде өзгереді, ол өз кезегінде бір есептік шегінде әртүрлі есептік модельдерді пайдалануды талап етуі мүмкін.

10.4 Егер жалын үй-жайдың төбесіне жетпесе ($L_f < H$; 10.1-сурет) немесе өртену шектеусіз кеңістікте болып жатса, онда жалынның тік осінің бойындағы температура $\Theta_{(z)}$, °С мына формула бойынша анықталады:

$$\Theta_{(z)} = 20 + 0,25 \cdot Q_c^{2/3} \cdot (z - z_0)^{-5/3} \leq 900, \quad (10.2)$$

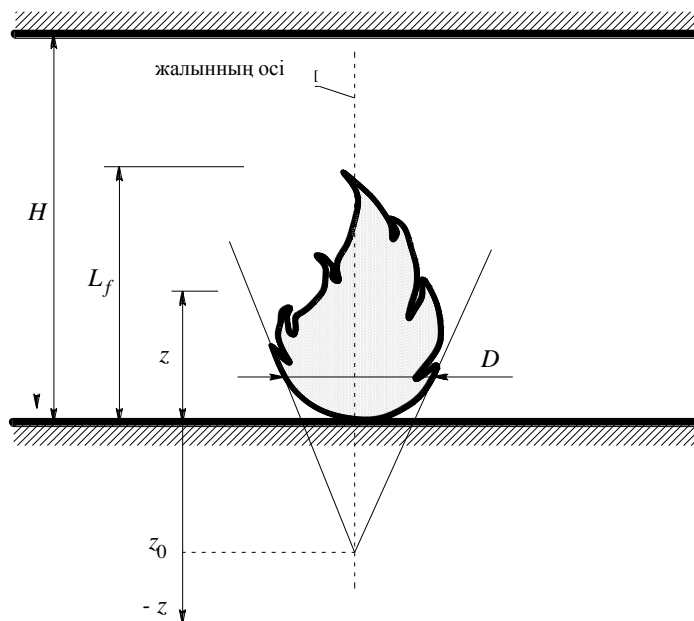
мұнда Q_c – жылу ағысының қуаттылығының конвективтік үлесі, Вт (қосымша деректер болмаған жағдайда $Q_c = 0,8 \cdot Q$ қабылдауға жол беріледі);

z – жалын осінің бойында еденнен (жерден) бастап қарастырылатын нүктеге дейінгі қашықтық, м (10.1-сурет);

z_0 – осьтің теріс бағыты бойынша виртуалдық бастапқы координата, м.

10.5 Осьтің теріс бағыты бойынша виртуалдық бастапқы координата z мына формула бойынша анықталады:

$$z_0 = -1,02 \cdot D + 0,00524 \cdot Q^{2/5}. \quad (10.3)$$



10.1-сурет – Локалдык өрт ($L_f < H$)

10.6 Егер жалын төбеге дейін жетсе ($L_f \geq H$; 10.2-сурет), онда жылу алмасу жағдайларының осы құралдың 10.5-тармағында келтірілгеннен айырмашылығы бар. Жалын төбеге жетіп, төбенің тік осінің бойынан көлбеу бағытқа қарай тарала бастайды. Осы жерде жалынның көлбеу ұзындығы L_h , м (10.2-сурет) келесі формула бойынша анықталады:

$$L_h = (2,9H \cdot (Q_H^*)^{0,33}) - H, \quad (10.4)$$

мұнда Q_H^* – өлшемсіз жылу ағысының қуаттылығы.

10.7 Өлшемсіз жылу ағысының қуаттылығы Q_H^* мына формула бойынша анықталады:

$$Q_H^* = Q / (1,11 \cdot 10^6 \cdot H^{2,5}). \quad (10.5)$$

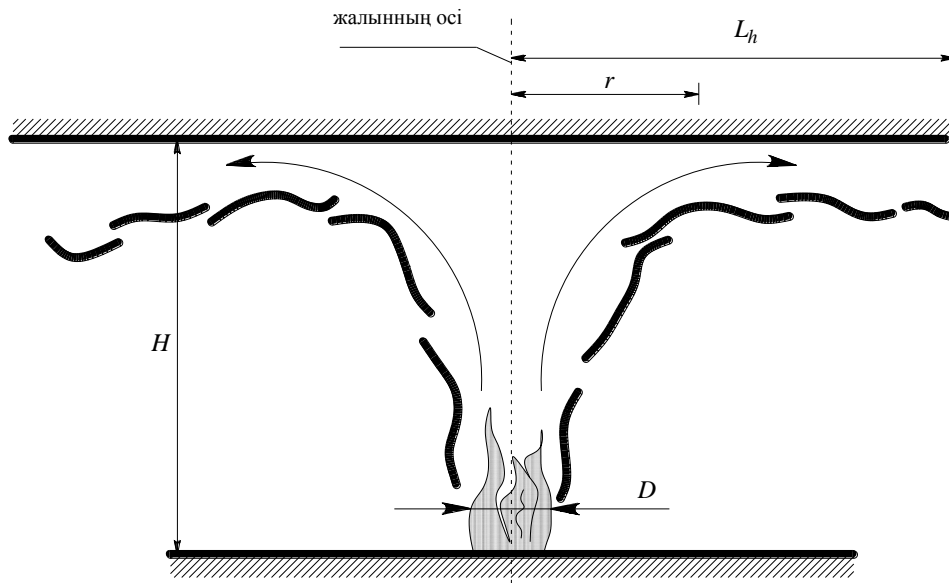
10.8 Өрттің тік ошағының тік жағдайы z' , м, мына формула бойынша анықталады:

$$\text{егер } Q_D^* < 1 \text{ болса, онда } z' = 2,4 \cdot D \cdot (Q_D^{*2/5} - Q_D^{*2/3}), \quad (10.6)$$

$$\text{егер } Q_D^* \geq 1 \text{ болса, онда } z' = 2,4 \cdot D \cdot (1 - Q_D^{*2/5}),$$

мұнда Q_D^* – төмендегі формула бойынша анықталатын коэффициент:

$$Q_D^* = Q / (1,11 \cdot 10^6 \cdot D^{2,5}). \quad (10.7)$$

10.2-сурет – Локалдық өрт ($L_f \geq H$)

10.9 Төбе деңгейіндегі қыздыратын бетке келетін салыстырмалық жылу ағысы \dot{h} , $\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2}$ келесі жолмен анықталады:

егер $y \leq 0,3$ болса, онда $\dot{h} = 100000$;

егер $0,3 < y < 1$ болса, онда $\dot{h} = 136300 - 121000 \cdot y$ (10.8)

егер $y \geq 1$ болса, онда $\dot{h} = 15000 \cdot y^{-3,7}$,

мұнда y – келесі формула бойынша анықталатын өлшемсіз коэффициент:

$$y = \frac{r + H + z'}{L_h + H + z'}, \quad (10.9)$$

мұнда r – жалынның тік осі мен жылу ағысы есептелінетін төбедегі орын арасындағы көлбеу қашықтық, м (10.2-сурет).

10.10 Төбе деңгейіндегі қыздыратын бетке келетін нәтижелендіруші жылу ағысы \dot{h}_{net} мына формула бойынша анықталады:

$$\dot{h}_{net} = \dot{h} - \alpha_c \cdot (\Theta_m - 20) - \Phi \cdot \varepsilon_m \cdot \varepsilon_f \cdot \sigma \cdot [(\Theta_m + 273)^4 - (293)^4], \quad (10.10)$$

мұнда Θ_m – конструкция бетінің температурасы, °C;

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-4}$ – Стефан-Больцманның тұрақтысы.

ЕСКЕРТПЕ (10.10) формулада жақшадағы есептелінетін температура 20 °C (293 К) тең дұрыс температура жағдайында жобалау жағдайы үшін берілген. Жоғарыда берілген мәннен айырмашылығы бар дұрыс температура жағдайы үшін құрылыс конструкцияларын жобалау кезінде (10.10) формуласына температураның реттелген мәндерін қою керек.

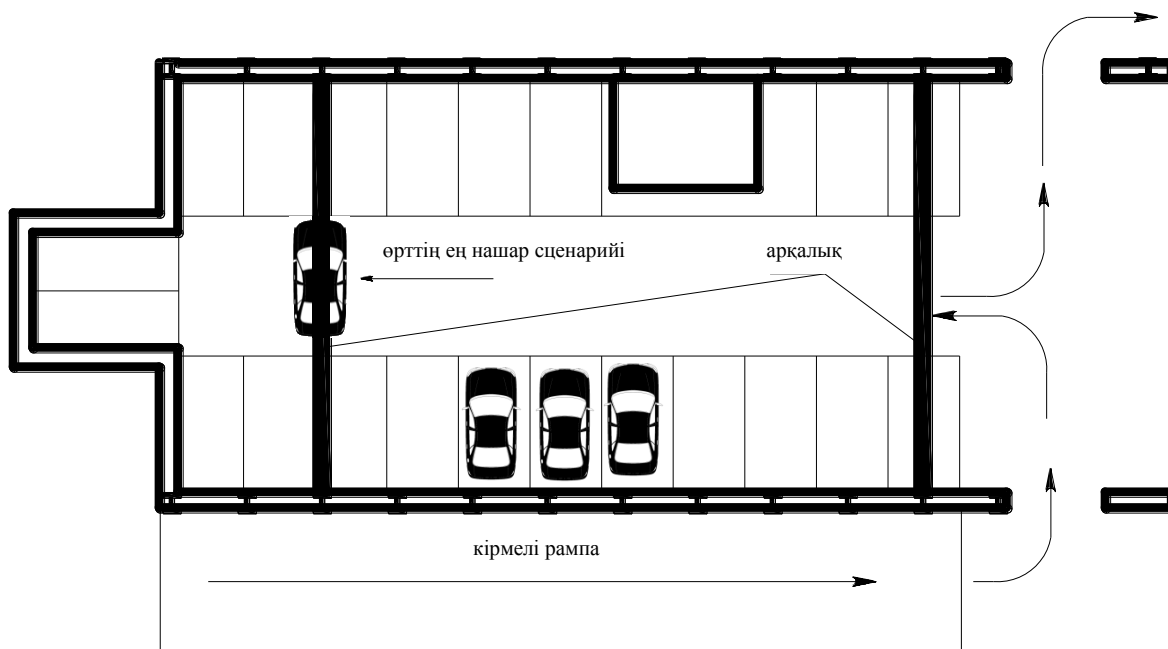
10.11 Жанып жатқан үй-жайдағы кеңістікте бірнеше бөлінген локалдық өрттер бар болған кезде (10.8) формуласын төбе деңгейіндегі қыздырылатын бетке әртүрлі бөлек

салыстырмалық жылу ағысын ($\dot{h}_1, \dot{h}_2, \dots, \dot{h}_i$) алу үшін пайдалануға жол беріледі. Жалпы салыстырмалық жылу ағысы \dot{h}_{tot} , Вт·м⁻² мына формула бойынша анықталады:

$$\dot{h}_{tot} = \dot{h}_1 + \dot{h}_2 + \dots + \dot{h}_i \leq 100000. \quad (10.11)$$

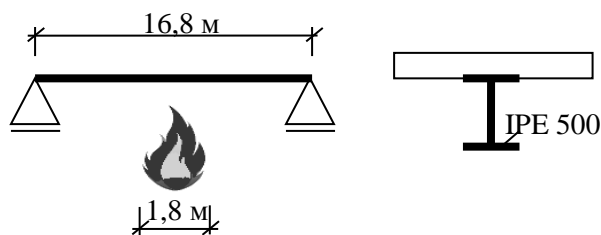
1-мысал

Шығыс деректер: сауда орталығында жеңіл автомобильдердің жерастылық тұрағы жобаланған (10.3-сурет). Жертөле үстіндегі арақабырға EN 19-57 бойынша өрттік қорғаусыз IPE 500 параллель сөрелерімен екі таврлық қиысудың болат арқалықтары бойынша орындалған. Тікелей арқалықтың астында орналасқан автомобиль жанған кездегі өрт ошағының диаметрі $D = 1,8$ м тең, өрт ошағынан бастап тік бойынша арақабырғаға дейінгі қашықтық: $H = 3,0$ м; көлбеу бойынша: $r = 0,5$ м. Арқалықтың күш түсетін қабілеттілігін пайдаланудың коэффициенті $\mu_0=0,6$.



10.3-сурет – Сауда орталығының жерастылық көлік қою орнының жоспары

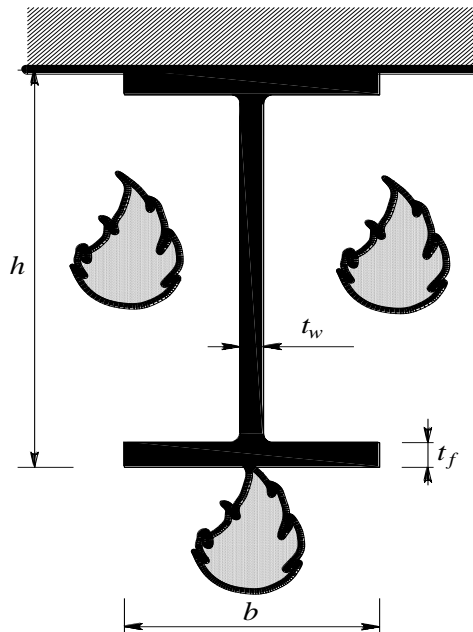
Талап етіледі: Нақты локалдық өрт жағдайындағы жертөле астындағы арақабырғаның болат арқалығының температурасын анықтау (10.4-сурет).



10.4-сурет – Арақабырға арқалығының есептік схемасы және көлденең қиысуы

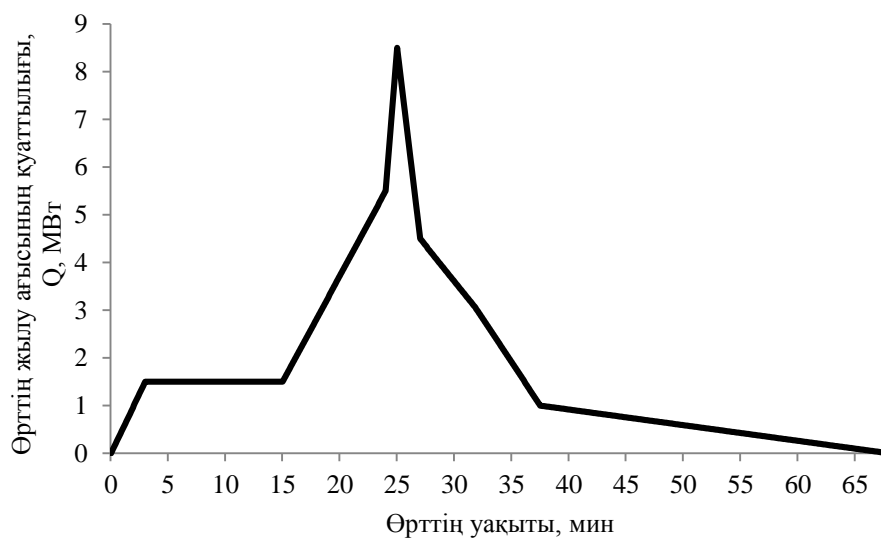
Есептеу:

Конструкцияның көлденең қиысуының сипаттамасы: арқалықтың биіктігі $h = 500$ мм, арқалықтың ені $b=200$ мм, қабырғаның қалыңдығы $t_w=10,2$ мм, төбелердің қалыңдығы $t_f=16$ мм, қиысу ауданы $A = 116 \text{ см}^2$. Қарастырылатын құрылыс конструкциясының коэффициенті $A_m/V = 136 \text{ м}^{-1}$ тең (4.2.5.1-тармақшасының ескертпесі, [9] 4.2-кестесі, үш жақтан өрттік әсер етудің нұсқасы – 10.5-сурет).



10.5-сурет – Арақабырға арқалығына түсетін өрт жүктемесінің есептік схемасы

Өрттің қарастырылатын сценарийі үшін осы құралдың 12.5-кестесінде тұрақтың үй-жайына арналған RHR_f туралы деректер болмағандықтан, арақабырғалық тұрақтардағы өрттерді кең масштабтық сынақтық зерттеулердің нәтижелерін пайдаға асырамыз [10] (10.6-сурет).

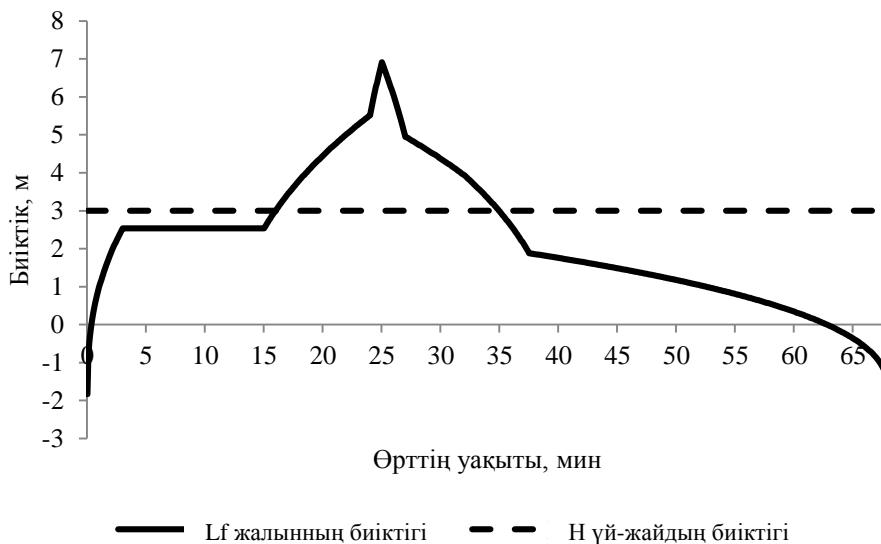


10.6-сурет – Бір жеңіл көліктің өртенуі кезіндегі жылу ағысы [10]

Осы құралдың (10.1) формуласы бойынша қарастырылатын сценарий және 10.6-суретте берілген оның жылу ағысына Q байланысты өрттің геометриясы үшін жалынның ұзындығын L_f м өзгертуді есептейміз:

$$L_f = -1,02 \cdot D + 0,0148 \cdot Q^{2/5} = -1,836 + 0,0148 \cdot Q^{2/5}.$$

Жалынның ұзындығын L_f өзгертуді есептеудің нәтижелері 10.7-суретте берілген.



10.7-сурет – Жалын ұзындығының уақыт бойынша өзгеруі

10.7-суреттен байқалғандай жалын өрттің 16-минутынан 35-минуты кезеңінде арақабырғаға жетеді. Сөйтіп, ары қарай есептеуде локалдық өрттің екі есептік моделін де пайдаланамыз.

Өрттің бірінші (0-16 мин) және үшінші (35-68 мин) сатысын есептеу кезінде бірінші модельді пайдаланамыз: жалын арақабырғаға жетпейді.

Нәтижелендіретін жылу ағысы осы құралдың (6.1)–(6.3) формулалары бойынша есептелінеді:

$$\dot{h}_{net} = \alpha_c \cdot (\Theta_{(z)} - \Theta_m) + \Phi \cdot \varepsilon_m \cdot \varepsilon_f \cdot \sigma \left((\Theta_{(z)} + 273)^4 - (\Theta_m + 273)^4 \right) = 25 \times (\Theta_{(z)} - \Theta_m) + 1 \times 0,7 \times 1 \times 5,56 \times 10^{-8} \times \left((\Theta_{(z)} + 273)^4 - (\Theta_m + 273)^4 \right) = 25 \times (\Theta_{(z)} - \Theta_m) + 3,892 \times 10^{-8} \times \left((\Theta_{(z)} + 273)^4 - (\Theta_m + 273)^4 \right),$$

мұнда $\varepsilon_f = 1,0$ – жалынның қаралық дәрежесі (осы құралдың 6.1.4-тар.);

$\Phi = 1,0$ – сәулелендірудің бұрыштық коэффициенті (осы құралдың 6.1.4-тарм.);

$\sigma = 5,56 \times 10^{-8} \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-4}$ – Стефан-Больцманның тұрақтысы;

$\alpha_c = 25,0 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$ – конвекциямен жылу берудің коэффициенті (үй-жайдың барлық көлемі бойынша температураны тегіс емес бөлуі бар локалдық өрт үшін автомобиль құрамындағы қатты жанатын заттар отыннан екі есе көп екендігінің [10] есебімен стандарттық өрттің жағдайы үшін қабылданған).

Бірінші және үшінші сатыларда жалын арақабырғаға жетпейтіндіктен, жалынның тік осінің бойындағы температура $\Theta_{(z)}$, °C осы құралдың (10.2) формуласы бойынша анықталады:

$$\Theta_{(z)} = 20 + 0,25Q_c^{2/3} \cdot (z - z_0)^{-5/3} = 20 + 0,25 \times (0,8 \times Q)^{2/3} \times (z - z_0)^{-5/3} = 20 + 0,25 \times (0,8 \times Q)^{2/3} \times (z + 1,02 \times D - 0,00524 \times Q^{2/5})^{-5/3} = 20 + 0,25 \times (0,8 \times Q)^{2/3} \times (4,836 - 0,00524 \times Q^{2/5})^{-5/3} \leq 900,$$

мұнда z – жалынның тік осінің бойындағы биіктік, м ($z = H = 3$ м);

z_0 – виртуалдық бастапқы координата, осы құралдың (10.3) формуласы бойынша анықталған:

$$z_0 = -1,02 \cdot D + 0,00524 \cdot Q^{2/5} = -1,02 \times 1,8 + 0,00524 \times Q^{2/5} = -1,836 + 0,00524 \times Q^{2/5}.$$

Өрттің екінші сатысын (16-32 мин) есептеу кезінде екінші модельді пайдаланамыз: жалын арақабырға конструкциясына жетеді.

Өлшемсіз жылу ағысының қуаттылығын Q_H^* осы құралдың (10.5) формуласы бойынша анықтаймыз:

$$Q_H^* = Q / (1,11 \cdot 10^6 \cdot H^{2,5}) = Q / (1,11 \times 10^6 \times 3^{2,5}) = 5,779 \times 10^{-8} \times Q.$$

Осы құралдың (10.4) формуласы бойынша жалынның көлбеу ұзындығын L_h , м, анықтаймыз:

$$L_h = (2,9H \cdot (Q_H^*)^{0,33}) - H = 2,9 \times 3 \times (5,779 \times 10^{-8} \times Q)^{0,33} = 35,56 \times 10^{-3} \times Q^{0,33}.$$

Осы құралдың (10.7) формуласы бойынша локалдық өрттің диаметріне D жатқызылған жылу ағысының қуаттылығын табамыз:

$$Q_D^* = Q / (1,11 \cdot 10^6 \cdot D^{2,5}) = Q / (1,11 \times 10^6 \times 1,8^{2,5}) = 2,073 \times 10^{-7} \times Q.$$

Өрттің виртуалдық ошағының тік жағдайын z' , м, осы құралдың (10.6) формуласы бойынша анықтаймыз:

$$z' = 2,4 \cdot D \cdot (Q_D^{*2/5} - Q_D^{*2/3}) = 4,32 \times [(2,073 \times 10^{-7} \times Q)^{2/5} - (2,073 \times 10^{-7} \times Q)^{2/3}], \text{ для } Q_D^* < 1;$$

$$z' = 2,4D \cdot (1 - Q_D^{*2/5}) = 4,32 \times [1 - (2,073 \times 10^{-7} \times Q)^{2/5}], \text{ для } Q_D^* \geq 1.$$

Арақабырға деңгейіндегі қыздыратын бетке келетін нәтижелендіретін жылу ағысын \dot{h}_{net} осы құралдың (10.10) формуласы бойынша анықтаймыз:

$$\dot{h}_{net} = \dot{h} - \alpha_c \cdot (\Theta_m - 20) - \Phi \cdot \varepsilon_m \cdot \varepsilon_f \cdot \sigma \left((\Theta_m + 273)^4 - (293)^4 \right) = \dot{h} - 25 \times (\Theta_m - 20) - 3,892 \times 10^{-8} \times \left((\Theta_m + 273)^4 - (293)^4 \right).$$

\dot{h} салыстырмалық жылу ағысы u параметріне байланысты. Өрттің жылу ағысының қуаттылығының Q уақыт бойынша өзгеруіне байланысты өлшемсіз изменяется безразмерная жылу ағысының қуаттылығы Q_H^* өзгереді және сәйкесінше u мәні өзгереді, салыстырмалық жылу ағысын анықтау үшін уақыттың әртүрлі сәттерінде тиісті теңдеулерді пайдаланамыз (осы құралдың (10.8) формуласы).

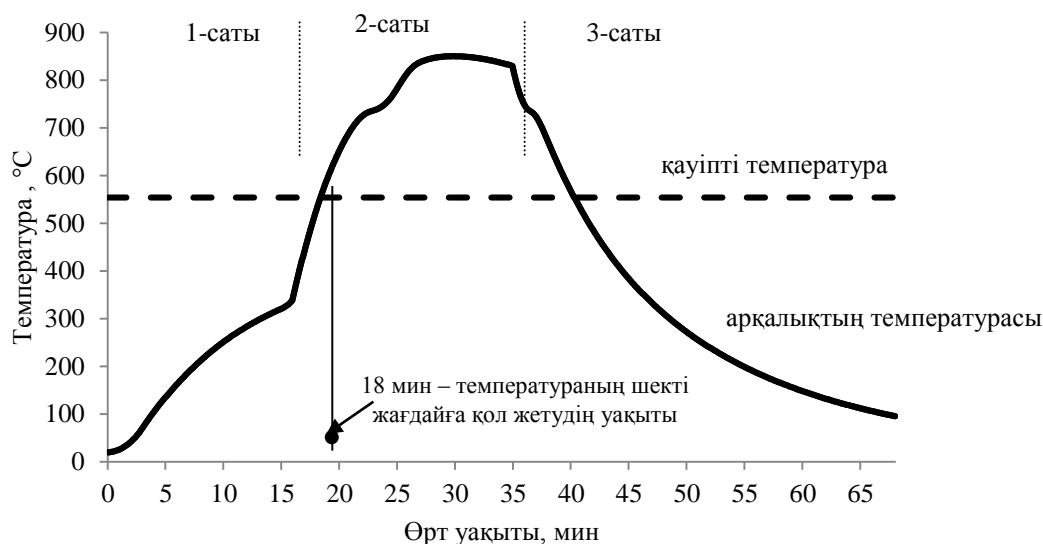
Болат арқалықты қыздырудың жылу техникалық есебін жүргізу үшін [9] келтірілген конструкцияның әдістемесі мен келесі сипаттамаларын пайдаға асырамыз:

– конструкция материалының тығыздығы: $\rho_a = 7850 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ ([9] 3.2.2(1) т.);

- конструкция бетінің қаралық дәрежесі: $\varepsilon_m = 0,7$ ([9] 2.2(2) т.);
- көлеңкелеу әсерін есептеуге арналған реттеуші коэффициент: $k_{sh} = 1,0$ ([9] 4.2.5.1(2) т. 1,2-ескертпелері);
- оның температурасына байланысты болаттың салыстырмалық жылу сыйымдылығы – [9] 3.4.1.2 тармағы бойынша.

Қорғалмаған болат арқалықтың температурасының өзгеруін [9] (4.25) формуласы бойынша уақыт бойынша $\Delta t = 5$ с қадамы үшін қадамдық есептің әдісімен анықтаймыз. Есептің нәтижелері 10.8-суретте берілген. Есептің нәтижелері бойынша арқалықтың қызуының 850°C максималдық температурасына нақты өрттің 29-минутында (1790 с) қол жетіледі.

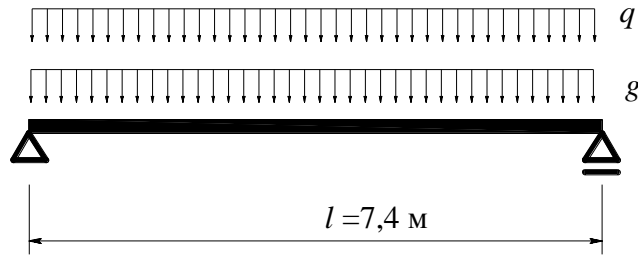
Күш түсетін қабілеттілігін пайдалану коэффициентті $\mu_0 = 0,6$ [9] 4.1-кестесі бойынша екендігінің есебімен болат арқалықтың $\Theta_{cr,d} = 554^\circ\text{C}$ қауіпті температурасын табамыз. 10.8-сурет бойынша өртке төзімділік бойынша шекті жағдайға нақты өрттің 18-минутында қол жеткізіледі.



10.8-сурет – Нақты өрт кезінде болат арқалықтың температурасының өзгеруі

2-мысал

Шығыс деректер: Құрылыс конструкциясы – тұрақты қиысудың еркін сүелетін болат арқалығы. Болат арқалық әкімшілік ғимараттың конструкциясының бөлігі болып табылады. Арқалық тегіс бөлінген жүктемемен жүктелген және арақабырғаны темір бетон табақшамен айналдырған кезде тұрақтылықтың ықтимал көлбеу жоғалуынан шектелген. Арқалықтың өртке төзімділіктің талапты шегі – 60 минут, арқалық вермикулиттік-цементті ерітіндіні шашырату жолымен өрттен қорғайтын өңдеуге ұшыраған. Жылулық әсер ету параметрлік өрттің тәртібіне сәйкес анықталады.



10.9-сурет – Статикалық есептік схема

Конструкция материалының қасиеті:

- болаттың маркасы: S 275;
- ағудың шегі: $f_y = 275 \text{ Н·мм}^{-2}$;
- тығыздығы: $\rho_a = 7850 \text{ кг·м}^{-3}$.

Конструкцияға түсетін жүктемелер:

- тұрақты әсер ету: $g_k = 4,8 \text{ кН·м}^{-1}$;
- ауыспалы әсер ету: $q_k = 7,8 \text{ кН·м}^{-1}$.

Қауіпсіздіктің жеке коэффициенттері:

$$\gamma_G = 1,35; \gamma_Q = 1,50; \gamma_{M0} = 1,00; \gamma_{M,fi} = 1,00.$$

Өрттің температуралық әсер етуі:

- өрттің температуралық тәртібі – параметрлік;
- $\Gamma = 5,791$;
- $t_{\max} = 12$ минут;
- $x = 1$.

Өрттен қорғайтын материалдың қасиеттері:

- $d_p = 10$ мм қалыңдықты вермикулиттік-цементті ерітінді;
- тығыздығы $\rho_p = 550 \text{ кг·м}^{-3}$;
- салыстырмалық жылу сыйымдылығы $c_p = 1100 \text{ Дж·(кг·К)}^{-1}$;
- жылу өткізгіштіктің коэффициенті $\lambda_p = 0,12 \text{ Вт·(м·К)}^{-1}$.

Талап егіледі:

Параметрлік өрттің температуралық әсер етуінің жағдайларына арналған өрттен қорғауы бар үшін (ІРЕ) екі таврлық қиысудың болат арқалығын өртке қарсы жобалауды жүзеге асыру.

Есептеу:

Көлбеу қиысуға жылу беру [9] келтірілген итерция әдісімен қорғалған конструкцияларға арналған теңдеуді пайдалану арқылы есептелінеді. Конструктивтік кедергі сол сияқты [9] келтірілген иілемелі конструкцияларға арналған есептің жеңілдетілген әдісін пайдалану арқылы есептелінеді.

Дұрыс температура кезіндегі механикалық әсер етулер

Жүктемелің сипаттамалық мәні:

$$v_k = g_k + q_k = 4,8 + 7,8 = 12,6 \text{ кН·м}^{-1} \text{ тең.}$$

Жүктеменің есептік мәні:

$$v_d = g_k \cdot \gamma_G + q_k \cdot \gamma_Q = 4,8 \times 1,35 + 7,8 \times 1,5 = 18,18 \text{ кН} \cdot \text{м}^{-1} \text{ құрайды.}$$

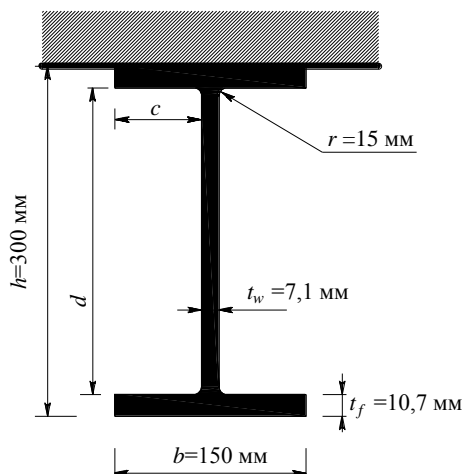
Қосымшаланған иіlmелі сәт пен көлбеу күш:

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot v_d \cdot l^2 = \frac{1}{8} \times 18,18 \times 7,4^2 = 124,4 \text{ кН} \cdot \text{м} ;$$

$$V_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot v_d \cdot l = \frac{1}{2} \times 18,18 \times 7,4 = 67,3 \text{ кН} \text{ құрайды.}$$

Дұрыс температура кезінде пайдалануға беру жағдайлары үшін қиысуды тандау

Қосымшаланған жүктемелерді жаңғырту үшін арқалық ретінде IPE 300 илемдік пішіні қабылданады. Көрсетілген жүктемелер кезіндегі пішін [11] 5.5-бөлімінің ережелеріне сай көлбеу қиысудың 1-класына жатады.



10.10-сурет – Көлденең қиысу

Беріктілік шегі бойынша қауіпті жағдайға қол жеткізген кезде бетон тақтайшалар айналдыру кезінде көлбеу тұрақсыздықты ескерудің қажеттілігі жоқ болатындай, қысылған сөреде толық бүйір тіреуді қамтамасыз етеді.

[11] 6.2.5-бөлімінің (6.13) формуласына сәйкес иіlmелі сәтке кедергіні есептейміз:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{628,4 \times 10^3 \times 275}{1,0} = 172,8 \text{ кН} \cdot \text{м} > 124,4 \text{ кН} \cdot \text{м} = M_{Ed} ,$$

беріктілік шарты орындалады.

Кедергі көлбеу күштің әрекетіне тең ([11] 6.2.6-бөлімінің (6.18) формуласы):

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{2568 \times 275}{\sqrt{3} \times 1,0} = 407,7 \text{ кН} > 67,3 \text{ кН} = V_{Ed} ,$$

беріктілік шарты орындалады.

Қиысуды есептеу үшін қабылданған арқалықты пайдалануға беруге жарамдылығы бойынша шекті жағдайға тексереміз.

$$\delta = \frac{5}{384} \cdot \frac{\nu_k \cdot l^4}{E \cdot I_y} = \frac{5}{384} \times \frac{12,6 \times 7400^4}{210000 \times 83,56 \times 10^6} = 28 \text{ мм} < 29,6 \text{ мм} = \frac{l}{250},$$

теңдеу орындалады.

Қиысуды есептеу үшін қабылданған арқалықтар дұрыс температура кезіндегі шарттарға қойылатын талаптарды қанағаттандырады.

Өрттің жағдайы үшін жобалау

Өртке қарсы жобалауға арналған механикалық әсер етулер

[9] бойынша жеңілдетілген әдісті пайдалану кезінде өрт кезіндегі әсер етулер дұрыс температура кезінде пайдалануға беру жағдайларына арналған әсер ету негізінде анықталуы мүмкін.

Әкімшілік ғимараттағы өрттің қарастырылатын жағдайы кезінде механикалық әсер етуді таңдау үшін $\psi_{2,1} = 0,3$ коэффициентінің мәні қабылданады. Жүктеменің есептік мәніне арналған төмендетуші коэффициент төмендегіге тең ([9] (2.5) формуласы):

$$\eta_{fi} = \frac{g_k + \psi_{1,1} \cdot q_k}{\gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_k} = \frac{4,8 + 0,3 \times 7,8}{4,8 \times 1,35 + 7,8 \times 1,5} = 0,393.$$

ЕСКЕРТПЕ ψ коэффициенті ұлттық деңгейде белгіленетін параметр болып табылады. Қарастырылатын мысал үшін қолданылатын коэффициенттің мәні [1] кепілдеме берілген болып табылады.

Есептік иілмелі сәт пен көлденең күш сәйкесінше төмендегіге тең:

$$M_{fi,Ed} = \eta_{fi} \cdot M_{Ed} = 0,393 \times 124,4 = 48,9 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$V_{fi,Ed} = \eta_{fi} \cdot V_{Ed} = 0,393 \times 67,3 = 26,4 \text{ кН}.$$

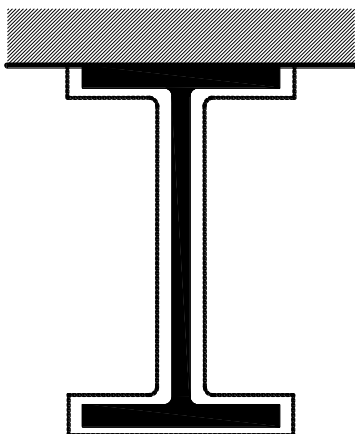
Қыздыратын ортаның параметрлерін есептеу

Параметрлік өрттің қисығын толық есептеу осы құралдың 8-бөлімінің 1-мысалында келтірілген.

Конструкция температурасын есептеу

Қиысудың коэффициенті келесі жолмен есептелінеді (өрттік температуралық әсер етуіне ұрылатын көлбеу қиысудың телімдері штрихтік сызықтармен көрсетілген 10.11-сурет):

$$\frac{A_p}{V} = \frac{3 \cdot b + 2 \cdot (h - t_w - 4 \cdot r) + 2 \cdot \pi \cdot r}{A} = \frac{3 \times 150 + 2 \times (300 - 7,1 - 4 \times 15) + 2 \times \pi \times 15}{5381} = 188 \text{ м}^{-1}$$

10.11-сурет – A_p/V қиысу коэффициентінің есебіне арналған

Болаттың температурасының ұлғаюы [9] (4.27) формуласын пайдалану арқылы қадамдық есепті пайдаланумен есептелінеді:

$$\Delta\Theta_{a,t} = \frac{\lambda_p \cdot A_p}{V \cdot d_p \cdot c_a \cdot \rho_a} \cdot \frac{(\Theta_{g,t} - \Theta_{a,t})}{(1 + \varphi/3)} \cdot \Delta t - (e^{\varphi/10} - 1) \cdot \Delta\Theta_{g,t},$$

$$\varphi = \frac{c_p \cdot \rho_p}{c_a \cdot \rho_a} \cdot d_p \cdot \frac{A_p}{V}.$$

[9] 4.5.2(3) тармақшасына сәйкес конструкция температурасының көтерілуінің динамикасын есептеу кезінде Δt уақыт бойынша есептің қадамы 30 секундтан аспауы керек.

ЕСКЕРТПЕ $\Delta\Theta_{a,t}$ теріс мәнін алған кезде, қыздыруды есептеудің кез-келген қадамында алынған теріс мәнің орнына есептің келесі қадамы үшін $\Delta\Theta_{a,t} = 0$ қолдану керек.

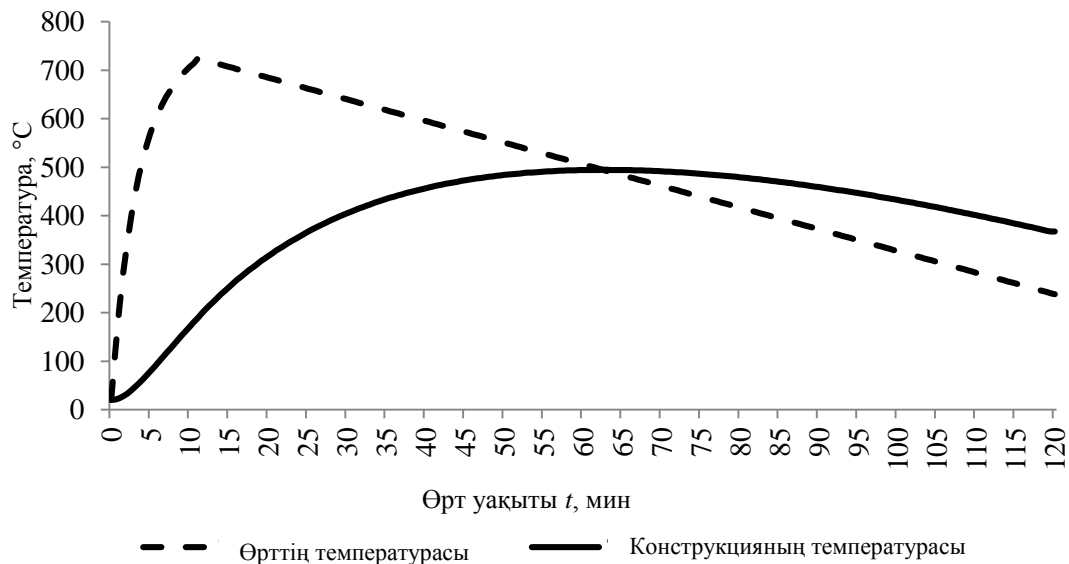
Қыздыратын орта мен конструкцияның температурасын есептеудің таңдамалы нәтижелерін 10.1-кесте мен 10.12-суретте берілген.

10.1-кесте – Болат конструкцияның тепературасын есептеу

Өрт уақыты, мин	Өрт уақыты, с	$\Theta_g, ^\circ\text{C}$	Болаттың жылу сыйымдылығы $c_a, \text{Дж} \cdot (\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})^{-1}$	φ	$\Delta\Theta_{a,t}, ^\circ\text{C}$	$\Theta_{a,t}, ^\circ\text{C}$
0,5	30	120,5	440	0,329	0,8	20,8
1,0	60	206,3	442	0,329	2,6	23,4
1,5	90	279,6	445	0,328	4,1	27,5
2,0	120	342,3	449	0,326	5,4	32,9
2,5	150	396,1	453	0,323	6,4	39,2
3,0	180	442,3	457	0,320	7,1	46,4
40,0	2400	595,2	637	0,228	1,9	456,8

10.1-кесте – Болат конструкцияның тепературасын есептеу (жалғасы)

Өрт уақыты, мин	Өрт уақыты, с	$\Theta_g, ^\circ\text{C}$	Болаттың жылу сыйымдылығы $c_a, \text{Дж} \cdot (\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})^{-1}$	φ	$\Delta\Theta_{a,t}, ^\circ\text{C}$	$\Theta_{a,t}, ^\circ\text{C}$
40,5	2430	593,1	638	0,227	1,9	458,7
41,0	2460	590,8	639	0,227	1,8	460,5
41,5	2490	588,5	640	0,227	1,7	462,2
42,0	2520	586,4	642	0,226	1,7	463,9
42,5	2550	584,1	643	0,226	1,6	465,6
43,0	2580	581,9	644	0,225	1,6	467,2
43,5	2610	579,7	645	0,225	1,5	468,7
44,0	2640	577,4	646	0,225	1,5	470,2
44,5	2670	575,2	647	0,224	1,4	471,6
45,0	2700	572,9	647	0,224	1,4	473,0
45,5	2730	570,7	648	0,224	1,3	474,3
58,0	3480	514,9	662	0,219	0,3	493,3
58,5	3510	512,7	662	0,219	0,3	493,6
59,0	3540	510,4	662	0,219	0,2	493,8
59,5	3570	508,2	662	0,219	0,2	494,0
60,0	3600	505,9	662	0,219	0,2	494,2
...



10.12-сурет – Өрт кезінде өрттің температурасының және конструкциясының өзгеруі

Параметрлік өрттің қарастырылатын тәртібі кезіндегі болаттың максималдық температурасы $\Theta_{\max} = 494,6^\circ\text{C}$ құрайды.

Кедергіні тексеру**Ұлғайтылған температура кезінде көлденең қиысуды жіктеу**

Қысылған сөренің икемділігі төмендегіге тең:

$$\frac{c}{t_f} = \frac{56,45}{10,7} = 5,3.$$

Көлденең қиысудың 1-класының шекарасы $9 \cdot \varepsilon$ құрайды ([9] (5.2-кестесі)). Өрттің жағдайы үшін ε дұрыс жағдай үшін есептелінген мәнге 0,85 төмендетуші коэффициентпен қабылданады.

Сөйтіп, болаттың S275 маркасына арналған шекара мынаны құрайды:

$$9 \cdot \varepsilon = 9 \times 0,85 \times \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 9 \times 0,85 \times \sqrt{\frac{235}{275}} = 7,07;$$

$$\frac{\tilde{n}}{t_f} = 5,3 < 7,07 = 9 \cdot \varepsilon.$$

Икемділік шектен шыққан жоқ, сөйтіп, екі таврдың қысылған сөресі көлденең қиысудың бірінші класына жатады.

Екі таврдың иілмелі қабырғасының икемділігі төмендегіге тең:

$$\frac{d}{t_w} = \frac{248,6}{7,1} = 35,0.$$

Көлденең қиысудың 1-класының шекарасы $72 \cdot \varepsilon$ құрайды ([11] 5.2-кестесі). Өрттің жағдайы үшін ε дұрыс жағдай үшін есептелінген мәнге 0,85 төмендетуші коэффициентпен қабылданады. Сөйтіп, болаттың S275 маркасына арналған шекара мынаны құрайды:

$$72 \cdot \varepsilon = 72 \times 0,85 \times \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 72 \times 0,85 \times \sqrt{\frac{235}{275}} = 56,6.$$

$$\frac{d}{t_w} = 35,0 < 56,6 = 72 \cdot \varepsilon.$$

Икемділік шектен шыққан жоқ, сөйтіп, екі таврдың қысылған сөресі көлденең қиысудың 1-класына жатады.

Сөйтіп, иілмелі екі таврдың көлденең қиысуы 1-класқа жатады.

Температураға арналған төмендетуші коэффициент $\Theta_{\max} = 494,6^\circ\text{C}$ сызықтық интерполяция әдісімен [9] 3.1-кесте бойынша анықталады:

$$k_{y,\Theta} = \frac{0,78 - 1,00}{500 - 400} \times (494,6 - 400) + 1,00 = 0,792.$$

Өрттің әсер етуі кезіндегі кедергінің есептік сәтін [11] (4.8), (4.10) формулалары бойынша анықтаймыз:

$$M_{f_i,t,Rd} = \frac{1}{k_1 \cdot k_2} \cdot \frac{k_{y,\Theta} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M,f_i}},$$

мұнда $k_1 = 0,85$ – үш жақтан әсер етуге ұрылатын, композиттік немесе төртінші жақта орналасқан бетон тақтайшасы бар қорғалған арқалыққа арналған түзетуші коэффициент ([9] 4.2.3.3(7) тармақшасы);

$k_2 = 1,0$ – еркін сүйелген арқалыққа арналған түзетуші коэффициент (яғни, арқалық статистикалық анықталмаған болып табылмайды).

$\Theta_{\max} = 494,6^\circ\text{C}$ температурасы кезіндегі кедергінің есептік сәті төмендегіге тең:

$$M_{fi,t,Rd} = \frac{1}{0,85 \times 1,0} \times \frac{0,792 \times 628,4 \times 10^3 \times 275}{1,0} = 161 \text{ кН} \cdot \text{м} > 48,9 \text{ кН} \cdot \text{м} ,$$

беріктілік шарты орындалуда.

Көленең күштің әрекетіне есептік кедергі мынаған тең [9] (4.16), [11] (6.18) формулалары):

$$V_{fi,t,Rd} = k_{y,\Theta} \cdot \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 0,792 \times \frac{2568 \times 275}{\sqrt{3} \times 1,0} = 322,9 \text{ кН} > 26,4 \text{ кН} ,$$

беріктілік шарты орындалуда.

Таңдалған қиысу өрттің қарастырылатын нұсқасына арналған өрт қауіпсіздігінің талаптарын қанағаттандырады.

11 ӨРТТЕРДІҢ ЖАЛПЫ МОДЕЛЬДЕРІ

11.1 Жалпы ережелер

11.1.1 Аймақтық модельдер жанып жатқан үй-жайдың қарастырылып отырған көлемі әрбірі үшін шарт бірдей болып қабылданатын жеке аймақтарға бөлінетін, компьютерлік бағдарламалармен жеңілдетілген болып табылады. Үй-жайдың көлемінің ішіндегі температура бірдей және тегіс бөлінген етіп қабылданатын толық дамыған көлемдік өрттерге арналған бір аймақтық модель жатады.

11.1.2 Аймақтық модельдердің теориялық негізіне жанып жатқан үй-жайларда масса мен энергияны сақтаудың заңдары жатады. Негізінен модельдер өртену кезіндегі жылу ағысының қуаттылығын, конвективтік бағанның бар екендігін, жаппай шығынды, түтін мен газ ортасының температурасының қимылын ескереді және өрттің даму физикасы мен үй-жайлардағы нақты өрттердің сараптамалық зерттеулерінің нәтижелері бойынша қабылданған түтіннің қимылына қатысты рұқсаттардың қатарына негізделген. Аймақтық модельдер параметрлік және эквиваленттік өрттердің модельдерімен салыстырғанда толықтау болып табылады. Бөлімде инженерлік тәжірибеде пайдаланылатын өрт модельдерінің ерекшеліктері келтірілген.

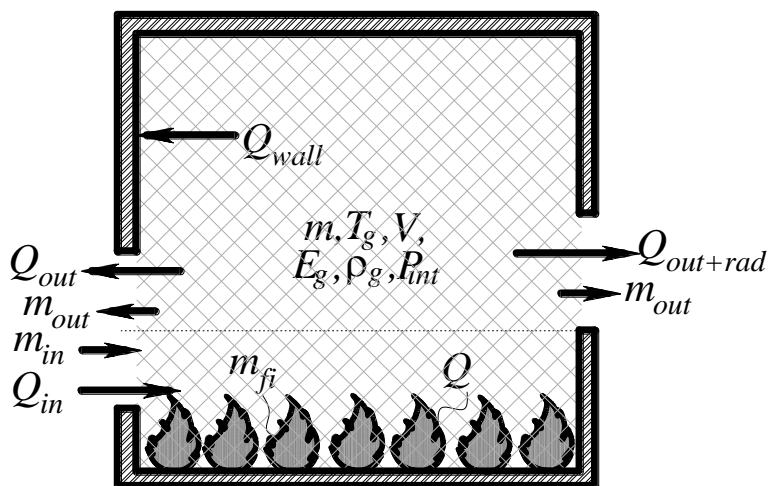
11.2 Бір аймақтық модельдер

11.2.1 Бір аймақтық модельдер тек толық дамыған көлемді өрт үшін ғана қолданылады. Қыздыратын органың температурасы, өртену өнімдерінің тығыздығы, ішкі энергия мен қысым жанып жатқан үй-жайдың барлық көлемі бойынша бірдей қабылданады. Бір аймақтық модельдердің негізіне массаны сақтау шарты мен негізгілері:

- өрттің жылуы, үй-жайдағы газ ортасының, қоршау конструкциялары мен қоршау конструкцияларындағы ойықтар арқылы сыртқы қоршау ортасының арасындағы энергияны сақтау заңы;

- өрт кезіндегі пиролиз, қоршау конструкцияларының ойықтары арқылы кіретін және кететін ауа арасындағы массаны сақтау заңы болып табылатын үй-жайдағы энергиядан шыға, қарапайым дифференциалдық теңдеулерді шешу жатады.

11.2.2 11.1-суретте схемалық түрде өрттің бір аймақтық моделі, шығыс деректері және жылу алмасудың тиісті параметрлері берілген.



11.1-сурет – Өрттің бір аймақтық моделінің схемасы

11.2.3 Идеалдық газдың жағдайының теңдеуі:

$$P_{int} = \rho_g \cdot R \cdot T_g, \quad (11.1)$$

мұнда P_{int} – жанып жатқан үй-жайдың ішіндегі газ ортасының қысымы;

ρ_g – газ ортасының тығыздығы;

R – әмбебап газдық тұрақтылық;

T_g – газ ортасының температурасы.

11.2.4 Жанып жатқан үй-жайдағы массаны сақтаудың теңдеуі:

$$\frac{dm}{dt} = \dot{m}_{in} - \dot{m}_{out} + \dot{m}_{fi}, \quad (11.2)$$

мұнда dm/dt – өрт кезінде үй-жайдағы газ массасының өзгеруі, $\text{кг} \cdot \text{с}^{-1}$;

\dot{m}_{out} – ойықтардан шығатын газ ортасының шығыны;

\dot{m}_{in} – ойықтар арқылы түсетін газ ортасының шығыны;

\dot{m}_{fi} – үй-жайдың көлеміне өртену өнімдерінің түсу жылдамдығы (өртенудің массалық жылдамдығы).

ЕСКЕРТПЕ Газ массалары мен өрт жүктемесінің өртенуінің массалық жылдамдығының өзгеруін ескермеуге жол беріледі, бұл жағдайда (11.2) формуласы жеңілдетіледі және:

$$\dot{m}_{in} = \dot{m}_{out} \text{ түрді қабылдайды.} \quad (11.3)$$

11.2.5 Жанып жатқан үй-жайда энергияны сақтаудың теңдеуі:

$$\frac{dE_g}{dt} = Q - Q_{out} + Q_{in} - Q_{wall} - Q_{rad}, \text{ Вт}, \quad (11.4)$$

мұнда E_g – үй-жайдағы газ ортасының ішкі энергиясы, Дж;

Q – өрттің жылу ағысының қуаттылығы, Вт;

Q_{in} – газдың қоршау конструкцияларындағы ойықтар арқылы түсуінің салдарынан энергияның ұлғаюы, мына формула бойынша анықталады:

$$Q_{in} = \dot{m}_in \cdot c \cdot T_f; \quad (11.5)$$

мұнда c – салыстырмалық жылу сыйымдылығы, Дж·кг⁻¹·К⁻¹;

T_f – жанып жатқан үй-жайдағы температура, К;

Q_{out} – қоршау конструкцияларындағы ойықтар арқылы газ ортасының шығуының салдарынан энергияның азаюы (жоғалту), мына формула бойынша анықталады:

$$Q_{out} = \dot{m}_{out} \cdot c \cdot T_f; \quad (11.5)$$

Q_{wall} – үй-жайдың қоршау конструкцияларына жылу берудің салдарынан энергияның азаюы (жоғалту), мына формула бойынша анықталады:

$$Q_{wall} = (A_t - A_{h,v}) \cdot \dot{h}_{net}, \quad (11.6)$$

мұнда $A_{h,v}$ – көлбеу және тік қоршау конструкцияларындағы ойықтардың суммарлық ауданы;

A_t – қоршау конструкцияларының (қабырғалардың, ойықтарды қоса, жабындар мен едендердің) суммарлық ауданы;

\dot{h}_{net} – осы құралдың (6.1) формуласы бойынша анықталатын нәтижелендіретін салыстырмалық жылу ағысы;

Q_{rad} – қоршау конструкцияларындағы ойықтар арқылы сәулемен жылу берудің салдарынан энергияның азаюы (жоғалуы);

$$Q_{rad} = A_{h,v} \cdot \sigma \cdot T_f^4. \quad (11.7)$$

11.3 Екі аймақтық модельдер

11.3.1 Екі аймақтық модельдер локалдық немесе толық дамымаған көлемді өрттерді модельдеу үшін қолданылады. Жанып жатқан үй-жайдың көлемі әртүрлі аймақтарға: жоғарғы қабат, төменгі қабат, өрттің ошағы, конвективтік баған, қоршау конструкцияларына бөлінеді. Осы модельдің негізгі ерекшеліктері:

- жоғарғы қабат түтін мен пиролиз өнімдерінің төбе астында жиналып қалуын көрсетеді;

- әрбір қабатта газ ортасының температурасы тегіс болып табылады, яғни, жоғарғы қабаттар астыңғы қабаттарды қыздырады;

- төменгі және жоғарғы қабаттардың арасында көлбеу өзара қатынас болады;

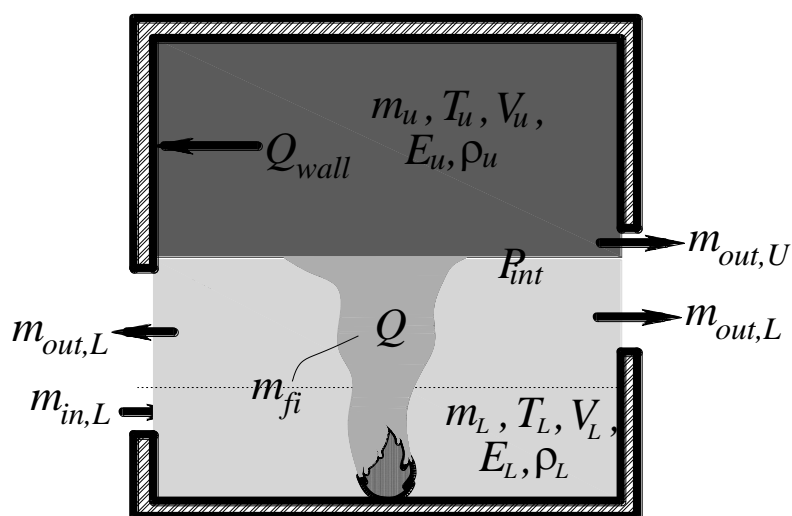
- төменгі қабаттан жоғарғы қабатқа конвективтік бағаннан тартылған ауа ескеріледі.

11.3.2 11.2-суретте үй-жайдағы өртті екі аймақтық модельдеудің схемасы келтірілген. Екі аймақтық модельдеу жанып жатқан үй-жайдағы массалар мен энергияларды сақтаудың заңының қарапайым дифференциалдық теңдеулердің шешіміне негізделген, дегенмен бұл теңдеулер күрделіліктің үлкен дәрежесімен айрықшаланады.

11.3.3 Масса мен энергияны сақтауды жеке аймақтар үшін ескеру керек, одан басқа да әртүрлі аймақтар арасындағы масса мен энергияның алмасуын назарға алу керек. Газ ортасының температурасының және жоғарғы қабаттың қалыңдығының өзгеруі ерекше назар ұсынады.

Үй-жайлардағы нақты өрттер кезінде толық дамымаған көлемді өрт нақты жағдайларда толық дамыған көлемді өртке көшуі мүмкін, яғни, өрттің екі аймақтық моделі бір аймақтыққа ауысады:

- жоғарғы қабаттың газ ортасының температурасы 500°C асады;
- жоғарғы қабаттың қалыңдығы үй-жайдың биіктігінің 80% жетеді.



11.2-сурет – Өрттің екі аймақтық моделінің схемасы

11.4 Есептейтін гидродинамиканың модельдері (өрістік модельдер – CFD)

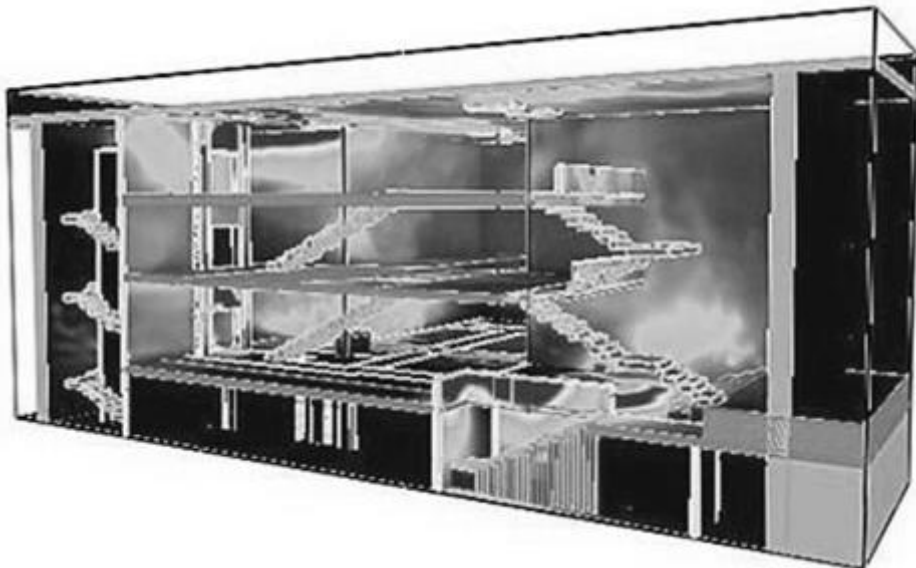
11.4.1 Өрттерді модельдеудің ең дамыған және күрделі әдісіне даму процесі мен температураның өзгеру процесін болжауға арналған есептегіш гидродинамиканың моделін (Computational Fluid Dynamics (CFD)) пайдалану болып табылады. CFD модельдері түтін мен өртену өнімдерінің таралу процестерін модельдеу үшін, сонымен қатар өрттерді модельдеу үшін табысты қолданылған. Көрсетілген модельдер өрттің бастапқы сатысын, локалдық өрттер мен бірнеше өзара байланыстағы үй-жайлардың шектелген кеңістігінің күрделі геометриясы жағдайында түтіннің таралуын модельдеуге мүмкіндік береді. Типтік CFD модельдер ағыстардың әрекетін, жылу беруді және осыған байланысты гидродинамиканың іргетастық теңдеулерін шешу жолымен байланысты жаралытыстарды қоса, жүйелерді талдайды. Берілген теңдеулер:

- ортаның массасын сақтау;
- орта бөліктерінің импульсының өзгеруінің жылдамдығы орта бөліктеріне әрекет ететін сомаға тең – Ньютонның екінші заңы;

- орта бөліктерінің энергиясының өзгеруінің жылдамдығы жылудың өзгеру жылдамдығының және орта бөліктерінің астында жасалған жұмыстың өзгеруінің жылдамдығының сомасына тең – термодинамиканың бірінші заңы сияқты физикалық заңдарды бейнелейтін тапсырмалардың математикалық қойылымын ұсынады.

11.4.2 CFD модельдерде үй-жайдағы нүктелердің көп санына арналған жеке өндірістегі термодинамикалық және аэродинамикалық ауыспалылар үшін дифференциалдық теңдеулер (Навье-Стокстың теңдеуі) шешіледі. Үй-жайлардағы өрттерге арналған CFD модельдердің басым көпшілігі өрт кезінде бөлінетін түтін мен жылулыққа назар аударған ағыстардың әртүрлілігімен жекешеленген, төменгі жылдамдықты температуралар үшін қолданбалы.

11.4.3 CFD модельдер есептеуге арналған шығыс деректерді енгізуге талапты, кіріс параметрлерін анықтау және есептің нәтижелерін қолдануды бағалау кезінде сараптамалық бағалауды талап етеді.



11.3-сурет – Өрттің CFD моделін (FDS бағдарламасын) қолдану арқылы жылу ағысының қуаттылығын есептеу нәтижелерін көзбен шолу

11.4.4 Өрттің әртүрлі модельдерін есептеуге арналған бағдарламалық қамтамасыз етудің кейбір түрлерінің мысалдары 11.1-кестеде берілген.

11.1-кесте – Үй-жайдағы өрт модельдерінің салыстырмалық сипаттамалары

Өрттің моделі	Номиналды қарапайым	Эквиваленттік	Үй-жайдағы өрт		Аймақтық модельдер			Далалық модельдер (CFD)	
			параметрлік	локалдық	бір аймақтық	екі аймақтық			
							күрделі		
Күрделілігі	орташа								
Өрттің жүрісі	Көлемді дамыған өрттер				Көлемді дамымаған	Көлемді дамымаған /локалдық өрттер	Толық температуралық-уақыттық тәуелділік		
Температураны бөлу	Жанып жатқан үй-жайдың барлық көлемі бойынша тегіс				Конвективтік баған бойынша тегіс емес	Тегіс	Қабаттары бойынша тегіс	Өрттің уақыты мен жанып жатқан үй-жайдың кеңістігінің қарастырылған нүктесінің координаталары	
Шығыс деректер	Өрттің типі Физикалық емес параметрлері	Өрт жүктемесі Ауа алмасудың жағдайлары Қоршау конструкцияларының жылу физикалық қасиеттері Үй-жайдың өлшемі			Өрттік жүктеме, оның габариттері Төбенің биіктігі	Өрт жүктемесі Ауа алмасудың жағдайлары Қоршау конструкцияларының жылу физикалық қасиеттері Үй-жайдың өлшемі Жүйедегі жылу және масса алмасуды сипаттауға арналған бөлшектелген деректер		Сипатталған ағыстардың іргетастық теңдеулерінің шешімдеріне арналған бөлшектік деректер	
Есептеу құралдары	ҚР ҚН EN 1991-1-2:2002/2011				COMPF2 (NIST, АҚШ, Бабраукас, 1979); <i>Ozone</i> (Льеж қ-ның университеті, Бельгия, Кадорин және Франссен, 2003); <i>SFIRE-4</i> (Лунд қ-ның университеті, Швеция, Магнуссон және Тельандерсон, 1970)		CCFM.VENTS (NIST, АҚШ, Форни, Купер және Мосс, 1990); <i>CFAST</i> (NIST, АҚШ, Пикок ж.б., 2000); <i>Ozone</i> (Льеж қ-ның университеті, Бельгия, Кадорин және Франссен, 2003)	FDS (NIST, МакГрэттан ж.б., 2002); SMARTFIRE (Гринвич қ-ның университеті, 1998); SOFIE (Кранфилд қ-ның университеті, Рубини, 2000)	
Қолмен есептеуге арналған қарапайым теңдеулер					Деректердің ірі форматтық массивтері		Қарапайым теңдеулер		Компьютерлік модельдер

12 САЛЫСТЫРМАЛЫҚ ӨРТ ЖҮКТЕМЕСІ

12.1 Өрт жүктемесін есептеу жөніндегі жалпы ережелер

12.1.1 Өрт қауіпсіздігінің саласында есептерді жүргізу кезінде өлшеу жолымен анықталған немесе өртке төзімділіктің ұлттық талаптарына негізделген белгіленген жағдайлар кезіндегі есептік салыстырмалық өрт жүктемесін пайдалану керек.

12.1.3 Есептік салыстырмалық өрт жүктемесі келесі амалдардың бірімен анықталады:

- өрт жүктемесі бойынша үй-жайлардың ұлттық жіктеу бойынша;
- жеке жоба үшін өрт жүктемелеріне зерттеу жүргізу жолымен жеке түрде.

12.1.3 Есептік салыстырмалық өрт жүктемесі $q_{f,d}$, МДж · м⁻² мына формула бойынша анықталады:

$$q_{f,d} = q_{f,k} \cdot m \cdot \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n, \quad (12.1)$$

мұнда m – өртенудің толықтығының коэффициенті;

δ_{q1} – үй-жайдың (өрт секциясының) өлшемдеріне байланысты қауіпті есептеудің коэффициенті;

δ_{q2} – ғимараттың мақсатына байланысты өрттік пайда болуы қаупін есептеудің коэффициенті;

$\delta_n = \prod_{i=1}^{10} \delta_{ni}$ – өрт сөндіру үшін i арнайы шешімдердің (шаралардың) бар екендігін ескеретін коэффициент. Әдетте, бұл шешімдер адамдардың өмірін қорғуға бағытталған;

$q_{f,k}$ – еденнің ауданына келтірілген сипаттамалық салыстырмалық өрт жүктемесі, МДж·м⁻².

12.1-кесте – δ_{q1} және δ_{q2} коэффициенттерінің мәндері

Еденнің ауданы A_f , м ²	Өрттің пайда болу қауіптілігі δ_{q1}	Өрттің пайда болу қауіптілігі δ_{q2}	Ғимараттардың (үй-жайлардың) мысалдары
25	1,1	0,78	Көркем галерея, мұражай, бассейн
250	1,5	1	Кеңсе, тұрғын ғимарат, қонақ үй, қағаз өндірісі
2500	1,9	1,22	Машина құрылысының өндірісі
5000	2	1,44	Химиялық зертхана, көркем шеберханалар
10 000	2,13	1,66	Фейерверк немесе бояулардың өндірісі

12.2-кесте – δ_{ni} коэффициентінің мәндері

Белсенді өртке қарсы қорғаудың шешімдері (шаралары)											
Өрт сөндірудің автоматтық қондырғылары				Автоматты түрдегі өрт сигнализациясы			Өртті автоматты түрде емес сөндіру				
Автоматты түрде сумен өрт сөндіру	Тәуелсіз өртке қарсы сумен жабдықтау			Автоматтық индикация және өрт туралы сигнализация		Хабарламаны өрт бөлімшесіне автоматты түрде жеткізу	Объективтік өрт бөлімшесі	Объективті емес өрт бөлімшесі	Қол жеткізудің қауіпсіз жолдары	Өртті сөндіруге арналған құрылғылар	Түтін жоятын жүйелер
	0	1	2	Жылулық хабаршылар	Түтіндік хабаршылар						
δ_{n1}	δ_{n2}			δ_{n3}	δ_{n4}	δ_{n5}	δ_{n6}	δ_{n7}	δ_{n8}	δ_{n9}	δ_{n10}
0,61	1,0	0,87 немесе 0,7		0,87	0,73	0,87	0,61 немесе 0,78		0,9 немесе 1 немесе 1,5	1 немесе 1 5	1 немесе 1,5

12.1.4 Үнемі болуы керек: эвакуация жолдарын қамтамасыз ету, өртті сөндіруге арналған құралдар мен баспалдақ торларында түтінге қарсы қорғаудың құрылғыларының бар болуы сияқты өртке қарсы қорғаудың типтік шешімдері бар өрт секциялары (бөлімдері) үшін осы құралдың 12.2-кестесі бойынша δ_{ni} мәні 1-ге тең етіп қабылданады. Олар жоқ болған жағдайда, тиісті δ_{ni} мәндері 1,5 тең етіп қабылданады.

12.1.5 Егер өрт кезінде баспалдақ торларына артық қысымды жасау арқылы сыртқы ауаны беру қарастырылса (түтін шықпайтын баспалдақ торлары үшін), онда 12.2-кестесі бойынша δ_{n8} коэффициенті 0,9 деп қабылданады.

12.1.6 Осы бөлімнің ережелері өрт секциясындағы (бөліміндегі) өртке қарсы қорғаудың техникалық құралдары (өрт автоматикасының құрылғылары, өртке қарсы қорғау, адамдарға хабарлау және эвакуациялау жүйелері, өртке қарсы сумен жабдықтау) тиісті еуропалық стандарттардың талаптарына сәйкес келеді деген болжамға негізделген. Еуропалық стандарттардың талаптарына сәйкес келмеген жағдайда, немесе осы құралдың 12.2-кестесінде келтірілмеген өртке қарсы қорғаудың техникалық құралдарының өзге түрін қолдану кезінде, олардың тиімді жұмыстарын [6] сәйкес ықтимал бағалауды жүргізу керек.

12.2 Салыстырмалық өрт жүктемесін анықтау бойынша жалпы талаптар

12.2.1 Өрт жүктемесі өрт секциясында (бөлімінде) болатын барлық жанатын заттар мен материалдардан, сонымен қатар жанатын материалдардан жасалған құрылыс конструкцияларынан (соның ішінде қаптау мен әрлеуден де) тұруы керек.

12.2.2 Салыстырмалық өрт жүктемесі келесі жолдардың бірімен анықталады:

- өрт жүктемесі бойынша үй-жайларды жіктеуге сәйкес;
- осы құралдың 12.7-тармақшасында келтірілген есептік әдістерді қолдану арқылы әрбір өрт секциясына (бөлімшесіне) жеке түрде.

12.2.3 Өрт жүктемесі:

- жеке үй-жайда және ғимаратта жалпы болатын технологиялық процеске сәйкес анықталатын технологиялық өрт жүктемесінен;

- жанатын конструктивтік элементтерді, әрлеу мен қаптауды қосатын конструктивтік өрт жүктемесінен тұруы керек.

Әдетте, жіктеуде технологиялық өрт жүктемесі беріледі, қажеттілікке байланысты конструктивтік өрт жүктемесін осы құралдың 12.3-бөліміне сәйкес анықтайды.

12.3 Өрт жүктемесін анықтаудың тәртібі

12.3.1 Сипаттамалық өрт жүктемесі, МДж, мына формула бойынша анықталады:

$$Q_{fi,k} = \sum M_{ki} \cdot H_{ui} \cdot \psi_i = \sum Q_{fi,k,i}, \quad (12.2)$$

мұнда $M_{k,i}$ – i жанатын материалдың массасы, кг;

H_{ui} – i материалдың өртенуінің астыңғы жылуы, МДж·кг⁻¹;

ψ_i – өрт жүктемесінің қорғалғандығының коэффициенті.

12.3.2 Сипаттамалық салыстырмалық өрт жүктемесі $q_{f,k}$, МДж·м⁻² мына формула бойынша анықталады:

$$q_{f,k} = Q_{fi,k}/A, \quad (12.3)$$

мұнда A – еденнің ауданы A_f немесе өрт секциясының ішкі бетінің ауданы A_r , сәйкесінше $q_{f,k}$ және $q_{t,k}$ деп айырады.

12.3.3 Құрылыс конструкциясының қызметі ішінде өзгермейді деп шамаланатын тұрақты өрт жүктемелері сараптамалық деректерді жинау жолымен анықталады.

12.3.4 Құрылыс конструкциясының қызметі ішінде өзгереді деп шамаланатын өзгермелі өрт жүктемелері қарастырылатын уақыт интервалының 80 % ішінде ұлғаймайтын мәндер арқылы ескерілуі керек.

12.4 Қорғалған өрт жүктемесі

12.4.1 Жоба бойынша өрттік әсер етуге шыдайтын ғимараттың бөліктерінде өрттік жүктеме ескерілмейді.

12.4.2 Ғимараттың өртке төзімділік бойынша ерекше талаптары жоқ, өрттік әсер етудің барлық ұзақтығының ішінде зақымдалмайтын, жанбайтын бөліктерінде өрт жүктемесі келесі жолмен ескеріледі:

– кішігірім өрттік жүктеме, қорғалған өрттік жүктеменің 10 % кем емес, $\psi_i = 1$ бірге ескеріледі;

– егер көрсетілген өрт жүктемесі, қорғалмағанды да қоса, өртенудің температурасынан жоғары қалған жүктемені қыздыруға жеткіліксіз болса, онда қалған қорғалған өрттік жүктеме $\psi_i = 0$ коэффициентімен бірге есептеледі;

– қалған жағдайларда ψ_i жеке түрде анықталады.

12.5 Өртенудің астыңғы жылуы

12.5.1 Құрылыс материалдары мен бұйымдарының өртенуінің астыңғы жылуы EN ISO 1716:2002 сәйкес тұрақты көлемнің калориметрикалық бомбада анықталады.

12.5.2 Материалдың ылғалдылығының есебі бар өртенудің астыңғы жылуы МДж · кг⁻¹ мына формула бойынша анықталады:

$$H_u = H_{u0} \cdot (1 - 0,01 \cdot u) - 0,025 \cdot u, \quad (12.4)$$

мұнда u – құрғақ салмаққа қатысты пайызбен айқындалған ылғалдылық;

H_{u0} – құрғақ материалдың өртенуінің астыңғы жылуы.

12.5.3 Кейбір қатты материалдардың, сұйықтықтар мен газдардың өртенуінің астыңғы жылуы 12.3-кестеде берілген.

12.3-кесте – Өрт жүктемесін есептеуге арналған жанатын материалдардың H_u өртенуінің астыңғы жылуы

Жанатын материалдың атауы	Өртенудің астыңғы жылуы H_u , МДж · кг ⁻¹
Қатты материалдар	
Ағаш	17,5
Басқа целлюлозалық материалдар:	20
киім	
тығын	
мақта	
қағаз, картон	
жібек	
сабан	
жүн	

12.3-кесте – Өрт жүктемесін есептеуге арналған жанатын материалдардың H_u өртенуінің астыңғы жылуы (жалғасы)

Жанатын материалдың атауы	Өртенудің астыңғы жылуы H_u , МДж · кг ⁻¹
Хош иісті заттар: бензол толуол	40
Көміртектер: антрацит ағаш көмір тас көмір	30
Шекті көміртектер: метан этан пропан бутан	50
Олефиндер (шексіз көміртектер): этилен пропилен бутен	45
Спирттер: метанол этанол	30
Отын: бензин, керосин дизельдік отын	45
Таза көміртектік пластмассалар: полиэтилен полистирол полипропилен	40
Басқа өнімдер	
ABS (пластик)	35
Полиэстер (пластик)	30
Полиизоцианат и полиуретан (пластик)	25
Поливинилхлорид, PVC (пластик)	20
Битум, асфальт	40
Былғары	20
Линолеум	20
Шиналық резіңке	30

ЕСКЕРТПЕ Кестеде келтірілген мәндер отынның энергетикалық мазмұнын анықтау үшін қолданыла алмайды.

12.6 Үй-жайларды өрт жүктемесі бойынша жіктеу

12.6.1 Үй-жайлардың (ғимараттардың) мақсатына байланысты салыстырмалық өрт жүктемесінің сипаттамалық мәндері $q_{f,k}$, МДж · м⁻² 12.4-кестеде берілген.

12.4-кесте – Өртүрлі мақсаттағы үй-жайларға арналған салыстырмалық өрт жүктемесі $q_{f,k}$, МДж · м⁻²

Үй-жайдың (ғимараттың) мақсаты	Орташа мәні	80 % қамтамасыздық
Тұрғын үй-жайлар	780	948
Аурухана (бөлмелер)	230	280
Қонақ үй (бөлмелер)	310	377
Кітапхана	1500	1824
Кеңсе	420	511
Мектеп (сынып бөлмелері)	285	347
Сауда орталығы	600	730
Театр (кинотеатр)	300	365
Вокзал (жолаушыларға арналған кеңістік)	100	122

ЕСКЕРТПЕ Гумбельді бөлу 80% қамтамасыздық үшін шамаланған.

12.6.2 Салыстырмалық өрт жүктемесінің 12.4-кестеде келтірілген $q_{f,k}$ 12.1-кестеде келтірілген $\delta_{q2} = 1$ коэффициенті кезінде жарамды.

12.6.3 12.4-кестеде келтірілген өрт жүктемесі олардың қызметтік мақсаттарына сәйкес пайдалануға берілетін ғимараттар (үй-жайлар) үшін жарамды. 12.4-кестеде келтірілмеген үй-жайлар үшін өрт жүктемесі осы құралдың 12.3-бөліміне сәйкес анықталады.

12.6.4 Конструктивтік өрт жүктемесі (конструкцияның, әрлеудің және қаптаудың) 12.3-бөліміне сәйкес анықталады, және талап етілсе, сипаттамалық өрт жүктемесіне сомаланады.

12.7 Салыстырмалық өрт жүктемесін жеке бағалау

12.7.1 Белгіленген жіктеу жоқ болған жағдайда, салыстырмалық өрт жүктемесі жеке жоба үшін сараптамалық деректерді жинау жолымен жеке түрде анықталады.

ЕСКЕРТПЕ Өртүрлі қызметтік мақсаттағы үй-жайларға арналған салыстырмалық өрт жүктемесінің сипаттамалық мәндері пайдаланатын заттар мен материалдарға, сонымен қатар жүзеге асырылатын қызметтің жағдайларына байланысты осы құралдың анықтамалық А қосымшасында берілген.

12.7.2 Өрт жүктемелері мен олардың орналасуын анықтау кезінде үй-жайдың мақсаты, қолданылатын жабдық пен жиһаз, олардың уақыт ішінде ықтимал өзгерулері,

жағымсыз әсер етулер, сонымен қатар үй-жайдың мақсатының ықтимал өзгеруі ескерілуі керек.

12.7.3 Мүмкіндік болғанша, өрт жүктемелері туралы деректерді жинауды қолданыстағы салыстырмалық жобада жүргізген жөн, ол қолданыстағы жобамен айырмашылықтарды негіздеуге мүмкіндік береді.

12.8 Өртенудің сипаттамалары

12.8.1 Өртенудің сипаттамасы үй-жайдың мақсаты мен өрт жүктемесінің типіне байланысты ескерілуі керек.

12.8.2 Көбіне целлюлозадан тұратын материалдар үшін өртенудің толықтығының коэффициенті $m = 0,8$ болып белгіленеді.

12.9 Жылу ағысының қуаттылығы

12.9.1 Өрттің даму сатысындағы жылу ағысының қуаттылығы мына формула бойынша анықталады:

$$Q = 10^6 \cdot \left(\frac{t}{t_\alpha} \right)^2, \quad (12.5)$$

мұнда Q – жылу ағысының қуаттылығы, Вт;

t – уақыт, с;

t_α – жылу ағысының қуаттылығына қол жеткізуге қажетті уақыт 1 МВт, с.

12.9.2 Өртүрлі мақсаттағы үй-жайларға арналған параметр t_α мен максималдық жылу ағысының қуаттылығы RHR_f 12.5-кестеде берілген.

12.9.3 Өрттің дамуының жылдамдығының мәндері мен 12.5-кестеде келтірілген RHR_f $\delta_{q2} = 1$ кезінде жарамды (12.1-кесте).

12.9.4 Өрттің өте жылдам дамуы кезінде $t_\alpha = 75$ с.

12.9.5 Даму сатысы төмендегі формула бойынша анықталатын белгіленген жағдайға сәйкес келетін диаграммадағы көлбеу теліммен шектеледі:

$$Q = RHR_f \cdot A_{fi},$$

мұнда A_{fi} – өрт жүктемесін тегіс бөлу кезіндегі өрт секциясының (бөлімінің) ауданына сәйкес келетін өрттің максималдық ауданы, дегенмен локалдық өрт кезінде кем болуы мүмкін, м²;

RHR_f – өрт жүктемесімен реттелетін өртке арналған 1 м² ауданға келтірілген өрттің максималдық жылу ағысының қуаттылығы, кВт · м² (12.5-кестені қар.).

12.5-кесте – Өрттің мақсаттағы үй-жайларға арналған өрттің даму жылдамдығы және RHR_f

Максималдық жылу ағысының қуаттылығы RHR_f			
Үй-жайдың мақсаты	Өрттің даму жылдамдығы	t_a , с	RHR_f , кВт·м ⁻²
Тұрғын үй-жайлар	Орташа	300	250
Аурухана (бөлмелер)	Орташа	300	250
Қонақ үй (бөлмелер)	Орташа	300	250
Кітапхана	Жылдам	150	500
Кеңсе	Орташа	300	250
Мектеп (сынып бөлмелері)	Орташа	300	250
Сауда орталығы	Жылдам	150	250
Театр (кинотеатр)	Жылдам	150	500
Вокзал (жолаушыларға арналған кеңістік)	Баяу	600	250

ЕСКЕРТПЕ 12.5-кестеде берілген әртүрлі қызметтік мақсаттағы үй-жайлар үшін өрттің дамуының жылдамдығы туралы деректер осы құралдың 8.3-бөліміне толықтыру болып табылады және өрт жүктемесінің түріне байланысты өрттің дамуын сипаттайды.

12.9.6 Диаграммадағы көлбеу телім барлық өрт жүктемесінің 70 % жанған кезде басталатын сөну фазасымен шектеледі.

12.9.7 Сөну сатысы үшін өрт жүктемесінің 70 % өртену сәтінен оның толық жанып біткеніне дейінгі сызықтық тәуелділік.

12.9.8 Желдетумен реттелетін өрттер үшін көлбеу телімнің деңгейі қолда бар оттегінен шыға азайтылуы мүмкін. Бұл процесс бір аймақтық моделі бар компьютерлік бағдарламаны пайдалану арқылы автоматты түрде жүргізіледі немесе мына формула бойынша анықталады:

$$Q_{\max} = 0,1 \cdot m \cdot H_u \cdot A_v \cdot \sqrt{h_{eq}}, \text{ МВт}, \quad (12.6)$$

мұнда A_v – ойықтың ауданы, м²;

h_{eq} – ойықтардың орташа биіктігі, м;

H_u – ағаштың өртенуінің астыңғы жылуы ($H_u = 17,5 \text{ МДж} \cdot \text{кг}^{-1}$);

m – өртенудің толықтығының коэффициенті, $m = 0,8$.

12.9.10 Егер желдетумен реттелетін өрттер үшін максималдық жылу ағысының қуаттылығы азайтылған болса, онда жылу ағысының қуаттылығының графигі өрт жүктемесі бөлетін ықтимал энергиямен сәйкесінше ұзартылады. Егер графигі ұзартылмаса, онда үй-жайдағы ортаның (газдардың) температурасының төмендеуіне себеп болған секциядан тыс бар өрт қабылданады.

1-мысал

Шығыс деректер:

Үй-жайда келесі жанатын заттар мен материалдар айналады:

- массасы 46 кг ABS пластигі;
- массасы 30 кг ашық поливинилхлорид (ПВХ) табактары;
- массасы 1130 кг ағаш;
- массасы 1340 кг қағаз.

Өндірістік үй-жайдың параметрлері:

- ауданы – 149,5 м²;
- биіктігі – 3,00 м,
- геометриялық көлемі – 448,5 м³.

Өндірістік үй-жай автоматты түрде сумен өрт сөндірушімен жабдықталған, ояту жүйесі ретінде түтіндік хабаршылары бар автоматты түрдегі өрт сигнализациясы пайдаланылады. Көрсетілген үй-жай орналасқан ғимаратта хабарды автоматты түрде өрт бөліміне беру қарастырылған. Объективтік өрт бөлімшесі мен түтін жоятын жүйелер қарастырылмаған. Үй-жайдан шығатын барлық шығыстар тікелей сыртқа шығады. Өндірістік үй-жайда өрт сөндірудің алғашқы құралдары (ұнтақты өрт сөндіргіштер мен өртке қарсы жабын) бар.

Талап етіледі: Қағаз өнімінің өндірі жүзеге асатын үй-жай үшін салыстырмалық өрт жүктемесінің шамасын анықтау

Есептеу

Салыстырмалық өрт жүктемесінің шамасын есептеу осы құралдың 12-бөліміне сәйкес жүзеге асады.

Есептік салыстырмалық өрт жүктемесі $q_{f,d}$, МДж · м⁻² мына формула бойынша анықталады:

$$q_{f,d} = q_{f,k} \cdot m \cdot \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n,$$

мұнда m – өртенудің толықтығының коэффициенті;

δ_{q1} – үй-жайдың өлшеміне байланысты өрттің туу қаупінің есебінің коэффициенті;

δ_{q2} – ғимараттың мақсатына байланысты өрттің туу қаупінің есебінің коэффициенті байланысты өрттің туу қаупінің есебінің коэффициенті;

δ_n – өртті сөндіруге арналған арнайы шешімдердің (шаралардың) бар екендігін ескеретін коэффициент;

$q_{f,k}$ – еденнің ауданына келтірілген сипаттамалық салыстырмалық өрт жүктемесі, МДж·м⁻².

Үй-жайдағы өрт жүктемесі көбінесе целлюлозадан тұратын материалдармен ұсынылғандықтан, өртенудің толықтығының коэффициенті құралдың 12.8.2-тармағына сәйкес $m = 0,8$ тең етіп қабылданады.

Өрттің пайда болу қаупінің есебінің коэффициенті δ_{q1} үй-жайдың өлшемдеріне байланысты құралдың 12.1-кестесі бойынша қабылданады және $\delta_{q1} = 1,5$ тең. Өрттің пайда болу қаупін есептеудің коэффициенті ғимараттың мақсатына байланысты да құралдың 12.1-кестесі бойынша қабылданады және $\delta_{q2} = 1,00$ тең.

Өртті сөндіруге арналған арнайы шешімдердің (шаралардың) бар екендігін ескеретін коэффициент келесі формула бойынша анықталады:

$$\delta_n = \prod_{i=1}^{10} \delta_{ni} = \delta_{n1} \cdot \delta_{n2} \cdot \delta_{n4} \cdot \delta_{n5} \cdot \delta_{n7} \cdot \delta_{n8} \cdot \delta_{n9} \cdot \delta_{n10} = 0,61 \times 1,0 \times 0,73 \times 0,87 \times 0,78 \times 0,9 \times 1,0 \times 1,5 = 0,4079,$$

мұнда $\delta_{n1} = 0,61$ – үй-жайдың автоматты түрде өрт сөндірумен жабдықталуын ескеретін коэффициент;

$\delta_{n2} = 1,0$ – үй-жайда тәуелсіз өртке қарсы сумен жабдықтаудың жоқтығын ескеретін коэффициент;

$\delta_{n4} = 0,73$ – үй-жайдың түтіндік хабаршысы бар өрт сигнализациясының құрылғыларымен жабдықталғанын ескеретін коэффициент;

$\delta_{n5} = 0,87$ – үй-жайдың хабарды автоматты түрде өрт бөлімшесіне берумен жабдықталғанын ескеретін коэффициент;

$\delta_{n7} = 0,87$ – объектіде объективтік өрт бөлімшесінің жоқтығын ескеретін коэффициент;

$\delta_{n8} = 0,87$ – үй-жайда тікелей сыртқа апаратын эвакуациялық шығыстардың бар екендігін ескеретін коэффициент;

$\delta_{n9} = 0,87$ – үй-жайда өрт сөндіруге арналған құрылғының бар екендігін ескеретін коэффициент;

$\delta_{n10} = 0,87$ – үй-жайда түтін жоятын жүйенің жоқтығын ескеретін коэффициент.

Сипаттамалық өрт жүктемесі, МДж, құралдың (12.2) формуласы бойынша анықталады:

$$Q_{fi,k} = \sum M_{ki} \cdot H_{ui} \cdot \psi_i = \sum Q_{fi,k,i} = M_{ABS} \cdot H_{ABS} + M_{ПВХ} \cdot H_{ПВХ} + M_{древ} \cdot H_{древ} + M_{бум} \cdot H_{бум} =$$

$$= 46 \times 35,0 + 30 \times 30,0 + 1130 \times 17,5 + 1340 \times 20,0 = 49085 \text{ МДж},$$

мұнда $M_{k,i}$ – жанатын материалдың массасы, кг;

$M_{ABS} = 46$ кг – ABS пластиктің массасы;

$M_{ПВХ} = 30$ кг – поливинилхлорид табақтарының массасы;

$M_{древ} = 1130$ кг – ағаштың массасы;

$M_{бум} = 1340$ кг – қағаз бен оның негізіндегі өнімнің массасы;

H_{ui} – материалдың өртенуінің астыңғы жылуы, МДж·кг⁻¹ (12.3-кестеге сәйкес қабылданған);

$H_{ABS} = 35,0$ МДж·кг⁻¹ – ABS пластикінің өртенуінің астыңғы жылуы;

$H_{ПВХ} = 30,0$ МДж·кг⁻¹ – поливинилхлорид табақтарының өртенуінің астыңғы жылуы;

$H_{ағаш} = 17,5$ МДж·кг⁻¹ – ағаштың жануының астыңғы жылуы;

$H_{қағаз} = 20,0$ МДж·кг⁻¹ – қағаз бен оның негізіндегі өнімнің өртенуінің астыңғы жылуы;

$\psi_i = 1$ – өрт жүктемесінің қорғалғандығының коэффициенті.

Сипаттамалық салыстырмалық өрт жүктемесі $q_{f,k}$, осы құралдың (12.3) формуласы бойынша анықталады:

$$q_{f,k} = Q_{fi,k}/A = 49085 / 149,5 = 328,3278 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2},$$

мұнда $A = 149,5 \text{ м}^2$ – өрт секциясының еденінің ауданы (шығыс деректеріне сәйкес қабылданады).

Есептік салыстырмалық өрт жүктемесі $q_{f,d}$, құралдың (12.1) формуласы бойынша анықталады және:

$$q_{f,d} = q_{f,k} \cdot m \cdot \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n = 328,3278 \times 0,8 \times 1,5 \times 1,0 \times 0,4079 = 160,7 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2} \text{ құрайды.}$$

Қорытынды: қағаз өнімінің өндірісі жүзеге асатын үй-жай үшін есептік салыстырмалық өрт жүктемесі $q_{f,d} = 160,7 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$ құрайды.

13 ӨРТТІҢ ЭКВИВАЛЕНТТІК ҰЗАҚТЫҒЫ

13.1.1 Құрылыс конструкцияларының өртке төзімділік шектерін анықтау кезінде нақты өрттердің стандарттық өрттің әсер етуінің салдары бойынша ұқсас параметрлерінің есебі нақты өрттің температуралық әсер етуін келтіру жолымен жүзеге асуы мүмкін. Әдетте, өрттің қуатталығы стационарлы емес қызу кезінде құрылыс конструкциясының температурасының максималдық мәні арқылы көрсетілсе, онда нақты өрт құрылыс конструкциясының температурасы нақты өрт кезіндегідей болатын стандарттық өртке келтірілуі мүмкін. Бұл өрттің кез-келген температуралық тәртібіндегі құрылыс конструкцияларының өртке төзімділігін бағалауға мүмкіндік береді және нәтижелерді стандарттық жалындық әсер етудің жағдайлары үшін өңделген өртке төзімділік бойынша мөлшерленетін нәтижелерді белгілеуге мүмкіндік береді.

Мысалы, егер өрттен қорғайтын болат арқалық нақты өрттің бойында максималдық 400°C температураға дейін болса, ал стандарттық өрттің жағдайында конструкцияның сол температурасына жету үшін 50 минут уақыт керек, онда нақты өрт 50 минут ұзақтықты стандарттық өртке эквивалентті деп қабылданады.

13.1.2 Жобалау мен құрылыстағы зерттеулер және инновациялар жөніндегі халықаралық кеңеспен өңделген әдіс нақты өрттің стандарттық өртке қуаттылығын келтіру үшін базалық болып табылады. Осы әдіс көптеген жобалаушыларға үйреншікті номиналдық температуралық тәртіптер мен өрттің нақты температуралық тәртібінің арасындағы компромистік шешім болып табылады. Әдіс нақты өрттің ауыртпалық дәрежесін қарастырылатын өрт секциясының стандарттық өрттік әсер етудің әсерінің эквиваленттік ұзақтығына жатқызады.

13.1.3 Эквиваленттік өрттің әдісі нақты өрттің қуатын [3] бойынша өрт секциясының физикалық сипаттамаларының және өрттің дамуы байланысты өрт жүктемесінің шамасы, қоршау конструкциясының жылу сіңіргіштік қабілеттілігіне тәуелді коэффициент пен желдету жағдайын ескеретін коэффициент сияқты параметрлердің негізінде стандарттық өртке теңейді.

ЕСКЕРТПЕ Эквиваленттік өрттің әдісін болат бетон және ағаш конструкциялардың өртке төзімділігін бағалау үшін қолдануға жол берілмейді.

13.2 Стандарттың өрттің эквиваленттік ұзақтығы $t_{e,d}$ мына формула бойынша есептеледі:

$$t_{e,d} = (q_{f,d} \cdot k_b \cdot w_f) \cdot k_c \text{ немесе} \\ t_{e,d} = (q_{t,d} \cdot k_b \cdot w_t) \cdot k_c, \quad (13.1)$$

мұнда $q_{f,d}$ – есептік салыстырмалық өрт жүктемесі, МДж·м⁻² (осы құралдың 12-бөліміне сәйкес анықталады);

$q_{t,d}$ – қоршау конструкциясының суммарлық ауданына жатқызылған есептік өрт жүктемесі A_t (ойықтарды қоса), МДж·м⁻²;

k_b – үй-жайдың қоршау конструкциясының жылу сіңіргіштік қабілеттілігіне (жылу инерциясына) тәуелді коэффициент;

w_f, w_t – желдету жағдайын ескеретін коэффициенттер;

k_c – өртке төзімділік анықталып отырған конструкцияның материалына байланысты реттеуші коэффициент.

ЕСКЕРТПЕ Егер салыстырмалық өрт жүктемесі өрттенудің арнайы сипаттамасының есебісіз берілсе (осы құралдың 12-бөлімін қар.), онда осы әдісті қолдану көбінесе целлюлозалық өрт жүктемесі бар өрт секцияларымен (бөлімдерімен) шектеледі.

13.3 Үй-жайдағы есептік өрт жүктемесі оны орналастыру ауданына түсетін салыстырмалық өрт жүктемесінің жаңғыруына тең:

$$q_{t,d} = q_{f,d} \cdot \frac{A_f}{A_t}, \quad (13.2)$$

мұнда A_f – үй-жай еденінің ауданы, м²;

A_t – қоршау конструкцияларының (қабырғалардың, ойықтарды қоса жабындар мен едендердің) суммарлық ауданы, м².

13.4 Коэффициент k_b коэффициенті қоршау конструкцияларының жылу сіңіргіштік қабілеттілігіне (жылу энергиясына) байланысты келесі жолмен анықталады:

- $b < 720$ үшін $k_b = 0,07$;
- $720 \leq b \leq 2500$ үшін $k_b = 0,055$;
- $b > 2500$ үшін $k_b = 0,04$,

мұнда $b = \sqrt{\rho \cdot c \cdot \lambda}$ – құрылыс конструкциясының жылулық инерциясы, Дж · м⁻²·с^{-1/2}·К⁻¹ (көп қабатты құрылыс конструкциялары үшін осы құралдың 8-бөлімінің ережелерінің есебімен).

ЕСКЕРТПЕ 1 Егер қоршау материалдарының жылу техникалық сипаттамаларын бөлшектеп бағалау жүргізілмесе, онда $k_b = 0,07$ мин · м² · МДж⁻¹ деп қабылдауға жол беріледі.

ЕСКЕРТПЕ 2 Заттар мен материалдардың жылу физикалық қасиеттері анықтамалық деректер бойынша анықталады. Кейбір заттар мен материалдардың жылу физикалық қасиеттері осы құралдың анықтамалық Б қосымшасында берілген.

13.5 Желдету жағдайларының коэффициенті w_f мына формула бойынша анықталады:

$$w_f = \left(\frac{6}{H} \right)^{0,3} \cdot \frac{0,62 + 90 \cdot (0,4 - A_v/A_f)^4}{1 + b_v \cdot A_h/A_f} \geq 0,5, \quad (13.2)$$

мұнда H – өрт бөлімінің (секциясының) биіктігі, м;

A_v – тік ойықтардың суммарлық ауданы, м²;

A_h – жабындағы көлбеу ойықтардың суммарлық ауданы, м²;

$$b_v = 12,5 \cdot \left[1 + 10 \cdot \frac{A_v}{A_f} - \left(\frac{A_v}{A_f} \right)^2 \right] \geq 10; \quad (13.3)$$

ЕСКЕРТПЕ 1 Келтірілген (13.2), (13.3) теңдеулері $0,025 \leq A_v/A_f \leq 0,25$ шарттарын орындаған кезде әділ болады.

ЕСКЕРТПЕ 2 Жабында ойықтары жоқ кішігірім өрт бөлімдері ($A_f < 100$ м²) үшін w_f коэффициентін келесі формула бойынша анықтауға жол беріледі:

$$w_f = \frac{A_f}{A_t \cdot \sqrt{O}}, \quad (13.4)$$

мұнда O – осы құралдың 8-бөлімінің талаптарына сәйкес анықталатын ойықтылық коэффициенті.

13.6 Желдету жағдайын ескеретін w_t коэффициенті мына формула бойынша анықталады:

$$w_t = w_f \cdot \frac{A_t}{A_f}. \quad (13.5)$$

13.7 Өртке төзімділік анықталатын конструкция материалына байланысты реттеуші коэффициент k_c келесі жолмен таңдалады:

- $k_c = 1$ – темір бетон немесе қорғалған болат конструкциялар үшін;
- $k_c = 13,7 \cdot O$ – қорғалмаған болат конструкциялар үшін.

13.8 Өрт қауіпсіздігінің шарттарын орындау үшін келесі теңдеудің орындалғандығы расталуы керек:

$$t_{e,d} < t_{fi,d}, \quad (13.6)$$

мұнда $t_{f,d}$ – құрылыс материалдарына қатысты Еурокодтардың өртке қарсы бөлімдерінің талаптарына сәйкес анықталған өртке төзімділіктің есептік шегіне сәйкес келетін уақыт.

1-мысал:

Шығыс деректері

Үй-жайдың сипаттамасы: үй-жайдың өлшемі $A_f = 48 \text{ м}^2$ ($a \times b = 6 \times 8 \text{ м}$); үй-жайда әрқайсысы $A_{v,1} = 7,2 \text{ м}^2$ (ойықтың ені $3,6 \text{ м} \times 2 \text{ м}$ биіктігі) ауданмен ауа алмасу жүзеге асатын 2 терезелік ойық және и бір есіктік ойық $A_{v,2} = 2,4 \text{ м}^2$ (ойықтың ені $1,2 \text{ м} \times 2 \text{ м}$ биіктігі) бар; үй-жайдың биіктігі $H = 4 \text{ м}$. Үй-жай дұрыс геометриялық формалы. Үй-жайдағы есептік салыстырмалық өрт жүктемесі $q_{f,d} = 490,6 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$ (8-бөлім, 1-мысал);

Конструкция материалдарының жылу физикалық қасиеттері:

- арақабырғасы – қалыңдығы 220 мм көп қуыстық темір бетон тақтайшалар;
- еденнің жабыны – темір бетон тақтайшаның үстіндегі мәрмәрлі тақтайша;
- қабырғалары – қалыңдығы 120 мм кірпіш, қалыңдығы 15 мм гипстік сылақпен әрленген;

Материал	Жылу өткізгіштіктің коэффициенті λ , $\text{Вт} \cdot (\text{м} \cdot ^\circ\text{C})^{-1}$	Тығыздық ρ , $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$	Салыстырмалы жылу сыйымдылық c , $\text{кДж} \cdot (\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})^{-1}$
Бетон	1,40	2100	0,88
Мәрмәр	2,50	2600	0,80
Кірпіш	0,69	1600	0,84
Гипстік сылақ	0,48	1440	0,84

Талап етіледі: Өртке төзімді қоршау конструкциялары (арақабырға мен қабырғалары) бар әкімшілік үй-жайдағы болат арқалықтар үшін өртке төзімділік шегін есептеу.

Есептеу:

Қоршау конструкцияларының (қабырғалардың, жабындар мен едендердің, ойықтарды қоса) суммарлық ауданын анықтаймыз:

$$A_t = 2 \cdot [a \cdot b + (a + b) \cdot H] = 2 \times [6 \times 8 + (6 + 8) \times 4] = 208 \text{ м}^2.$$

(13.2) формула бойынша үй-жайдағы есептік өрт жүктемесінің шамасын табамыз:

$$q_{i,d} = q_{f,d} \cdot \frac{A_f}{A_i} = 490,6 \times \frac{48}{208} = 113,2 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}.$$

Осы құралдың 13.4 п. бойынша құрылыс конструкцияларының жылулық инерциясын анықтаймыз:

Материал	Жылу өткізгіштіктің коэффициенті λ , Вт·(м·°C) ⁻¹	Тығыздық ρ , кг·м ⁻³	Салыстырмалы жылу сыйымдылық c , кДж·(кг·°C) ⁻¹	$b = \sqrt{\rho \cdot c \cdot \lambda}$, Дж·м ⁻² ·с ^{-1/2} ·К ⁻¹
Бетон	1,40	2100	0,88	1608
Мәрмәр	2,50	2600	0,80	2280
Кірпіш	0,69	1600	0,84	963
Гипстік сылақ	0,48	1440	0,84	762

Еден мен қабырғалардың жабындары екі қабаттық конструкция болып табылатындықтан және қоршау конструкциялары әртүрлі материалдардан орындалғандықтан, осы құралдың 8-бөліміне сәйкес қоршау беттерінің материалының көп қабаттық құрылымын ескереміз:

еден: $b_1 = 2280 \text{ Дж} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1/2} \cdot \text{К}^{-1}$; $s_1 = 20 \text{ мм}$; $b_2 = 1608 \text{ Дж} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1/2} \cdot \text{К}^{-1}$; $s_2 = 220 \text{ мм}$; $b_1 > b_2$ сәйкесінше қыздыратын материалға арналған шекті қалыңдықты s_{lim} осы құралдың (8.4) формуласы бойынша есептеу керек:

$$h_{eq} = \frac{\sum_i A_{vi} \cdot h_{vi}}{\sum_i A_{vi}} = \frac{3,6 \times 2,0 \times 2,0 + 3,6 \times 2,0 \times 2,0 + 1,2 \times 2,0 \times 2,0}{3,6 \times 2,0 + 3,6 \times 2,0 + 1,2 \times 2,0} = 2,0 \text{ м}$$

$$O = \frac{A_v \cdot \sqrt{h_{eq}}}{A_i} = \frac{(3,6 \times 2,0 + 3,6 \times 2,0 + 1,2 \times 2,0) \times \sqrt{2}}{208} = 0,114$$

$$t_{\text{max}} = \max \{ (0,2 \cdot 10^{-3} \times 113,2 / 0,114); 20 \} = 20 \text{ мин},$$

$$s_{\text{lim}} = \sqrt{\frac{3600 \cdot t_{\text{max}} \cdot \lambda_1}{c_1 \cdot \rho_1}} = \sqrt{\frac{3600 \times 20 \times 2,5}{800 \times 2600}} = 0,294 \text{ м}.$$

Егер $s_1 = 0,02 \text{ м} < s_{\text{lim}} = 0,294 \text{ м}$ болса, онда

$$b = \frac{s_1}{s_{\text{lim}}} \cdot b_1 + \left(1 - \frac{s_1}{s_{\text{lim}}} \right) \cdot b_2 = \frac{0,02}{0,294} \times 2280 + \left(1 - \frac{0,02}{0,294} \right) \times 1608 = 1653 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1/2} \cdot \text{К}^{-1};$$

қабырғалар: $b_1 = 762 \text{ Дж} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1/2} \cdot \text{К}^{-1}$; $s_1 = 15 \text{ мм}$; $b_2 = 963 \text{ Дж} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1/2} \cdot \text{К}^{-1}$; $s_2 = 120 \text{ мм}$; себебі $b_1 < b_2$, то $b = b_1 = 762 \text{ Дж} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1/2} \cdot \text{К}^{-1}$.

Бұдан басқа, қабырғаларға, төбелер мен едендерге арналған коэффициенттердің $b = \sqrt{\rho \cdot c \cdot \lambda}$ айырмашылығын осы құралдың (8.5) формуласы бойынша ескеру керек:

$$b = \frac{\sum (b_j \cdot A_j)}{A_t - A_v} = \frac{1653 \times 48 + 762 \times [2 \times (6+8) \times 4 - 16,8] + 1608 \times 48}{208 - 16,8} = 1198 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{К}^{-1},$$

мұнда A_j – j қоршауының бетінің ауданы, ойықтардың есебісіз;

b_j – жабынның j бетінің жылу сіңіргіштік қабілеттілігі.

Үй-жайдың қоршау конструкциясының жылу сіңіргіштік қабілеттілігінің (жылу инерциясының) алынған мәндерінің есебімен осы құралдың 13.4 бойынша k_b коэффициентін анықтаймыз: $k_b = 0,055$, себебі $720 < b = 1198 < 2500$.

Үй-жайдың ауданы 100 м^2 аспағандықтан және жабындарда ойықтар жоқ болғандықтан, құралдың 13.4 формуласы бойынша w_f коэффициентін анықтаймыз:

$$w_f = \frac{A_f}{A_t \cdot \sqrt{O}} = \frac{48}{208 \times \sqrt{0,114}} = 0,683.$$

Түзетуші коэффициент k_c 13.7 т. сәйкес $k_c = 1$ тең (өрттен қорғауы бар болат арқалық).

Сөйтіп, стандартты өрттің эквиваленттік ұзақтығы:

$$t_{e,d} = (q_{f,d} \cdot k_b \cdot w_f) \cdot k_c = 490,6 \times 0,055 \times 0,683 \times 1,0 = 18,4 \text{ мин құрайды.}$$

(13.6) шарты бойынша өрт қауіпсіздігінің шарттарын қамтамасыз ету үшін 30 минуттан кем емес өртке төзімділік шегін қамтамасыз ету керек.

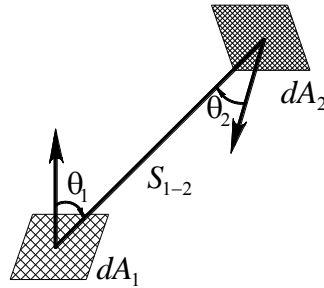
14 СӘУЛЕЛЕНДІРУДІҢ БҰРЫШТЫҚ КОЭФФИЦИЕНТІ

14.1 Сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін анықтаудың жалпы ережелері

14.1.1 Сәулелендірудің бұрыштық коэффициенті Φ мына формула бойынша анықталады:

$$d\Phi_{d1-d2} = \frac{\cos\theta_1 \cdot \cos\theta_2}{\pi \cdot S_{1-2}^2} \cdot dA_2. \quad (14.1)$$

Сәулелендірудің бұрыштық коэффициенті берілген қабылдайтын бетке жететін берілген сәулелендіруші беттен шығарытн жалпы жылу ағысының үлесін көрсетеді. Оның мәні сәулелендіретін беттің өлшеміне, сәулелендіруші және қабылдаушы беттердің арасындағы қашықтыққа, олардың бір-біріне деген бағдарына байланысты (14.1-сурет).



14.1-сурет – Екі беттің арасындағы сәулелік жылу алмасу

14.1.2 Егер сәулелендіруші беттің бір қалыпты температурасы мен қаралық дәрежесі болса, онда Φ анықтамасы жеңілдетіледі: ішінен 2π бөлінген алаңшаның ерекше шексіз кіші беті бар сәулелендіруші бет көрінуі мүмкін кеңістіктік бұрыш.

14.1.3 Элементтің дөңес бетінің шексіз кіші алаңшасына жылулық сәулелену тек қана өрттің жағдайымен және өлшемшімен (жағдайдың әсер етуі) анықталады.

14.1.4 Элементтің ойыс бетінің шексіз кіші алаңшасына жылулық сәулелену өрттің жағдайымен және өлшемшімен (жағдайдың әсер етуі), сонымен қатар элементтің басқа бөліктерінен сәулеленумен (көлеңкелеу әсері) анықталады.

14.1.5 Сәулелендірудің бұрыштық коэффициентінің жоғарғы шектері Φ 14.1-кестеде берілген.

14.1-кесте – Сәулелендірудің бұрыштық коэффициенттерінің шектері Φ

Бағдары		Локалдық өрт	Толық дамыған өрт
Жағдайдың әсер етуі		$\Phi \leq 1$	$\Phi = 1$
Көлеңкелеудің әсері	Дөңес	$\Phi = 1$	$\Phi = 1$
	Ойыс	$\Phi \leq 1$	$\Phi \leq 1$

14.2 Көлеңкелеудің әсері

14.2.1 Көлеңкелеудің әсерінің шамаларын анықтауға арналған ережелер құрылыс материалдарына қатысты Еурокодтардың бөлімдерінде көрсетіледі.

14.3 Сыртқы конструкциялар

14.3.1 Сыртқы конструкциялардағы температураларды есептеу кезінде барлық беттердің тік бұрышты формаға ие екендігі шамаланады. Бұл өрт секциясының

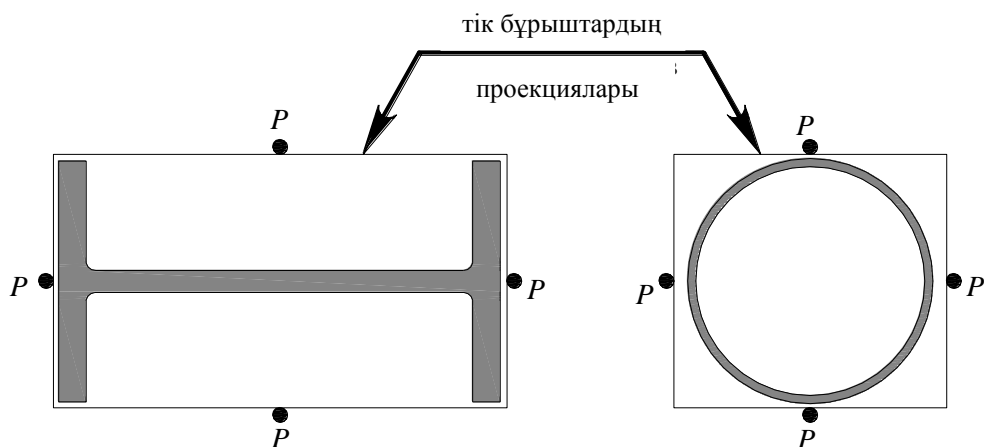
кабырғаларындағы терезелерге және басқа ойықтарға, сонымен осы құралдың 9-бөліміне сәйкес жалынның эквиваленттік тік бұрыштарына қатысты.

14.3.2 Берілген жағдай үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін есептеуде, қыздырылатын конструкцияның көлденең қиысуында біріншіден тік бұрыштардың проекциясы сызылады (14.2-сурет). Бұл көлеңкелеу әсерінің есебі үшін керек. Φ коэффициентінің шамасы әрбір тік бұрыштың бетінің орташа P нүктесі үшін анықталады.

14.3.3 Әрбір қыздыратын беттің сәулелендірудің бұрыштық коэффициенті қыздыратын беттің P нүктесінен көрінетін беттерді (14.3 және 14.4-суреттер) сәулелендіруші аймақтардың (әдетте төртеуінің) әрқайсысынан алынатын үлестің сомасы сияқты анықталады. Бұл аймақтар көлбеу сызықтардың қыздыратын бетке перпендикуляр сызықтармен қиысу орындарында болатын X нүктесіне қатысты анықталады. P нүктеден (14.4-сурет) көрінбейтін аймақтардан алынатын үлестер ескерілмейді.

14.3.4 Егер X нүктесі сәулелендіретін беттен тыс жатса, онда сәулелендірудің тиімді бұрыштық коэффициенті X -тен сәулеленетін беттің алыстатылған шетіне дейін соғылған екі тік бұрыштардың үлесін сомалаумен, және X -тен сәулеленетін беттің жақын жатқан шетіне дейін соғылған екі тік бұрыштардың үлесін есептеумен анықталынады.

14.3.5 Әрбір аймақтың үлесі төмендегідей анықталады:



14.2-сурет – Қабылдайтын беттердің проекциялары

а) қабылдаушы және сәулелендіретін беттер параллель:

$$\Phi = \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\frac{a}{\sqrt{1+a^2}} \cdot \tan^{-1} \left(\frac{b}{\sqrt{1+a^2}} \right) + \frac{b}{\sqrt{1+b^2}} \cdot \tan^{-1} \left(\frac{a}{\sqrt{1+b^2}} \right) \right], \quad (14.2)$$

мұнда $a = h/s$;

$b = w/s$;

s – P нүктесінен X нүктесіне дейінгі қашықтық;

h – беттерді сәулелендіру аймақтарының биіктігі;

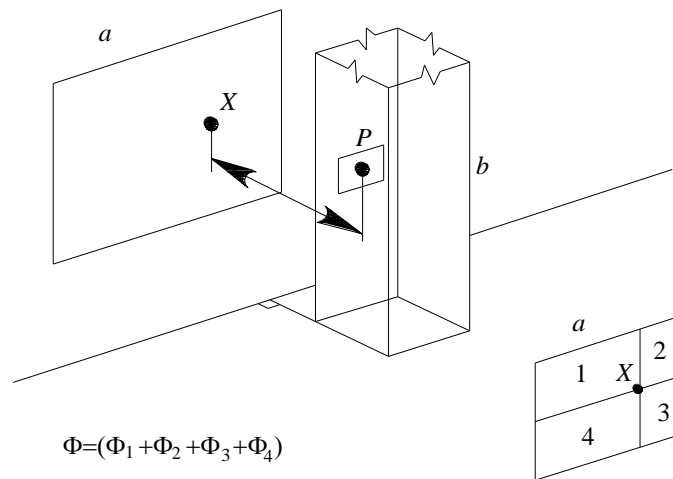
w – беттерді сәулелендіру аймақтарының ені.

б) қабылдаушы және сәулелендіретін беттер перпендикуляр:

$$\Phi = \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{1}{\sqrt{1+b^2}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{a}{\sqrt{1+b^2}}\right) \right]; \quad (14.3)$$

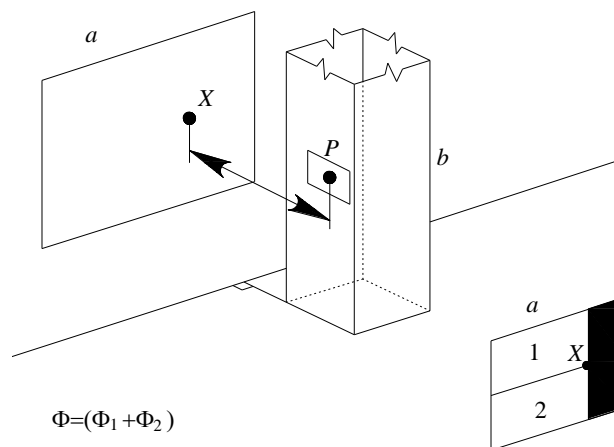
в) қабылдаушы және сәулелендіретін беттер θ бұрышының астында орналасқан:

$$\begin{aligned} \Phi = \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) \cdot \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ \left. + \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b - \cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right]. \end{aligned} \quad (14.4)$$



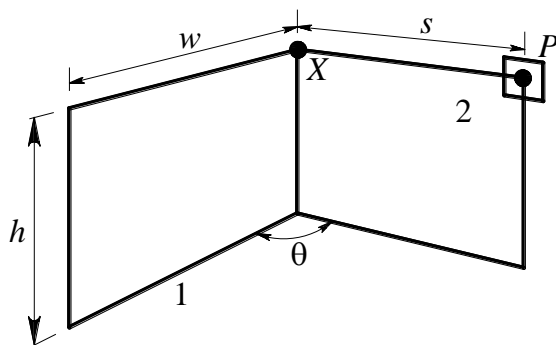
a – сәулелендіретін бет; b – қабылдайтын бет

14.3-сурет – Қабылдайтын және сәулелендіретін беттер параллель



a – сәулелендіретін бет; b – қабылдайтын бет

14.4-сурет – Қабылдайтын және сәулелендіретін беттер перпендикуляр



1 – сәулелендіретін бет; 2 – қабылдайтын бет

14.5-сурет – Қабылдайтын және сәулелендіретін беттер θ бұрышында орналасқан

ЕСКЕРТПЕ Өрт қауіпсіздігінің тапсырмаларын орындау кезінде аумақтағы бөлек объектілердің арасында өрттің таралу мүмкіндігін бағалау жылу ағысының әрекеттегі мәндерінің сараптамасының және оларды сәулелендіретін беттің материалының жылу ағысының қауіпті тығыздығының сипаттамалық мәндерімен салыстыру негізінде жүзеге асады. Заттар мен материалдардың жылу ағысының қауіпті тығыздығының сипаттамалық мәндерін анықтамалық деректер немесе сынақтардың нәтижелері бойынша анықтауға жол беріледі. Кейбір заттар мен материалдардың жылу ағысының қауіпті тығыздығының сипаттамалық мәндері осы құралдың анықтамалық В қосымшасында берілген.

Есептеудің 1-кешендік мысалы

Тұрғын ғимараттың көп қызметтік мақсаттағы ғимараттағы есептік өрттен өртену мүмкіндіктерін анықтау

1. Ғимараттың сипаттамасы

Төрт қабаттық көп функционалды ғимарат, тас конструкцияларынан жасалған. Бірінші және екінші қабатта кафе, үстінде кофе залы орналасқан ішкі баспалдақпен байланысқан түстену залы орналасқан. Бірінші деңгейде жүк тиейтін және өндірістік үй-жайлар, екінші қабатта қызметкерлердің қызметтік үй-жайлары орналасқан. Түстену залы 20 орынға, ал кофе залы 26 орынға есептелінген. Үшінші қабатта диагностикалық орталығы орналастыру қарастырылған. Төртінші қабатта кеңселік үй-жайлар орналасқан.

Тұрғын ғимарат та төрт қабатты, тас конструкцияларынан жасалған. Ғимараттың шет жағында кеңселік үй-жайлар мен дүкендер орналасқан.

2.1 Салыстырмалық өрт жүктемесін анықтау

Есептік салыстырмалық өрт жүктемесі $q_{f,d}$, МДм·м⁻² мына формула бойынша анықталады:

$$q_{f,d} = q_{f,k} \cdot m \cdot \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n,$$

мұнда m – көбіне целлюлозадан тұратын, материалдарға арналған жанудың толықтығының коэффициенті, $m = 0,8$ белгіленеді;

δ_{q1} – үй-жайдың (өрт секциясының) өлшемдеріне байланысты өрттің пайда болу қаупін есептейтін коэффициент, 1,5 тең етіп қабылданады (құралдың 12.1-кестесі);

δ_{q2} – ғимараттың мақсатына байланысты өрттің пайда болу қаупін есептейтін коэффициент, 1,5 тең етіп қабылданады (құралдың 12.1-кестесі);

$\delta_n = \prod_{i=1}^{10} \delta_{ni}$ – өртті сөндіру үшін i арнайы шешімдердің (шаралардың) болуын ескеретін коэффициент;

$q_{f,k}$ – еден ауданына келтірілген сипаттамалық салыстырмалы өрт жүктемесі, 420 МДж·м⁻² тең етіп қабылданады (құралдың 12.4-кестесі).

Өрт сөндіру үшін i арнайы шешімдердің (шаралардың) болуын ескеретін коэффициент құралдың мына формуласымен (12.1-кесте) анықталады:

$$\delta_n = \prod_{i=1}^{10} \delta_{ni} = \delta_1 \cdot \delta_2 \cdot \delta_3 \cdot \delta_4 \cdot \delta_5 \cdot \delta_6 \cdot \delta_7 \cdot \delta_8 \cdot \delta_9 \cdot \delta_{10} = 1 \times 1 \times 1 \times 0,73 \times 1 \times 1 \times 0,78 \times 1 \times 1,5 \times 1,5 = 1,28.$$

Сөйтіп, салыстырмалық өрт жүктемесі:

$$q_{f,d} = q_{f,k} \cdot m \cdot \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n = 420 \times 0,8 \times 1,5 \times 1 \times 1,28 = 645,7 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}.$$

құрайды.

2.2 Жалынның параметрлерін есептеу

Өрт пен жалынның параметрлерін есептеу осы құралдың 9-бөліміне сәйкес орындалған және:

- ойықтардан шығатын жалынның өлшемдері мен температурасын;
- сәулелену параметрлерін анықтауға мүмкіндік береді.

2.2.1 Есептеудің жалпы ережелері

Қарастырылып отырған өрт секциясында ойықтың саны бірден асатындығына байланысты, есептеуде ары қарай аудан бойынша келтірілген ойықтардың биіктігі h_{eq} , тік ойықтардың A_v суммарлық ауданы және барлық қабырғалардағы ойықтардың суммарлық ені ($w_i = \sum w_i$) пайдалынады.

Талап етілетін өртке төзімділікке (REI) сәйкес келмейтін сыртқы қабырғаның бөліктері жоқ, сондықтан сол арқылы жалын сыртқа шығатын ойық ретінде терезелер мен есіктер қарастырылады.

Сыртқы қабырғадағы ойықтардың суммарлық ауданы ойықтардың жалпы ауданына тең етіп қабылданған, себебі, олардың сомасы өрт секциясының сыртқы қабырғаларының ауданынан 50 % кіші.

Қарастырылатын үй-жайлардың қарама-қарсы жағында өртке ауаның қосымша ену мүмкіндігі болғандықтан есептеу мәжбүрлі желдетудің есебімен орындалады.

Есептеуде жалынның ойықтардан шығуының екі ықтимал жағдайы қарастырылады:

1. Жалынның ғимарат қасбетіне перпендикуляр шығу кезі (желдің жалынның геометриялық параметрлеріне әсер етуінің есебісіз);
2. Желдің әсер етуінің салдарынан жалынның ғимарат қасбетіне 45° ауытқумен шығуы кезі.

2.2.2 Мәжбүрлі желдетудің есебімен өрттің және жалынның есептік параметрлерін анықтау

Өрттің жылу ағысының қуаттылығы мына формула бойынша анықталады:

$$Q = \frac{A_f \cdot q_{f,d}}{\tau_F} = \frac{36,7 \times 645,7}{1200} = 19,75 \text{ кВт},$$

мұнда A_f – өрт секциясының еденінің ауданы, м^2 ;

$q_{f,d}$ – еденнің ауданына жатқызылған есептік салыстырмалық өрт жүктемесі, A_f , МДж· м^{-2} ;

τ_F – өрттің еркін дамуының ұзақтығы, 1200 с етіп қабылданады.

Барлық қабырғалардағы тік ойықтардың суммарлық ауданы төмендегіге тең:

$$A_v = \sum A_{v,i} = A_{\text{ок}} \cdot N_{\text{ок}} + A_{\text{дв}} \cdot N_{\text{дв}} = 1,844 \times 3 + 1,911 \times 3 = 11,265 \text{ м}^2,$$

мұнда $A_{v,i}$ – i ойықтың ауданы, м^2 ;

$N_{v,i}$ – ойықтың саны, дана.

Аудан бойынша келтірілген барлық қабырғалардағы ойықтардың биіктігі мына формула бойынша анықталады:

$$h_{eq} = \sum (A_{v,i} \cdot h_i) / A_v = (A_{\text{ок}} \cdot h_{\text{ок}} \cdot N_{\text{ок}} + A_{\text{дв}} \cdot h_{\text{дв}} \cdot N_{\text{дв}}) / A_v = (1,844 \times 1,74 \times 3 + 1,911 \times 2,1 \times 3) / 11,265 = 1,923 \text{ м},$$

мұнда h_i – i ойықтың биіктігі, м.

Желдің $u = 6 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, биіктігін қабылдай отырып, жалынның биіктігі (9.4-сурет) мына формула бойынша анықталады:

$$L_L \approx 0,628 \cdot Q / A_v^{1/2} - h_{eq} = 0,628 \times 19,75 / 11,265^{1/2} - 1,923 = 1,772 \text{ м.}$$

Жалынның тік проекциясы аудан бойынша келтірілген ойықтардың биіктігінің есебімен анықталады:

$$h_{пл} = h_{eq} + L_L = 1,923 + 1,772 = 3,695 \text{ м.}$$

Жалынның көлбеу проекциясы мына формула бойынша анықталады:

$$L_H = 1,33 \cdot (L_L + h_{eq}) / h_{eq}^{0,22} = 1,33 \times (1,772 + 1,923) / 1,923^{0,22} = 4,256 \text{ м.}$$

Жалынның ені мына формула бойынша анықталады:

$$w_f = w_t + 0,4 \cdot L_H = 4,09 + 0,4 \times 4,256 = 5,792 \text{ м,}$$

мұнда w_t – төмендегідей анықталатын барлық қабырғалардағы ойықтардың суммарлық ені:

$$w_t = \sum w_i = w_{ок} \cdot N_{ок} + w_{дв} \cdot N_{дв} = 1,06 \times 3 + 0,91 \times 1 = 4,09 \text{ м.}$$

Ось бойындағы жалынның ұзындығы мына формула бойынша анықталады:

$$L_f = (L_L^2 + L_H^2)^{1/2} = (1,772^2 + 4,256^2)^{1/2} = 4,610 \text{ м.}$$

Терезедегі жалынның температурасы мына формула бойынша анықталады:

$$T_w = 520 / (1 - 0,3325 L_f \cdot (A_v)^{1/2} / Q) + T_0 = 520 / (1 - 0,3325 \times 4,610 \times (11,265)^{1/2} / 19,75) + 308 = 1011 \text{ К.}$$

Төмендегі теңдеудің орындалуына тексеру жүргізіледі:

$$\begin{aligned} L_f \cdot (A_v)^{1/2} / Q &< 1; \\ 4,610 \times (11,265)^{1/2} / 19,75 &< 1; \\ 0,783 &< 1. \end{aligned}$$

Теңдеу орындалып жатқандықтан, ары қарай есептеу үшін терезедегі жалынның 1011 К тең температурасы қабылданады.

Ось бойындағы жалынның температурасы мына формула бойынша анықталады:

$$T_z = \left(1 - 0,3325 \cdot \frac{L_x \cdot \sqrt{A_v}}{Q} \right) \cdot (T_w - T_0) + T_0 = \left(1 - 0,3325 \times \frac{4,61 \times \sqrt{11,265}}{19,75} \right) \times (1011 - 308) + 308 = 828 \text{ Ê,}$$

мұнда L_x – терезеден есеп жүргізіліп отырған нүктеге дейінгі осьтік қашықтық (көрсетілген қашықтық ретінде L_f шамасы қабылданады, себебі жалын бетіндегі температураны анықтау керек), м.

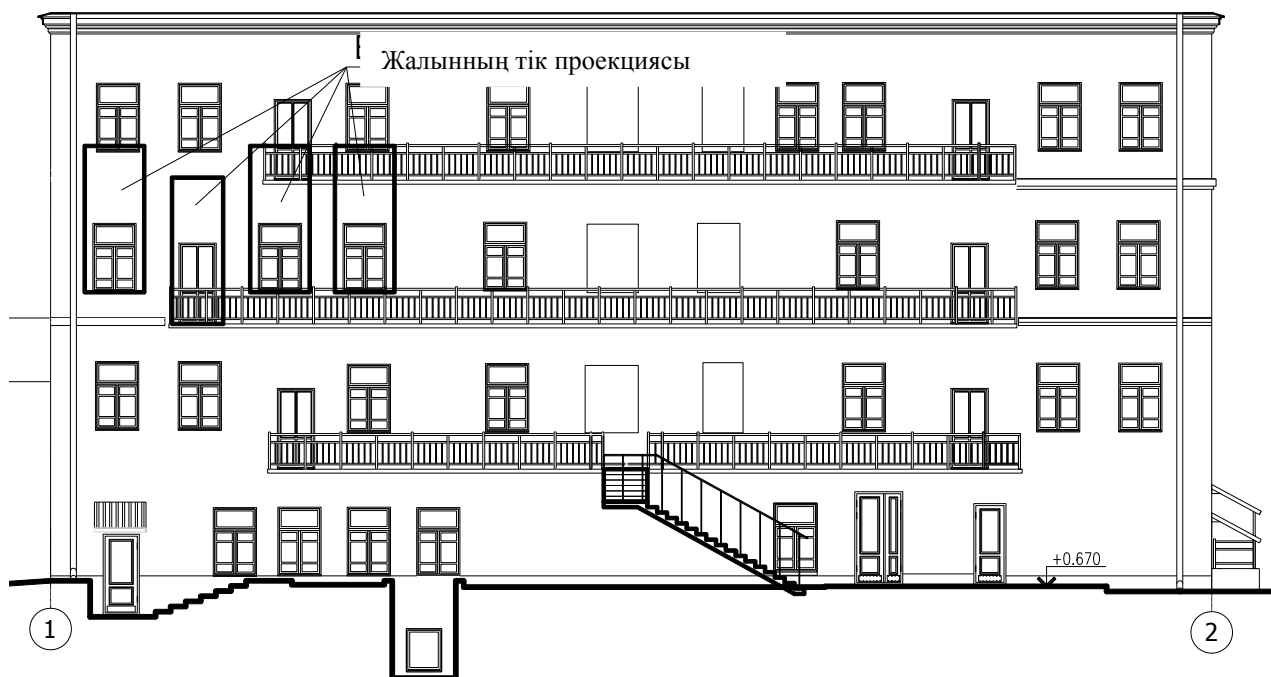
2.3 Тұрғын ғимаратты көп қызметтік ғимараттың есептік өртінен сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін есептеу

2.3.1 Есептеудің жалпы ережелері

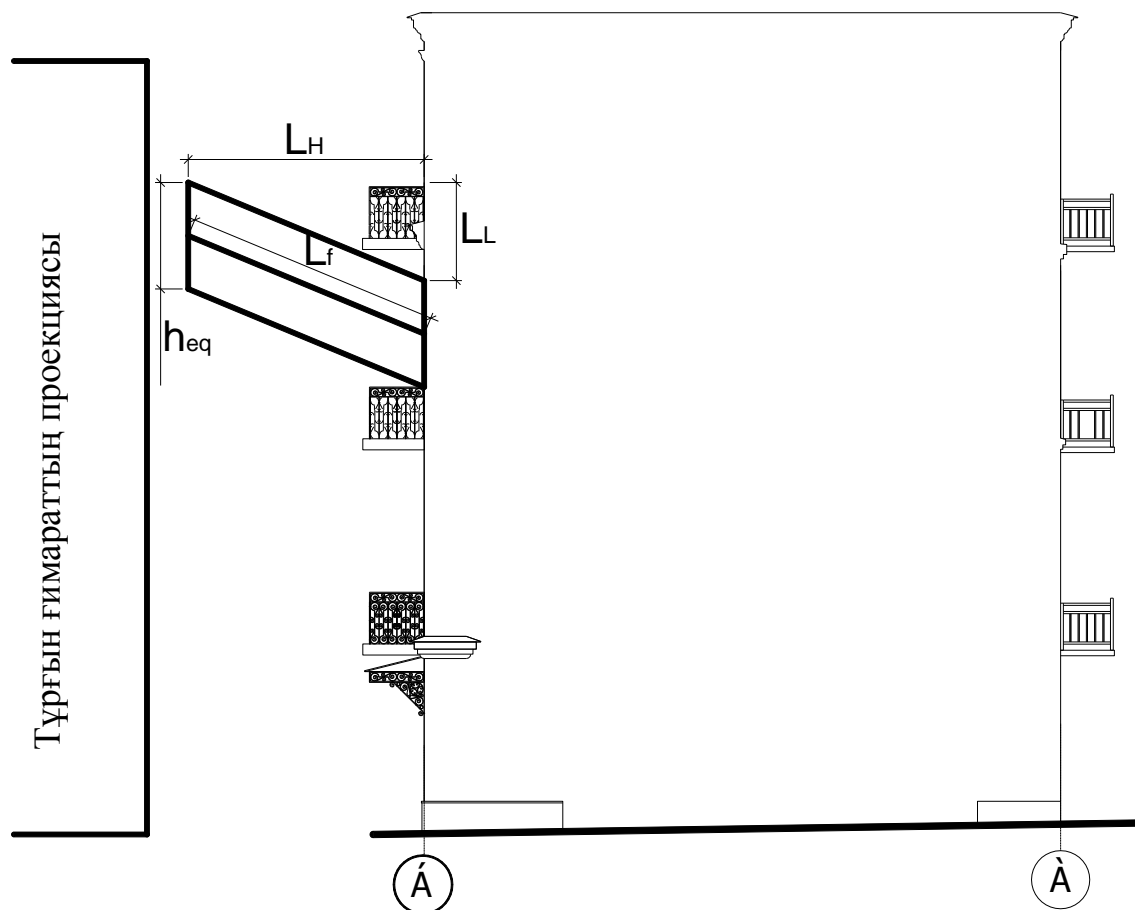
Сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін есептеу кезінде барлық беттердің тік бұрышты формаға ие екендігі шамаланады. Көрсетілген жағдай өрт секциясының қабырғаларындағы терезелерге және басқа ойықтарға, сонымен қатар жалынның эквиваленттік тік бұрыштарына қатысты.

Имараттың қыздырылатын әрбір бетін сәулелендірудің бұрыштық коэффициенті қыздырылатын бетте P нүктесінен көрінетін бетті сәулелендіруші аймақтың әрқайсысынан алынатын үлестің сомасы сияқты анықталады. Бұл аймақтар көлбеу сызықтардың қыздыратын бетке перпендикуляр сызықтармен қиысу орындарында болатын X нүктесіне қатысты анықталады. Сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін анықтау кезінде P нүктесінен көрінбейтін аймақтардан алынатын үлестер ескерілмейді.

Жалын мен шектес объектідегі дара алаңша арасындағы бұрыштық коэффициентті анықтау үшін келтірілген жалын ауданын төрт тік бұрышқа бөледі және әрбір тік бұрыш пен дара алаңша арасындағы сәулемен жылу алмастыру қарастырылады.



14.6-сурет – Ғимарат қасбетіндегі жалынның тік проекциясы



14.7-сурет – Ғимарат қасбетіндегі жалынның тік проекциясы



14.8-сурет – Ғимарат қасбетіндегі жалынның көлбеу проекциясы

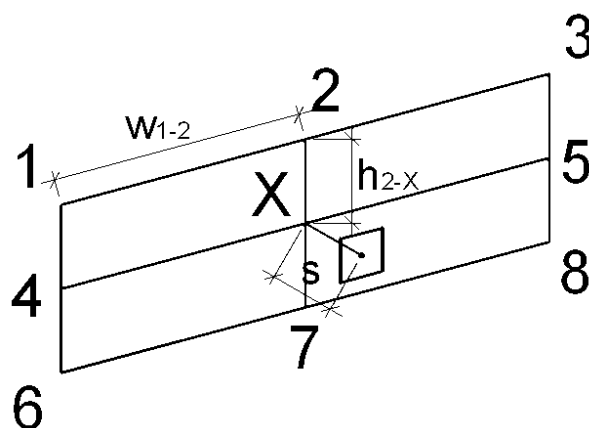
2.3.2 Тұрғын ғимаратты көп қызметтік ғимараттың есептік өртінен сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін желдік әсер етудің есебісіз есептеу

2.3.2.1 Терезелік ойықты есептік өрттің жалынынан сәулелендірудің есептік коэффициентін есептеу

X нүктесі сәулеленетін беттен тыс жатқандықтан жалыннан болатын сәулелендірудің тиімді бұрыштық коэффициенті X -тен P -ге дейін соғылған төрт тік бұрыштардың үлестерін сомалаумен анықталынады (14.9-сурет).

Жалыннан терезелік ойық – 1-2-Х-4 (1) тік бұрышы

Жалынның 1-2-Х-4 тік бұрышынан терезелік ойықты сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін анықтаудың схемасы 14.29-суретте берілген.



14.9-сурет – Сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін анықтаудың схемасы

Сәулелендірудің бұрыштық коэффициентінің үлесі мына формула бойынша анықталады:

$$\Phi_{1-2-X-4} = \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\frac{a}{\sqrt{1+a^2}} \cdot \tan^{-1} \left(\frac{b}{\sqrt{1+a^2}} \right) + \frac{b}{\sqrt{1+b^2}} \cdot \tan^{-1} \left(\frac{a}{\sqrt{1+b^2}} \right) \right] =$$

$$= \frac{1}{2\pi} \times \left[\frac{1,292}{\sqrt{1+1,292^2}} \times \tan^{-1} \left(\frac{3,892}{\sqrt{1+1,292^2}} \right) + \frac{3,892}{\sqrt{1+3,892^2}} \times \tan^{-1} \left(\frac{1,292}{\sqrt{1+3,892^2}} \right) \right] = 0,1957,$$

мұнда $a = h_{X-2}/s = 0,9615/0,744 = 1,292$;

$b = w_{1-2}/s = 2,896/0,744 = 3,892$;

s – P нүктесінен X нүктесіне дейінгі қашықтық (14.9-сурет);

h_{X-2} – беттерді сәулелендіру аймақтарының биіктігі (14.9-сурет);

w_{1-2} – беттерді сәулелендіру аймақтарының ені (14.9-сурет).

Сәулелендірумен жылу беруден болатын нәтижелендіруші салыстырмалық жылу ағысы осы құралдың (6.3) формуласы бойынша анықталады:

$$\dot{h}_{net,r} = \Phi \cdot \varepsilon_m \cdot \varepsilon_f \cdot \sigma \cdot ((\Theta_r + 273)^4 - (\Theta_m + 273)^4) =$$

$$0,7828 \times 0,8 \times 1,0 \times 5,67 \cdot 10^{-8} \times ((555 + 273)^4 - (230 + 273)^4) = 14416,6 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2},$$

мұнда Φ – сәулелендірудің бұрыштық коэффициенті;

$\varepsilon_m = 0,8$ – конструкция бетінің қаралық дәрежесі;

$\varepsilon_f = 1,0$ – жалынның (өрттің) қаралық дәрежесі;

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-4}$ – Стефан–Больцманның тұрақтысы;

Θ_r – өртті сәулелендірудің тиімді температурасы, °С;

Θ_m – конструкция бетінің температурасы, °С.

$\Phi_{1-3-8-6}$ – сәуле беретін және сәуле қабылдайтын беттердің арасындағы сәулелендіру коэффициенті.

2.4 2-бөлім бойынша қорытындылар

Салыстырмалық өрт жүктемесінің шамасы – $645,7 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$ тең.

Жүргізілген есептеудің нәтижесінде жалынның келесі параметрлері белгіленді:

– жылу ағысының қуаттылығы – $19,75 \text{ МВт}$;

– жалынның биіктігі – $1,772 \text{ м}$;

– жалынның көлбеу проекциясы – $4,256 \text{ м}$;

– жалынның ені – $5,792 \text{ м}$;

– жалынның ось бойындағы ұзындығы – $4,61 \text{ м}$;

– терезедегі жалынның температурасы – 1011 К ;

– ось бойындағы жалынның температурасы – 828 К .

Қоршау конструкциясының материалы ретінде ағаш (терезелік блоктар үшін) қабылданады. Сәулелендірудің ұзақтығы 20 минутты құрайды. Сөйтіп, сәулелендірудің көрсетілген ұзақтығы кезінде ағашқа арналған жылу ағысының қауіпті тығыздығы $13\,500 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$ тең. Көп қызметтік ғимараттағы өрттен болатын жылу ағысының есептік тығыздығы $14416,6 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$ тең, ол ағашқа арналған жылу ағысының қауіпті тығыздығынан көп. Жүргізілген есептеудің негізінде көп қызметтік ғимараттағы есептік өрт кезінде қолданыстағы тұрғын ғимараттың өртенуі болады деген қорытынды шығаруға болады.

Жүргізілген есептеудің негізінде көп қызметтік ғимараттағы есептік өрттен көрші тұрғын ғимарат өртенетін болатындықтан, жалынның қасбетке перпендикуляр шығысының (желдік әсер етудің есебісіз) есептік нұсқасы кезінде, жалынның 45° бұрыштағы қасбетке ауытқуының есептік нұсқасында көп қызметтік ғимараттағы есептік өрттен көрші тұрғын ғимараттың өртену мүмкіндігінің есебін жүргізу мақсатқа сай келмейді.

3. Қолданыстағы тұрғын ғимараттың өртке қарсы өңделген шаралардың есебі бар көп қызметтік ғимараттағы есептік өрттен өртену мүмкіндігін анықтау

Тұрғын ғимараттың өртенуін болдырмау мақсатында өртке қарсы шаралардың біріне көп қызметтік ғимараттың тұрғын ғимарат жағына қарай кемінде EI (EIW)30 өртке төзімділік шегі бар ойықтарға ие үй-жайларында өртке қарсы есіктерді орнату жатады.

3.1 Ұсынылатын шаралардың есебімен жалынның параметрлерін есептеу

Осы есептеу құралдың 9-бөліміне сәйкес орындалған және:

- ойықтардан шығатын жалынның өлшемдері мен температурасын;
- сәулелену параметрлерін анықтауға мүмкіндік береді.

3.1.1 Есептеудің жалпы ережелері

Қарастырылып отырған өрт секциясында ойықтың саны бірден асатындығына байланысты, есептеуде ары қарай аудан бойынша келтірілген ойықтардың биіктігі h_{eq} , тік ойықтардың A_v суммарлық ауданы және барлық қабырғалардағы ойықтардың суммарлық ені ($w_t = \sum w_i$) пайдалынады.

Талап етілетін өртке төзімділікке (REI) сәйкес келмейтін сыртқы қабырғаның бөліктері жоқ, сондықтан сол арқылы жалын сыртқа шығатын ойық ретінде терезелер мен есіктер қарастырылады.

Сыртқы қабырғадағы ойықтардың суммарлық ауданы ойықтардың жалпы ауданына тең етіп қабылданған, себебі, олардың сомасы өрт секциясының сыртқы қабырғаларының ауданынан 50 % кіші.

Қарастырылатын үй-жайлардың қарама-қарсы жағында өртке ауаның қосымша ену мүмкіндігі болғандықтан есептеу мәжбүрлі желдетудің есебімен орындалады.

Есептеуде жалынның ойықтардан шығуының екі ықтимал жағдайы қарастырылады:

1. Жалынның ғимарат қасбетіне перпендикуляр шығу кезі (желдің жалынның геометриялық параметрлеріне әсер етуінің есебісіз);
2. Желдің әсер етуінің салдарынан жалынның ғимарат қасбетіне 45° ауытқумен шығуы кезі.

3.1.2 Мәжбүрлі желдетудің есебімен өрттің және жалынның есептік параметрлерін анықтау

Өрттің жылу ағысының қуаттылығы мына формула бойынша анықталады:

$$Q = \frac{A_f \cdot q_{f,d}}{\tau_F} = \frac{18,05 \times 645,7}{1200} = 9,71 \text{ МВт},$$

мұнда A_f – өрт секциясының еденінің ауданы, м^2 ;

$q_{f,d}$ – еденнің ауданына A_f жатқызылған есептік салыстырмалық өрт жүктемесі, МДж·м⁻²;

τ_F – өрттің еркін дамуының ұзақтығы, 1200 с етіп қабылданады.

Барлық қабырғалардағы тік ойықтардың суммарлық ауданы төмендегіге тең:

$$A_v = \sum A_{v,i} = A_{ок} \cdot N_{ок} + A_{дв} \cdot N_{дв} = 1,844 \times 1 + 1,911 \times 2 = 5,666 \text{ м}^2,$$

мұнда $A_{v,i}$ – i ойықтың ауданы, м²;

$N_{v,i}$ – ойықтың саны, дана.

Аудан бойынша келтірілген барлық қабырғалардағы ойықтардың биіктігі мына формула бойынша анықталады:

$$h_{eq} = \sum (A_{v,i} h_i) / A_v = (A_{ок} \cdot h_{ок} \cdot N_{ок} + A_{дв} \cdot h_{дв} \cdot N_{дв}) / A_v = (1,844 \times 1,74 \times 1 + 1,911 \times 2,1 \times 2) / 5,666 = 1,983 \text{ м},$$

мұнда h_i – i ойықтың биіктігі, м.

Желдің $u = 6 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, биіктігін қабылдай отырып, жалынның биіктігі (9.4-сурет) мына формула бойынша анықталады:

$$L_L \approx 0,628 Q / A_v^{1/2} - h_{eq} = 0,628 \times 9,71 / 5,666^{1/2} - 1,983 = 0,579 \text{ м},$$

Жалынның тік проекциясы аудан бойынша келтірілген ойықтардың биіктігінің есебімен анықталады:

$$h_{пл} = h_{eq} + L_L = 1,983 + 0,579 = 2,562 \text{ м}.$$

Жалынның көлбеу проекциясы мына формула бойынша анықталады:

$$L_H = 1,33 \cdot (L_L + h_{eq}) / h_{eq}^{0,22} = 1,33 \times (0,579 + 1,983) / 1,983^{0,22} = 2,931 \text{ м}.$$

Жалынның ені мына формула бойынша анықталады:

$$w_f = w_t + 0,4 \cdot L_H = 1,97 + 0,4 \times 2,931 = 3,142 \text{ м},$$

мұнда w_t – төмендегідей анықталатын барлық қабырғалардағы ойықтардың суммарлық ені:

$$w_t = \sum w_i = w_{ок} \cdot N_{ок} + w_{дв} \cdot N_{дв} = 1,06 \times 1 + 0,91 \times 1 = 1,97 \text{ м}.$$

Ось бойындағы жалынның ұзындығы мына формула бойынша анықталады:

$$L_f = (L_L^2 + L_H^2)^{1/2} = (0,579^2 + 2,931^2)^{1/2} = 2,988 \text{ м.}$$

Терезедегі жалынның температурасы мына формула бойынша анықталады:

$$T_w = 520 / (1 - 0,3325 L_f \cdot (A_v)^{1/2} / Q) + T_0 = 520 / (1 - 0,3325 \times 2,988 \times (5,666)^{1/2} / 9,71) + 308 = 995 \text{ К}$$

Төмендегі теңдеудің орындалуына тексеру жүргізіледі:

$$\begin{aligned} L_f \cdot (A_v)^{1/2} / Q &< 1; \\ 2,988 \times (5,666)^{1/2} / 9,71 &< 1; \\ 0,732 &< 1. \end{aligned}$$

Теңдеу орындалып жатқандықтан, ары қарай есептеу үшін терезедегі жалынның 995 К тең температурасы қабылданады.

Ось бойындағы жалынның температурасы мына формула бойынша анықталады:

$$T_z = \left(1 - 0,3325 \cdot \frac{L_x \cdot \sqrt{A_v}}{Q} \right) \cdot (T_w - T_0) + T_0 = \left(1 - 0,3325 \times \frac{2,988 \times \sqrt{5,66}}{9,71} \right) \times (995 - 308) + 308 = 828 \text{ К},$$

мұнда L_x – терезеден есеп жүргізіліп отырған нүктеге дейінгі осьтік қашықтық (көрсетілген қашықтық ретінде L_f шамасы қабылданады, себебі жалын бетіндегі температураны анықтау керек), м.

Жүргізілген есептеудің нәтижесінде жалынның келесі параметрлері белгіленді:

- жылу ағысының қуаттылығы – 9,71 МВт;
- жалынның биіктігі – 0,579 м;
- жалынның көлбеу проекциясы – 2,931 м;
- жалынның ені – 3,142 м;
- жалынның ось бойындағы ұзындығы – 2,988 м;
- терезедегі жалынның температурасы – 995 К;
- ось бойындағы жалынның температурасы – 828 К.

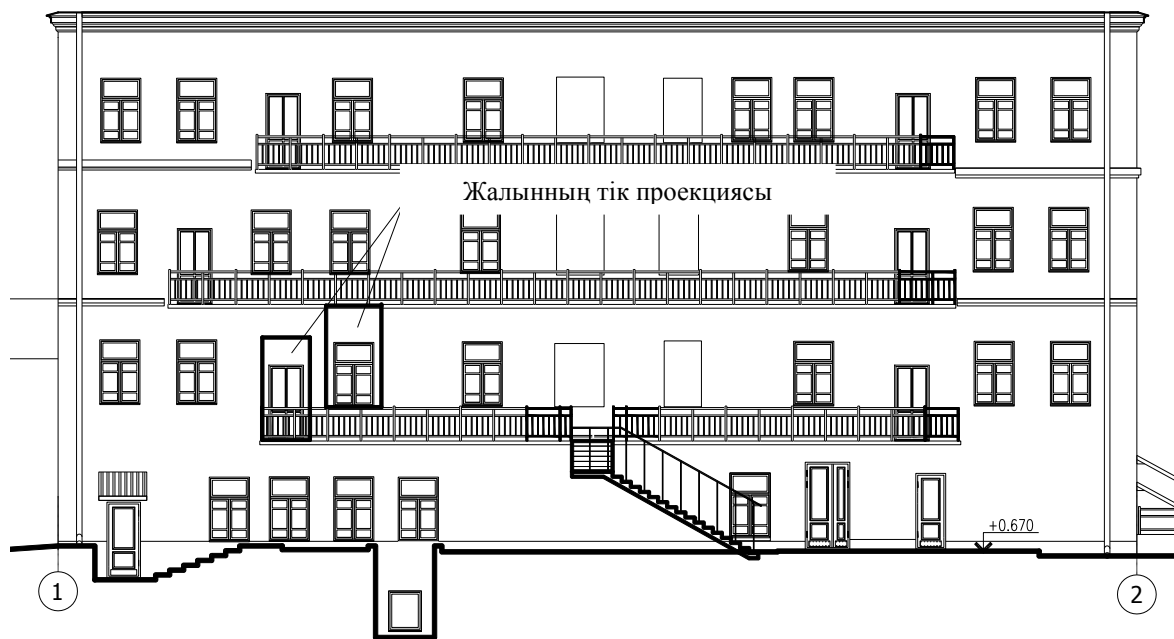
3.2 Тұрғын ғимаратты көп қызметтік ғимараттағы есептік өрттен сәулетендірудің бұрыштық коэффициентін есептеу

3.2.1 Есептеудің жалпы ережелері

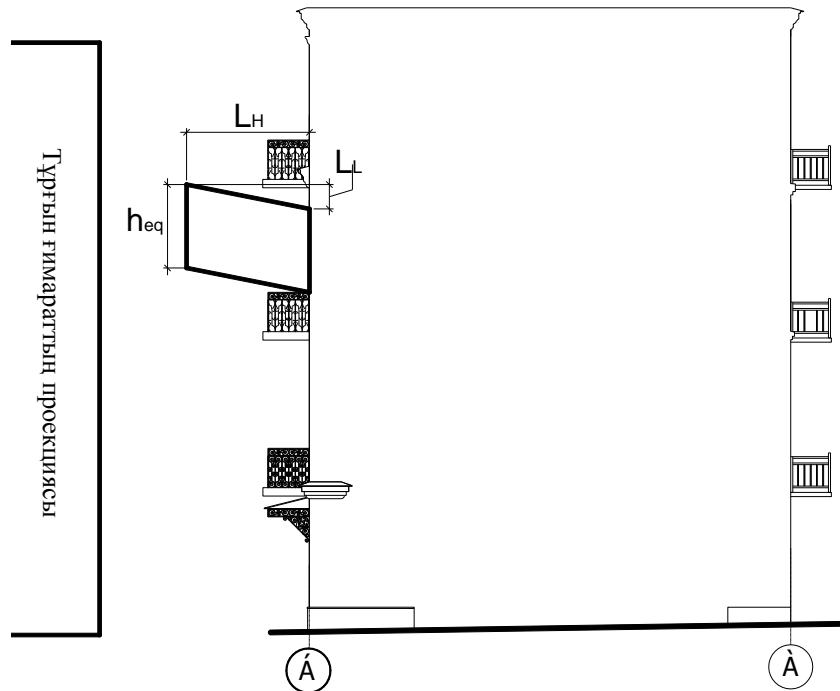
Сәулетендірудің бұрыштық коэффициентін есептеу кезінде барлық беттердің тік бұрышты формаға ие екендігі шамаланады. Көрсетілген жағдай өрт секциясының қабырғаларындағы терезелерге және басқа ойықтарға, сонымен қатар жалынның эквиваленттік тік бұрыштарына қатысты.

Имараттың қыздырылатын әрбір бетін сәулелендірудің бұрыштық коэффициенті қыздырылатын бетте P нүктесінен көрінетін бетті сәулелендіруші аймақтың әрқайсысынан алынатын үлестің сомасы сияқты анықталады. Бұл аймақтар көлбеу сызықтардың қыздыратын бетке перпендикуляр сызықтармен қиысу орындарында болатын X нүктесіне қатысты анықталады. Сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін анықтау кезінде P нүктесінен көрінбейтін аймақтардан алынатын үлестер ескерілмейді.

Жалын мен шектес объектідегі дара алаңша арасындағы бұрыштық коэффициентті анықтау үшін келтірілген жалын ауданын төрт тік бұрышқа бөледі және әрбір тік бұрыш пен дара алаңша арасындағы сәулемен жылу алмастыру қарастырылады.



14.10-сурет – Ғимарат қасбетіндегі жалынның тік проекциясы



14.11-сурет – Ғимарат қасбетіндегі жалынның тік проекциясы



14.12-сурет – Ойықтардағы жалынның көлбеу проекциясы

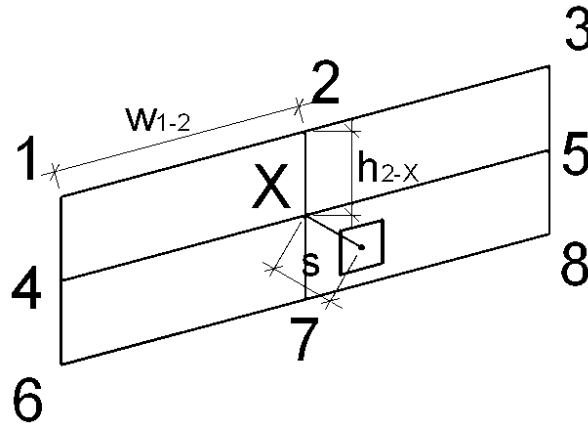
3.2.2 Тұрғын ғимаратты көп қызметтік ғимараттың есептік өртінен сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін желдік әсер етудің есебісіз есептеу

3.2.2.1 Терезелік ойықты есептік өрттің жалынынан сәулелендірудің есептік коэффициентін есептеу

X нүктесі сәулеленетін беттен тыс жатқандықтан жалыннан болатын сәулелендірудің тиімді бұрыштық коэффициенті X -тен P -ге дейін соғылған төрт тік бұрыштардың үлестерін сомалаумен анықталынады (14.13-сурет).

Жалыннан терезелік ойық – 1-2-Х-4 (1) тік бұрышы

Жалынның 1-2-Х-4 тік бұрышынан терезелік ойықты сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін анықтаудың схемасы 14.13-суретте берілген.



14.13-сурет – Сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін анықтаудың схемасы

Сәулелендірудің бұрыштық коэффициентінің үлесі мына формула бойынша анықталады:

$$\Phi_{1-2-X-4} = \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\frac{a}{\sqrt{1+a^2}} \cdot \tan^{-1} \left(\frac{b}{\sqrt{1+a^2}} \right) + \frac{b}{\sqrt{1+b^2}} \cdot \tan^{-1} \left(\frac{a}{\sqrt{1+b^2}} \right) \right] =$$

$$= \frac{1}{2\pi} \times \left[\frac{0,619}{\sqrt{1+0,619^2}} \times \tan^{-1} \left(\frac{0,759}{\sqrt{1+0,619^2}} \right) + \frac{0,759}{\sqrt{1+0,759^2}} \times \tan^{-1} \left(\frac{0,619}{\sqrt{1+0,759^2}} \right) \right] = 0,0921,$$

мұнда $a = h_{X-2}/s = 1,281/2,069 = 0,619$;

$b = w_{1-2}/s = 1,571/2,069 = 0,759$;

s – P нүктесінен X нүктесіне дейінгі қашықтық (14.13-сурет);

h_{X-2} – беттерді сәулелендіру аймақтарының биіктігі (14.13-сурет);

w_{1-2} – беттерді сәулелендіру аймақтарының ені (14.13-сурет).

Элементарлық алаңша жалынның геометриялық орталығына перпендикуляр орналасқандықтан, жалынның әрбір тік бұрышынан болатын бұрыштық коэффициенттің мәні бір-біріне тең: $\Phi_{1-2-X-4} = \Phi_{2-3-5-X} = \Phi_{4-X-7-6} = \Phi_{X-5-8-7}$. Сәйкесінше, қарастырылатын имаратқа жалыннан болатын бұрыштық коэффициент:

$$\Phi_{1-3-8-6} = 4 \cdot \Phi_{1-2-X-4} = 4 \times 0,0921 = 0,3684 \text{ құрайды.}$$

Сәулелендірумен жылу беруден болатын нәтижелендіруші салыстырмалық жылу ағысы осы құралдың (6.3) формуласы бойынша анықталады:

$$\dot{h}_{\text{net},r} = \Phi \cdot \varepsilon_m \cdot \varepsilon_f \cdot \sigma \cdot ((\Theta_r + 273)^4 - (\Theta_m + 273)^4) = \\ 0,3684 \times 0,8 \times 1,0 \times 5,67 \cdot 10^{-8} \times ((555 + 273)^4 - (230 + 273)^4) = 6784,7 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2},$$

мұнда Φ – сәулелендірудің бұрыштық коэффициенті;

$\varepsilon_m = 0,8$ – конструкция бетінің қаралық дәрежесі;

$\varepsilon_f = 1,0$ – жалынның (өрттің) қаралық дәрежесі;

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-4}$ – Стефан–Больцманның тұрақтысы;

Θ_r – өртті сәулелендірудің тиімді температурасы, °С;

Θ_m – конструкция бетінің температурасы, °С.

$\Phi_{1-3-8-6}$ – сәуле беретін және сәуле қабылдайтын беттердің арасындағы сәулелендіру коэффициенті.

3.4 3-бөлім бойынша қорытынды

Салыстырмалық өрт жүктемесінің шамасы – 645,7 МДж·м⁻² тең.

Жүргізілген есептеудің нәтижесінде жалынның келесі параметрлері белгіленді:

- жылу ағысының қуаттылығы – 9,71 МВт;
- жалынның биіктігі – 0,579 м;
- жалынның көлбеу проекциясы – 2,931 м;
- жалынның ені – 3,142 м;
- жалынның ось бойындағы ұзындығы – 2,988 м;
- терезедегі жалынның температурасы – 995 К;
- ось бойындағы жалынның температурасы – 828 К.

Сәулелендірудің ұзақтығы 20 минутты құрайды. Сөйтіп, сәулелендірудің көрсетілген ұзақтығы кезінде ағашқа арналған жылу ағысының қауіпті тығыздығы 13 500 Вт·м⁻² тең. Көп қызметтік ғимараттағы өрттен болатын жылу ағысының есептік тығыздығы 6784 Вт·м⁻² тең, ол жылу ағысының қауіпті тығыздығынан аз. Сонымен, көп қызметтік ғимараттағы есептік өрт кезінде көрсетілген уақыт кезеңі ішінде тұрғын ғимараттың қоршау құрылыс конструкциялары өртенбейді деген қорытынды шығаруға болады.

Жалпы қорытынды

Жүргізілген есептің негізінде тұрғын ғимараттың көп қызметтік ғимараттағы есептік өрттен өртену мүмкіндігін бағалау жүргізілді. Көп қызметтік ғимараттың қолданыстағы көлемдік-жоспарлық және конструктивтік шешімдері кезінде оның ішінде өрт болған кездегі жалынның есептік параметрлері: жылу ағысының қуаттылығы – 19,75 МВт; жалынның биіктігі – 1,772 м; жалынның көлбеу проекциясы – 4,256 м; жалынның ені – 5,792 м; жалынның ось бойындағы ұзындығы – 4,61 м; терезедегі жалынның температурасы – 1011 К; ось бойындағы жалынның температурасы – 828 К құрайды. Қауіпті тығыздығы (ағаш үшін $q_{\text{кр}} = 13\,500 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$) бар жылу ағысының нақты қуаттылығын ($q_{1-3-8-6} = 14416,6 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$) салыстырмалық бағалаудың негізінде көрсетілген ғимаратта есептік өрт кезінде қарама-қарсы тұрғын ғимараттың өртенуі болады деген қорытынды шығаруға болады.

Жалынның есептік параметрлерін төмендетуге бағытталған, өртену ауданын азайтудың есебінен, өртке қарсы шаралардың біріне EI (EIW)30 төмен емес өртке төзімділік шегі бар өртке қарсы есіктерді орнату жатады. Бұл жағдайда жылу ағысының тығыздығының мәні $q_{1-3-8-6}=6784,7 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ құрайды және қауіпті $q_{кр}=13\,500 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ мәннен аспайды, сәйкесінше, көп қызметтік ғимараттағы есептік өрт кезінде тұрғын ғимарат өртенбейді.

Есептеудің 2-кешендік мысалы

Шаруашылық құрылысының сауда ғимаратындағы есептік өрттен өртену мүмкіндігін анықтау

1. Жалпы ережелер

Сауда ғимараты ұйымдастыру техникалары мен канцелярия тауарларын сатуға арналған. Ғимараттың мансардасы бар, екі қабаттық, қабырғалары кірпіш пен ұяшықты бетоннан жасалған, илемлік шатырлы екі қабатты баспана бар. Бірінші қабаттың биіктігі – 2,7 м, мансардалық қабаттың биіктігі – 2,5 м. Ғимаратта сауда залы мен дүкеннің қосалқы үй-жайлары орналасқан. Бірінші қабаттағы баспанада от жағатын жай, ұйымдастыру техникаларының қоймасы, кабинеттер орналасқан. Мансардалық қабатта – жұмыс кабинеттері орналасқан.

Шаруашылық құрылыс сауда ғимаратынан 2,2 м қашықтықта орналасқан. Құрылыс ағаштан жасалған және жоспарда 1×2 м өлшемі, 2,3 м биіктігі бар. Жақын терезелік ойыққа дейінгі қашықтық 3 м құрайды. Құрылыс дүкен ғимаратына қатысты 96° бұрышта орналасқан.

Есептік жағдайда ғимаратта болуы мүмкін өрт қабылданды, себебі, ол ішінде үлкен өрт жүктемесі бар түрде үлкен қауіп тудырады және үлкен ірі габариттік өлшемдері бар.

2. Шаруашылық құрылыстың сауда ғимаратындағы есептік өрттен өртену мүмкіндігін анықтау

2.1 Жалынның параметрлерін есептеу

Берілген есептеу осы құралдың 9-бөліміне сәйкес орындалған және:

- ойықтардан шығатын жалынның өлшемдері мен температурасын;
- сәулелену параметрлерін анықтауға мүмкіндік береді.

2.1.1 Есептеудің жалпы ережелері

Қарастырылып отырған өрт секциясында ойықтың саны бірден асатындығына байланысты, есептеуде ары қарай аудан бойынша келтірілген ойықтардың биіктігі h_{eq} , тік ойықтардың A_v суммарлық ауданы және барлық қабырғалардағы ойықтардың суммарлық ені ($w_i=\sum w_i$) пайдалынады.

Талап етілетін өртке төзімділікке (REI) сәйкес келмейтін сыртқы қабырғаның бөліктері жоқ, сондықтан сол арқылы жалын сыртқа шығатын ойық ретінде терезелер ғана қарастырылады.

Сыртқы қабырғадағы ойықтардың суммарлық ауданы ойықтардың жалпы ауданына тең етіп қабылданған, себебі, олардың сомасы өрт секциясының сыртқы қабырғаларының ауданынан 50 % кіші.

Қарастырылатын үй-жайлардың қарама-қарсы жағында өртке ауаның қосымша ену мүмкіндігі болғандықтан есептеу мәжбүрлі желдетудің есебімен орындалады.

Есептеуде жалынның ойықтардан шығуының екі ықтимал жағдайы қарастырылады:

- жалынның ғимарат қасбетіне перпендикуляр шығу кезі (желдің жалынның геометриялық параметрлеріне әсер етуінің есебісіз);
- желдің әсер етуінің салдарынан жалынның ғимарат қасбетіне 45° ауытқумен шығуы кезі.

2.1.2 Мәжбүрлі желдетудің есебімен өрттің және жалынның есептік параметрлерін анықтау

Өрттің жылу ағысының қуаттылығы мына формула бойынша анықталады:

$$Q = \frac{A_f \cdot q_{f,d}}{\tau_F} = \frac{52,24 \times 250}{1200} = 10,88 \text{ МВт},$$

мұнда A_f – өрт секциясының еденінің ауданы, м²;

$q_{f,d}$ – еденнің ауданына жатқызылған есептік салыстырмалық өрт жүктемесі, A_f , МДж·м⁻²;

τ_F – өрттің еркін дамуының ұзақтығы, 1200 с етіп қабылданады.

Барлық қабырғалардағы тік ойықтардың суммарлық ауданы төмендегіге тең:

$$A_v = \sum A_{v,i} = A_{ок} \cdot N_{ок} + A_{дв} \cdot N_{дв} = 2,196 \times 3 + 2,091 \times 1 = 8,678 \text{ м}^2,$$

мұнда $A_{v,i}$ – i ойықтың ауданы, м²;

Аудан бойынша келтірілген барлық қабырғалардағы ойықтардың биіктігі мына формула бойынша анықталады:

$$h_{eq} = \sum (A_{v,i} \cdot h_i) / A_v = (A_{ок} \cdot h_{ок} \cdot N_{ок} + A_{дв} \cdot h_{дв} \cdot N_{дв}) / A_v = (2,20 \times 1,83 \times 3 + 2,09 \times 2,07 \times 1) / 8,68 = 1,89 \text{ м},$$

мұнда h_i – i ойықтың биіктігі, м.

Желдің $u = 6 \text{ м·с}^{-1}$, биіктігін қабылдай отырып, жалынның биіктігі (9.4-сурет) мына формула бойынша анықталады:

$$L_L \approx 0,628 \cdot Q / A_v^{1/2} - h_{eq} = 0,628 \times 10,88 / 8,68^{1/2} - 1,89 = 0,43 \text{ м},$$

мұнда A_v – барлық қабырғалардағы тік ойықтардың суммарлық ауданы, $A_v = \sum A_{v,i}$.

Жалынның көлбеу проекциясы мына формула бойынша анықталады:

$$L_H = 1,33 \cdot (L_L + h_{eq}) / h_{eq}^{0,22} = 1,33 \times (0,43 + 1,89) / 1,89^{0,22} = 2,68 \text{ м}.$$

Жалынның ені мына формула бойынша анықталады:

$$w_f = w_t + 0,4 \cdot L_H = 3,6 + 0,4 \times 2,68 = 4,67 \text{ м},$$

мұнда w_t – төмендегідей анықталатын барлық қабырғалардағы ойықтардың суммарлық ені:

$$w_t = \sum w_i = w_{ок} \cdot N_{ок} = 1,2 \times 3 = 3,6 \text{ м}.$$

Ось бойындағы жалынның ұзындығы мына формула бойынша анықталады:

$$L_f = (L_L^2 + L_H^2)^{1/2} = (0,43^2 + 2,68^2)^{1/2} = 2,72 \text{ м}.$$

Терезедегі жалынның температурасы мына формула бойынша анықталады:

$$T_w = 520 / (1 - 0,3325 L_f \cdot (A_v)^{1/2} / Q) + T_0 = 520 / (1 - 0,3325 \times 2,72 \times (8,68)^{1/2} / 10,88) + 308 = 996 \text{ К}.$$

Төмендегі теңдеудің орындалуына тексеру жүргізіледі:

$$\begin{aligned} L_f \cdot (A_v)^{1/2} / Q &< 1; \\ 2,72 \times (8,68)^{1/2} / 10,88 &< 1; \\ 0,736 &< 1. \end{aligned}$$

Теңдеу орындалып жатқандықтан, ары қарай есептеу үшін терезедегі жалынның 996 К тең температурасы қабылданады.

Ось бойындағы жалынның температурасы мына формула бойынша анықталады:

$$T_z = \left(1 - 0,3325 \cdot \frac{L_x \cdot \sqrt{A_v}}{Q} \right) \cdot (T_w - T_0) + T_0 = \left(1 - 0,3325 \times \frac{2,68 \times \sqrt{8,68}}{10,88} \right) \times (996 - 308) + 308 = 830 \text{ Ê},$$

мұнда L_x – терезеден есеп жүргізіліп отырған нүктеге дейінгі осьтік қашықтық, м.

2.1.3 Қорытынды

Есептеудің нәтижесінде жалынның келесі параметрлері белгіленген:

- жылу ағысының қуаттылығы – 10,88 МВт;
- жалынның биіктігі – 0,43 м;
- жалынның көлбеу проекциясы – 2,68 м;
- жалынның ені – 4,67 м;
- ось бойындағы жалынның ұзындығы – 2,72 м;
- терезедегі жалынның температурасы – 996 К;
- ось бойындағы жалынның температурасы – 830 К.

2.2 Имаратты сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін есептеу

2.2.1 Қолдану шарттары

Имаратты сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін есептеу кезінде барлық беттердің тік бұрышты формаға ие екендігі шамаланады. Көрсетілген жағдай өрт секциясының қабырғаларындағы терезелерге және басқа ойықтарға, сонымен қатар жалынның эквиваленттік тік бұрыштарына қатысты.

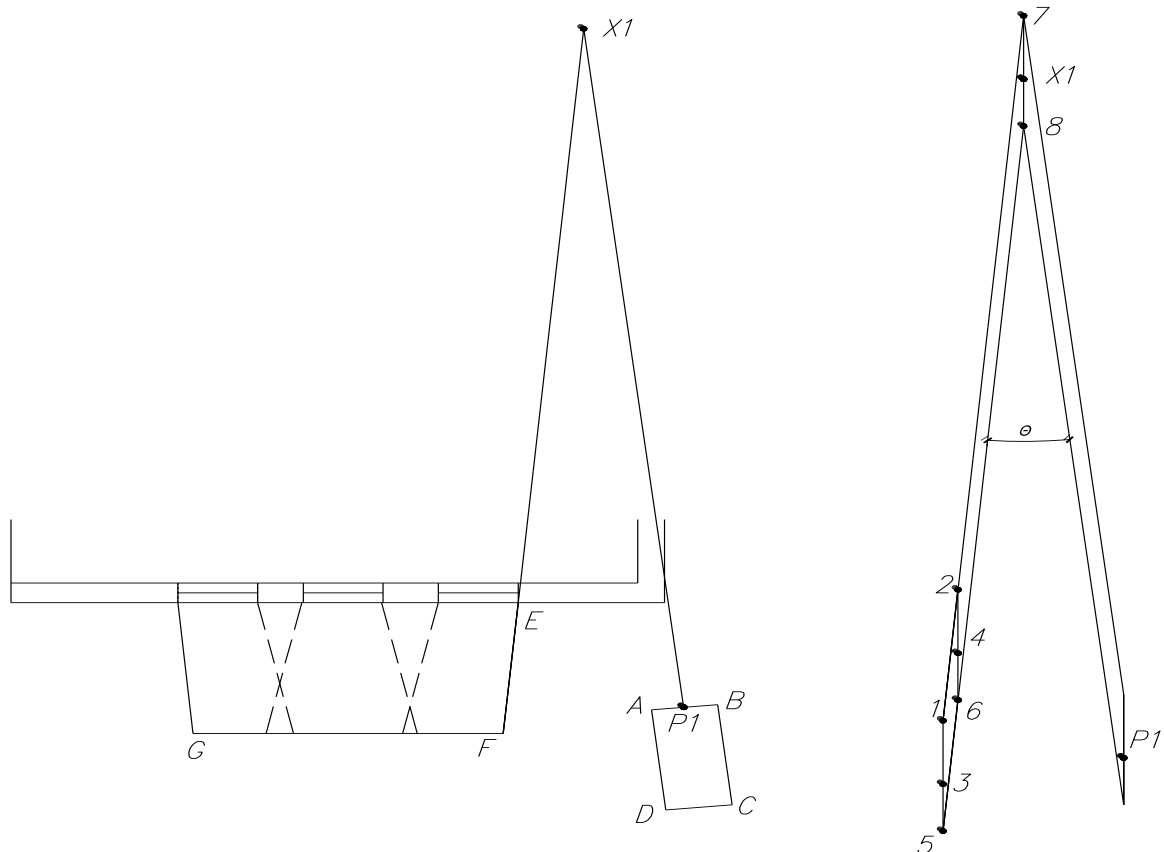
Имараттың қыздырылатын әрбір бетін сәулелендірудің бұрыштық коэффициенті қыздырылатын бетте P нүктесінен көрінетін бетті сәулелендіруші аймақтың әрқайсысынан алынатын үлестің сомасы сияқты анықталады. Бұл аймақтар көлбеу сызықтардың қыздыратын бетке перпендикуляр сызықтармен қиысу орындарында болатын X нүктесіне қатысты анықталады. P нүктесінен көрінбейтін аймақтардан алынатын үлестер ескерілмейді.

2.2.2 $E-F$ жалынынан $A-B$ жағы

X_1 нүктесі сәуленетін беттен тыс жатқандықтан $E-F$ жалын жағынан сәулелендірудің тиімді бұрыштық коэффициенті X_1 -ден сәуленетін беттің алыстатылған шетіне дейін соғылған екі тік бұрыштардың үлесін сомалаумен, және X_1 -ден сәуленетін беттің жақын жатқан шетіне дейін соғылған екі тік бұрыштардың үлесін есептеумен анықталынады (14.14-сурет).

$E-F$ жалынынан $A-B$ жағы – 1-3- X_1-7 (1)

Жалынның $E-F$ жағының 1-3- X_1-7 тік бұрышынан $A-B$ жағы үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін анықтаудың схемасы 14.14-суретте берілген.



14.14-сурет – Сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін анықтаудың схемасы

Сәулелендірудің бұрыштық коэффициентінің үлесі мына формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned} \Phi_{1-3-01-7}^{\lambda-\hat{A}} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\hat{a}) - \frac{(1 - b \cdot \cos \theta)}{\sqrt{1 + b^2 - 2 \cdot b \cdot \cos \theta}} \cdot \tan^{-1} \left(\frac{\hat{a}}{\sqrt{1 + b^2 - 2 \cdot b \cdot \cos \theta}} \right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\hat{a} \cdot \cos \theta}{\sqrt{\hat{a}^2 + \sin^2 \theta}} \left[\tan^{-1} \left(\frac{(b - \cos \theta)}{\sqrt{\hat{a}^2 + \sin^2 \theta}} \right) + \tan^{-1} \left(\frac{\cos \theta}{\sqrt{\hat{a}^2 + \sin^2 \theta}} \right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(0,093) - \frac{(1 - 1,037 \times \cos 0,19)}{\sqrt{1 + 1,037^2 - 2 \times 1,037 \times \cos 0,19}} \times \tan^{-1} \left(\frac{0,093}{\sqrt{1 + 1,037^2 - 2 \times 1,037 \times \cos 0,19}} \right) + \right. \\ &+ \left. \frac{0,093 \times \cos 1,67}{\sqrt{0,093^2 + \sin^2 0,19}} \left[\tan^{-1} \left(\frac{(1,037 - \cos 0,19)}{\sqrt{0,093^2 + \sin^2 0,19}} \right) + \tan^{-1} \left(\frac{\cos 0,19}{\sqrt{0,093^2 + \sin^2 0,19}} \right) \right] \right] = 0,133, \end{aligned}$$

мұнда $a = h_{1-3}/s = 1,3/13,96 = 0,093$;

$b = w_{1-7}/s = 14,47/13,96 = 1,037$;

s – P_1 нүктесінен X_1 нүктесіне дейінгі қашықтық (14.14-сурет);

h_{1-3} – беттерді сәулелендіру аймақтарының биіктігі (14.14-сурет);

w_{1-7} – беттерді сәулелендіру аймақтарының ені (14.14-сурет).

***E-F* жалынынан *A-B* жағы – 3-Х1-8-5 (2) тік бұрышы**

Жалынның *E-F* жағының 3-Х1-8-5 тік бұрышынан *A-B* жағы үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициентінің үлесі мына формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned} \Phi^{\hat{A}-\hat{A}}_{3-\hat{a}1-8-5} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\hat{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\hat{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\hat{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\hat{a}^2 + \sin^2\theta}} \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b - \cos\theta)}{\sqrt{\hat{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\hat{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(0,069) - \frac{(1-1,037 \times \cos 0,19)}{\sqrt{1+1,037^2-2 \times 1,037 \times \cos 0,19}} \times \tan^{-1}\left(\frac{0,069}{\sqrt{1+1,037^2-2 \times 1,037 \times \cos 0,19}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{0,069 \times \cos 1,67}{\sqrt{0,069^2 + \sin^2 0,19}} \left[\tan^{-1}\left(\frac{(1,037 - \cos 0,19)}{\sqrt{0,069^2 + \sin^2 0,19}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 0,19}{\sqrt{0,069^2 + \sin^2 0,19}}\right) \right] \right] = 0,103, \end{aligned}$$

мұнда $a=h_{5-3}/s=0,96/13,96=0,069$;

$b=w_{1-7}/s=14,47/13,96=1,037$;

$s - P_1$ нүктесінен X_1 нүктесіне дейінгі қашықтық (14.14-сурет);

h_{5-3} – беттерді сәулелендіру аймақтарының биіктігі (14.14-сурет);

w_{1-7} – беттерді сәулелендіру аймақтарының ені (14.14-сурет).

***E-F* жалынынан *A-B* жағы – 2-4-Х1-7 (3) тік бұрышы**

Жалынның *E-F* жағының 2-4-Х1-7 тік бұрышынан *A-B* жағы үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициентінің үлесі мына формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned} \Phi^{\hat{A}-\hat{A}}_{2-4-\hat{a}1-7} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\hat{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\hat{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\hat{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\hat{a}^2 + \sin^2\theta}} \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b - \cos\theta)}{\sqrt{\hat{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\hat{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(0,093) - \frac{(1-0,845 \times \cos 0,19)}{\sqrt{1+0,845^2-2 \times 0,845 \times \cos 0,19}} \times \tan^{-1}\left(\frac{0,093}{\sqrt{1+0,845^2-2 \times 0,845 \times \cos 0,19}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{0,093 \times \cos 1,67}{\sqrt{0,093^2 + \sin^2 0,19}} \left[\tan^{-1}\left(\frac{(0,845 - \cos 0,19)}{\sqrt{0,093^2 + \sin^2 0,19}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 0,19}{\sqrt{0,093^2 + \sin^2 0,19}}\right) \right] \right] = 0,025, \end{aligned}$$

мұнда $a=h_{1-3}/s=1,3/13,96=0,093$;

$b=w_{2-7}/s=11,79/13,96=0,845$;

$s - P_1$ нүктесінен X_1 нүктесіне дейінгі қашықтық (14.14-сурет);

h_{2-4} – беттерді сәулелендіру аймақтарының биіктігі (14.14-сурет);

w_{2-7} – беттерді сәулелендіру аймақтарының ені (14.14-сурет).

***E-F* жалынынан *A-B* жағы – 4-*X*₁-8-6 (4) тік бұрышы**

Жалынның ***E-F*** жағының **4-*X*₁-8-6** тік бұрышынан ***A-B*** жағы үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициентінің үлесі мына формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned} \Phi_{4-8-6}^{\dot{A}-\dot{A}} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(0,069) - \frac{(1-0,845 \times \cos 0,19)}{\sqrt{1+0,845^2-2 \times 0,845 \times \cos 0,19}} \times \tan^{-1}\left(\frac{0,069}{\sqrt{1+0,845^2-2 \times 0,845 \times \cos 0,19}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{0,069 \times \cos 0,19}{\sqrt{0,069^2 + \sin^2 0,19}} \left[\tan^{-1}\left(\frac{(0,845-\cos 0,19)}{\sqrt{0,069^2 + \sin^2 0,19}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 0,19}{\sqrt{0,069^2 + \sin^2 0,19}}\right) \right] \right] = 0,019, \end{aligned}$$

мұнда $a=h_{4-6}/s=0,96/13,96=0,069$;

$b=w_{2-7}/s=11,79/13,96=0,845$;

$s - P_1$ нүктесінен X_1 нүктесіне дейінгі қашықтық (14.14-сурет);

h_{5-3} – беттерді сәулелендіру аймақтарының биіктігі (14.14-сурет);

w_{2-7} – беттерді сәулелендіру аймақтарының ені (14.14-сурет).

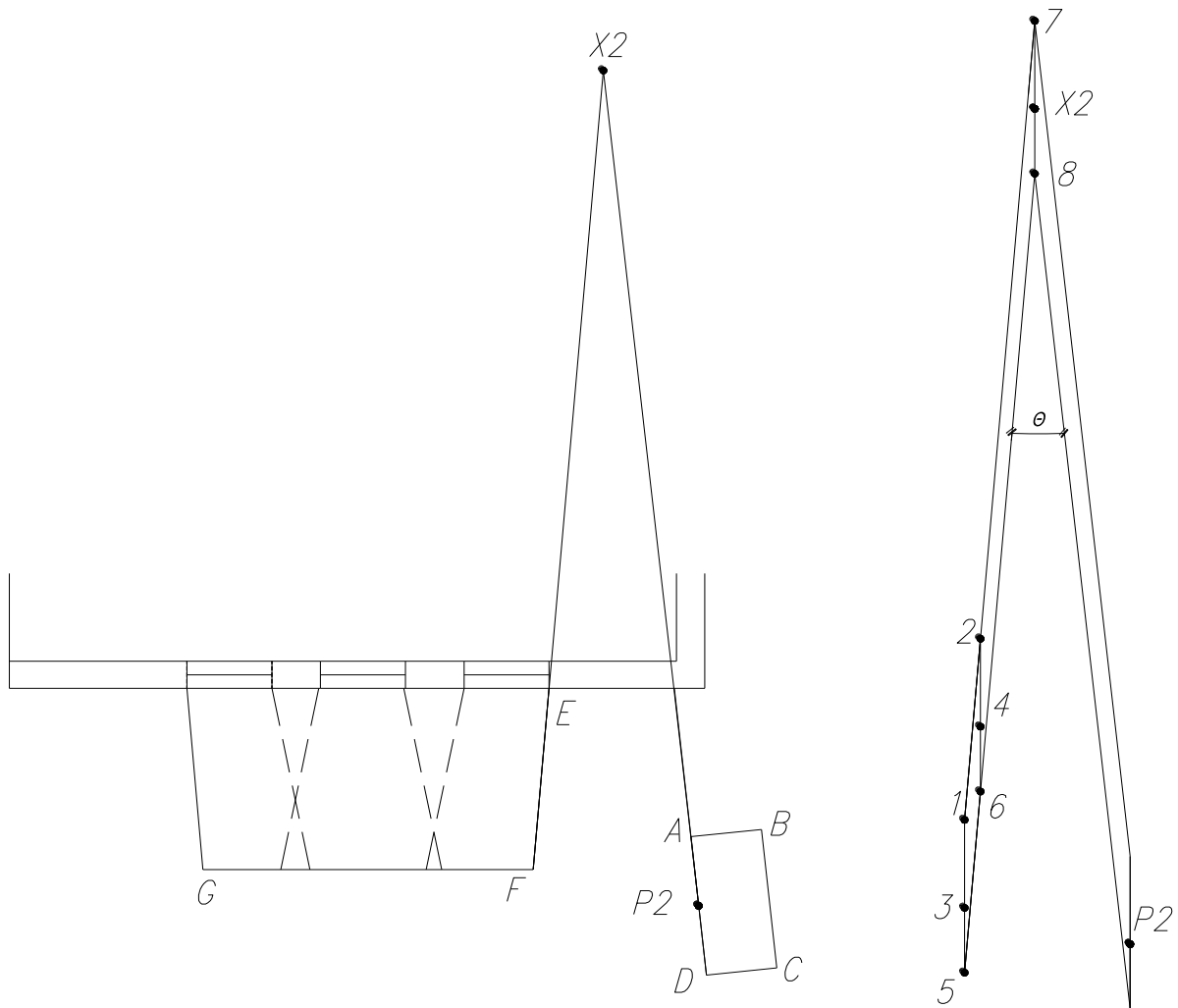
E-F жалынынан ***A-B*** беті үшін сәулелендірудің жалпы бұрыштық коэффициенті:

$$\Phi_{E-F}^{A-B} = \Phi_{1-3-X_1-7}^{A-B} + \Phi_{3-X_1-8-5}^{A-B} - \Phi_{2-3-X_1-7}^{A-B} - \Phi_{4-X_1-8-6}^{A-B} = 0,133 + 0,103 - 0,025 - 0,019 = 0,192 \text{ құрайды.}$$

P_1 нүктесінен көрінбейтін аймақтардан болатын үлестер ескерілмегендіктен, ***E-F*** жалынынан ***A-B*** беті үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициенті нөлге тең болады (14.14-сурет).

2.2.3 *E-F* жалынынан *A-D* жағы – 1-3-*X*₂-7 (1) тік бұрышы

Жалынның ***E-F*** жағының **1-3-*X*₂-7** тік бұрышынан ***A-B*** жағы үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін анықтаудың схемасы 14.15-суретте берілген.



14.15-сурет – Сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін анықтаудың схемасы

Сәулелендірудің бұрыштық коэффициентінің үлесі мына формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned} \Phi_{1-3-02-7}^{\lambda-\lambda} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1 - b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1 + b^2 - 2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1 + b^2 - 2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b - \cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(0,105) - \frac{(1 - 0,954 \times \cos 0,19)}{\sqrt{1 + 0,954^2 - 2 \times 0,954 \times \cos 0,19}} \times \tan^{-1}\left(\frac{0,105}{\sqrt{1 + 0,954^2 - 2 \times 0,954 \times \cos 0,19}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{0,105 \times \cos 0,19}{\sqrt{0,105^2 + \sin^2 0,19}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(0,954 - \cos 0,19)}{\sqrt{0,105^2 + \sin^2 0,19}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 0,19}{\sqrt{0,105^2 + \sin^2 0,19}}\right) \right] \right] = 0,083, \end{aligned}$$

мұнда $a=h_{1-3}/s=1,3/12,43=0,105$;

$b=w_{1-7}/s=11,86/12,43=0,954$;

$s - P_2$ нүктесінен X_2 нүктесіне дейінгі қашықтық (14.15-сурет);

h_{1-3} – беттерді сәулелендіру аймақтарының биіктігі (14.15-сурет);

w_{1-7} – беттерді сәулелендіру аймақтарының ені (14.15-сурет).

***E-F* жалынынан *A-D* жағы – 3- X_2 -8-5 (2) тік бұрышы**

Жалынның ***E-F*** жағының **3- X_2 -8-5** тік бұрышынан ***A-D*** жағы үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициентінің үлесі мына формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned} \Phi^{\lambda-\lambda}_{3\sigma 2-8-5} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(0,077) - \frac{(1-0,954 \times \cos 0,19)}{\sqrt{1+0,954^2-2 \times 0,954 \times \cos 0,19}} \times \tan^{-1}\left(\frac{0,077}{\sqrt{1+0,954^2-2 \times 0,954 \times \cos 0,19}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{0,077 \times \cos 0,19}{\sqrt{0,077^2 + \sin^2 0,19}} \left[\tan^{-1}\left(\frac{(0,954-\cos 0,19)}{\sqrt{0,077^2 + \sin^2 0,19}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 0,19}{\sqrt{0,077^2 + \sin^2 0,19}}\right) \right] \right] = 0,065, \end{aligned}$$

мұнда $a=h_{5-3}/s=1,3/12,43=0,105$;

$b=w_{1-7}/s=11,86/12,43=0,954$;

$s - P_2$ нүктесінен X_2 нүктесіне дейінгі қашықтық (14.15-сурет);

h_{1-3} – беттерді сәулелендіру аймақтарының биіктігі (14.15-сурет);

w_{1-7} – беттерді сәулелендіру аймақтарының ені (14.15-сурет).

***E-F* жалынынан *A-D* жағы – 2-4- X_2 -7 (3) тік бұрышы**

Жалынның ***E-F*** жағының **2-4- X_2 -7** тік бұрышынан ***A-D*** жағы үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициентінің үлесі.

Сәулелендірудің бұрыштық коэффициентінің үлесі мына формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned}\Phi^{\hat{A}-\hat{A}}_{2-4-\hat{\sigma}2-7} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\hat{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\hat{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\hat{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\hat{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\hat{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\hat{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(0,105) - \frac{(1-0,738 \times \cos 0,19)}{\sqrt{1+0,738^2-2 \times 0,738 \times \cos 0,19}} \times \tan^{-1}\left(\frac{0,105}{\sqrt{1+0,738^2-2 \times 0,738 \times \cos 0,19}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{0,105 \times \cos 0,19}{\sqrt{0,105^2 + \sin^2 0,19}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(0,738-\cos 0,19)}{\sqrt{0,105^2 + \sin^2 0,19}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 0,19}{\sqrt{0,105^2 + \sin^2 0,19}}\right) \right] \right] = 0,009,\end{aligned}$$

мұнда $a=h_{2-4}/s=1,3/12,43=0,105$;

$b=w_{2-7}/s=9,17/12,43=0,738$;

$s - P_2$ нүктесінен X_2 нүктесіне дейінгі қашықтық (14.15-сурет);

h_{1-3} – беттерді сәулелендіру аймақтарының биіктігі (14.15-сурет);

w_{1-7} – беттерді сәулелендіру аймақтарының ені (14.15-сурет).

***E-F* жалынынан *A-D* жағы – 4- X_2 -8-6 (4) тік бұрышы**

Жалынның ***E-F*** жағының **4- X_2 -8-6** тік бұрышынан ***A-D*** жағы үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициентінің үлесі мына формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned}\Phi^{\hat{A}-\hat{A}}_{4-\hat{\sigma}2-8-6} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\hat{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\hat{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\hat{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\hat{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\hat{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\hat{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(0,077) - \frac{(1-0,738 \times \cos 0,19)}{\sqrt{1+0,738^2-2 \times 0,738 \times \cos 0,19}} \times \tan^{-1}\left(\frac{0,077}{\sqrt{1+0,738^2-2 \times 0,738 \times \cos 0,19}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{0,077 \times \cos 0,19}{\sqrt{0,077^2 + \sin^2 0,19}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(0,738-\cos 0,19)}{\sqrt{0,077^2 + \sin^2 0,19}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 0,19}{\sqrt{0,077^2 + \sin^2 0,19}}\right) \right] \right] = 0,007,\end{aligned}$$

мұнда $a=h_{5-3}/s=1,3/12,43=0,105$;

$b=w_{1-7}/s=11,86/12,43=0,954$;

$s - P_2$ нүктесінен X_2 нүктесіне дейінгі қашықтық (14.15-сурет);

h_{1-3} – беттерді сәулелендіру аймақтарының биіктігі (14.15-сурет);

w_{1-7} – беттерді сәулелендіру аймақтарының ені (14.15-сурет).

***E-F* жалынынан *A-D* жағы үшін сәулелендірудің жалпы бұрыштық коэффициенті:**

$$\Phi^{A-D}_{E-F} = \Phi^{A-D}_{1-3-X_2-7} + \Phi^{A-D}_{3-X_2-8-5} - \Phi^{A-D}_{2-3-X_2-7} - \Phi^{A-D}_{4-X_2-8-6} = 0,083 + 0,065 - 0,009 - 0,007 = 0,132 \text{ құрайды.}$$

***F-G* жалынынан *A-B* жағы – 1-3- X_3 -7 (1) тік бұрышы**

Жалынның *F-G* жағының 1-3- X_2 -7 тік бұрышынан *A-B* жағы үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін анықтаудың схемасы 14.16-суретте берілген.

Сәулелендірудің бұрыштық коэффициентінің үлесі мына формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned} \Phi^{\hat{A}-\hat{A}}_{1-3-\hat{O}3-7} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\hat{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\hat{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\hat{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\hat{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\hat{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\hat{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(2,407) - \frac{(1-12,870 \times \cos 1,67)}{\sqrt{1+12,870^2-2 \times 12,870 \times \cos 1,67}} \times \tan^{-1}\left(\frac{2,407}{\sqrt{1+12,870^2-2 \times 12,870 \times \cos 1,67}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{2,407 \times \cos 1,67}{\sqrt{2,407^2 + \sin^2 1,67}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(12,870 - \cos 1,67)}{\sqrt{2,407^2 + \sin^2 1,67}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 1,67}{\sqrt{2,407^2 + \sin^2 1,67}}\right) \right] \right] = 0,163, \end{aligned}$$

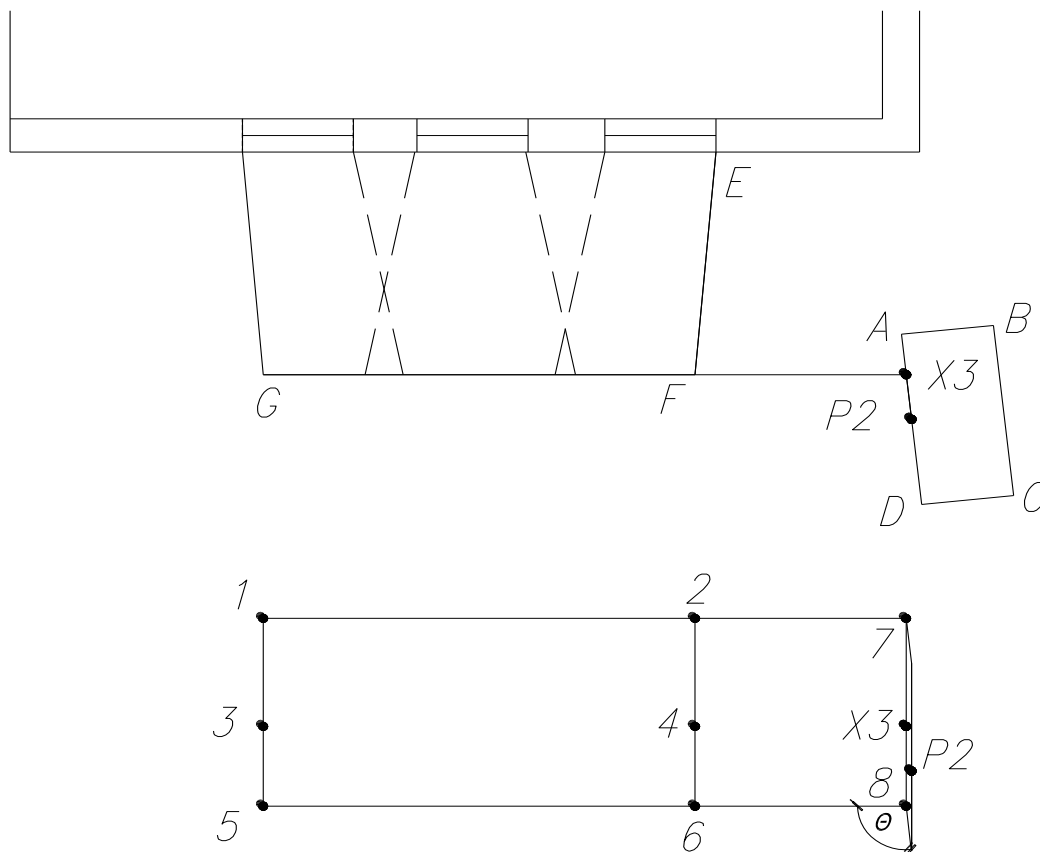
мұнда $a=h_{1-3}/s=1,3/0,54=2,407$;

$b=w_{1-7}/s=6,95/0,54=12,870$;

$s - P_2$ нүктесінен X_3 нүктесіне дейінгі қашықтық (14.16-сурет);

h_{1-3} – беттерді сәулелендіру аймақтарының биіктігі (14.16-сурет);

w_{1-7} – беттерді сәулелендіру аймақтарының ені (14.16-сурет).



14.16-сурет – Сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін анықтаудың схемасы

***F-G* жалынынан *A-D* жағы – 3-Х3-8-5 (2) тік бұрышы**

Жалынның *F-G* жағының 3-Х3-8-5 тік бұрышынан *A-D* жағы үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициентінің үлесі мына формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned} \Phi_{3-8-5}^{A-A} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(1,778) - \frac{(1-12,870 \times \cos 1,67)}{\sqrt{1+12,870^2-2 \times 12,870 \times \cos 1,67}} \times \tan^{-1}\left(\frac{1,778}{\sqrt{1+12,870^2-2 \times 12,870 \times \cos 1,67}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{1,778 \times \cos 1,67}{\sqrt{1,778^2 + \sin^2 1,67}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(12,870 - \cos 1,67)}{\sqrt{1,778^2 + \sin^2 1,67}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 1,67}{\sqrt{1,778^2 + \sin^2 1,67}}\right) \right] \right] = 0,146, \end{aligned}$$

мұнда $a=h_{1-3}/s=0,96/0,54=1,778$;

$b=w_{1-7}/s=6,95/0,54=12,870$;

s – P_2 нүктесінен X_3 нүктесіне дейінгі қашықтық (14.16-сурет);

h_{5-3} – беттерді сәулелендіру аймақтарының биіктігі (14.16-сурет);

w_{1-7} – беттерді сәулелендіру аймақтарының ені (14.16-сурет).

F-G жалынынан A-D жағы – 2-4-X3-7 (3) тік бұрышы

Жалынның **F-G** жағының **2-4-X3-7 (3)** тік бұрышынан **A-D** жағы үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициентінің үлесі мына формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned} \Phi^{\dot{A}-\dot{A}}_{2-4-03-7} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(2,407) - \frac{(1-4,222 \times \cos 1,67)}{\sqrt{1+4,222^2-2 \times 4,222 \times \cos 1,67}} \times \tan^{-1}\left(\frac{2,407}{\sqrt{1+4,222^2-2 \times 4,222 \times \cos 1,67}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{2,407 \times \cos 1,67}{\sqrt{2,407^2 + \sin^2 1,67}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(4,222 - \cos 1,67)}{\sqrt{2,407^2 + \sin^2 1,67}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 1,67}{\sqrt{2,407^2 + \sin^2 1,67}}\right) \right] \right] = 0,148, \end{aligned}$$

мұнда $a=h_{2-4}/s=1,3/0,54=2,407$;

$b=w_{2-7}/s=2,28/0,54=4,222$;

$s - P_2$ нүктесінен X_3 нүктесіне дейінгі қашықтық (14.16-сурет);

h_{2-4} – беттерді сәулелендіру аймақтарының биіктігі (14.16-сурет);

w_{2-7} – беттерді сәулелендіру аймақтарының ені (14.16-сурет).

F-G жалынынан A-D жағы – 4-X3-8-6 (4) тік бұрышы

Жалынның **F-G** жағының **4-X3-8-6 (4)** тік бұрышынан **A-D** жағы үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициентінің үлесі мына формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned} \Phi^{\dot{A}-\dot{A}}_{4-03-8-6} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(1,778) - \frac{(1-4,222 \times \cos 1,67)}{\sqrt{1+4,222^2-2 \times 4,222 \times \cos 1,67}} \times \tan^{-1}\left(\frac{1,778}{\sqrt{1+4,222^2-2 \times 4,222 \times \cos 1,67}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{1,778 \times \cos 1,67}{\sqrt{1,778^2 + \sin^2 1,67}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(4,222 - \cos 1,67)}{\sqrt{1,778^2 + \sin^2 1,67}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 1,67}{\sqrt{1,778^2 + \sin^2 1,67}}\right) \right] \right] = 0,134, \end{aligned}$$

мұнда $a=h_{4-6}/s=0,96/0,54=1,778$;

$b=w_{1-7}/s=6,95/0,54=12,870$;

$s - P_2$ нүктесінен X_3 нүктесіне дейінгі қашықтық (14.16-сурет);

h_{1-3} – беттерді сәулелендіру аймақтарының биіктігі (14.16-сурет);

w_{1-5} – беттерді сәулелендіру аймақтарының ені (14.16-сурет).

F-G жалынынан ***A-D*** жағы үшін сәулелендірудің жалпы бұрыштық коэффициенті:

$$\Phi^{A-D}_{F-G} = \Phi^{A-D}_{1-3-X3-7} + \Phi^{A-D}_{3-X3-8-5} - \Phi^{A-D}_{2-3-X3-7} - \Phi^{A-D}_{4-X3-8-6} = 0,163 + 0,146 - 0,148 - 0,134 = 0,027 \text{ құрайды.}$$

E-F-G жалынынан ***A-D*** жағы үшін сәулелендірудің жалпы бұрыштық коэффициенті:

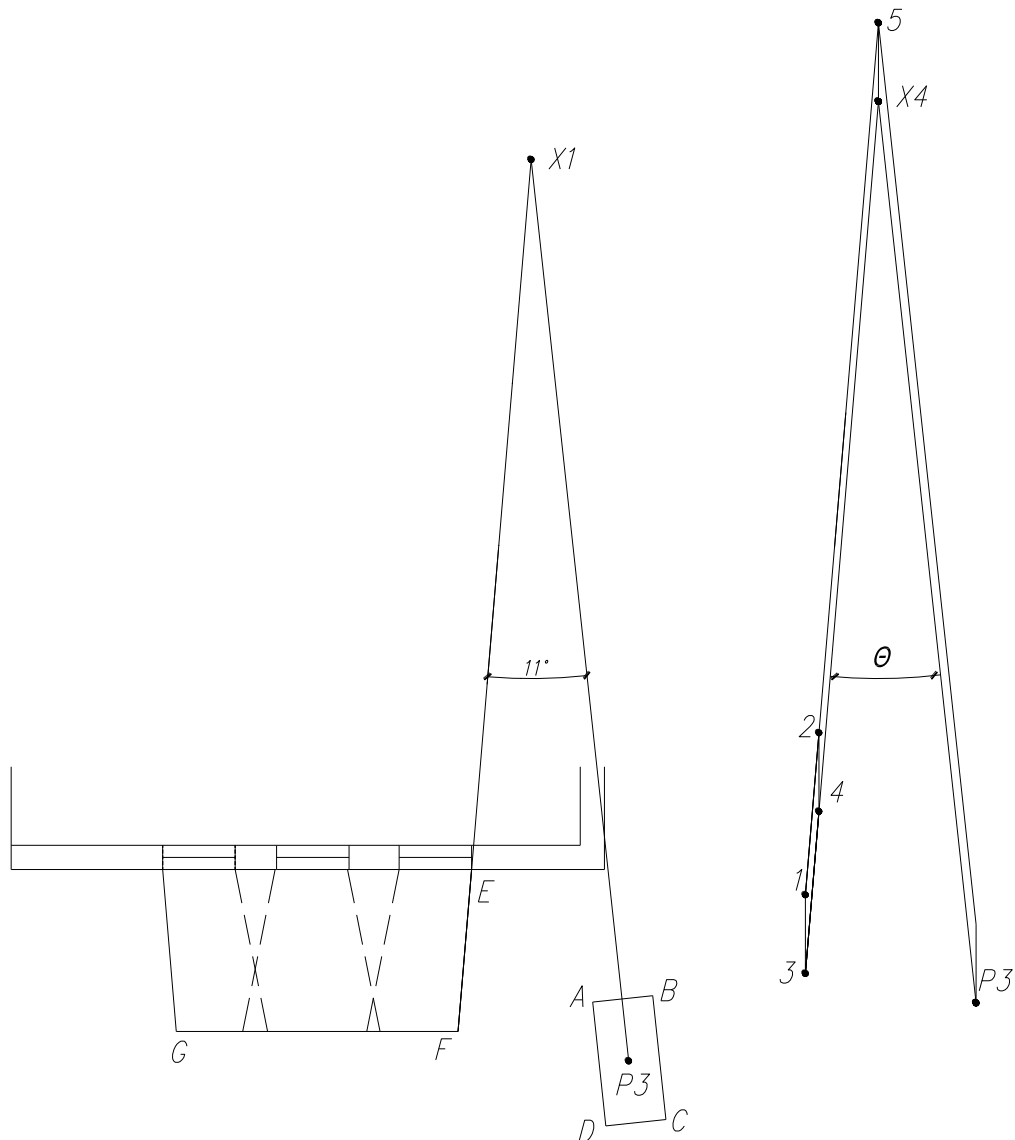
$$\Phi^{A-D}_{E-F-G} = \Phi^{A-D}_{E-F} + \Phi^{A-D}_{F-G} = 0,132 + 0,027 = 0,159 \text{ құрайды.}$$

2.2.4 *E-F* жалынынан имараттың шатырында орналасқан P_3 нүктесі

X_4 нүктесі сәулелендіретін беттен тыс жатқанына байланысты ***E-F*** жалыны жақтан болатын сәулелендірудің тиімді бұрыштық коэффициенті X_4 -тен сәуле беретін беттің алыстатылған шетіне дейінгі соғылған тік бұрыштың үлесімен және X_4 -тен сәуле беретін беттің жақын жатқан шетіне дейін соғылған тік бұрыштың үлесін санаумен анықталады (14.17-сурет).

***E-F* жалынынан – 1-3- X_4 -5 (1) тік бұрышы, имараттың шатырында орналасқан P_3 нүктесі**

Жалынның ***E-F*** жағының **1-3- X_4 -5** тік бұрышынан P_3 нүктесі үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін анықтаудың схемасы 14.17-суретте берілген.



14.17-сурет – Сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін анықтаудың схемасы

Сәулелендірудің бұрыштық коэффициентінің үлесі мына формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned}
 \Phi_{1-3-5}^{P3} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1 - b \cdot \cos \theta)}{\sqrt{1 + b^2 - 2 \cdot b \cdot \cos \theta}} \cdot \tan^{-1} \left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1 + b^2 - 2 \cdot b \cdot \cos \theta}} \right) + \right. \\
 &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos \theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2 \theta}} \cdot \left[\tan^{-1} \left(\frac{(b - \cos \theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2 \theta}} \right) + \tan^{-1} \left(\frac{\cos \theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2 \theta}} \right) \right] \right] = \\
 &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(0,087) - \frac{(1 - 0,965 \times \cos 0,1)}{\sqrt{1 + 0,965^2 - 2 \times 0,965 \times \cos 0,1}} \times \tan^{-1} \left(\frac{0,087}{\sqrt{1 + 0,965^2 - 2 \times 0,965 \times \cos 0,1}} \right) + \right. \\
 &+ \left. \frac{0,087 \times \cos 0,1}{\sqrt{0,087^2 + \sin^2 0,1}} \times \left[\tan^{-1} \left(\frac{(0,965 - \cos 0,1)}{\sqrt{0,087^2 + \sin^2 0,1}} \right) + \tan^{-1} \left(\frac{\cos 0,1}{\sqrt{0,087^2 + \sin^2 0,1}} \right) \right] \right] = 0,097,
 \end{aligned}$$

мұнда $a=h_{1-3}/s=1,3/15,0=0,087$;

$b=w_{1-5}/s=14,47/15,0=0,965$;

$s - P_3$ нүктесінен X_4 нүктесіне дейінгі қашықтық (14.17-сурет);

h_{1-3} – беттерді сәулелендіру аймақтарының биіктігі (14.17-сурет);

w_{1-5} – беттерді сәулелендіру аймақтарының ені (14.17-сурет).

***E-F* жалынынан – 2-4- X_4 -5 (2) тік бұрышы, имараттың шатырында орналасқан P_3 нүктесі**

Жалынның ***E-F*** жағының **2-4- X_4 -5** тік бұрышынан P_3 нүктесі үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициентінің үлесі мына формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned} \Phi_{2-4-5}^{P_3} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(0,087) - \frac{(1-0,786 \times \cos 0,1)}{\sqrt{1+0,786^2-2 \times 0,786 \times \cos 0,1}} \times \tan^{-1}\left(\frac{0,087}{\sqrt{1+0,786^2-2 \times 0,786 \times \cos 0,1}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{0,087 \times \cos 0,1}{\sqrt{0,087^2 + \sin^2 0,1}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(0,786-\cos 0,1)}{\sqrt{0,087^2 + \sin^2 0,1}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 0,1}{\sqrt{0,087^2 + \sin^2 0,1}}\right) \right] \right] = 0,097, \end{aligned}$$

мұнда $a=h_{2-4}/s=1,3/15,0=0,087$;

$b=w_{2-5}/s=11,79/15,0=0,786$;

$s - P_3$ нүктесінен X_4 нүктесіне дейінгі қашықтық (14.17-сурет);

h_{1-3} – беттерді сәулелендіру аймақтарының биіктігі (14.17-сурет);

w_{1-5} – беттерді сәулелендіру аймақтарының ені (14.17-сурет).

***E-F* жалынынан имараттың шатырында орналасқан P_3 нүктесі үшін сәулелендірудің жалпы бұрыштық коэффициенті:**

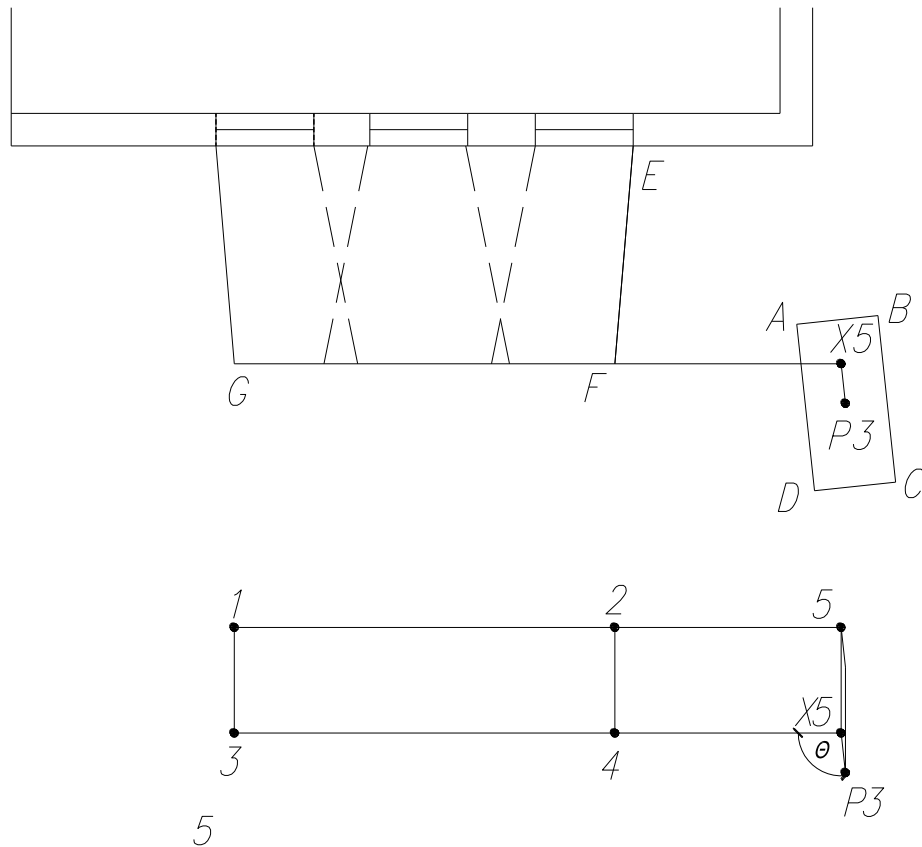
$$\Phi_{E-F}^{P_3} = \Phi_{1-3-X_4-5}^{P_3} - \Phi_{2-4-X_4-5}^{P_3} = 0,097 - 0,005 = 0,092 \text{ құрайды.}$$

2.2.5 *F-G* жалынынан имараттың шатырында орналасқан P_3 нүктесі

X_5 нүктесі сәулелендіретін беттен тыс жатқанына байланысты ***F-G*** жалыны жақтан болатын сәулелендірудің тиімді бұрыштық коэффициенті X_5 -тен сәуле беретін беттің алыстатылған шетіне дейінгі соғылған тік бұрыштың үлесімен және X_5 -тен сәуле беретін беттің жақын жатқан шетіне дейін соғылған тік бұрыштың үлесін санаумен анықталады (14.18-сурет).

***F-G* жалынынан – 1-3- X_5 -5 (1) тік бұрышы, имараттың шатырында орналасқан P_3 нүктесі**

Жалынның ***F-G* 1-3- X_5 -5** тік бұрышынан P_3 нүктесі үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін анықтаудың схемасы 14.18-суретте берілген.



14.18-сурет – Сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін анықтаудың схемасы

Сәулелендірудің бұрыштық коэффициентінің үлесі мына формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned}\Phi_{1-3-03-5}^{D3} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(2,653) - \frac{(1-15,184 \times \cos 1,67)}{\sqrt{1+15,184^2-2 \times 15,184 \times \cos 1,67}} \times \tan^{-1}\left(\frac{2,653}{\sqrt{1+15,184^2-2 \times 15,184 \times \cos 1,67}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{2,653 \times \cos 1,67}{\sqrt{2,653^2 + \sin^2 1,67}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(15,184 - \cos 1,67)}{\sqrt{2,653^2 + \sin^2 1,67}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 1,67}{\sqrt{2,653^2 + \sin^2 1,67}}\right) \right] \right] = 0,168,\end{aligned}$$

мұнда $a=h_{1-3}/s=1,3/0,49=2,653$;

$b=w_{1-5}/s=7,44/0,49=15,184$;

$s - P_3$ нүктесінен X_5 нүктесіне дейінгі қашықтық (14.18-сурет);

h_{1-3} – беттерді сәулелендіру аймақтарының биіктігі (14.18-сурет);

w_{1-5} – беттерді сәулелендіру аймақтарының ені (14.18-сурет).

***F-G* жалынынан – 2-4- X_5 -5 (2) тік бұрышы, имараттың шатырында орналасқан P_3 нүктесі**

Жалынның ***F-G*** жағының **2-4- X_5 -5** тік бұрышынан P_3 нүктесі үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициентінің үлесі мына формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned}\Phi_{1-3-05-5}^{D3} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(2,653) - \frac{(1-5,653 \times \cos 1,67)}{\sqrt{1+5,653^2-2 \times 5,653 \times \cos 1,67}} \times \tan^{-1}\left(\frac{2,653}{\sqrt{1+5,653^2-2 \times 5,653 \times \cos 1,67}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{5,653 \times \cos 1,67}{\sqrt{5,653^2 + \sin^2 1,67}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(5,653 - \cos 1,67)}{\sqrt{5,653^2 + \sin^2 1,67}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 1,67}{\sqrt{5,653^2 + \sin^2 1,67}}\right) \right] \right] = 0,159,\end{aligned}$$

мұнда $a=h_{2-4}/s=1,3/0,49=2,653$;

$b=w_{2-5}/s=2,77/0,49=5,653$;

$s - P_3$ нүктесінен X_5 нүктесіне дейінгі қашықтық (14.18-сурет);

h_{1-3} – беттерді сәулелендіру аймақтарының биіктігі (14.18-сурет);

w_{1-5} – беттерді сәулелендіру аймақтарының ені (14.18-сурет).

***F-G* жалынынан имараттың шатырында орналасқан P_3 нүктесі үшін сәулелендірудің жалпы бұрыштық коэффициенті:**

$$\Phi^{P3}_{F-G} = \Phi^{P3}_{1-3-X5-5} - \Phi^{P3}_{2-4-X5-5} = 0,092 + 0,009 = 0,009 \text{ кұрайды.}$$

E-F-G жалынынан имараттың шатырында орналасқан P_3 нүктесі үшін сәулелендірудің жалпы бұрыштық коэффициенті:

$$\Phi^{P3}_{E-F-G} = \Phi^{P3}_{E-F} + \Phi^{P3}_{F-G} = 0,132 + 0,027 = 0,101 \text{ кұрайды.}$$

Φ_{E-F-G} жалынынан сәулемен жылу беру үшін имаратты сәулелендірудің жалпы бұрыштық коэффициенті мына формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned} \Phi_z &= \frac{(C_1 \cdot \Phi_{z,1} + C_2 \cdot \Phi_{z,2}) \cdot d_1 + (C_3 \cdot \Phi_{z,3} + C_4 \cdot \Phi_{z,4}) \cdot d_2}{(C_1 + C_2) \cdot d_1 + (C_3 + C_4) \cdot d_2} = \\ &= \frac{(1 \times 0,192 + 1 \times 0,159) \times 1 + (1 \times 0,101 + 1 \times 0) \times 2}{(1 + 1) \times 1 + (1 + 1) \times 2} = 0,092, \end{aligned}$$

мұнда $\Phi_{z,i}$ – жалыннан сәулемен жылу беруге арналған i конструкцияны сәулелендірудің бұрыштық коэффициенті;

d_i – конструкцияның i бетінің көлденең қиысуының өлшемі;

C_i – конструкцияның i бетін қорғаудың (экрандаудың) коэффициенті, $C_i = 0$ – элементтің қорғалған беті үшін; $C_i = 1$ – элементтің қорғалмаған беті үшін.

Сәулемен жылу беруден болатын нәтижелендіруші салыстырмалық жылу ағысы осы кұралдың (6.3) формуласы бойынша анықталады:

$$\begin{aligned} \dot{h}_{net,r} &= \Phi \cdot \varepsilon_m \cdot \varepsilon_f \cdot \sigma \cdot ((\Theta_r + 273)^4 - (\Theta_m + 273)^4) = \\ &0,092 \times 0,8 \times 1,0 \times 5,67 \cdot 10^{-8} \times ((557 + 273)^4 - (230 + 273)^4) = 1713,4 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}, \end{aligned}$$

мұнда Φ – сәулелендірудің бұрыштық коэффициенті;

$\varepsilon_m = 0,8$ – конструкция бетінің қаралық дәрежесі;

$\varepsilon_f = 1,0$ – жалынның (өрттің) қаралық дәрежесі;

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-4}$ – Стефан–Больцманның тұрақтысы;

Θ_r – өртті сәулелендірудің тиімді температурасы, °C;

Θ_m – конструкция бетінің температурасы, °C.

$\Phi_{1-3-8-6}$ – сәуле беретін және сәуле қабылдайтын беттердің арасындағы сәулелендіру коэффициенті.

Шығыс деректеріне сәйкес терезелер мансардалық қабатта да бар, өрттің ең жағымсыз нұсқасы кезінде, өрт бірінші де, екінші де қабатта болған және жалын үй-жайдың шегінен шыққан кезде, өртеніп жатқан ғимарат пен шаруашылық құрылыстың арасында жылумен алмасу болады, оның нәтижесінде имаратқа келетін жалпы жылу ағысы:

$$q_{E-F-G}^{\text{қайт.}} = 2 \cdot q_{E-F-G}^{\text{1-нұс.}} = 2 \times 1713,4 = 3426,8 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{кұрайды.}$$

2.2.6 Қорытынды

30 минуттық сәулелендірудің ұзақтығы кезінде ағашқа арналған жылу ағысының қауіпті тығыздығы $12\,500\text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ тең. Сауда ғимаратындағы өрттен болатын жылу ағысының есептік тығыздығы $3426,8\text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ тең, ол 30 минут уақыт кезеіндегі ағашқа арналған жылу ағысының қауіпті тығыздығынан аз. 30 минут мәні шаруашылық құрылысты суытуға бірінші дiңгекке берiлген уақыт ретiнде қабылданған, оның негiзiнде сауда ғимараттындағы есептік өрт кезінде шаруашылық құрылысы өртенбейдi деген қорытынды шығаруға болады.

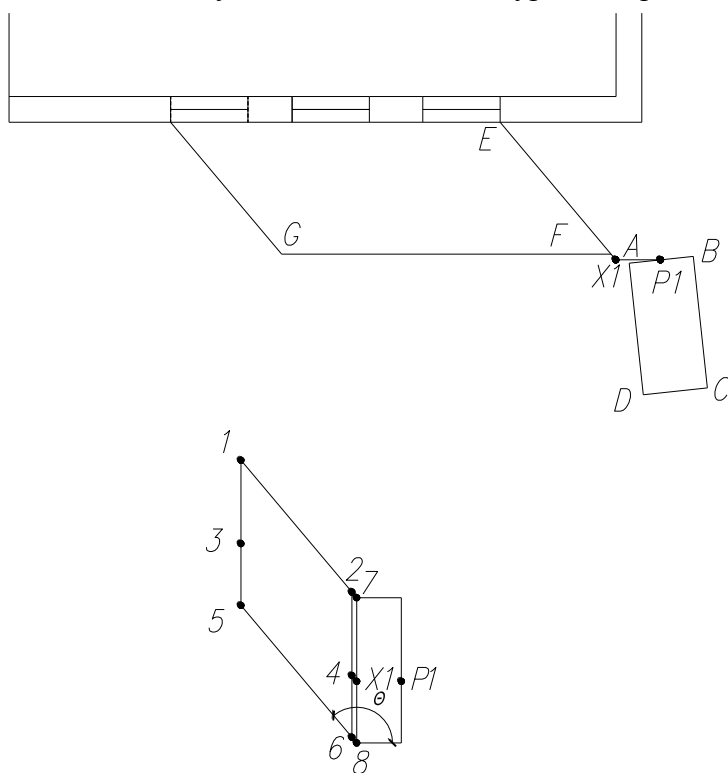
2.3 Имараттың желдік әсер ету кезінде жалынның ауытқуының есебімен сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін есептеу

2.3.1 *E-F* жалынының *A-B* жағы

X_1 нүктесі сәулелендіретін беттен тыс жатқанына байланысты *E-F* жалыны жақтан болатын сәулелендірудің тиімді бұрыштық коэффициенті X_1 -ден сәуле беретін беттің алыстатылған шетіне дейінгі соғылған екі тік бұрыштың үлесін сомалаумен және X_1 -ден сәуле беретін беттің жақын жатқан шетіне дейін соғылған екі тік бұрыштың үлесін санаумен анықталады (14.19-сурет).

E-F жалынынан *A-B* жағы – 1-3- X_1 -7 (1) тік бұрышы

Жалынның *E-F* жағының 1-3- X_1 -7 тік бұрышынан *A-B* жағы үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін анықтаудың схемасы 14.19-суретте берілген.



14.19-сурет – Сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін анықтаудың схемасы

Сәулелендірудің бұрыштық коэффициентінің үлесі мына формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned}\Phi^{\dot{A}-\dot{A}}_{1-3-01-7} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(2,031) - \frac{(1-4,50 \times \cos 2,16)}{\sqrt{1+4,50^2-2 \times 4,50 \times \cos 2,16}} \times \tan^{-1}\left(\frac{2,031}{\sqrt{1+4,50^2-2 \times 4,50 \times \cos 2,16}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{2,031 \times \cos 2,16}{\sqrt{2,031^2 + \sin^2 2,16}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(4,50 - \cos 2,16)}{\sqrt{2,031^2 + \sin^2 2,16}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 2,16}{\sqrt{2,031^2 + \sin^2 2,16}}\right) \right] \right] = 0,061,\end{aligned}$$

мұнда $a=h_{1-3}/s=1,3/0,64=2,031$;

$b=w_{1-7}/s=2,88/0,64=4,50$;

$s - P_1$ нүктесінен X_1 нүктесіне дейінгі қашықтық (14.19-сурет);

h_{1-3} – беттерді сәулелендіру аймақтарының биіктігі (14.19-сурет);

w_{1-7} – беттерді сәулелендіру аймақтарының ені (14.19-сурет).

***E-F* жалынынан *A-B* жағы – 3- X_1 -8-5 (2) тік бұрышы**

Жалынның *E-F* жағының 3- X_1 -8-5 тік бұрышынан *A-B* жағы үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициентінің үлесі мына формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned}\Phi^{\dot{A}-\dot{A}}_{3-01-8-5} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(1,50) - \frac{(1-4,50 \times \cos 2,16)}{\sqrt{1+4,50^2-2 \times 4,50 \times \cos 2,16}} \times \tan^{-1}\left(\frac{2,031}{\sqrt{1+4,50^2-2 \times 4,50 \times \cos 2,16}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{1,50 \times \cos 2,16}{\sqrt{1,50^2 + \sin^2 2,16}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(4,50 - \cos 2,16)}{\sqrt{1,50^2 + \sin^2 2,16}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 2,16}{\sqrt{1,50^2 + \sin^2 2,16}}\right) \right] \right] = 0,054,\end{aligned}$$

мұнда $a=h_{5-3}/s=0,96/0,64=1,50$;

$b=w_{1-7}/s=2,88/0,64=4,50$;

$s - P_1$ нүктесінен X_1 нүктесіне дейінгі қашықтық (14.19-сурет);

h_{5-3} – беттерді сәулелендіру аймақтарының биіктігі (14.19-сурет);

w_{1-7} – беттерді сәулелендіру аймақтарының ені (14.19-сурет).

***E-F* жалынынан *A-B* жағы – 2-4- X_1 -7 (3) тік бұрышы**

Жалынның ***E-F*** жағының **2-4-*X*₁₋₇** тік бұрышынан ***A-B*** жағы үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициентінің үлесі мына формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned} \Phi^{\hat{A}-\hat{A}}_{1-3, \partial 1-7} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b - \cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(2,031) - \frac{(1 - 0,319 \times \cos 2,16)}{\sqrt{1 + 0,319^2 - 2 \times 0,319 \times \cos 2,16}} \times \tan^{-1}\left(\frac{2,031}{\sqrt{1 + 0,319^2 - 2 \times 0,319 \times \cos 2,16}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{2,031 \times \cos 2,16}{\sqrt{2,031^2 + \sin^2 2,16}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(0,319 - \cos 2,16)}{\sqrt{2,031^2 + \sin^2 2,16}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 2,16}{\sqrt{2,031^2 + \sin^2 2,16}}\right) \right] \right] = 0,006, \end{aligned}$$

мұнда $a=h_{1-3}/s=1,3/0,64=2,031$;

$b=w_{2-7}/s=0,204/0,64=0,319$;

$s - P_1$ нүктесінен X_1 нүктесіне дейінгі қашықтық (14.19-сурет);

h_{2-4} – беттерді сәулелендіру аймақтарының биіктігі (14.19-сурет);

w_{2-7} – беттерді сәулелендіру аймақтарының ені (14.19-сурет).

***E-F* жалынынан *A-B* жағы – 4-*X*₁₋₈₋₆ (4) тік бұрышы**

Жалынның ***E-F*** жағының **4-*X*₁₋₈₋₆** тік бұрышынан ***A-B*** жағы үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициентінің үлесі мына формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned} \Phi^{\hat{A}-\hat{A}}_{4, \partial 1-8-6} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b - \cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(1,50) - \frac{(1 - 0,319 \times \cos 2,16)}{\sqrt{1 + 0,319^2 - 2 \times 0,319 \times \cos 2,16}} \times \tan^{-1}\left(\frac{2,031}{\sqrt{1 + 0,319^2 - 2 \times 0,319 \times \cos 2,16}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{1,50 \times \cos 2,16}{\sqrt{1,50^2 + \sin^2 2,16}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(0,319 - \cos 2,16)}{\sqrt{1,50^2 + \sin^2 2,16}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 2,16}{\sqrt{1,50^2 + \sin^2 2,16}}\right) \right] \right] = 0,005, \end{aligned}$$

мұнда $a=h_{4-6}/s=0,96/0,64=1,5$;

$b=w_{2-7}/s=0,204/0,64=0,319$;

$s - P_1$ нүктесінен X_1 нүктесіне дейінгі қашықтық (14.19-сурет);

h_{5-3} – беттерді сәулелендіру аймақтарының биіктігі (14.19-сурет);

w_{2-7} – беттерді сәулелендіру аймақтарының ені (14.19-сурет).

***E-F* жалынынан *A-B* жағы үшін сәулелендірудің жалпы бұрыштық коэффициенті:**

$$\Phi^{A-B}_{E-F} = \Phi^{A-B}_{1-3-X1-7} + \Phi^{A-B}_{3-X1-8-5} - \Phi^{A-B}_{2-3-X1-7} - \Phi^{A-B}_{4-X1-8-6} = 0,061 + 0,054 - 0,006 - 0,005 = 0,104 \text{ құрайды.}$$

2.3.2 *F-G* жалынынан *A-B* жағы

X_2 нүктесі сәулелендіретін беттен тыс жатқанына байланысты *F-G* жалыны жақтан болатын сәулелендірудің тиімді бұрыштық коэффициенті X_2 -ден сәуле беретін беттің алыстатылған шетіне дейінгі соғылған екі тік бұрыштың үлесімен және X_2 -ден сәуле беретін беттің жақын жатқан шетіне дейін соғылған екі тік бұрыштың үлесін санаумен анықталады (14.20-сурет).

F-G жалынынан *A-B* жағы – 1-3- X_2 -7 (1) тік бұрышы

Жалынның *F-G* жағының 1-3- X_2 -7 тік бұрышынан *A-B* жағы үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін анықтаудың схемасы 14.20-суретте берілген.

Сәулелендірудің бұрыштық коэффициенті мына формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned} \Phi^{A-\hat{A}}_{1-3-\partial 2-7} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\hat{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\hat{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\hat{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\hat{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\hat{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\hat{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(14,607) - \frac{(1-65,955 \times \cos 1,67)}{\sqrt{1+65,955^2-2 \times 65,955 \times \cos 1,67}} \times \tan^{-1}\left(\frac{14,607}{\sqrt{1+65,955^2-2 \times 65,955 \times \cos 1,67}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{14,607 \times \cos 1,67}{\sqrt{14,607^2 + \sin^2 1,67}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(65,955 - \cos 1,67)}{\sqrt{14,607^2 + \sin^2 1,67}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 1,67}{\sqrt{14,607^2 + \sin^2 1,67}}\right) \right] \right] = 0,214, \end{aligned}$$

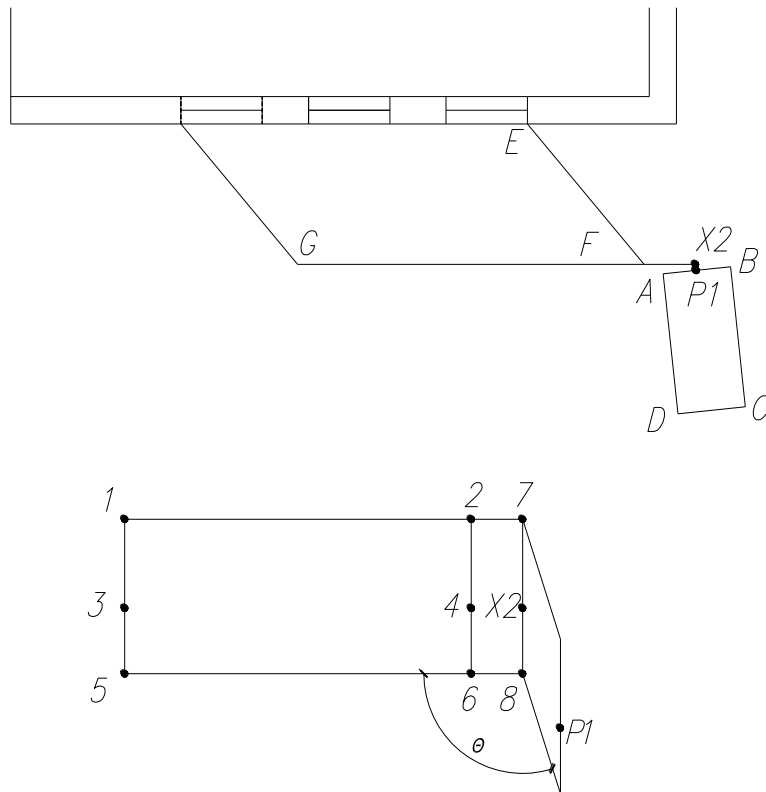
мұнда $a=h_{1-3}/s=1,3/0,089=14,607$;

$b=w_{1-7}/s=5,87/0,089=65,955$;

$s - P_1$ нүктесінен X_1 нүктесіне дейінгі қашықтық (14.20-сурет);

h_{1-3} – беттерді сәулелендіру аймақтарының биіктігі (14.20-сурет);

w_{1-7} – беттерді сәулелендіру аймақтарының ені (14.20-сурет).



14.20-сурет – Сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін анықтаудың схемасы

***F-G* жалынынан *A-B* жағы – 3-*X2-8-5* (2) тік бұрышы**

Жалынның *F-G* жағының 3-*X2-8-5* тік бұрышынан *A-B* жағы үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін анықтаудың үлесі мына формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned} \Phi_{3-02-8-5}^{\lambda-\lambda} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1 - b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1 + b^2 - 2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1 + b^2 - 2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b - \cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(10,787) - \frac{(1 - 65,955 \times \cos 1,67)}{\sqrt{1 + 65,955^2 - 2 \times 65,955 \times \cos 1,67}} \times \tan^{-1}\left(\frac{10,787}{\sqrt{1 + 65,955^2 - 2 \times 65,955 \times \cos 1,67}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{10,787 \times \cos 1,67}{\sqrt{10,787^2 + \sin^2 1,67}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(65,955 - \cos 1,67)}{\sqrt{10,787^2 + \sin^2 1,67}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 1,67}{\sqrt{10,787^2 + \sin^2 1,67}}\right) \right] \right] = 0,210, \end{aligned}$$

мұнда $a = h_{5-3} / s = 0,96 / 0,089 = 10,787$;

$b = w_{1-7} / s = 5,87 / 0,089 = 65,955$;

s – P_2 нүктесінен X_2 нүктесіне дейінгі қашықтық (14.20-сурет);

h_{5-3} – беттерді сәулелендіру аймақтарының биіктігі (14.20-сурет);

w_{1-7} – беттерді сәулелендіру аймақтарының ені (14.20-сурет).

***F-G* жалынынан *A-B* жағы – 2-4- X_2 -7 (3) тік бұрышы**

Жалынның *F-G* жағының 2-4- X_2 -7 тік бұрышынан *A-B* жағы үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициентінің үлесі мына формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned}\Phi^{\hat{A}-\hat{A}}_{2-4-\hat{O}2-7} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\hat{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\hat{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\hat{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\hat{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\hat{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\hat{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(14,607) - \frac{(1-8,539 \times \cos 1,67)}{\sqrt{1+8,539^2-2 \times 8,539 \times \cos 1,67}} \times \tan^{-1}\left(\frac{14,607}{\sqrt{1+8,539^2-2 \times 8,539 \times \cos 1,67}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{14,607 \times \cos 1,67}{\sqrt{14,607^2 + \sin^2 1,67}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(8,539 - \cos 1,67)}{\sqrt{14,607^2 + \sin^2 1,67}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 1,67}{\sqrt{14,607^2 + \sin^2 1,67}}\right) \right] \right] = 0,196,\end{aligned}$$

мұнда $a=h_{1-3}/s=1,3/0,089=14,607$;

$b=w_{2-7}/s=0,760/0,089=8,539$;

$s-P_2$ нүктесінен X_2 нүктесіне дейінгі қашықтық (14.20-сурет);

h_{2-4} – беттерді сәулелендіру аймақтарының биіктігі (14.20-сурет);

w_{2-7} – беттерді сәулелендіру аймақтарының ені (14.20-сурет).

***F-G* жалынынан *A-B* жағы – 4- X_2 -8-6 (4) тік бұрышы**

Жалынның *F-G* жағының 4- X_2 -8-6 тік бұрышынан *A-B* жағы үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициентінің үлесі мына формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned}\Phi^{\hat{A}-\hat{A}}_{4-\hat{O}2-8-6} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\hat{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\hat{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\hat{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\hat{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\hat{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\hat{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(10,787) - \frac{(1-8,539 \times \cos 1,67)}{\sqrt{1+8,539^2-2 \times 8,539 \times \cos 1,67}} \times \tan^{-1}\left(\frac{10,787}{\sqrt{1+8,539^2-2 \times 8,539 \times \cos 1,67}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{10,787 \times \cos 1,67}{\sqrt{10,787^2 + \sin^2 1,67}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(8,539 - \cos 1,67)}{\sqrt{10,787^2 + \sin^2 1,67}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 1,67}{\sqrt{10,787^2 + \sin^2 1,67}}\right) \right] \right] = 0,195,\end{aligned}$$

мұнда $a=h_{4-6}/s=0,96/0,089=10,787$;

$b=w_{2-7}/s=0,760/0,089=8,539$;

$s-P_2$ нүктесінен X_2 нүктесіне дейінгі қашықтық (14.20-сурет);

h_{5-3} – беттерді сәулелендіру аймақтарының биіктігі (14.20-сурет);

w_{2-7} – беттерді сәулелендіру аймақтарының ені (14.20-сурет).

F-G жалынынан ***A-B*** жағы үшін сәулелендірудің жалпы бұрыштық коэффициенті:

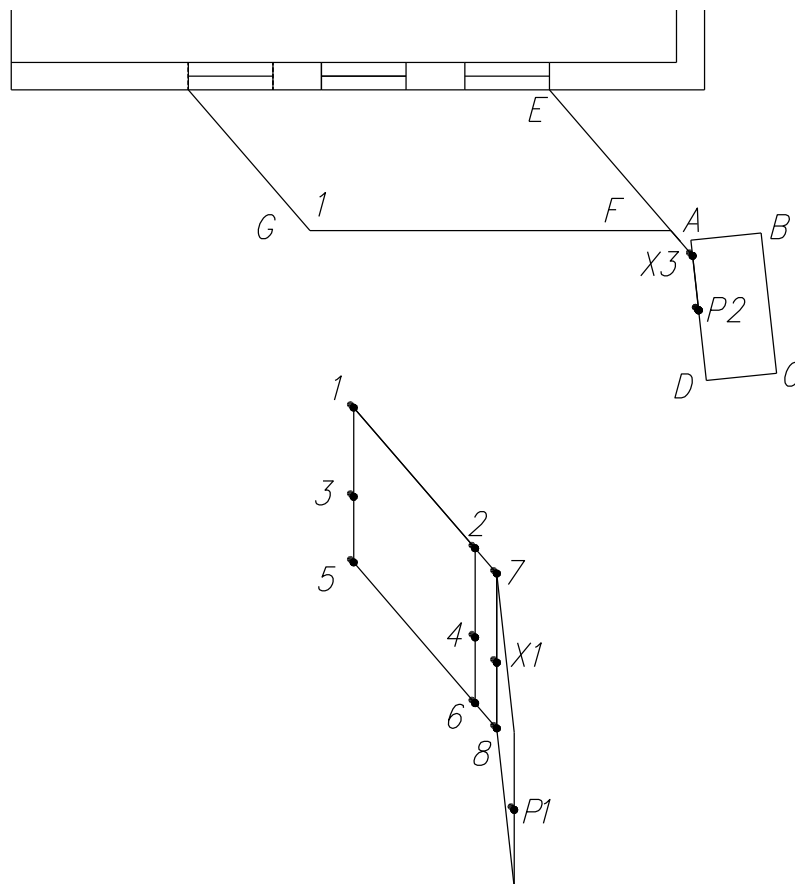
$$\Phi^{A-B}_{F-G} = \Phi^{A-B}_{1-3-X1-7} + \Phi^{A-B}_{3-X1-8-5} - \Phi^{A-B}_{2-3-X1-7} - \Phi^{A-B}_{4-X1-8-6} = 0,214 + 0,210 - 0,196 - 0,195 = 0,033 \text{ құрайды.}$$

E-F-G жалынынан ***A-B*** жағы үшін сәулелендірудің жалпы бұрыштық коэффициенті

$$\Phi^{A-B}_{E-F-G} = \Phi^{A-B}_{E-F} + \Phi^{A-B}_{F-G} = 0,104 + 0,033 = 0,137 \text{ құрайды.}$$

2.3.3 *E-F* жалынынан *A-D* жағы – 1-3-*X*₃-7 (1) тік бұрышы

Жалынның ***E-F*** жағының **1-3-*X*₃-7** тік бұрышынан ***A-D*** жағы үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін анықтаудың схемасы 14.21-суретте берілген.



14.21-сурет – Сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін анықтаудың схемасы

Сәулелендірудің бұрыштық коэффициентінің үлесі мына формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned}\Phi^{\dot{A}-\dot{A}}_{1-3-03-7} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(1,625) - \frac{(1-3,95 \times \cos 2,55)}{\sqrt{1+3,95^2-2 \times 3,95 \times \cos 2,55}} \times \tan^{-1}\left(\frac{1,625}{\sqrt{1+3,95^2-2 \times 3,95 \times \cos 2,55}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{1,625 \times \cos 2,55}{\sqrt{1,625^2 + \sin^2 2,55}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(3,95-\cos 2,55)}{\sqrt{1,625^2 + \sin^2 2,55}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 2,55}{\sqrt{1,625^2 + \sin^2 2,55}}\right) \right] \right] = 0,019,\end{aligned}$$

мұнда $a=h_{1-3}/s=1,3/0,8=1,625$;

$b=w_{1-7}/s=3,16/0,8=0,954$;

$s - P_2$ нүктесінен X_3 нүктесіне дейінгі қашықтық (14.21-сурет);

h_{1-3} – беттерді сәулелендіру аймақтарының биіктігі (14.21-сурет);

w_{1-7} – беттерді сәулелендіру аймақтарының ені (14.21-сурет).

***E-F* жалынынан *A-D* жағы – 3- X_3 -8-5 (2) тік бұрышы**

Жалынның *E-F* жағының 3- X_3 -8-5 тік бұрышынан *A-D* жағы үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициентінің үлесі мына формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned}\Phi^{\dot{A}-\dot{A}}_{3-03-8-5} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(1,20) - \frac{(1-3,95 \times \cos 2,55)}{\sqrt{1+3,95^2-2 \times 3,95 \times \cos 2,55}} \times \tan^{-1}\left(\frac{1,20}{\sqrt{1+3,95^2-2 \times 3,95 \times \cos 2,55}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{1,20 \times \cos 2,55}{\sqrt{1,20^2 + \sin^2 2,55}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(3,95-\cos 2,55)}{\sqrt{1,20^2 + \sin^2 2,55}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 2,55}{\sqrt{1,20^2 + \sin^2 2,55}}\right) \right] \right] = 0,016,\end{aligned}$$

мұнда $a=h_{5-3}/s=0,96/0,8=1,2$;

$b=w_{1-7}/s=3,16/0,8=0,954$;

$s - P_2$ нүктесінен X_3 нүктесіне дейінгі қашықтық (14.21-сурет);

h_{1-3} – беттерді сәулелендіру аймақтарының биіктігі (14.21-сурет);

w_{1-7} – беттерді сәулелендіру аймақтарының ені (14.21-сурет).

***E-F* жалынынан *A-D* жағы – 2-4- X_3 -7 (3) тік бұрышы**

Жалынның *E-F* жағының 2-4- X_3 -7 тік бұрышынан *A-D* жағы үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициентінің үлесі.

Сәулелендірудің бұрыштық коэффициентінің үлесі мына формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned}
\Phi^{\hat{A}-\hat{A}}_{2-4-03-7} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\hat{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\hat{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\
&+ \left. \frac{\hat{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\hat{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\hat{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\hat{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\
&= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(1,625) - \frac{(1-0,60 \times \cos 2,55)}{\sqrt{1+0,60^2-2 \times 0,60 \times \cos 2,55}} \times \tan^{-1}\left(\frac{1,625}{\sqrt{1+0,60^2-2 \times 0,60 \times \cos 2,55}}\right) + \right. \\
&+ \left. \frac{1,625 \times \cos 2,55}{\sqrt{1,625^2 + \sin^2 2,55}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(0,60 - \cos 2,55)}{\sqrt{1,625^2 + \sin^2 2,55}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 2,55}{\sqrt{1,625^2 + \sin^2 2,55}}\right) \right] \right] = 0,005,
\end{aligned}$$

мұнда $a=h_{2-4}/s=1,3/0,8=1,625$;

$b=w_{2-7}/s=0,48/0,8=0,60$;

$s - P_2$ нүктесінен X_3 нүктесіне дейінгі қашықтық (14.21-сурет);

h_{1-3} – беттерді сәулелендіру аймақтарының биіктігі (14.21-сурет);

w_{1-7} – беттерді сәулелендіру аймақтарының ені (14.21-сурет).

***E-F* жалынынан *A-D* жағы – 4- X_3 -8-6 (4) тік бұрышы**

Жалынның ***E-F*** жағының **4- X_3 -8-6** тік бұрышынан ***A-D*** жағы үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициентінің үлесі мына формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned}
\Phi^{\hat{A}-\hat{A}}_{4-03-8-6} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\hat{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\hat{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\
&+ \left. \frac{\hat{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\hat{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\hat{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\hat{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\
&= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(1,20) - \frac{(1-0,60 \times \cos 2,55)}{\sqrt{1+0,60^2-2 \times 0,60 \times \cos 2,55}} \times \tan^{-1}\left(\frac{1,20}{\sqrt{1+0,60^2-2 \times 0,60 \times \cos 2,55}}\right) + \right. \\
&+ \left. \frac{1,20 \times \cos 2,55}{\sqrt{1,20^2 + \sin^2 2,55}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(0,60 - \cos 2,55)}{\sqrt{1,20^2 + \sin^2 2,55}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 2,55}{\sqrt{1,20^2 + \sin^2 2,55}}\right) \right] \right] = 0,005,
\end{aligned}$$

мұнда $a=h_{5-3}/s=0,96/0,8=0,105$;

$b=w_{1-7}/s=0,48/0,8=0,60$;

$s - P_2$ нүктесінен X_3 нүктесіне дейінгі қашықтық (14.21-сурет);

h_{1-3} – беттерді сәулелендіру аймақтарының биіктігі (14.21-сурет);

w_{1-7} – беттерді сәулелендіру аймақтарының ені (14.21-сурет).

Жалынның ***E-F*** жағынан ***A-D*** жағы үшін сәулелендірудің жалпы бұрыштық коэффициенті:

$$\Phi^{A-D}_{E-F} = \Phi^{A-D}_{1-3-X3-7} + \Phi^{A-D}_{3-X3-8-5} - \Phi^{A-D}_{2-3-X3-7} - \Phi^{A-D}_{4-X3-8-6} = 0,019 + 0,016 - 0,005 - 0,005 = 0,025 \text{ құрайды.}$$

***F-G* жалынынан *A-D* жағы – 1-3-*X4-7* (1) тік бұрышы**

Жалынның *F-G* жағының 1-3-*X4-7* тік бұрышынан *A-B* жағы үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін анықтаудың схемасы 14.22-суретте берілген:

Сәулелендірудің бұрыштық коэффициентінің үлесі мына формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned} \Phi^{\hat{A}-\hat{A}}_{1-3-\hat{O}4-7} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\hat{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\hat{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\hat{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\hat{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\hat{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\hat{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(1,111) - \frac{(1-4,60 \times \cos 1,67)}{\sqrt{1+4,60^2-2 \times 4,60 \times \cos 1,67}} \times \tan^{-1}\left(\frac{1,111}{\sqrt{1+4,60^2-2 \times 4,60 \times \cos 1,67}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{1,111 \times \cos 1,67}{\sqrt{1,111^2 + \sin^2 1,67}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(4,60-\cos 1,67)}{\sqrt{1,111^2 + \sin^2 1,67}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 1,67}{\sqrt{1,111^2 + \sin^2 1,67}}\right) \right] \right] = 0,108, \end{aligned}$$

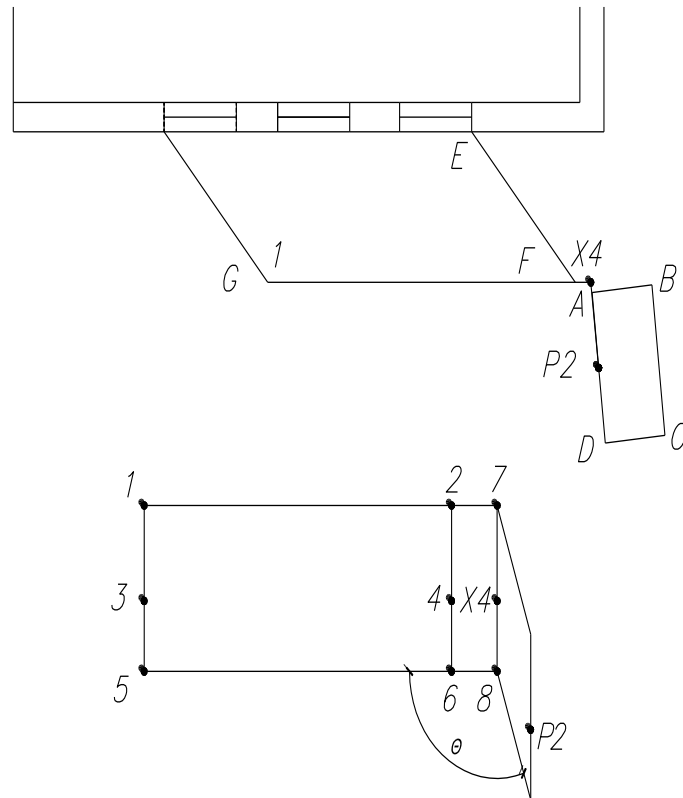
мұнда $a=h_{1-3}/s=1,3/1,17=1,111$;

$b=w_{1-7}/s=5,38/1,17=4,60$;

$s - P_2$ нүктесінен X_4 нүктесіне дейінгі қашықтық (14.22-сурет);

h_{1-3} – беттерді сәулелендіру аймақтарының биіктігі (14.22-сурет);

w_{1-7} – беттерді сәулелендіру аймақтарының ені (14.22-сурет).



14.22-сурет – Сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін анықтау схемасы

***F-G* жалыннан *A-D* жағы – 3-*X4-8-5* (2) тік бұрышы**

Жалынның *F-G* жағының 3-*X4-8-5* тік бұрышынан *A-D* жағы үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициентінің үлесі мына формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned} \Phi_{3-04-8-5}^{\dot{A}-\dot{A}} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(0,820) - \frac{(1-4,60 \times \cos 1,67)}{\sqrt{1+4,60^2-2 \times 4,60 \times \cos 1,67}} \times \tan^{-1}\left(\frac{0,820}{\sqrt{1+4,60^2-2 \times 4,60 \times \cos 1,67}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{0,820 \times \cos 1,67}{\sqrt{0,820^2 + \sin^2 1,67}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(4,60 - \cos 1,67)}{\sqrt{0,820^2 + \sin^2 1,67}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 1,67}{\sqrt{0,820^2 + \sin^2 1,67}}\right) \right] \right] = 0,089, \end{aligned}$$

мұнда $a=h_{1-3}/s=0,96/1,17=0,820$;

$b=w_{1-7}/s=5,38/1,17=4,60$;

s – P_2 нүктесінен X_4 нүктесіне дейінгі қашықтық (14.22-сурет);

h_{5-3} – беттерді сәулелендіру аймақтарының биіктігі (14.22-сурет);

w_{1-7} – беттерді сәулелендіру аймақтарының ені (14.22-сурет).

***F-G* жалыннан *A-D* жағы – 2-4-*X*₄₋₇ (3) тік бұрышы**

Жалынның *F-G* жағының 2-4-*X*₄₋₇ тік бұрышынан *A-D* жағы үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициентінің үлесі мына формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned}\Phi_{2-4-\bar{O}4-7}^{\bar{A}-\bar{A}} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(1,111) - \frac{(1-0,222 \times \cos 1,67)}{\sqrt{1+0,222^2-2 \times 0,222 \times \cos 1,67}} \times \tan^{-1}\left(\frac{1,111}{\sqrt{1+0,222^2-2 \times 0,222 \times \cos 1,67}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{1,111 \times \cos 1,67}{\sqrt{1,111^2 + \sin^2 1,67}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(0,222 - \cos 1,67)}{\sqrt{1,111^2 + \sin^2 1,67}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 1,67}{\sqrt{1,111^2 + \sin^2 1,67}}\right) \right] \right] = 0,005,\end{aligned}$$

мұнда $a=h_{2-4}/s=1,3/1,17=1,111$;

$b=w_{2-7}/s=0,26/1,17=0,222$;

$s - P_2$ нүктесінен X_4 нүктесіне дейінгі қашықтық (14.22-сурет);

h_{2-4} – беттерді сәулелендіру аймақтарының биіктігі (14.22-сурет);

w_{2-7} – беттерді сәулелендіру аймақтарының ені (14.22-сурет).

***F-G* жалыннан *A-D* жағы – 4-*X*₄₋₈₋₆ (4) тік бұрышы**

Жалынның *F-G* жағының 4-*X*₄₋₈₋₆ тік бұрышынан *A-D* жағы үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициентінің үлесі мына формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned}\Phi_{4-\bar{O}4-8-6}^{\bar{A}-\bar{A}} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(0,820) - \frac{(1-0,222 \times \cos 1,67)}{\sqrt{1+0,222^2-2 \times 0,222 \times \cos 1,67}} \times \tan^{-1}\left(\frac{0,820}{\sqrt{1+0,222^2-2 \times 0,222 \times \cos 1,67}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{0,820 \times \cos 1,67}{\sqrt{0,820^2 + \sin^2 1,67}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(0,222 - \cos 1,67)}{\sqrt{0,820^2 + \sin^2 1,67}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 1,67}{\sqrt{0,820^2 + \sin^2 1,67}}\right) \right] \right] = 0,009,\end{aligned}$$

мұнда $a=h_{4-6}/s=0,96/1,17=0,820$;

$b=w_{1-7}/s=0,26/1,17=0,222$;

$s - P_2$ нүктесінен X_4 нүктесіне дейінгі қашықтық (14.22-сурет);

h_{5-3} – беттерді сәулелендіру аймақтарының биіктігі (14.22-сурет);

w_{2-7} – беттерді сәулелендіру аймақтарының ені (14.22-сурет).

Жалынның $F-G$ жағынан $A-D$ жағы үшін сәулелендірудің жалпы бұрыштық коэффициенті:

$$\Phi^{A-D}_{F-G} = \Phi^{A-D}_{1-3-X4-7} + \Phi^{A-D}_{3-X4-8-5} - \Phi^{A-D}_{2-3-X4-7} - \Phi^{A-D}_{4-X4-8-6} = 0,108 + 0,089 - 0,005 - 0,004 = 0,188 \text{ құрайды.}$$

Жалынның $E-F-G$ жағынан $A-D$ жағы үшін сәулелендірудің жалпы бұрыштық коэффициенті:

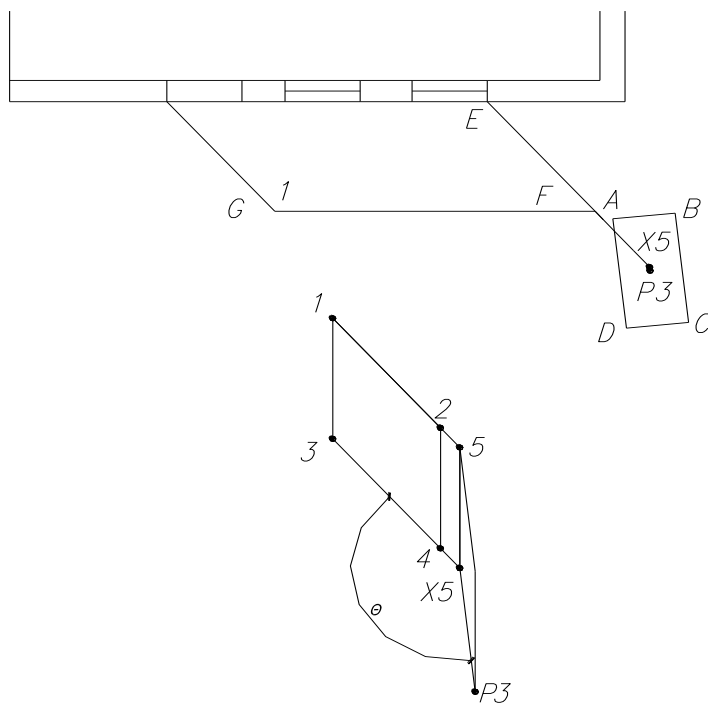
$$\Phi^{A-D}_{E-F-G} = \Phi^{A-D}_{E-F} + \Phi^{A-D}_{F-G} = 0,025 + 0,188 = 0,213 \text{ құрайды.}$$

2.3.4 $E-F$ жалынынан имараттың шатырында орналасқан P_3 нүктесі

X_5 нүктесі сәулелендіретін беттен тыс жатқанына байланысты $E-F$ жалыны жақтан болатын сәулелендірудің тиімді бұрыштық коэффициенті X_5 -тен сәуле беретін беттің алыстатылған шетіне дейінгі соғылған тік бұрыштың үлесімен және X_5 -тен сәуле беретін беттің жақын жатқан шетіне дейін соғылған тік бұрыштың үлесін санаумен анықталады (14.23-сурет).

$E-F$ жалынынан – 1-3- X_5 -5 (1) тік бұрышы, имараттың шатырында орналасқан P_3 нүктесі

Жалынның $E-F$ жағының 1-3- X_5 -5 тік бұрышынан P_3 нүктесі үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін анықтаудың схемасы 14.23-суретте берілген.



14.23-сурет – Сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін анықтаудың схемасы

Сәулелендірудің бұрыштық коэффициентінің үлесі мына формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned}\Phi_{1-3-05-5}^{B3} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(19,403) - \frac{(1-60,30 \times \cos 2,55)}{\sqrt{1+60,30^2-2 \times 60,30 \times \cos 2,55}} \times \tan^{-1}\left(\frac{19,403}{\sqrt{1+60,30^2-2 \times 60,30 \times \cos 2,55}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{19,403 \times \cos 2,55}{\sqrt{19,403^2 + \sin^2 2,55}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(60,30 - \cos 2,55)}{\sqrt{19,403^2 + \sin^2 2,55}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 2,55}{\sqrt{19,403^2 + \sin^2 2,55}}\right) \right] \right] = 0,04,\end{aligned}$$

мұнда $a=h_{1-3}/s=1,3/0,067=19,403$;

$b=w_{1-5}/s=4,04/0,067=60,30$;

$s - P_3$ нүктесінен X_5 нүктесіне дейінгі қашықтық (14.23-сурет);

h_{1-3} – беттерді сәулелендіру аймақтарының биіктігі (14.23-сурет);

w_{1-5} – беттерді сәулелендіру аймақтарының ені (14.23-сурет).

***E-F* жалынынан имараттың шатырында орналасқан P_3 нүктесі – 2-4- X_5 -5 (2) тік бұрышы**

Жалынның ***E-F*** жағының **2-4- X_5 -5** тік бұрышынан **P_3** нүктесі үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициентінің үлесі мына формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned}\Phi_{2-4-05-5}^{B3} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(19,403) - \frac{(1-20,30 \times \cos 2,55)}{\sqrt{1+20,30^2-2 \times 20,30 \times \cos 2,55}} \times \tan^{-1}\left(\frac{19,403}{\sqrt{1+20,30^2-2 \times 20,30 \times \cos 2,55}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{19,403 \times \cos 2,55}{\sqrt{19,403^2 + \sin^2 2,55}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(20,30 - \cos 2,55)}{\sqrt{19,403^2 + \sin^2 2,55}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 2,55}{\sqrt{19,403^2 + \sin^2 2,55}}\right) \right] \right] = 0,038,\end{aligned}$$

мұнда $a=h_{2-4}/s=1,3/0,067=19,403$;

$b=w_{2-5}/s=1,36/0,067=20,30$;

$s - P_3$ нүктесінен X_5 нүктесіне дейінгі қашықтық (14.23-сурет);

h_{1-3} – беттерді сәулелендіру аймақтарының биіктігі (14.23-сурет);

w_{1-5} – беттерді сәулелендіру аймақтарының ені (14.23-сурет).

E-F жалынынан имараттың шатырында орналасқан P_3 нүктесі үшін сәулелендірудің жалпы бұрыштық коэффициенті:

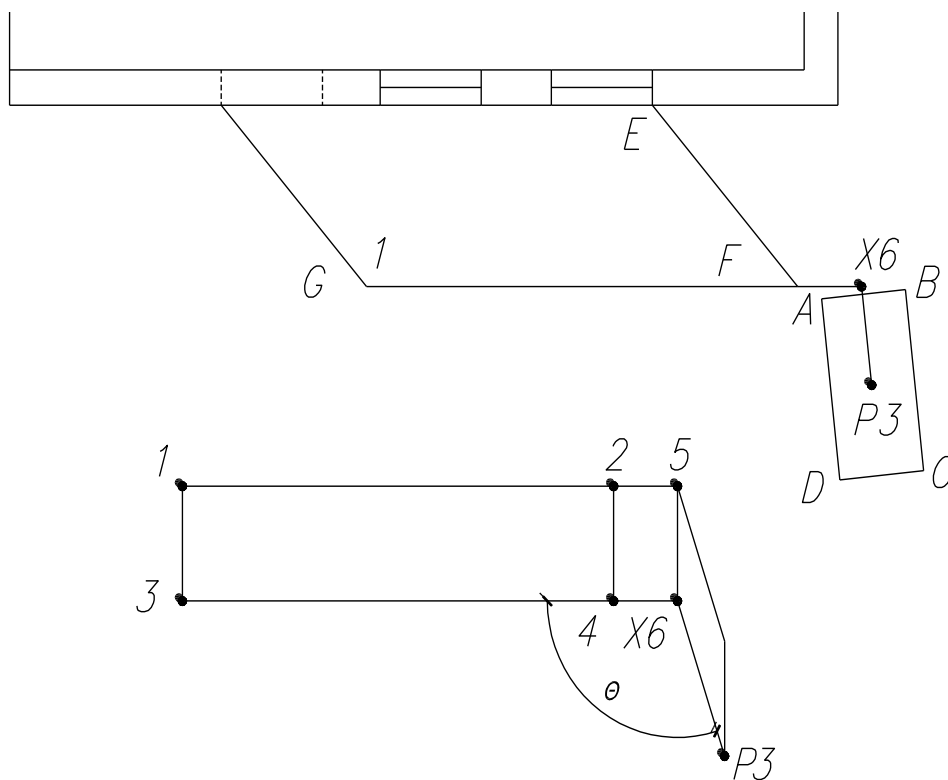
$$\Phi_{E-F}^{P_3} = \Phi_{1-3-X_5-5}^{P_3} - \Phi_{2-4-X_5-5}^{P_3} = 0,04 - 0,038 = 0,002 \text{ құрайды.}$$

2.3.5 ***F-G*** жалынынан имараттың шатырында орналасқан P_3 нүктесі

X_6 нүктесі сәулелендіретін беттен тыс жатқанына байланысты ***F-G*** жалыны жақтан болатын сәулелендірудің тиімді бұрыштық коэффициенті X_6 -дан сәуле беретін беттің алыстатылған шетіне дейінгі соғылған тік бұрыштың үлесімен және X_6 -дан сәуле беретін беттің жақын жатқан шетіне дейін соғылған тік бұрыштың үлесін санаумен анықталады (14.24-сурет).

F-G жалынынан имараттың шатырында орналасқан P_3 нүктесі – 1-3- X_6 -5 (1) тік бұрышы

Жалынның ***F-G*** жағының 1-3- X_6 -5 тік бұрышынан P_3 нүктесі үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін анықтаудың схемасы 14.24-суретте берілген.



14.24-сурет – Сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін анықтаудың схемасы

Сәулелендірудің бұрыштық коэффициентінің үлесі мына формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned}
\Phi_{1-3, \delta 6-5}^{D3} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\
&+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\
&= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(1,161) - \frac{(1-5,241 \times \cos 1,67)}{\sqrt{1+5,241^2-2 \times 5,241 \times \cos 1,67}} \times \tan^{-1}\left(\frac{1,161}{\sqrt{1+5,241^2-2 \times 5,241 \times \cos 1,67}}\right) + \right. \\
&+ \left. \frac{1,161 \times \cos 1,67}{\sqrt{1,161^2 + \sin^2 1,67}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(5,241-\cos 1,67)}{\sqrt{1,161^2 + \sin^2 1,67}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 1,67}{\sqrt{1,161^2 + \sin^2 1,67}}\right) \right] \right] = 0,113,
\end{aligned}$$

мұнда $a=h_{1-3}/s=1,3/1,12=1,161$;

$b=w_{1-5}/s=5,87/1,12=5,241$;

$s - P_3$ нүктесінен X_6 нүктесіне дейінгі қашықтық (14.24-сурет);

h_{1-3} – беттерді сәулелендіру аймақтарының биіктігі (14.24-сурет);

w_{1-5} – беттерді сәулелендіру аймақтарының ені (14.24-сурет).

***F-G* жалынынан имараттың шатырында орналасқан P_3 нүктесі – 2-4- X_6 -5 (2) тік бұрышы**

Жалынның ***F-G*** жағының **2-4- X_6 -5** тік бұрышынан P_3 нүктесі үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициентінің үлесі мына формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned}
\Phi_{2-4, \delta 6-5}^{D3} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\
&+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\
&= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(1,161) - \frac{(1-0,68 \times \cos 1,67)}{\sqrt{1+0,68^2-2 \times 0,68 \times \cos 1,67}} \times \tan^{-1}\left(\frac{1,161}{\sqrt{1+0,68^2-2 \times 0,68 \times \cos 1,67}}\right) + \right. \\
&+ \left. \frac{1,161 \times \cos 1,67}{\sqrt{1,161^2 + \sin^2 1,67}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(0,68-\cos 1,67)}{\sqrt{1,161^2 + \sin^2 1,67}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 1,67}{\sqrt{1,161^2 + \sin^2 1,67}}\right) \right] \right] = 0,032,
\end{aligned}$$

мұнда $a=h_{2-4}/s=1,3/1,12=1,161$;

$b=w_{2-5}/s=0,76/1,12=0,68$;

$s - P_3$ нүктесінен X_6 нүктесіне дейінгі қашықтық (14.24-сурет);

h_{1-3} – беттерді сәулелендіру аймақтарының биіктігі (14.24-сурет);

w_{1-5} – беттерді сәулелендіру аймақтарының ені (14.24-сурет).

***F-G* жалынынан имараттың шатырында орналасқан P_3 нүктесі үшін сәулелендірудің жалпы бұрыштық коэффициенті:**

$$\Phi_{F-G}^{P3} = \Phi_{1-3-X_6-5}^{P3} - \Phi_{2-4-X_6-5}^{P3} = 0,113 + 0,032 = 0,081 \text{ құрайды.}$$

E-F-G жалынынан имараттың шатырында орналасқан P_3 нүктесі үшін сәулелендірудің жалпы бұрыштық коэффициенті:

$$\Phi_{E-F-G}^{P_3} = \Phi_{E-F}^{P_3} + \Phi_{F-G}^{P_3} = 0,002 + 0,081 = 0,083 \text{ құрайды.}$$

Φ_{E-F-G} жалынынан сәулемен жылу беру үшін имаратты сәулелендірудің жалпы бұрыштық коэффициенті мына формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned} \Phi_z &= \frac{(C_1 \cdot \Phi_{z,1} + C_2 \cdot \Phi_{z,2}) \cdot d_1 + (C_3 \cdot \Phi_{z,3} + C_4 \cdot \Phi_{z,4}) \cdot d_2}{(C_1 + C_2) \cdot d_1 + (C_3 + C_4) \cdot d_2} = \\ &= \frac{(1 \times 0,137 + 1 \times 0,213) \times 1 + (1 \times 0,083 + 1 \times 0) \times 2}{(1+1) \times 1 + (1+1) \times 2} = 0,086. \end{aligned}$$

мұнда $\Phi_{z,i}$ – жалыннан сәулемен жылу беруге арналған i конструкцияны сәулелендірудің бұрыштық коэффициенті;

d_i – конструкцияның i бетінің көлденең қиысуының өлшемі;

C_i – конструкцияның i бетін қорғаудың (экрандаудың) коэффициенті, $C_i = 0$ – элементтің қорғалған беті үшін; $C_i = 1$ – элементтің қорғалмаған беті үшін.

Сәулемен жылу беруден болатын нәтижелендіруші салыстырмалық жылу ағысы осы құралдың (6.3) формуласы бойынша анықталады:

$$\begin{aligned} \dot{h}_{net,r} &= \Phi \cdot \varepsilon_m \cdot \varepsilon_f \cdot \sigma \cdot ((\Theta_r + 273)^4 - (\Theta_m + 273)^4) = \\ &= 0,086 \times 0,8 \times 1,0 \times 5,67 \cdot 10^{-8} \times ((557+273)^4 - (230+273)^4) = 1601,6 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}, \end{aligned}$$

мұнда Φ – сәуле беретін және сәуле қабылдайтын беттердің арасындағы сәулелендірудің бұрыштық коэффициенті;

$\varepsilon_m = 0,8$ – конструкция бетінің қаралық дәрежесі;

$\varepsilon_f = 1,0$ – жалынның (өрттің) қаралық дәрежесі;

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-4}$ – Стефан–Больцманның тұрақтысы;

Θ_r – өртті сәулелендірудің тиімді температурасы, °С;

Θ_m – конструкция бетінің температурасы, °С.

$\Phi_{1-3-8-6}$ – сәуле беретін және сәуле қабылдайтын беттердің арасындағы сәулелендіру коэффициенті.

Шығыс деректеріне сәйкес терезелер мансардалық қабатта да бар, өрттің ең жағымсыз нұсқасы кезінде, өрт бірінші де, екінші де қабатта болған және жалын үй-жайдың шегінен шыққан кезде, өртеніп жатқан ғимарат пен шаруашылық құрылыстың арасында жылумен алмасу болады, оның нәтижесінде имаратқа келетін жалпы жылу ағысы:

$$q_{E-F-G}^{\text{сәулелендіру}} = 2 \cdot q_{E-F-G}^{\text{жылу}} = 2 \times 1601,6 = 3203,2 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}, \text{ құрайды.}$$

2.3.6 Қорытынды

30 минуттық сәулелендірудің ұзақтығы кезінде ағашқа арналған жылу ағысының қауіпті тығыздығы $12\,500\text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ тең. Сауда ғимаратындағы өрттен болатын жылу ағысының есептік тығыздығы $3203,2\text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ тең, ол 30 минут уақыт кезеіндегі ағашқа арналған жылу ағысының қауіпті тығыздығынан аз. 30 минут мәні шаруашылық құрылысты суытуға бірінші дiңгекке берiлген уақыт ретiнде қабылданған, оның негiзiнде сауда ғимараттындағы есептік өрт кезінде шаруашылық құрылысы өртенбейдi деген қорытынды шығаруға болады.

3. Жалпы қорытынды

Есептеудің нәтижесінде жалынның келесі параметрлері белгіленді:

- жылу ағысының қуаттылығы – $10,88\text{ МВт}$;
- жалынның биіктігі – $0,43\text{ м}$;
- жалынның көлбеу проекциясы – $2,68\text{ м}$;
- жалынның ені – $4,67\text{ м}$;
- жалынның ось бойындағы ұзындығы – $2,72\text{ м}$;
- терезедегі жалынның температурасы – 996 К ;
- ось бойындағы жалынның температурасы – 830 К ;
- желдің есебісіз сауда ғимаратындағы есептік өрттің жылулық сәулелендіруінің қарқындылығы – $3426,8\text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$;
- желдің есебімен сауда ғимаратындағы есептік өрттің жылулық сәулелендіруінің қарқындылығы – $3203,2\text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$.

Сәулелендірудің 30 мин ұзақтығы кезінде ағашқа арналған жылу ағысының қауіпті тығыздығы $12\,500\text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ тең. Сауда ғимаратындағы өрттен болатын жылу ағысының есептік тығыздығы желдің есебімен $3426,8\text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ және желдің есебісіз $3203,2\text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ тең, ол 30 мин уақыт кезеіндегі ағашқа арналған жылу ағысының қауіпті тығыздығынан аз. Жүргізілген есептеудің негізінде сауда ғимаратындағы есептік өрт кезінде шаруашылық құрылыс өртенбейдi деген қорытынды шығаруға болады.

Есептеудің 3-кешендік мысалы

Шаруашылық құрылысының өндірістік ғимараттағы (қағаз өнімінің өндірісінің ғимараты) есептік өрттен өртену мүмкіндігін анықтау

1. Жалпы ережелер

Қағаз өнімі өндірісінің ғимараты екі қабаттық, әрбір қабатында бір өндірістік үй-жай орналасқан ал қалған үй-жайлары – техникалық.

Өндірістік ғимаратта тікелей жақын орналасқан шаруашылық құрылыстың жағынан REI 150 кем емес өртке төзімділік шегі бар 1-типті өртке қарсы қабырға қарастырылады. Сәйкесінше, көрсетілген ғимаратта ықтимал өрт кезінде шаруашылық құрылыстың өртенуінің жалғыз мүмкін жолы – сыртқы қабырғаларда орналасқан терезелік ойықтар арқылы жалынның шығуы болып табылады. Ең үлкен жағымсыз нұсқаға өндірістік үй-

жайдағы бірінші қабаттағы өрт жатады, себебі бұл жағдайда жалын фронтының таралуының басқа үй-жайлар мен қабаттарға қарағанда сәулелендірудің үлкен бұрыштық коэффициенті бар.

2. Шаруашылық құрылыстың өндірістік ғимараттағы есептік өрттен өртену мүмкіндігін анықтау

2.1 Салыстырмалық өрт жүктемесін анықтау

Есептік салыстырмалық өрт жүктемесі $q_{f,d}$, МДм·м⁻² қағаз өнімінің өндірісі бойынша үй-жайларға арналған осы құралдың 1-мысалынан (8-бөлім) қабылданады және $q_{f,d}=160,7\text{МДм}\cdot\text{м}^{-2}$ құрайды.

2.2 Жалынның параметрлерін есептеу

Өрт пен жалынның параметрлерін есептеу осы құралдың 14-бөліміне сәйкес орындалған және:

- ойықтардан шығатын жалынның өлшемдері мен температурасын;
- сәулелену параметрлерін анықтауға мүмкіндік береді.

2.2.1 Есептеудің жалпы ережелері

Қарастырылып отырған өрт секциясында ойықтың саны бірден асатындығына байланысты, есептеуде ары қарай аудан бойынша келтірілген ойықтардың биіктігі h_{eq} , тік ойықтардың A_v суммарлық ауданы және барлық қабырғалардағы ойықтардың суммарлық ені пайдалынады.

Талап етілетін өртке төзімділікке (REI) сәйкес келмейтін сыртқы қабырғаның бөліктері жоқ, сондықтан сол арқылы жалын сыртқа шығатын ойық ретінде тек бір терезе қарастырылады.

Сыртқы қабырғадағы ойықтардың суммарлық ауданы ойықтардың жалпы ауданына тең етіп қабылданған, себебі, олардың сомасы өрт секциясының сыртқы қабырғаларының ауданынан 50 % кіші.

Қарастырылатын үй-жайлардың қарама-қарсы жағында өртке ауаның қосымша ену мүмкіндігі болғандықтан есептеу мәжбүрлі желдетудің есебімен орындалады.

2.2.2 Мәжбүрлі желдетудің есебімен өрттің және жалынның есептік параметрлерін анықтау

Өрттің жылу ағысының қуаттылығы мына формула бойынша анықталады:

$$Q = \frac{A_f \cdot q_{f,d}}{\tau_F} = \frac{149,5 \times 160,7}{1200} = 20,0 \text{ МВт},$$

мұнда A_f – өрт секциясының еденінің ауданы, м²;

$q_{f,d}$ – еденнің ауданына жатқызылған есептік салыстырмалық өрт жүктемесі, A_f , МДж·м⁻²;

τ_F – өрттің еркін дамуының ұзақтығы, 1200 с етіп қабылданады.

Барлық қабырғалардағы тік ойықтардың суммарлық ауданы төмендегіге тең:

$$A_v = \sum A_{v,i} = A_{ок} \cdot N_{ок} = 5 \times (1,8 + 1,5) = 15,5 \text{ м}^2,$$

мұнда $A_{v,i}$ – i ойықтың ауданы, м²;

$N_{v,i}$ – ойықтың саны, дана.

Аудан бойынша келтірілген барлық қабырғалардағы ойықтардың биіктігі мына формула бойынша анықталады:

$$h_{eq} = \sum (A_{v,i} \cdot h_i) / A_v = A_{ок} \cdot h_{ок} \cdot N_{ок} / A_v = 5 \times (2,7 \times 1,5) / 15,5 = 1,53 \text{ м},$$

мұнда h_i – i ойықтың биіктігі, м.

Желдің $u = 6 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, биіктігін қабылдай отырып, жалынның биіктігі (9.4-сурет) мына формула бойынша анықталады:

$$L_L \approx 0,628 \cdot Q / A_v^{1/2} - h_{eq} = 0,628 \times 20,0 / 15,5^{1/2} - 1,30 = 1,66 \text{ м}$$

Жалынның тік проекциясы аудан бойынша келтірілген ойықтардың биіктігінің есебімен анықталады:

$$h_{пл} = h_{eq} + L_L = 1,53 + 1,66 = 3,19 \text{ м}.$$

Жалынның көлбеу проекциясы мына формула бойынша анықталады:

$$L_H = 1,33 \cdot (L_L + h_{eq}) / h_{eq}^{0,22} = 1,33 \times (1,66 + 1,53) / 1,53^{0,22} = 3,87 \text{ м}.$$

Жалынның ені мына формула бойынша анықталады:

$$w_f = w_t + 0,4 \cdot L_H = 3,6 + 0,4 \times 3,87 = 5,14 \text{ м},$$

мұнда w_t – төмендегідей анықталатын барлық қабырғалардағы ойықтардың суммарлық ені:

$$w_t = \sum w_i = w_{ок} \cdot N_{ок} + w_{дв} \cdot N_{дв} = 2 \times 1,8 = 3,6 \text{ м}.$$

Ось бойындағы жалынның ұзындығы мына формула бойынша анықталады:

$$L_f = (L_L^2 + L_H^2)^{1/2} = (1,66^2 + 3,87^2)^{1/2} = 4,21 \text{ м.}$$

Терезедегі жалынның температурасы мына формула бойынша анықталады:

$$T_w = 520 / (1 - 0,3325 \cdot L_f \cdot (A_v)^{1/2} / Q) + T_0 = 520 / (1 - 0,3325 \times 4,21 \times (15,5)^{1/2} / 20,0) + 308 = 1025 \text{ К.}$$

Төмендегі теңдеудің орындалуына тексеру жүргізіледі:

$$\begin{aligned} L_f \cdot (A_v)^{1/2} / Q &< 1; \\ 4,21 \times (15,5)^{1/2} / 20,1 &< 1; \\ 0,827 &< 1. \end{aligned}$$

Теңдеу орындалып жатқандықтан, ары қарай есептеу үшін терезедегі жалынның 1025 К тең температурасы қабылданады.

Ось бойындағы жалынның температурасы мына формула бойынша анықталады:

$$T_z = \left(1 - 0,3325 \cdot \frac{L_x \cdot \sqrt{A_v}}{Q} \right) \cdot (T_w - T_0) + T_0 = \left(1 - 0,3325 \times \frac{4,21 \times \sqrt{15,5}}{20,0} \right) \times (1025 - 308) + 308 = 844 \text{ Ê,}$$

мұнда L_x – терезеден есеп жүргізіліп отырған нүктеге дейінгі осьтік қашықтық (көрсетілген қашықтық ретінде L_f шамасы қабылданады, себебі жалын бетіндегі температураны анықтау керек), м.

2.3 Шаруашылық құрылыс үшін өндірістік ғимараттағы есептік өрттен сәуелендірудің бұрыштық коэффициентін есептеу

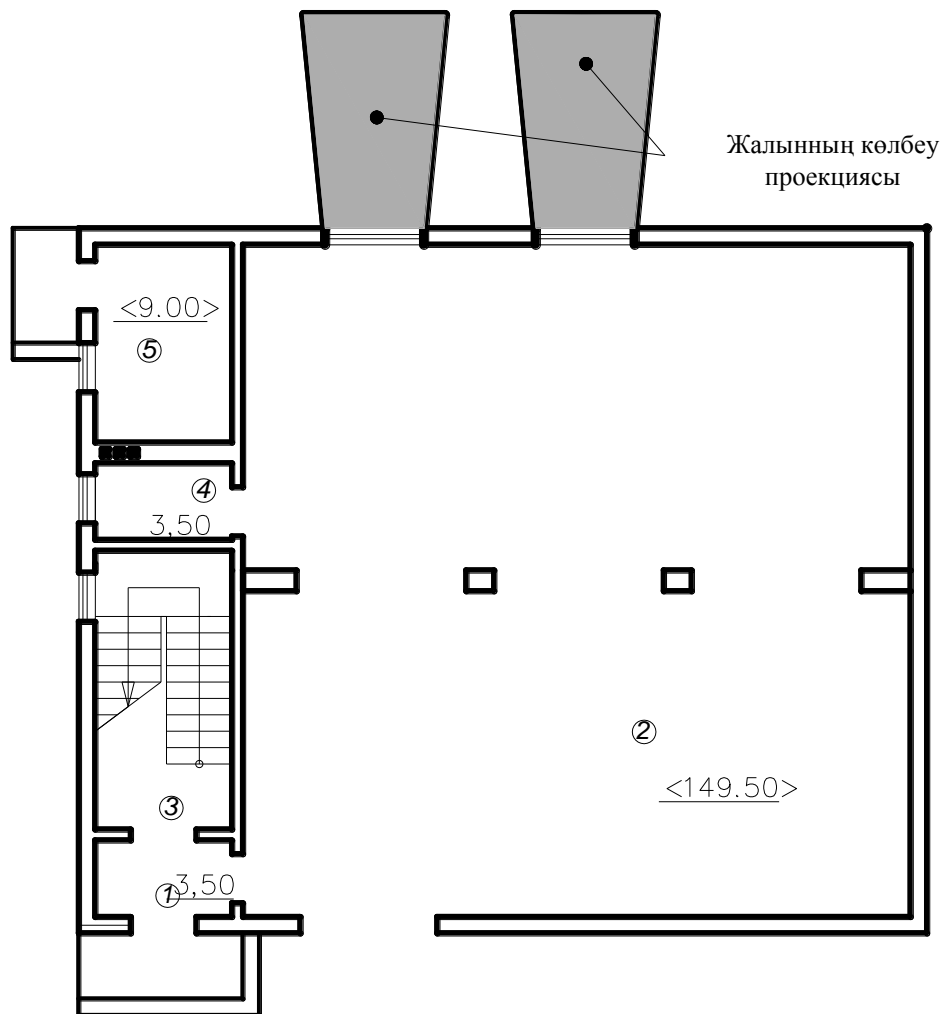
2.3.1 Есептеудің жалпы ережелері

Сәуелендірудің бұрыштық коэффициентін есептеу кезінде барлық беттердің тік бұрышты формаға ие екендігі шамаланады. Көрсетілген жағдай өрт секциясының қабырғаларындағы терезелерге және басқа ойықтарға, сонымен қатар жалынның эквиваленттік тік бұрыштарына қатысты.

Имараттың қыздырылатын әрбір бетін сәуелендірудің бұрыштық коэффициенті қыздырылатын бетте P нүктесінен көрінетін бетті сәуелендіруші аймақтың әрқайсысынан алынатын үлестің сомасы сияқты анықталады. Бұл аймақтар көлбеу сызықтардың қыздыратын бетке перпендикуляр сызықтармен қиысу орындарында болатын X_1 нүктесіне қатысты анықталады. Сәуелендірудің бұрыштық коэффициентін анықтау кезінде нүктеден көрінбейтін аймақтардан алынатын үлестер ескерілмейді.

Жалын мен шектес объектідегі дара алаңша арасындағы бұрыштық коэффициентті анықтау үшін келтірілген жалын ауданын төрт тік бұрышқа бөледі және әрбір тік бұрыш пен дара алаңша арасындағы сәуелемен жылу алмастыру қарастырылады.

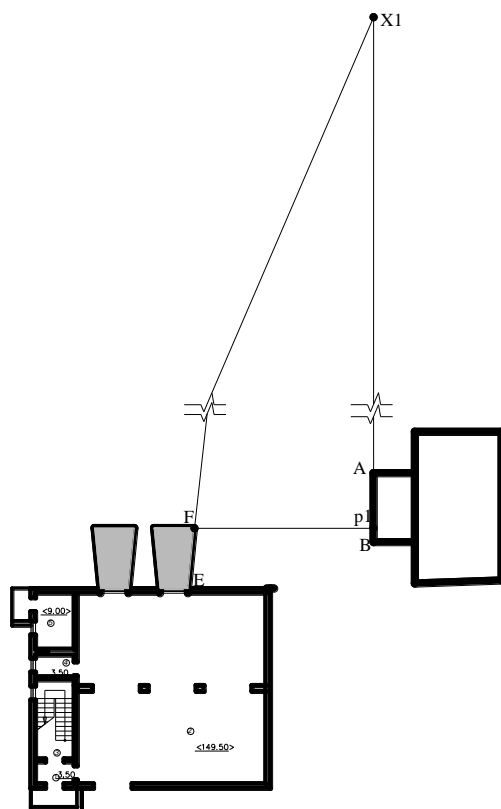
Өндірістік үй-жайда ықтимал өрт кезіндегі жалын фронтының есептік параметрлерінің көлбеу проекциясы (0.000 белгідегі жоспардың 2-поз.) 14.25-суретте берілген.



14.25-сурет – Өндірістік үй-жайдың ойықтарынан жалын фронтының көлбеу проекциясы (0.000 белгідегі жоспардың 2-поз.)

2.3.2 Терезелік ойықтың есептік өрттің жалынынан сәулелендірудің есептік коэффициентін есептеу

X_1 нүктесі сәуленетін беттен тыс жатқандықтан *E-F* жалын жағынан сәулелендірудің тиімді бұрыштық коэффициенті X_1 -ден сәуленетін беттің алыстатылған шетіне дейін соғылған екі тік бұрыштардың үлесін сомалаумен, және X_1 -ден сәуленетін беттің жақын жатқан шетіне дейін соғылған екі тік бұрыштардың үлесін есептеумен анықталынады (14.26-14.27-суреттерін қар.).

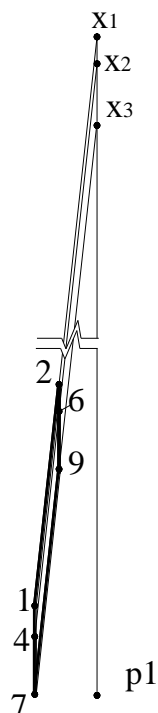


14.26-сурет – Өндірістік ғимаратта болуы ықтимал өрттен сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін анықтаудың схемасы

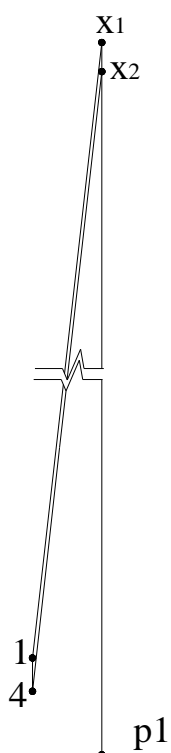
***E-F* жалыннан *A-B* жағы $-1-4-X_2-X_1$ тік бұрышы**

1-7-9-2 жалын фронтын сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін анықтаудың іріленген схемасы 14.27-суретте берілген.

Жалынның *E-F* жағының **1-4- X_2-X_1 тік бұрышынан $A-B$** жағы үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін анықтаудың схемасы 14.28-суретте берілген.



14.27-сурет – Жалынның $E-F$ жағының 1-7-9-2 тік бұрышынан $A-B$ жағы үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін анықтаудың схемасы



14.28-сурет – Жалынның $E-F$ жағының 1-4- X_2 - X_1 тік бұрышынан $A-B$ жағы үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін анықтаудың схемасы

Сәулелендірудің бұрыштық коэффициентінің үлесі мына формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned} \Phi_{1-4, \partial 2-X1}^{\lambda-\dot{\lambda}} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(0,004) - \frac{(1-0,978 \times \cos 0,104)}{\sqrt{1+0,978^2-2 \times 0,978 \times \cos 0,104}} \times \tan^{-1}\left(\frac{0,004}{\sqrt{1+0,978^2-2 \times 0,978 \times \cos 0,104}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{0,004 \times \cos 0,104}{\sqrt{0,004^2 + \sin^2 0,104}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(0,978-\cos 0,104)}{\sqrt{0,004^2 + \sin^2 0,104}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 0,104}{\sqrt{0,004^2 + \sin^2 0,104}}\right) \right] \right] = 0,008, \end{aligned}$$

мұнда $a=h_{1-4}/s=0,53/111,3=0,004$;

$b=w_{1-X1}/s=108,9/111,3=0,978$;

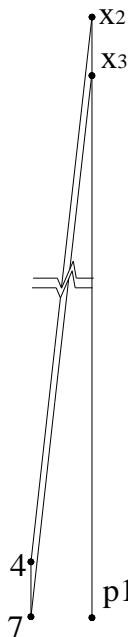
$s - P_1$ нүктесінен X_1 нүктесіне дейінгі қашықтық (14.28-сурет);

h_{1-4} – беттерді сәулелендіру аймақтарының биіктігі (14.28-сурет);

w_{1-7} – беттерді сәулелендіру аймақтарының ені (14.28-сурет).

***E-F* жалыннан *A-B* жағы – 4-7- X_3 - X_2 тік бұрышы**

Жалынның ***E-F*** жағының **4-7- X_3 - X_2** тік бұрышынан ***A-B*** жағы үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін анықтау схемасы 14.29-суретте берілген.



14.29-сурет – Жалынның *E-F* жағының 4-7- X_3 - X_2 тік бұрышынан сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін анықтаудың схемасы

Сәулелендірудің бұрыштық коэффициентінің үлесі мына формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned} \Phi^{\dot{A}-\dot{A}}_{4-7-X3-X2} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b - \cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(0,008) - \frac{(1 - 0,978 \times \cos 0,104)}{\sqrt{1 + 0,978^2 - 2 \times 0,978 \times \cos 0,104}} \times \tan^{-1}\left(\frac{0,008}{\sqrt{1 + 0,978^2 - 2 \times 0,978 \times \cos 0,104}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{0,008 \times \cos 0,104}{\sqrt{0,008^2 + \sin^2 0,104}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(0,978 - \cos 0,104)}{\sqrt{0,008^2 + \sin^2 0,104}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 0,104}{\sqrt{0,008^2 + \sin^2 0,104}}\right) \right] \right] = 0,016, \end{aligned}$$

мұнда $a=h_{4-7}/s=1,0/111,3=0,008$;

$b= w_{4-X2}/s=108,9/111,3=0,978$;

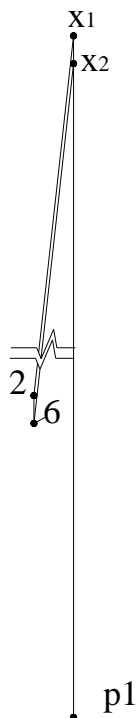
$s - P_1$ нүктесінен X_1 нүктесіне дейінгі қашықтық (14.29-сурет);

h_{4-7} – беттерді сәулелендіру аймақтарының биіктігі (14.29-сурет);

w_{4-X2} – беттерді сәулелендіру аймақтарының ені (14.29-сурет).

***E-F* жалыннан *A-B* жағы – 2-6- X_2 - X_1 тік бұрышы**

Жалынның *E-F* жағының 2-6- X_2 - X_1 тік бұрышынан *A-B* жағы үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін анықтау схемасы 14.30-суретте берілген.



14.30-сурет – Жалынның *E-F* жағының 2-6- X_2 - X_1 тік бұрышынан сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін анықтаудың схемасы

Сәулелендірудің бұрыштық коэффициентінің үлесі мына формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned} \Phi_{2-6-X2-X1}^{\dot{A}-\dot{A}} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(0,004) - \frac{(1-0,944 \times \cos 0,104)}{\sqrt{1+0,944^2-2 \times 0,944 \times \cos 0,104}} \times \tan^{-1}\left(\frac{0,004}{\sqrt{1+0,944^2-2 \times 0,944 \times \cos 0,104}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{0,004 \times \cos 0,104}{\sqrt{0,004^2 + \sin^2 0,104}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(0,944-\cos 0,104)}{\sqrt{0,004^2 + \sin^2 0,104}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 0,104}{\sqrt{0,004^2 + \sin^2 0,104}}\right) \right] \right] = 0,005, \end{aligned}$$

мұнда $a=h_{2-6}/s=0,53/111,3=0,004$;

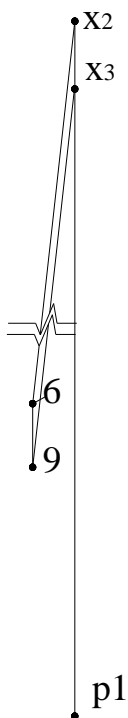
$b=w_{2-X1}/s=105,1/111,3=0,944$;

s – P_1 нүктесінен X_1 нүктесіне дейінгі қашықтық (14.30-сурет);

h_{2-6} – беттерді сәулелендіру аймақтарының биіктігі (14.30-сурет);

w_{2-X1} – беттерді сәулелендіру аймақтарының ені (14.30-сурет).

Жалынның **E-F** жағының **6-9-X3-X2** тік бұрышынан **A-B** жағы үшін сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін анықтау схемасы 14.31-суретте берілген.



14.31-сурет – Жалынның **E-F** жағының **6-9-X3-X2** тік бұрышынан сәулелендірудің бұрыштық коэффициентін анықтаудың схемасы

Сәулелендірудің бұрыштық коэффициентінің үлесі мына формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned} \Phi_{6-9-X3-X2}^{\dot{A}-\dot{A}} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b - \cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(0,008) - \frac{(1 - 0,944 \times \cos 0,104)}{\sqrt{1 + 0,944^2 - 2 \times 0,944 \times \cos 0,104}} \times \tan^{-1}\left(\frac{0,008}{\sqrt{1 + 0,944^2 - 2 \times 0,944 \times \cos 0,104}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{0,008 \times \cos 0,104}{\sqrt{0,008^2 + \sin^2 0,104}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(0,944 - \cos 0,104)}{\sqrt{0,008^2 + \sin^2 0,104}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 0,104}{\sqrt{0,008^2 + \sin^2 0,104}}\right) \right] \right] = 0,009, \end{aligned}$$

мұнда $a=h_{6-9}/s=1,0/111,3=0,008$;

$b=w_{6-X2}/s=105,1/111,3=0,944$;

$s - P_1$ нүктесінен X_1 нүктесіне дейінгі қашықтық (14.31-сурет);

h_{6-9} – беттерді сәулелендіру аймақтарының биіктігі (14.31-сурет);

w_{6-X2} – беттерді сәулелендіру аймақтарының ені (14.31-сурет).

E-F жалынның **A-B** жақтары үшін сәулелендірудің жалпы бұрыштық коэффициенті:

$$\Phi_{1-7-9-2}^{A-B} = \Phi_{1-4-X2-X1}^{A-B} + \Phi_{4-7-X3-X2}^{A-B} - (\Phi_{2-6-X2-X1}^{A-B} + \Phi_{6-9-X3-X2}^{A-B}) = 0,008 + 0,016 - (0,005 + 0,009) = 0,01 \text{ кұрайды.}$$

Сәулелендірумен жылу беруден болатын нәтижелендіруші салыстырмалық жылу ағысы осы құралдың (6.3) формуласы бойынша анықталады:

$$\begin{aligned} \dot{h}_{net,r} &= \Phi \cdot \varepsilon_m \cdot \varepsilon_f \cdot \sigma \cdot ((\Theta_r + 273)^4 - (\Theta_m + 273)^4) = \\ &0,01 \times 0,8 \times 1,0 \times 5,67 \cdot 10^{-8} \times ((571+273)^4 - (230+273)^4) = 201,13 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}, \end{aligned}$$

мұнда Φ – сәулелендірудің бұрыштық коэффициенті;

$\varepsilon_m = 0,8$ – конструкция бетінің қаралық дәрежесі;

$\varepsilon_f = 1,0$ – жалынның (өрттің) қаралық дәрежесі;

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-4}$ – Стефан–Больцманның тұрақтысы;

Θ_r – өртті сәулелендірудің тиімді температурасы, °C;

Θ_m – конструкция бетінің температурасы, °C.

$\Phi_{1-3-8-6}$ – сәуле беретін және сәуле қабылдайтын беттердің арасындағы сәулелендіру коэффициенті.

Қорытынды

ҚР НТҚ 01-01.2.1-2012

Сөйтіп, сәулелендірудің 20 мин ұзақтығы кезінде ағашқа арналған жылу ағысының қауіпті тығыздығы $13\,500\text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ тең. Өндірістік ғимараттағы есептік өрттен болатын жылу ағысының есептік тығыздығы $201,13\text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ тең, ол жылу ағысының қауіпті тығыздығына қарағанда аз. Осыдан өндірістік ғимараттағы есептік өрт кезінде көрсетілген уақыт кезеңінің ішінде жақын орналасқан шаруашылық құрылыстың қоршалған құрылыс конструкциялары өртенбейді деген қорытынды шығаруға болады.

А ҚОСЫМШАСЫ
(ақпараттық)
Салыстырмалық өрт жүктемесі

**А.1-кесте – Өртүрлі функционалдық мақсаттағы үй-жайларға арналған
салыстырмалық өрт жүктемесінің сипаттамалық мәндері [12]**

Үй-жайдың, заттар мен материалдардың типі (процестің сипаттамасы)	Өндірісі, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²	Қойма, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²
Авиациялық ангар	200	
Авиациялық зауыт	200	
Автоаксесуарлар (сату)	300	
Автозауыт (жинау)	300	
Автодүкен (лак-сырлау бұйымдары)	500	
Автодүкен (орындыққа арналған қаптар)	700	
Авто шеберхана	300	
Авто шеберхана (кузов жөндеу)	150	
Автомобильдер (жинау, өндірісі)	400	
Әкімшілік	800	
Жанатын булардың (зауыттардың) адсорбенттері	> 1700	
Академия	300	
Аккумуляторлар (өндірісі)	400	800
Аккумуляторлар (тасымалдау)	800	
Алюминий (өңдеу)	200	
Алюминий (өндірісі)	40	
Антикварлық дүкен	700	
Аппараттық жабдық (дүкен)	300	
Аппараттық жабдық (өндірісі)	200	
Дәріхана	1000	
Дәріхана (қоймасы бар)	800	
Мұрағат (күжаттар)	4200	
Асфальт (өндірісі)	800	3400
Ацетилендік баллондар (қойма)	700	
Банк (кассалар)	300	
Банк (кеңселер)	800	
Алкоголі жоқ сусындар (өндірісі)	80	
Бетон бұйымдар (өндірісі)	100	
Кітапхана	2000	2000
Дәкелер (өндірісі)	400	
Бисквит (өндірісі)	200	
Бисквиттік фабрика	200	
Аурухана	300	

**А.1-кесте – Өрттүрлі функционалдық мақсаттағы үй-жайларға арналған
салыстырмалық өрт жүктемесінің сипаттамалық мәндері [12]**

(жалғасы)

Үй-жайдың, заттар мен материалдардың типі (процестің сипаттамасы)	Өндірісі, $q_{t,k}$, МДж·м ²	Қойма, $q_{t,k}$, МДж·м ²
Оқ-дәрілер (өндірісі)	жеке есептелінеді	
Бөшке ісі	600	
Ағаш бөшкелер (өндірісі)	1000	800
Наубайхана	200	
Наубайхана (сату)	300	
Қағаз (өңдеу)	800	1100
Қағаз (өндірісі)	200	10000
Тұрмыстық техника (сату)	300	
Тұрмыстық техника (өндірісі)	300	200
Мақта (өндірісі)	300	
Вафли (өндірісі)	300	1700
Велосипедтер (жинау)	200	400
Сыпырғыштар (өндірісі)	700	400
Таразылар (өндірісі)	400	
Жарылыс-қауіпті өндіріс	4000	
Шарап дүкені	200	
Шарап жерқоймасы	20	
Сым тарту	80	
Балауыз бұйымдары (өндірісі)	1300	2100
Балауыз бұйымдары (тасымалдау)	2100	
Дәрігерлік кабинет	200	
Вулканизация (қоймалық үй-жайы жоқ)	1000	
Жасанды теріні өңдеу (цех)	300	
Жоғары күйдірілген гипс (өндірісі)	600	
Пластикалық бөлшектері жоқ жоғары дәлдікті аспаптар (өндірісі)	100	
Пластикалық бөлшектері бар жоғары дәлдікті аспаптар (өндірісі)	200	
Биік кеңсе ғимараты	800	
Көрме (ресімдеуі бар, көркем)	200	
Жиһаздың көрмесі	500	
Көрме залы (ресімдеуі бар автомобильдер)	200	
Көрме залы (ресімдеуі бар жиһаздар)	500	
Көрме залы (ресімдеуі бар жабдықтар)	80	
Кесте тігу	300	
Газета дүңгіршегі	1300	
Галеттік құрғақ батарея	400	600

**А.1-кесте – Өртүрлі функционалдық мақсаттағы үй-жайларға арналған
салыстырмалық өрт жүктемесінің сипаттамалық мәндері [12]**

(жалғасы)

Үй-жайдың, заттар мен материалдардың типі (процестің сипаттамасы)	Өндірісі, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²	Қойма, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²
Гальваникалық станция	200	
Үтіктеу	500	
Гардероб (ағаш шкафтары бар)	400	
Гардероб (металл шкафтары бар)	80	
Гастроном	700	
Саз (өңдеу)	50	
Бас киімдер (дүкен)	500	
Бас киімдер (өндірісі)	500	
Қонақ үй	300	
Мемлекеттік мекеме	800	
Гравирлік цех (шыны/металл)	200	
Гудрон (дайындау)	800	
Гудрондирленген картон (өндірісі)	1700	
Есіктер (ағаш, өндірісі)	800	1800
Сәндік әрлеу, шеберхана	1200	2000
Сәндік тас	40	
Ағаш бұйымдар (шағын, тасымалдау)	600	
Ағаш модельдер (әзірлеу, цех)	600	
Балалар үйі	400	
Балалар арбасы (дүкен)	300	
Балалар арбасы (өндірісі)	300	800
Балабақша	300	
Деформациялау (цех)	250	
Джутсапа	400	1300
Демалыс үйі	500	
Үйлер	500	
Қарттар үйлері	400	
ДСП (өңдеу)	800	
ДСП (нығыздау)	100	
Жалюзи (өндірісі)	800	300
Темір жол станциясы	800	
Темір жол вагондары (өндірісі)	200	
Темір жол цехы	800	
Қаңылтыр бұйымдар (өндірісі)	120	
Қозғалтқыштар (өндірісі)	1000	
Айналар (өндірісі)	100	
Астық диірмені (қоймалық үй-жайы жоқ)	400	

**А.1-кесте – Өртүрлі функционалдық мақсаттағы үй-жайларға арналған
салыстырмалық өрт жүктемесінің сипаттамалық мәндері [12]**

(жалғасы)

Үй-жайдың, заттар мен материалдардың типі (процестің сипаттамасы)	Өндірісі, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²	Қойма, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²
Астық қоймасы	600	
Металды алтындату	800	
Шатырлар (дүкен)	300	
Шатырлар (өндірісі)	300	400
Институт (ғимарат)	500	
Ойын аймағы	150	
Ойыншықтар (жанатын материалдардан жасалған, өндірісі)	100	
Ойыншықтар (жанбайтын материалдардан жасалған, өндірісі)	200	
Ойыншықтар (дүкен)	500	
Аспаптар (өндірісі)	200	
Жасанды тері (өңдеу)	300	
Жасанды тері (өндірісі)	1000	1700
Жасанды гүлдер (өндірісі)	300	200
Жасанды жібек (өңдеу)	210	
Жасанды жібек (өндірісі)	300	1100
Сынақ зертханасы (машина жабдықтары)	100	
Сынақ зертханасы (текстиль)	300	
Сынақ зертханасы (электрлік аспаптар)	200	
Шоғырсым (өндірісі)	300	600
Какао (өңдеу)	800	
Тас қалау	40	
Арқан-бау бұйымдары (зауыт)	300	600
Арқан-бау бұйымдары (қойма)	500	
Канцеляриялық дүкені	700	
Күймелік шеберхана	500	
Картон (өндірісі)	300	4200
Картон бұйымдар (өндірісі)	800	2500
Картон бұйымдар (тасымалдау)	600	
Картон қораптар (өндірісі)	800	2500
Картоп (өндірісі)	200	
Кафе	400	
Пәтер	300	
Керамикалық зауыт	200	
Киностудия	300	
Кинотеатр	300	
Кірпіш цехі (күйдіру)	40	

**А.1-кесте – Өртүрлі функционалдық мақсаттағы үй-жайларға арналған
салыстырмалық өрт жүктемесінің сипаттамалық мәндері [12]**

(жалғасы)

Үй-жайдың, заттар мен материалдардың типі (процестің сипаттамасы)	Өндірісі, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²	Қойма, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²
Кірпіш цехі (сазды дайындау)	40	
Кірпіш цехі (нығыздау)	200	
Кірпіш цехі (ағаш торлары бар кептіру камерасы)	400	
Кірпіш цехі (металл торлары бар кептіру камерасы)	40	
Кірпіш цехі (ағаш торлары бар кептіру пеші)	1000	
Кірпіш цехі (металл торлары бар кептіру пеші)	40	
Кілемдер (өндірісі)	600	1700
Кілемдер (дүкен)	800	
Кілемдер (бояу)	500	
Қышқылдар (зауыт)	80	
Желім (өндірісі)	1000	3400
Кітап дүкені	1000	
Былғары (илеу, өңдеу ж.с.с.)	400	
Былғары бұйымдар (сату)	700	
Былғары бұйымдар (өндірісі)	500	
Конгресс-холл	600	
Кондитерлік фабрика (қызметтің басқа салалары)	500	
Кондитерлік фабрика (қаптау)	1000	
Кондитерлік фабрика (аралық қойма)	6000	
Кондитерлік фабрика (орау)	500	
Кондитерлік дүкен	400	
Консервалық азықтар (өндірісі)	400	200
Консервалық азықтар (өндірісі)	40	
Консервалық құтылар (өндірісі)	100	
Кәмпит орамдары	800	
Кәмпиттер (өндірісі)	400	1500
Көшіру орталықтары	400	
Малдарға арналған жем (өндірісі)	2000	3300
Қорапта (өндірісі)	1000	600
Косметика (өндірісі)	300	500
Қазандық	200	
Бояу цехі	500	
Аяқ-киімге арналған крем (өндірісі)	800	2100
Ірі металл конструкциялар	80	
Иіру цехі	250	
Темір цехі	80	
Ас үй плитасы (өндірісі)	600	

**А.1-кесте – Өртүрлі функционалдық мақсаттағы үй-жайларға арналған
салыстырмалық өрт жүктемесінің сипаттамалық мәндері [12]**

(жалғасы)

Үй-жайдың, заттар мен материалдардың типі (процестің сипаттамасы)	Өндірісі, $q_{т.к}$, МДж·м ²	Қойма, $q_{т.к}$, МДж·м ²
Бактериялық зертхана	200	
Металдық зертхана	200	
Стоматолог-хирургтың зертханасы	300	
Дене дамуының зертханасы	200	
Химиялық зертхана	500	
Электрлік, электрондық зертхана	200	
Лак (өндірісі)	500	2500
Лак (тасымалдау)	1000	
Лак және жылтырату (тасымалдау)	1300	
Лакталған қағаз	80	
Лакталған жабдық	80	
Лак-бояу бұйымдары (дүкен)	1000	
Лак-бояу бұйымдары (өндірісі)	4200	
Лак-бояу бұйымдары (араластырғыш қондырғылар)	2000	
Қыздыру лампалары (зауыт)	40	
Ағаш кесетін зауыт (ағаш қоймасы жоқ)	400	
Ликер (өндірісі)	400	800
Линолеум (өңдеу)	700	2100
Линолеум (өндірісі)	700	1300
Табақтық материал (өндірісі)	100	
Құю цехі (металл)	40	
Құю цехі (шойын)	400	800
Құйылған бөлшектер (металл өндірісі)	80	
Құйылған бөлшектер (пластикалық өндіріс)	500	
Қайықтар (өндірісі)	600	
Шаңғылар (өндірісі)	400	1700
Киім дүкені	600	
Майлау шеберханасы (автомобильдер, жабдық ж.с.с.)	200	
Майлау шеберханасы (жиһаз ж.с.с.)	400	
Майлау цехі	500	
Май (өндірісі)	700	4000
Су тартушының шеберханасы	100	
Мастика (өндірісі)	1700	
Матрастар (өндірісі)	500	500
Машиналық жабдық (өндірісі)	200	
Жиһаз (ағаш өндірісі)	600	
Жиһаз (жылтырату)	500	

**А.1-кесте – Өртүрлі функционалдық мақсаттағы үй-жайларға арналған
салыстырмалық өрт жүктемесінің сипаттамалық мәндері [12]**

(жалғасы)

Үй-жайдың, заттар мен материалдардың типі (процестің сипаттамасы)	Өндірісі, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²	Қойма, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²
Жиһаз (тасымалдау)	600	
Жиһаз дүкені	400	
Металл (тегістеу)	80	
Металл бұйымдар (өндірісі)	200	
Металды өңдеу (жалпы)	200	
Механикалық шеберхана	200	
Ұн өнімдері	800	
Тері шеберханасы	500	
Тері дүкені	200	
Ұнтақтық сүт (өндірісі)	200	10500
Қоюландырылған сүт (өндірісі)	200	9000
Сүт дүкені	200	
Балмұздақ (орамасы бар, зауыт)	100	
Мотоциклдер (жинау)	300	
Жуу құралдары (өндірісі)	300	200
Мұражай	300	
Музыкалық аспаптар (сату)	281	
Сабын (өндірісі)	200	4200
Ет дүкені	50	
Теру цехі	400	
Бастырмалар (өндірісі)	300	
Қабір үстілік табақтар (нақыштау)	50	
Орау (үй-жайы)	400	
Орау (текстиль, талшықтар)	600	
Сусындар (тасымалдау)	300	
Едендік табақша (пластиктен жасалған, өндірісі)	800	
Нитроцеллюлоза (өндірісі)	бөлек есептелінеді	
Жиһазды қаптау (шеберхана)	500	
Жабдық	600	
Жабдық (сынау)	200	
Жабдық (өндірісі)	400	
Жабдық (тасымалдау)	700	
Ақпараттарды өңдеу	400	
Маталарды өңдеу, шеберхана	500	
Аяқ-киім және жөндеу шеберханалары	700	
Аяқ-киім фабрикасы (өндірісі)	500	
Аяқ-киім фабрикасы (тасымалдау)	600	

**А.1-кесте – Өртүрлі функционалдық мақсаттағы үй-жайларға арналған
салыстырмалық өрт жүктемесінің сипаттамалық мәндері [12]**

(жалғасы)

Үй-жайдың, заттар мен материалдардың типі (процестің сипаттамасы)	Өндірісі, $q_{t,k}$, МДж·м ²	Қойма, $q_{t,k}$, МДж·м ²
Аяқ-киім дүкені	500	
Кептірілген көкөністер	1000	400
Көкөніс дүкені	200	
Киім (өндірісі)	400	
Киім, қағаз	700	
Киім, текстиль	200	
Терезелер (ағаш, өндірісі)	800	
Терезелік әйнектер (өндірісі)	700	
Кеңселік жиһаз	700	
Шашып бояу (ағаш бұйымдары)	500	
Қалайы ыдыс (тасымалдау)	200	
Оптикалық аспаптар (өндірісі)	200	200
Қару-жарақ (сату)	300	
Қару-жарақ (өндірісі)	300	
Суреттерді өңдеу бөлімі	300	
Өңдеу цехі (қағаз)	500	
Өңдеу цехі (текстиль)	300	
Жылытатын жабдық (ағаш көмірді жағу, үй-жайы)	300	
Кеңсе (бизнес)	800	
Кеңсе (жобалау)	600	
Кеңселік машиналық жабдық (өндірісі)	300	
Кендір, қағаз, жартылай этиленді қапшықтар (өндірісі)	500	
Шаштараз	300	
Паркет (өндірісі)	2000	1200
Көлік қойғыш (үй-жайы)	200	
Парфюмериялық дүкен (сату)	400	
Пенопласт (өңдеу)	600	800
Пенопласт (өндірісі)	3000	2500
Қосқыштар (өндірісі)	400	
Түптеу шеберханасы	1000	
Баспа өнімі (тасымалдау)	1700	
Баспа, машиналық цех	400	
Баспа, теру цехі	300	
Сыра (өндірісі), сыра қайнататын зауыт	80	
Тамақ өнімі (тасымалдау)	1000	
Тамақ майы (өндірісі)	1000	18900
Тамақ майы (тасымалдау)	900	

**А.1-кесте – Өртүрлі функционалдық мақсаттағы үй-жайларға арналған
салыстырмалық өрт жүктемесінің сипаттамалық мәндері [12]**

(жалғасы)

Үй-жайдың, заттар мен материалдардың типі (процестің сипаттамасы)	Өндірісі, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²	Қойма, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²
Пластик (өңдеу)	600	
Пластик (өндірісі)	2000	5900
Пластикалық бұйымдар (өндірісі)	600	
Пластикалық бұйымдар (тасымалдау)	1000	
Жүк тиеу платформасы (тауарлары бар, орташа жақындатылған)	800	
Тұрғын үй-жайдың жертөлесі	900	
Жерастылық гараж (мемлекеттік)	< 200	
Шамалы пластикі бар аспаптар (тасымалдау)	700	
Жерастылық гараж (жеке меншік)	> 200	
Мердігерлік ұйым	500	
Еденнің жабыны (дүкен)	1000	
Еденнің жабыны (өндірісі)	500	6000
Ағашты жылтырату	200	
Мата бұйымдары (өндірісі)	400	800
Төсек-орын (зауыт)	600	
Төсек-орын (дүкен)	500	
Пошта	400	
Теріден киім тігу	400	
Киім тігу	300	
Кір жуу	200	
Нығыздалған кірпіш (зауыт)	1600	
Баспана	400	
Тығыз бұйымдары (өндірісі)	500	800
Сым зауыты	800	
Азық-түлік себеттері (өндірісі)	300	200
Ойнатқыш (өндірісі)	300	
Аралас тауарларды қоймалауға арналған кеңістік	500	
Төсек жаймалары (өндірісі)	500	1000
Тоқу фабрикасы (талшықтаусыз)	300	
Радио және телеаппаратура (сату)	500	
Радио және телеаппаратура (өндірісі)	400	
Радиостудия	300	
Суретке арналған рамкалар (өндірісі)	300	
Еріткіш (тазалау)	200	
Өсімдік майы (тасымалдау)	900	
Резіңке (өңдеу)	600	5000

**А.1-кесте – Өртүрлі функционалдық мақсаттағы үй-жайларға арналған
салыстырмалық өрт жүктемесінің сипаттамалық мәндері [12]**

(жалғасы)

Үй-жайдың, заттар мен материалдардың типі (процестің сипаттамасы)	Өндірісі, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²	Қойма, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²
Резіңке-техникалық бұйымдар (дүкен)	800	
Резіңке-техникалық бұйымдар (өндірісі)	600	5000
Ағаштан ою (цех)	700	
Ағаштан ою	700	
Жөндеу шеберханасы (жалпы)	400	
Мейрамхана	300	
Сантораптар	~ 0	
Дәнекерлеу	300	
Дәнекерлеу цехі (металл)	80	
Спорт тауарлары (дүкен)	800	
Шырпылар (өндірісі)	1300	22400
Сейфтер (өндірісі)	80	
Сидр (ыдыстың қоймасы жоқ, өндірісі)	200	
Синтетикалық пластмасса (өндірісі)	3400	4200
Синтетикалық талшық (өңдеу)	400	
Синтетикалық талшық (өндірісі)	400	
Қойма (цехтегі қоймалық үй-жайлар ж.т.б)	1200	
Қасапхана	40	
Сода (өндірісі)	40	
Дәмдеуіштер (өндірісі)	50	
Спирт сусындары (дүкен)	700	
Спирт сусындары (өндірісі)	500	
Спирт зауыты (жанатын материалдар)	200	
Спирт зауыты (жанбайтын материалдар)	50	
Сіріңке зауыты	300	800
Болат жиһаз (өндірісі)	300	
Шыны (өңдеу)	200	
Шыны (өндірісі)	100	
Шыны (жазу)	300	
Шыны үрлейтін зауыт	200	
Шыны ыдыстар (дүкен)	200	
Шыны бұйымдары (өндірісі)	200	
Шыны бұйымдары (тасымалдау)	700	
Шыны зауыты	100	
Шыны цехі	700	
Стереотиптік баспа формалары (өндірісі)	200	
Кір жуатын машина (өндірісі)	300	40

**А.1-кесте – Өртүрлі функционалдық мақсаттағы үй-жайларға арналған
салыстырмалық өрт жүктемесінің сипаттамалық мәндері [12]**

(жалғасы)

Үй-жайдың, заттар мен материалдардың типі (процестің сипаттамасы)	Өндірісі, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²	Қойма, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²
Асхана	300	
Ас үйлік күміс	400	
Ас үй аспаптары (тұрмыстық, өндірісі)	200	
Ағаш ұстасының шеберханасы	700	
Ағаш ұстасының шеберханасы (верстак)	700	
Ағаш ұстаның ісі (ағаш қоймасы жоқ)	600	
Ағаштың станоктары (машиналық үй-жай)	500	
Ағаш цехі	700	
Стоматологиялық кабинет	200	
Кептіру камерасы (ағашқа арналған)	800	
Сыр (орамдағы, өндірісі)	170	
Сыр жертөлесі	100	
Сыр жасайтын зауыт	120	
Темекі фабрикасы	3000	
Темекі бұйымдары (өндірісі)	200	2100
Темекі дүңгіршегі	500	
Театр	300	
Текстиль (тасымалдау)	600	
Текстиль фабрикасы	1200	
Телестудия	300	
Телефон аппараттары (өндірісі)	400	200
Телефон коммутаторлары	80	
Телефон коммутаторлары (өндірісі)	100	
Термикалық цех	400	
Пластмассаны терм желімдеу	800	
Типография	1000	
Типографиялық бояу (өндірісі)	700	3000
Тоқыма фабрикасы (кілемсіз)	300	
Ағаш жону станоктары	200	
Ағаш жону цехі	600	
Ағаш жону шеберханасы (ағашты өңдеу)	500	
Тракторлар (өндірісі)	300	
Трансформаторлар (орау)	600	
Трансформаторлар (өндірісі)	300	
Трикотаж шеберханасы (өндірісі)	300	1000
Турагенттілік	400	
Жастардың турбазасы	300	

**А.1-кесте – Өртүрлі функционалдық мақсаттағы үй-жайларға арналған
салыстырмалық өрт жүктемесінің сипаттамалық мәндері [12]**

(жалғасы)

Үй-жайдың, заттар мен материалдардың типі (процестің сипаттамасы)	Өндірісі, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²	Қойма, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²
Көмір шұңқыры	10500	
Көмір бункері	2500	
Тыңайтқыштар (өндірісі)	200	200
Сірке қышқылы (өндірісі)	80	100
Универмаг	400	
Орау (басқа жанбайтын тауарларды)	600	
Орау (жанбайтын материалдарды)	400	
Орау (баспа өнімін)	1700	
Орау (өндірісі)	500	
Орау (текстилді)	600	
Орау материалы (өнеркәсібі)	1600	3000
Салуға арналған жабдық (сұйықтығы бар бөшкелер және/немесе қауіптіліктің I-IV класының жанатын бөшкелері)	> 3400	
Салуға арналған жабдық (сұйықтығы бар бөшкелер және/немесе қауіптіліктің V класының жанатын бөшкелері)	> 1700	
Салуға арналған жабдық (сұйықтығы бар бөшкелер және/немесе жанбайтын бөшкелер)	< 200	
Салуға арналған жабдық (сұйықтығы бар кішкене бөшкелер және жанбайтын бөшкелер)	< 200	
Салуға арналған жабдық (сұйықтығы бар кішкене бөшкелер және қауіптіліктің I - IV класының жанбайтын бөшкелері)	< 500	
Өндірістік қалдықтарды кәдеге асыру	800	
Киім фабрикасы	500	
Фанера (өндірісі)	800	2900
Фанера (өндірісі)	800	4200
Фанерлеу	500	2900
Фармацевтикалық өнімдер (өндірісі)	300	800
Фармацевтикалық өнімдер (орау)	300	800
Фарфор (өндірісі)	200	
Фейерверктер (өндірісі)	жеке есептелінеді	
Флуоресценттік құбырлар (өндірісі)	300	
Фотоаппараттар (өндірісі)	300	
Фотоателье	300	
Фотозертхана	100	
Фотодүкен	300	
Фрезерлік жұмыстар (металл бойынша)	200	

**А.1-кесте – Өртүрлі функционалдық мақсаттағы үй-жайларға арналған
салыстырмалық өрт жүктемесінің сипаттамалық мәндері [12]**

(жалғасы)

Үй-жайдың, заттар мен материалдардың типі (процестің сипаттамасы)	Өндірісі, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²	Қойма, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²
Химиялық зауыттар (орташа жақындатылған)	300	100
Химтазалау	300	
Тоңазытқыштар (өндірісі)	1000	300
Тоңазытқыш сақтау	2000	
Көркем шеберхана	1000	
Гүлдер (сату)	80	
Целлулоид (өндірісі)	800	3400
Цемент (өндірісі)	1000	
Цемент бұйымдары (өндірісі)	80	
Цемент зауыты	40	
Шіркеу	200	
Ағаш дайындау цехі	3000	
Сағат шеберханасы	300	
Сағат механизмдері (өндірісі)	40	
Сағаттар (сату)	300	
Сағаттар (жинау)	300	40
Шарлы мойын тіректер (өндірісі)	200	
Тігу машиналары (дүкен)	300	
Тігу машиналары (өндірісі)	300	
Жібек иіру (табиғи жібектен)	300	
Жібек тоқу (табиғи жібектен)	300	
Шиналар (өндірісі)	700	1800
Мектеп	300	
Мектеп-интернат	300	
Қайыс бұйымдардың шеберханасы (өндірісі)	300	
Сылақ (өндірісі)	80	
Щеткалар (өндірісі)	700	800
Электрлік өнеркәсіп	600	
Электрлік қозғалтқыштар (өндірісі)	300	
Электрондық аспаптар (өндірісі)	400	
Электрондық аспаптар (жөндеу)	500	
Электрлік аспаптар (өндірісі)	400	
Электрлік аспаптар (жөндеу)	500	
Электрлік жөндеу шеберханасы	600	
Электрмен жабдықтау (орнату Н < 3 м)	1200	
Электрлік станция	600	
Зергерлік шеберхана	200	

**А.1-кесте – Өртүрлі функционалдық мақсаттағы үй-жайларға арналған
салыстырмалық өрт жүктемесінің сипаттамалық мәндері [12]**

(жалғасы)

Үй-жайдың, заттар мен материалдардың типі (процестің сипаттамасы)	Өндірісі, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²	Қойма, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²
Зергерлік бұйымдар (өндірісі)	200	
Зергерлік дүкен	300	1300
Ядролық зерттеулер	2100	

Б ҚОСЫМШАСЫ

(ақпараттық)

Кейбір құрылыс материалдарының жылу инерциясын анықтауға арналған жылу физикалық сипаттамалар

Б.1-кесте – Кейбір материалдардың жылу физикалық қасиеттері [13]

Материал	Температура, °C	Жылу өткізгіштіктің коэффициенті λ , Вт·(м·°C) ⁻¹	Тығыздық ρ , кг·м ⁻³	Салыстырмалық жылу сыйымдылық c кДж·(кг·°C) ⁻¹	Температура өткізгіштіктің коэффициенті $\alpha \times 10^7$, м ² ·с ⁻¹
Оқшаулайтын материалдар					
Тығыз оралмаған асбест	-45	0,149	470-570	0,816	3,3-4
	0	0,154			
	100	0,161			
Асбест-цементтік тақталар	20	0,74	470-570	0,816	3,3-4
Асбест-цементтік табақтар	51	0,166	470-570	0,816	3,3-4
Асбест-цементтік киіз (дюймына 40 қабат)	38	0,057	470-570	0,816	3,3-4
	150	0,069	470-570	0,816	3,3-4
	260	0,083	470-570	0,816	3,3-4
Асбест-цементтік киіз (дюймына 20 қабат)	38	0,078	470-570	0,816	3,3-4
	150	0,095	470-570	0,816	3,3-4
	260	0,112	470-570	0,816	3,3-4
Кедір-бұдыр асбест (дюймына 4 иіліс)	38	0,087	470-570	0,816	3,3-4
	93	0,100	470-570	0,816	3,3-4
	150	0,119	470-570	0,816	3,3-4
Асбест цемент	—	2,08	470-570	0,816	3,3-4
Түйіршіктелген тығын	32	0,045	45-120	1,88	2-5,3
Шыны талшық	23	0,038	24	0,7	22,6
Конструкциялық және жылуға төзімді материалдар					
Асфальт	20-55	0,74-0,76			—
Бетон		1,40	2100	0,88	—
Құрылыстық кірпіш (жалпы жағдай)	20	0,69	1600	0,84	5,2
Хромды кірпіш	200	2,32	3000	0,84	9,2
	550	2,47	3000	0,84	9,8
	900	1,99	3000	0,84	7,9
Шамотты кірпіш (1330°C кезінде күйдірілген)	500	1,04	2000	0,96	5,4
	800	1,07	2000	0,96	5,4
	1100	1,09	2000	0,96	5,4

Б.1-кесте – Кейбір материалдардың жылу физикалық қасиеттері [13] (жалғасы)

Материал	Температура, °C	Жылу өткізгіштіктің коэффициенті λ , Вт·(м·°C) ⁻¹	Тығыздық ρ , кг·м ⁻³	Салыстырмалық жылу сыйымдылық c кДж·(кг·°C) ⁻¹	Температура өткізгіштіктің коэффициенті $a \times 10^7$, м ² ·с ⁻¹
Шамотты кірпіш (1450°C кезінде күйдірілген)	500	1,28	2300	0,96	5,8
	800	1,37	2300	0,96	5,8
	1100	1,40	2300	0,96	5,8
Буттық тас (1-2-4 қосындысы)	20	1,37	1900-2300	0,88	8,2-6,8
Терезелік әйнек	20	0,78 (средн.)	2700	0,84	3,4
Гипстік сылақ	20	0,48	1440	0,84	4,0
Гранит		1,73-3,98	2640	0,82	8-18
Әктас	100-300	1,26-1,33	2500	0,90	5,6-5,9
Мәрмәр		2,07-2,94	2500-2700	0,80	10-13,6
Құмдақ	40	1,83	2160-2300	0,71	11,2-11,9
Кипарис	30	0,097	460	2,7	–
Шырша	23	0,11	420	2,72	0,96
Үйеңкі, емен	30	0,166	540	2,4	1,28
Сары қарағай	23	0,147	640	2,8	0,82

Б.2-кесте – Кейбір құрылыс материалдарының жылу инерцияларының сипаттамалық мәндері [14]

Материал	Жылу инерциясы b , Дж·м ⁻² ·с ^{-1/2} ·К ⁻¹
Акрилдік кілем жабыны	648
Талшықтық термо оқшаулағыш тақтайша	678
Құрылыстық гипсокартон (S142M)	755
Гипсокартон (жалпы) (қалыңдығы 1,27 мм)	671
Гипсокартон FR (қалыңдығы 1,27 см)	632
ДВП (қалыңдығы 6,35 мм)	1367
ДВП (қалыңдығы 3,175 мм)	938
Жылтыр бояумен боялған ДВП (қалыңдығы (3,4 мм)	1105
Нитроцеллюлозалық бояумен боялған ДВП	889
Douglas өртке төзімді ДСП (қалыңдығы 1,27 см)	970
Қатардағы ДСП (1,27 см)	964
Желімделген фанера FR (1,27 см)	872
Кілем бұйымы (нейлон мен жүннің қосындысы)	825
Кілем бұйымы (өңделмеген жүн)	500
Орамдағы кілем бұйымы (жүн)	332
Қатты көбік (қалыңдығы 2,54 см)	173

Б.2-кесте – Кейбір құрылыс материалдарының жылу инерцияларының сипаттамалық мәндері [14] (жалғасы)

Материал	Жылу инерциясы b , $\text{Дж}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1/2}\cdot\text{К}^{-1}$
Жұмсақ көбік (қалыңдығы 2,54 см)	566
Шыны талшықпен арматураланған пластмасса (қалыңдығы 1,14 мм)	849
Шыны талшықпен арматураланған пластмасса (қалыңдығы 2,24 мм)	566
Поликарбонат (қалыңдығы 1,52 мм)	1077
Кесіктік полиметилметакрилат (қалыңдығы 1,59 мм)	854
G типтік полиметилметакрилат (қалыңдығы 1,27 см)	1010
Полистирол (қалыңдығы 5,08 см)	616
Рубероидтық шатырлық тақтайша	837
Өңделген желімдік фанера (қалыңдығы 1,27 см)	735
Өңделген желімдік фанера (қалыңдығы 0,635 см)	678
Шыны талшықтан жасалған жабын	707
Ұшақтарға арналған эпоксифибриттік панельдер	490

В ҚОСЫМШАСЫ

(ақпараттық)

Жылу ағысының қауіпті тығыздығы

В.1-кесте – Жылу ағысының қауіпті тығыздығының сипаттамалық мәндері [14]

Материал	Материалдың тұтануына арналған қауіпті тығыздық $q_{кр}$, кВт·м ⁻²
Акрилдік кілем жабыны	10,0
Талшықтық термо оқшаулағыш тақтайша	14,0
Құрылыстық гипсокартон (S142M)	18,0
Гипсокартон FR (қалыңдығы 1,27 см)	28,0
Гипсокартон (жалпы) (қалыңдығы 1,27 мм)	35,0
ДВП	8,1
Жылтыр бояумен боялған ДВП	8,1
ДВП (қалыңдығы 3,175 мм)	14,0
ДВП (қалыңдығы 6,35 мм)	10,0
Жылтыр бояумен боялған ДВП (қалыңдығы 3,4 мм)	17,0
Нитроцеллюлозалық бояумен боялған ДВП	17,0
ДСП	6,4
ДСП (тік) (қалыңдығы 15 мм)	9,0
ДСП (көлбеу) (қалыңдығы 15 мм)	10,0
Douglas өртке төзімді ДСП (қалыңдығы 1,27 см)	16,0
Қатардағы ДСП (қалыңдығы 1,27 см)	18,0
Желімделген фанера (көлбеу) (қалыңдығы 12 мм)	8,5
Желімделген фанера (тік) (қалыңдығы 12 мм)	10,0
Желімделген фанера, жылтыр бояумен боялған	11,4
Желімделген фанера	10,6
Желімделген фанера FR (қалыңдығы 1,27 см)	44,0
Кілем бұйымы (нейлон мен жүннің қосындысы)	18,0
Кілем бұйымы (өңделмеген жүн)	20,0
Кілем бұйымы (өңделген жүн)	22,0
Орамдағы кілем бұйымы (жүн)	23,0
Экструдирленген (сұр) ПВХ (қалыңдығы 3 мм)	15,0
Нығыздалған (ақ) ПВХ (қалыңдығы 3 мм)	8,0
Жұмсақ көбік (қалыңдығы 2,54 см)	16,0
Қатты көбік (қалыңдығы 2,54 см)	20,0
Шыны талшықпен арматураланған пластмасса (қалыңдығы 1,14 мм)	17,0
Шыны талшықпен арматураланған пластмасса (қалыңдығы 2,24 мм)	16,0
G типтік полиметилметакрилат (қалыңдығы 1,27 см)	15,0
Полиметилметакрилат (қалыңдығы 1,59 мм)	9,0
Полиметилметакрилат (құйылған кесіктер) (қалыңдығы 3 мм)	5,0

В.1-кесте – Жылу ағысының қауіпті тығыздығының сипаттамалық мәндері [14]
(жалғасы)

Материал	Материалдың тұтануына арналған қауіпті тығыздық $q_{кр}$, кВт·м ⁻²
Экструдирленген полиметилметакрилат (қалыңдығы 2 мм)	9,0
Полипропилен (қалыңдығы 3.3 мм)	6,5
Полистирол (қалыңдығы 5,08 см)	46,0
Полиэтилен (қалыңдығы 2 мм)	12,5
Рубероидтық шатырлық тақтайша	15,0
Өңделген желімдік фанера (қалыңдығы 1,27 см)	16,0
Өңделген желімдік фанера (қалыңдығы 0,635 см)	16,0
Қылқан жапырақты ағаш	13,7
Қылқан жапырақты ағаш (талшықтың бойымен) (қалыңдығы 20 мм)	10,0
Қылқан жапырақты ағаш (талшыққа көлденең) (қалыңдығы 20 мм)	12,0
Өртке төзімді кебетін бояумен боялған қылқан жапырақты ағаш	13,0
Шыны талшықтан жасалған жабын	21,0
Ұшақтарға арналған эпоксифибериттік панельдер	28,0
Жәшіктік картон	8,3
Қуатты электрлік шоғырсымдар	
ПВХ/ПВХ	19,0
Полиэтилен/ПВХ	15,0
ПВХ / Полиэтилен	15,0
Силикон/ ПВХ	19,0
Тігілген полиолефин негізіндегі силикон/полимер (XLPO)	27,5
Этиленпропилендік каучук (EPR)	21,5
XLPE/XLPE	22,5
XLPE/этилвинил ацетат (EVA)	17,0
XLPE/неопрен	15,0
XLPO/XLPO	20,5
XLPO, поливинилиден фторид (PVF)/XLPO	15,5
EPR/ хлорсульфинирленген полиэтилен	16,5
EPR/ FR	21,0
Байланыстың электрлік шоғырсымдары	
ПВХ/ПВХ	15,0
Полиэтилен/ПВХ	20,0
XLPE/XLOP	20,0
Кремний/XLOP	20,0
EPR/FR	19,0
Хлорланған полиэтилен	12,0
ETFE/EVA	22,0
ПВХ/PVF	30,0

В.1-кесте – Жылу ағысының қауіпті тығыздығының сипаттамалық мәндері [14]
(жалғасы)

Материал	Материалдың тұтануына арналған қауіпті тығыздық $q_{кр}$, кВт·м ⁻²
FER/PER	36,0
Синтетикалық материалдар	
Полипропилен (жалпы)	15,0
Нейлон	15,0
Полиметилметакрилат (жалпы)	11,0
Поликарбонат	15,0
Поликарбонат (панельдер)	16,0
Табиғи материалдар	
Ағаш (қызыл емен)	10,0
Ағаш (дугластық майқарағай)	10,0
Ағаш (дугластық майқарағай, өрттен қорғалған)	10,0
Гофрокартон (ашық)	10,0

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] ҚР ҚН EN 1991-1-2:2002/2011 Күш түсетін конструкцияларға әсер ету. 1-2 бөлім. Жалпы әсер ету. Конструкцияларға өрт кезінде әсер ету.
- [2] ҚР ҚН EN 1990:2002+A1:2005/2011 Күш түсетін конструкцияларды жобалаудың негіздері.
- [3] ISO 834 Fire resistance tests. Elements of building construction. Part 1: General requirements.
- [4] EN 1363-2 Fire resistance tests. Part 2: Alternative and additional procedures.
- [5] ҚР ҚН EN 1991-1-1:2002/2011 Күш түсетін конструкцияларға әсер ету. 1-1 бөлім. Өзіндік салмақ, ғимараттарға тұрақты және қосымшаланған жүктемелер.
- [6] CEN 2001b. Background Document CEN/TC250/SC1/ N300-A-Valorisation project on natural fire safety concept. ECSC Project 7215-042 & 7215-057, D-E-F-I-L-NL, 1999-2001, Final Reports in 6 Languages. Brussels: CEN Central Secretariat.
- [7] Yung, D. Principles of Fire Risk Assessment in Building / D.Yung.– Wiley. – 227 p.
- [8] Patrick M. Kennedy, Kathryn C. Kennedy, Flashover and fire analysis a discussion of the practical use of flashover analysis in fire investigations. Sarasota, Florida. – 2003. P.1–24.
- [9] ҚР ҚН EN 1993-1-2:2005/2011 Болат конструкцияларды жобалау. 1-2 бөлім. Өртке төзімділікті анықтаудың жалпы ережелері.
- [10] Collier, P.C.R. STUDY REPORT Car Parks – Fires Involving Modern Cars and Stacking Systems SR 255 (2011) / P.C.R.Collier. – Branz, 2011– 101 p.
- [11] ҚР ҚН EN 1993-1-1:2005/2011 Болат конструкцияларды жобалау. 1-1 бөлім. Жалпы ережелер және ғимараттарға арналған ережелер.
- [12] International Fire Engineering Guidelines [Canberra, A.C.T.] : ABCB for the Australian Government, State and Territories of Australia, 2005.
- [13] SFPE Handbook of Fire Protection Engineering Third Edition / Philip J. DiNenno, P.E. [et.al.]. –3rd edition.– SFPE, NFPA, 2002. – 1604 p.
- [14] SFPE Engineering Guide: Piloted Ignition of Solid Materials Under Radiant Exposure. – SFPE Task Group on Engineering Practices, 2002. – 74 p.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	V
1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	1
3 Термины и определения	2
4 Обозначения и сокращения	5
5 Методы расчета огнестойкости	10
6 Тепловые воздействия для теплотехнического расчета	13
6.1 Общие правила	13
6.2 Номинальные температурные режимы	15
6.3 Моделирование пожаров	19
7 Механические воздействия для статического расчета	20
7.1 Общие требования	20
7.2 Одновременность воздействий	21
7.3 Сочетания воздействий	22
8 Параметрический температурный режим пожара	23
8.1 Общие положения	23
8.2 Стадия нагрева	24
8.3 Стадия охлаждения	31
Примеры расчета к разделу 8	32
9. Тепловые воздействия на наружные конструкции – упрощенный метод расчета	41
9.1 Область применения	41
9.2 Условия применения	42
9.3 Воздействия ветра	43
9.4 Характеристики пожара и пламени	43
9.5 Угловой коэффициент облученности	51
Пример расчета к разделу 9	52
10 Локальные пожары	59
Примеры расчета к разделу 10	63
11 Общие модели пожаров	75
11.1 Общие положения	75
11.2 Однозонные модели	75
11.3 Двухзонные модели	77
11.4 Модели вычислительной гидродинамики (полевые модели – CFD)	78
12 Удельная пожарная нагрузка	81
12.1 Общие положения по расчету пожарной нагрузки	81
12.2 Общие требования по определению удельной пожарной нагрузки	82
12.3 Порядок определения пожарной нагрузки	83
12.4 Защищенная пожарная нагрузка	83
12.5 Низшая теплота сгорания	84
12.6 Классификация помещений по пожарной нагрузке	86
12.7 Индивидуальная оценка удельной пожарной нагрузки	86

12.8 Характеристики горения	87
12.9 Мощность теплового потока.....	87
Примеры расчета к разделу 12	89
13 Эквивалентная продолжительность пожара.....	91
Пример расчета к разделу 13	94
14 Угловой коэффициент облученности	96
14.1 Общие положения к определению углового коэффициента облученности.....	96
14.2 Эффект затенения	97
14.3 Наружные конструкции.....	97
Комплексные примеры расчета	100
Приложение А (<i>информационное</i>) Удельная пожарная нагрузка.....	159
Приложение Б (<i>информационное</i>) Теплофизические характеристики для определения тепловой инерции некоторых строительных материалов	172
Приложение В (<i>информационное</i>) Критическая плотность теплового потока.....	175
Библиография	178

ВВЕДЕНИЕ

Разработанное Пособие состоит из 14 разделов. Каждый раздел логически связан друг с другом и представляют собой развитые и дополненные требования СН РК EN 1991-1-2:2002/2011 с примерами расчета. Краткое описание основных разделов:

- Правила применения требований оценки воздействий на конструкции при пожарах согласно СН РК EN 1991-1-2:2002/2011;

- положения, развивающие требования, приведенные в СН РК EN 1991-1-2:2002/2011, а также примеры расчета параметрического и локального температурного режима пожара, тепловых воздействий на наружные конструкции (максимальной температуры в пожарной секции, размеров и температуры пламени из проемов, параметров излучения и конвекции), величины удельной пожарной нагрузки, эквивалентной продолжительности пожара, а также углового коэффициента облученности посредством оценки возможности возгорания наружных конструкций;

- дополнительные сведения по расчету параметрического режима температурного пожара и определение скорости развития пожара, которые не противоречат требованиям СН РК EN 1991-1-2:2002/2011.

При разработке настоящего нормативно-технического Пособия, кроме положений СН РК EN 1991-1-2:2002/2011, были учтены следующие нормативные документы:

- EN 13501-2. Классификация строительных конструкций, материалов и изделий по пожарной опасности. Часть 2. Классификация по огнестойкости строительных конструкций и изделий, за исключением применяемых в вентиляционных системах

- EN 1990 Еврокод 0. Основы строительного проектирования;

- EN 1991-1-1. Еврокод 1. Воздействия на строительные конструкции. Часть 1-1. Общие воздействия. Собственный вес. Постоянные и временные нагрузки на здания;

- EN 1991-1-3. Еврокод 1. Воздействия на строительные конструкции. Часть 1-3. Общие воздействия. Снеговые нагрузки;

- EN 1991-1-4. Еврокод 1. Воздействия на строительные конструкции. Часть 1-4. Общие воздействия. Ветровые воздействия;

- EN 1992 Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций;

- EN 1993 Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций;

- EN 1994 Еврокод 4. Проектирование сталежелезобетонных конструкций;

- EN 1995 Еврокод 5. Проектирование деревянных конструкций;

- EN 1996 Еврокод 6. Проектирование каменных конструкций;

- EN 1999 Еврокод 9. Проектирование алюминиевых конструкций.

Разработанное нормативно-техническое Пособие предназначено для специалистов проектных организаций и научно-исследовательских организаций, заказчиков проектной продукции, преподавателей, аспирантов и студентов высших учебных заведений.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ НОРМАТИВТІК-ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРАЛЫ
НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ЖҮКТЕМЕ ЖӘНЕ ӘСЕР ЕТУ. КОНСТРУКЦИЯҒА ӨРТ КЕЗІНДЕ ӘСЕР ЕТУ

НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ. ВОЗДЕЙСТВИЯ НА
КОНСТРУКЦИИ ПРИ ПОЖАРЕ

Дата введения 2015-07-01

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.1 Нормативно-техническое Пособие к СН РК EN 1991-1-2:2002/2011 «Воздействия на несущие конструкции. Часть 1-2. Общие воздействия. Воздействия на конструкции при пожарах» (далее – Пособие) разработано в соответствии с положениями СН РК EN 1991-1-2:2002/2011 и распространяется на оценку номинальных и параметрических (физически обоснованных) тепловых воздействий пожара. В Пособии устанавливаются принципы правила определения тепловых и механических воздействий, которые должны применяться совместно с EN 1990, EN 1991-1-1, EN 1991-1-3 и EN 1991-1-4.

2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

Для применения нормативно-технического Пособия необходимы следующие ссылочные документы. Для датированных ссылок применяют только указанное издание ссылочного документа, для недатированных ссылок применяют последнее издание ссылочного документа (включая все его изменения):

- EN 13501-2. Классификация строительных конструкций, материалов и изделий по пожарной опасности. Часть 2. Классификация по огнестойкости строительных конструкций и изделий, за исключением применяемых в вентиляционных системах
- EN 1990 Еврокод 0. Основы строительного проектирования;
- EN 1991-1-1. Еврокод 1. Воздействия на строительные конструкции. Часть 1-1. Общие воздействия. Собственный вес, постоянные и временные нагрузки на здания;
- EN 1991-1-3. Еврокод 1. Воздействия на строительные конструкции. Часть 1-3. Общие воздействия. Снеговые нагрузки;
- EN 1991-1-4. Еврокод 1. Воздействия на строительные конструкции. Часть 1-4. Общие воздействия. Ветровые воздействия;
- EN 1992 Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций;
- EN 1993 Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций;
- EN 1994 Еврокод 4. Проектирование сталежелезобетонных конструкций;
- EN 1995 Еврокод 5. Проектирование деревянных конструкций;
- EN 1996 Еврокод 6. Проектирование каменных конструкций;
- EN 1999 Еврокод 9. Проектирование алюминиевых конструкций.

3 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В Пособии применяются следующие термины с соответствующими определениями согласно [1]:

3.1 Эквивалентная продолжительность пожара (equivalent time of fire exposure): Продолжительность пожара, характеризующего стандартным температурным режимом, в течение которого предполагается такое же тепловое воздействие в помещении, как при реальном пожаре.

3.2 Наружная конструкция (external member): Конструкция, расположенная вне здания, которая может быть подвержена воздействию пожара через проемы в его ограждающих конструкциях.

3.3 Пожарная секция (отсек) (fire compartment): Замкнутое пространство в здании, в пределах одного или нескольких этажей, выделенное ограждающими конструкциями, препятствующими распространению регламентируемого пожара за его пределы.

3.4 Огнестойкость (fire resistance): Способность конструктивной системы, ее части или отдельной конструкции выполнять требуемые функции (несущую и/или ограждающую) в течение установленной продолжительности регламентируемого пожара при заданном уровне нагрузки.

3.5 Развившийся пожар (fully developed fire): Стадия полного участия всех горючих поверхностей в пожаре в пределах установленного пространства.

3.6 Общий анализ конструктивной системы при пожаре (global structural analysis (for fire)): Анализ конструктивной системы в целом, полностью или частично подвергнутой воздействию пожара. Непрямые воздействия пожара учитываются для всей конструктивной системы.

3.7 Непрямые воздействия пожара (indirect fire actions): Усилия, вызванные температурным расширением.

3.8 Целостность (integrity (E)): Способность ограждающей конструкции при одностороннем огневом воздействии предотвращать проникновение пламени и продуктов горения на необогреваемую поверхность

3.9 Теплоизолирующая способность (insulation (I)): Способность ограждающей конструкции при одностороннем огневом воздействии ограничивать рост температуры необогреваемой поверхности выше установленного уровня.

3.10 Несущая способность (load bearing function (R)): Способность конструктивной системы или отдельной конструкции выдерживать при пожаре установленные воздействия в соответствии с заданными параметрами.

3.11 Отдельная конструкция (member): Основной элемент конструктивной системы, который можно рассматривать отдельно с учетом граничных условий и схемы опирания (например, балка, колонна, а также сборные конструкции, такие как например фермы).

3.12 Анализ отдельной конструкции при пожаре (member analysis (for fire)): Теплотехнический и статический расчеты конструкции, рассматриваемой отдельно с соответствующими граничными условиями и схемой опирания в условиях воздействия

пожара. Непрямые воздействия пожара не рассматриваются, за исключением, вызванных температурными перепадами.

3.13 Расчет при нормальной температуре (normal temperature design): Расчет конструкции при температуре окружающей среды.

3.14 Ограждающая способность (separating function): Способность ограждающей конструкции предотвращать распространение регламентируемого пожара или воспламенение от нагреваемой поверхности (включает целостность (E) и теплоизолирующую способность (I)).

3.15 Ограждающая конструкция (separating element): Несущая или ненесущая конструкция (стена), образующая часть ограждения пожарного отсека.

3.16 Стандартная огнестойкость (standard fire resistance): Способность конструктивной системы, ее части или обычно только отдельной конструкции, выполнять требуемую несущую и/или ограждающую функции, при регламентированном сочетании нагрузок, в течение установленного времени в условиях теплового воздействия, определяемого стандартным температурным режимом.

3.17 Конструкции (structural members): Несущие элементы конструктивной системы, включая связи.

3.18 Теплотехнический расчет (temperature analysis): Методы определения нарастания температуры в конструкциях с учетом тепловых воздействий (тепловой поток), теплотехнических свойств материалов конструкции и, в случае необходимости, свойств защитных поверхностей.

3.19 Тепловые воздействия (thermal actions): Воздействия на конструктивную систему, описываемые с помощью модели теплового потока к конструкциям.

3.20 Общая модель пожара (advanced fire model): Расчетная модель пожара, основанная на уравнениях баланса массы и энергии.

3.21 Вычислительная газодинамическая модель (computational fluid dynamic model): Модель пожара, основанная на численном решении дифференциальных уравнений в частных производных, позволяющая определить изменения термодинамических и аэродинамических параметров во всех точках пожарного отсека.

3.22 Противопожарная стена (fire wall): Стена между двумя частями здания (двумя зданиями), обладающая необходимой огнестойкостью и конструктивной устойчивостью, с учетом действия возможных горизонтальных нагрузок, в том числе при одностороннем обрушении примыкающих строительных конструкций.

3.23 Однозонная модель (one-zone model): Модель пожара, основанная на использовании усредненной температуры в помещении.

3.24 Простая модель пожара (simple fire model): Расчетный пожар, основанный на ограниченном числе принятых физических параметров.

3.25 Двухзонная модель (two-zone model): Модель пожара, основанная на определении различных зон в помещении: верхний уровень, нижний уровень, пламя и его выброс, окружающая среда и стены. Для верхнего уровня принимается равномерное распределение температуры.

3.25 Коэффициент полноты сгорания (combustion factor): Коэффициент, показывающий полноту сгорания и находящийся в пределах от 1 (полное сгорание) до 0 (отсутствие горения).

3.26 Расчетный пожар (design fire): Схема развития пожара, принятая при проектировании.

3.27 Расчетная удельная пожарная нагрузка (design fire load density): Удельная пожарная нагрузка, принимаемая для определения теплового воздействия расчетного пожара с учетом возможных неопределенностей.

3.28 Расчетный сценарий пожара (design fire scenario): Сценарий пожара, принятый для расчетного анализа для которого производится расчет.

3.29 Температурный режим наружного пожара (external fire curve): Номинальная температурно-временная зависимость, применяемая для внешних поверхностей наружных стен, которые могут подвергаться воздействию пожара с различных частей фасада, непосредственно из помещения с ожидаемым пожаром или из помещений, расположенных ниже/выше по отношению к рассматриваемой наружной стене.

3.30 Риск возникновения пожара (fire activation risk): Параметр, учитывающий вероятность возникновения пожара и являющийся функцией площади пожарного отсека и назначения помещения.

3.31 Удельная пожарная нагрузка (fire load density): Пожарная нагрузка, отнесенная к единице площади пола q_f или к единице площади поверхности всех ограждений q_r , включая проемы.

3.32 Пожарная нагрузка (fire load): Сумма тепловой энергии, выделяемой при сгорании всех горючих веществ в определенном пространстве (конструктивные элементы и внутреннее оснащение зданий).

3.33 Сценарий пожара (fire scenario): Качественное описание протекания процесса пожара с указанием времени ключевых событий, которые характеризуют данный пожар и отличают его от других возможных. Сценарий обычно описывает процессы возгорания и развития пожара, стадии его полного развития и затухания во взаимосвязи с оснащением здания и системами, которые влияют на протекание пожара.

3.34 Объемное воспламенение (flash-over): Одновременное воспламенение всей пожарной нагрузки в помещении.

3.35 Температурный режим пожара углеводородов (hydrocarbon fire curve): Номинальная температурно-временная зависимость для оценки воздействий при пожаре углеводородного типа.

3.36 Локальный пожар (localised fire): Пожар, охвативший ограниченную площадь пожарной нагрузки в помещении.

3.37 Коэффициент проемности (opening factor): Коэффициент, отражающий условия вентилирования помещения в зависимости от площади проемов в стенах, высоты проемов и общей площади ограждающих поверхностей.

3.38 Мощность теплового потока (rate of heat release): Теплота (энергия), высвобождаемая при сгорании веществ и материалов, в функции времени.

3.39 Стандартный температурный режим (standard temperature-time curves): Номинальная температурно-временная зависимость, определенная в EN 13501-2, принятая для характеристики модели развившегося пожара в помещении.

3.40 Температурные режимы (temperature-time curves): Зависимость температуры среды, окружающей поверхности конструкции, от времени. Различают:

– номинальные: общепринятые зависимости, адаптированные для классификации и подтверждения огнестойкости (установлены: стандартный температурный режим, температурный режим наружного пожара и температурный режим пожара углеводородов);

– параметрические: зависимости, определенные на базе моделей пожара и специальных физических параметров, определяющих условия в помещении при пожаре.

3.41 Угловой коэффициент облученности (configuration factor): Коэффициент облученности для передачи тепла излучением от поверхности A к поверхности B , определяемый отношением энергии, полученной поверхностью B , к энергии, диффузно излученной поверхностью A .

3.42 Коэффициент теплоотдачи конвекцией (convective heat transfer coefficient): Конвективный поток тепла к конструкции, отнесенный к разнице температур окружающей среды и поверхностью конструкции.

3.43 Степень черноты (emissivity): Характеристика поглощающей способности поверхности, равная отношению между теплотой, поглощенной рассматриваемой поверхностью и поверхностью абсолютно черного тела.

3.44 Результирующий тепловой поток (net heat flux): Энергия, поглощенная конструкцией, отнесенная к единице площади.

4 ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В Пособии приняты следующие обозначения:

Прописные буквы латинского алфавита

- A – площадь;
- $A_{ind,d}$ – расчетное значение непрямого воздействия пожара;
- A_f – площадь пола пожарного отсека (секции);
- A_{fi} – площадь пожара;
- A_h – площадь горизонтальных проемов в покрытии пожарного отсека;
- $A_{h,v}$ – суммарная площадь проемов в ограждении, $A_{h,v} = A_h + A_v$;
- A_j – площадь поверхности j -той ограждающей конструкции, без учета проемов;
- A_m – площадь поверхности конструкции на единицу длины;
- A_p – соответствующая площадь поверхности огнезащитного материала на единицу длины конструкции;
- A_t – суммарная площадь ограждений (стены, покрытия и полы, включая проемы);
- A_v – суммарная площадь вертикальных проемов во всех стенах, $A_v = \sum A_{v,i}$;
- $A_{v,z}$ – площадь сдвига;
- A_{v1} – сумма площадей окон стены №1;
- $A_{v,i}$ – площадь i -го окна;

C_i – коэффициент защиты i -той поверхности конструкции;

D – глубина пожарного отсека (секции), диаметр пожара;

E_d – значение расчетного воздействия, полученное из основного сочетания, согласно [2];

$E_{fi,d}$ – постоянное расчетное значение воздействия при пожаре;

$E_{fi,d,t}$ – расчетное значение воздействия при пожаре в момент времени t ;

E_g – внутренняя энергия газовой среды в помещении;

H – расстояние между очагом пожара и потолком, высота;

H_u – низшая теплота сгорания, определенная с учетом влажности;

H_{u0} – низшая теплота сгорания сухого материала;

H_{ui} – низшая теплота сгорания i -го материала;

I_z – тепловой поток излучением от пламени;

I_f – тепловой поток излучением из оконного проема

L_c – длина зоны горения;

L_f – протяженность пламени вдоль оси;

L_H – горизонтальная проекция пламени (по фасаду);

L_h – горизонтальная протяженность пламени;

L_L – высота пламени (от верхнего края оконного проема);

L_x – расстояние по оси пламени от плоскости оконного проема окна до точки, для которой производится расчет;

$M_{c,Ed}$ – сопротивление действию изгибающего момента;

M_{Ed} – значение изгибающего момента;

$M_{fi,Ed}$ – расчетное значение изгибающего момента;

$M_{fi,t,Rd}$ – расчетный момент сопротивления при воздействии пожара;

$M_{k,i}$ – количество i -го горючего материала;

O – коэффициент проемности пожарного отсека (секции), $O = A_v \cdot \sqrt{h_{eq}} / A_i$;

O_{lim} – приведенный коэффициент проемности для пожара, с регулируемой пожарной нагрузкой;

P_{int} – давление газовой среды внутри горящего помещения;

Q – мощность теплового потока пожара;

Q_c – конвективная доля мощности теплового потока Q ;

$Q_{fi,k}$ – характеристическая пожарная нагрузка;

$Q_{fi,k,i}$ – характеристическая пожарная нагрузка i -го материала;

Q_D^* – коэффициент, зависящий от мощности теплового потока и диаметра локального пожара D ;

Q_H^* – безразмерная мощность теплового потока;

Q_{in} – увеличение энергии вследствие поступления газа через проемы в ограждающих конструкциях;

Q_{out} – уменьшение (потеря) энергии вследствие выхода газовой среды через проемы в ограждающих конструкциях;

Q_{rad} – мощность теплового потока, исходящего через проемы излучением;

Q_{wall} – уменьшение (потеря) энергии вследствие теплопередачи к ограждающим конструкция помещения;

R – универсальная газовая постоянная, $R = 287 \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \text{К}^{-1}$;

R_d – расчетное сопротивление конструкции при нормальной температуре;

$R_{fi,d,t}$ – расчетное сопротивление конструкции при пожаре в момент времени t ;

RHR_f – максимальная удельная мощность теплового потока;

T – температура, К;

T_0 – начальная температура, $T_0 = 293 \text{ К}$;

T_f – температура в пожарном отсеке (секции), К;

T_g – температура греющей газовой среды, К;

T_w – температура пламени в плоскости оконного проема, К;

T_z – температура пламени вдоль его оси, К;

W – ширина стены с одним или несколькими проемами (W_1 и W_2);

V – объем единицы длины конструкции;

V_{Ed} – значение поперечной силы;

$V_{fi,Ed}$ – расчетное значение поперечной силы;

$V_{pl,Ed}$ – сопротивление действию поперечной силы;

W_1 – ширина стены 1, для которой принята наибольшая площадь проемов;

W_2 – ширина стены пожарной секции (отсека), перпендикулярной к стене №1;

W_a – горизонтальная проекция навеса, балкона, козырька;

W_c – ширина зоны горения;

$W_{pl,y}$ – момент сопротивления сечения в пластической стадии;

Строчные буквы латинского алфавита

a – линейный размер помещения; отношение линейного размера зоны излучающей поверхности к расстоянию до облучаемого объекта; коэффициент температуропроводности;

a_z – поглощающая способность пламени;

b – теплопоглощающая способность ограждающей конструкции, $b = \sqrt{\rho \cdot c \cdot \lambda}$;
линейный размер помещения; отношение линейного размера зоны излучающей поверхности к расстоянию до облучаемого объекта;

b_i – теплопоглощающая способность слоя i -го слоя ограждающей конструкции;

b_j – теплопоглощающая способность j -той ограждающей конструкции;

c – удельная теплоемкость; длина свеса полки двутавра;

d – высота стенки двутавра;

d_{eq} – геометрический параметр наружной конструкции (диаметр или размер стороны);

d_f – толщина пламени;

d_i – размеры i -той поверхности конструкции;

d_p – толщина огнезащитного материала;

f_y – предел текучести материала конструкции;

g – ускорение свободного падения;

- g_k – величина постоянных воздействий на конструкцию;
- h – высота;
- h_{eq} – приведенная по площади высота окон на всех стенах, $h_{eq} = \sum(A_{v,i} \cdot h_i)/A_v$;
- h_i – высота i -го проема;
- \dot{h} – удельный тепловой поток на обогреваемую поверхность на уровне потолка;
- \dot{h}_{net} – результирующий удельный тепловой поток;
- $\dot{h}_{net,c}$ – удельный тепловой поток от теплопередачи конвекцией;
- $\dot{h}_{net,r}$ – удельный тепловой поток от теплопередачи излучением;
- \dot{h}_{tot} – общий удельный тепловой поток от нескольких локальных пожаров;
- \dot{h}_i – удельный тепловой поток, вызванный i -тым локальным пожаром;
- $h_{пл}$ – вертикальная проекция пламени;
- g – ускорение свободного падения;
- k_i – корректировочный коэффициент;
- k_b – корректировочный коэффициент, зависящий от теплопоглощающей способности ограждающих конструкций помещения ;
- k_c – корректировочный коэффициент, зависящий от материала конструкции для которой определяется огнестойкость;
- k_{sh} – корректировочный коэффициент для учета эффекта затенения;
- $k_{y,\Theta}$ – понижающий коэффициент для учета прогрева сечения конструкции;
- m – коэффициент полноты сгорания;
- \dot{m} – массовый расход;
- \dot{m}_{in} – массовый расход газовой среды, поступающей через проемы;
- \dot{m}_{out} – массовый расход газовой среды, выходящей через проемы;
- \dot{m}_{fi} – массовая скорость выгорания пожарной нагрузки;
- n – количество;
- q_f – удельная пожарная нагрузка, отнесенная к площади пола A_f ;
- $q_{f,d}$ – расчетная удельная пожарная нагрузка, отнесенная к площади пола A_f ;
- $q_{f,k}$ – характеристическая удельная пожарная нагрузка, отнесенная к площади пола A_f ;
- q_k – величина переменных воздействий на конструкцию;
- q_t – удельная пожарная нагрузка, отнесенная к площади поверхности A_t ;
- $q_{t,d}$ – расчетная пожарная нагрузка, отнесенная к площади поверхности A_t ;
- $q_{t,k}$ – характеристическая пожарная нагрузка, отнесенная к площади поверхности A_t ;
- $q_{кр}$ – критическая плотность теплового потока, необходимая для воспламенения материала;
- r – горизонтальное расстояние между вертикальной осью пламени и точкой под потолком, для которой рассчитывается тепловой поток; радиус закругления в месте примыкания полки двутавра к стенке;
- s – расстояние от оконного проема до наружной конструкции;
- s_i – толщина i -го слоя ограждающей конструкции;

s_{lim} – предельная толщина;
 t, t^* – время;
 $t_{e,d}$ – эквивалентная продолжительность пожара;
 $t_{fi,d}$ – время, соответствующее расчетной огнестойкости;
 t_f – толщина полки двутавровой балки;
 $t_{fi,requ}$ – время, соответствующее требуемой огнестойкости;
 t_{lim} – время достижения максимальной температуры для пожаров, регулируемых пожарной нагрузкой;
 $t_{\text{max}}, t^*_{\text{max}}$ – время достижения максимальной температуры;
 t_w – толщина стенки двутавровой балки;
 t_{α} – время, достижения тепловыделения пожара 1 МВт;
 u – скорость ветра, влажность;
 v_d – расчетное значение нагрузки;
 v_k – характеристическое значение нагрузки;
 w_i – ширина i -го проема в ограждающей конструкции;
 w_t – суммарная ширина проемов по всем стенам ($w_t = \sum w_i$), коэффициент, относящийся к A_t ;
 w_f – ширина пламени; коэффициент, учитывающий условия вентиляции;
 x – коэффициент;
 y – коэффициент;
 z – координата по высоте; расстояние вдоль оси пламени локального пожара от пола (земли) до рассматриваемой точки;
 z_0 – виртуальная начальная координата z ;
 z' – вертикальная позиция виртуального очага пожара.

Прописные буквы греческого алфавита

Φ – угловой коэффициент облученности;
 Φ_f – общий угловой коэффициент облученности конструкции для теплопередачи излучением через проемы;
 $\Phi_{f,i}$ – угловой коэффициент облученности i -той поверхности конструкции для заданного проема;
 Φ_z – общий угловой коэффициент облученности конструкции для теплопередачи излучением от пламени;
 $\Phi_{z,i}$ – угловой коэффициент облученности i -той поверхности конструкции для заданного пламени;
 Γ – временной коэффициент, зависящий от коэффициента проемности O и теплопоглощающей способности b ;
 Γ_{lim} – временной коэффициент, зависящий от коэффициента проемности O_{lim} и теплопоглощающей способности b ;
 Θ – температура, °C; $\Theta = T - 273$;
 Θ_0 – начальная температура (в общем случае $\Theta_0 = 20$ °C);
 $\Theta_{cr,d}$ – расчетная критическая температура материала, °C;

- Θ_d – расчетная температура материала, °С;
 Θ_g – температура греющей среды вблизи конструкции, °С;
 Θ_m – температура поверхности конструкции, °С;
 Θ_{\max} – максимальная температура, °С;
 Θ_r – эффективная температура излучения пожара, °С;
 $\Theta_{(z)}$ – вдоль вертикальной оси пламени при локальном пожаре, °С;
 Ω – расчетный параметр, $\Omega = (A_f \cdot q_{f,d}) / (A_v \cdot A_l)^{1/2}$;

Строчные буквы греческого алфавита

- α – коэффициент специфики пожара;
 α_c – коэффициент теплоотдачи конвекцией;
 α_h – отношение площади горизонтальных проемов к площади пола;
 α_v – отношение площади вертикальных проемов к площади пола;
 γ_i – значение i -го частного коэффициента безопасности;
 δ – значение предельного состояния конструкции по пригодности к эксплуатации;
 δ_{ni} – коэффициент, учитывающий наличие i -тых специальных решений (мер) для тушения пожара;
 δ_{q1} – коэффициент учета риска возникновения пожара в зависимости от размеров помещения (пожарного отсека, секции);
 δ_{q2} – коэффициент учета риска возникновения пожара в зависимости от назначения здания;
 ε_m – степень черноты поверхности конструкции;
 $\varepsilon_f, \varepsilon_z$ – степень черноты пламени (пожара);
 η_{fi} – приведенный коэффициент;
 $\eta_{fi,t}$ – коэффициент расчетного уровня нагрузки при пожаре;
 θ – угол взаимного расположения принимающей и излучающей поверхности;
 λ – коэффициент теплопроводности;
 μ_0 – коэффициент использования несущей способности;
 ρ – плотность;
 ρ_g – плотность газовой среды внутри горящего помещения;
 σ – постоянная Стефана-Больцмана, $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-4}$;
 τ_F – продолжительность свободного развития пожара;
 ψ_{fi} – коэффициент сочетания воздействий (принимается равным $\psi_{1,1}$ или $\psi_{2,1}$);
 ψ_i – коэффициент защищенности пожарной нагрузки.

5 МЕТОДЫ РАСЧЕТА ОГНЕСТОЙКОСТИ

5.1 Общие подходы к определению огнестойкости

5.1.1 В общем случае расчет предела огнестойкости включает следующие основные этапы:

- обоснование и выбор возможных расчетных сценариев пожара;
- определение соответствующих расчетных вариантов пожара;
- расчет изменения температуры строительной конструкции при ее нестационарном высокотемпературном нагреве в условиях пожара (теплотехнический расчет);
- определение (расчет) механических характеристик строительной конструкции конструкций при ее прогреве в условиях пожара (статический расчет).

ПРИМЕЧАНИЕ При определении механических характеристик конструкции следует учитывать прямые механические воздействия, тепловые воздействия и связанные с ними изменения характеристик материалов, а также не прямые механические воздействия. Для большинства строительных материалов физико-механические свойства зависят от температуры, поэтому теплотехнический и статический расчеты проводятся в их непрерывной последовательной взаимосвязи методом итераций.

5.2 Обоснование и выбор возможных расчетных сценариев пожара

5.2.1 Определение инициирующего (исходного) события, возможных сценариев развития пожара, а также связанных с ними расчетных пожаров производится на основании результата анализа пожарных рисков для рассматриваемого объекта проектирования.

5.2.2 Если для конструкции существуют особые пожарные риски вследствие возможных других аварийных воздействий (например, вторичные опасные факторы пожара или взрыва), то эти риски должны учитываться при создании общей концепции безопасности.

5.2.3 Зависящие от времени и нагрузки характеристики конструкции не должны учитываться в момент, предшествующий аварийной ситуации, за исключением указанных в 5.2.2 настоящего Пособия.

5.3 Определение расчетных вариантов пожара

5.3.1 Расчетный пожар для каждого расчетного сценария возникновения и развития пожара в пожарном отсеке должен быть оценен согласно разделу 6 настоящего Пособия.

5.3.2 При расчете принимается, что расчетный пожар происходит в пределах одного пожарного отсека (секции), если сценарием расчетного пожара не установлено иное (возможность перехода в другой отсек (секцию) через проемы, пустоты, инженерные и технологические коммуникации).

5.3.3 Если требованиями нормативных документов не определены виды температурных воздействий для оценки огнестойкости строительных конструкций, в качестве расчетного принимается стандартный пожар по [3].

5.4 Теплотехнический расчет

5.4.1 При выполнении теплотехнического расчета отдельной строительной конструкции должно быть указано положение расчетного пожара по отношению к ней для учета параметров конвективного теплообмена и теплообмена излучением.

5.4.2 При определении огнестойкости наружных строительных конструкций необходимо учитывать возможное воздействие пожара от опасных факторов пожара, выходящих через проемы в наружных ограждающих конструкциях.

5.4.3 Для наружных ограждающих конструкций пожарного отсека воздействие опасных факторов пожара изнутри (со стороны горящего пожарного отсека) и, в качестве альтернативы, снаружи (от другого горящего пожарного отсека учитывается только в установленных случаях (например, для оценки надежности противопожарных преград и определения возможности перехода пожара в соседний пожарный отсек).

5.4.4 В зависимости от выбранного расчетного варианта пожара (раздел 6 Пособия) при определении огнестойкости отдельной конструкции используются следующие методы:

- при использовании номинальных температурных режимов пожара теплотехнический расчет производится для заданной продолжительности пожара;
- при моделировании пожара с полным участием всех горючих поверхностей (развившийся пожар) теплотехнический расчет производится для полной продолжительности пожара, включая фазу охлаждения.

5.5 Статический расчет

5.5.1 Теплотехнический и статический расчеты строительной конструкции должны производиться для одинаковых промежутков времени.

5.5.2 Огнестойкость строительной конструкции в момент времени пожара t считается обеспеченной, если подтверждается выполнение следующих условий:

- время достижения предельного состояния по огнестойкости не менее требуемого предела огнестойкости (при оценке параметров огнестойкости по времени):

$$t_{fi,d} \geq t_{fi,requ}; \quad (5.1)$$

- расчетное сопротивление конструкции в момент времени пожара t не менее значения действующих нагрузок (воздействий) (при оценке параметров огнестойкости по прочности):

$$R_{fi,d,t} \geq E_{fi,d,t}; \quad (5.2)$$

– температура материала конструкции меньше критической температуры (для оценки параметров огнестойкости по температуре):

$$\Theta_d < \Theta_{cr,d}, \quad (5.3)$$

где $t_{fi,d}$ – расчетный предел огнестойкости;

$t_{fi,requ}$ – требуемый предел огнестойкости;

$R_{fi,d,t}$ – расчетное сопротивление элемента при пожаре в момент времени t ;

$E_{fi,d,t}$ – расчетный результат воздействия при пожаре в момент времени t ;

Θ_d – расчетная температура материала;

$\Theta_{cr,d}$ – расчетная критическая температура материала.

6 ТЕПЛОВЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО РАСЧЕТА

6.1 Общие правила

6.1.1 Поведение строительных конструкций при пожаре определяется их температурой в условиях нестационарного прогрева при воздействии результирующего теплового потока при теплопередаче на поверхность конструкции конвекцией и излучением:

$$\dot{h}_{net} = \dot{h}_{net,c} + \dot{h}_{net,r}, \quad (6.1)$$

где $\dot{h}_{net,c}$ – результирующий удельный тепловой поток от теплопередачи конвекцией, определяется по формуле (6.2) настоящего Пособия;

$\dot{h}_{net,r}$ – результирующий удельный тепловой поток от теплопередачи излучением, определяется по формуле (6.3) настоящего Пособия.

6.1.2 Результирующий удельный тепловой поток от теплопередачи конвекцией $\dot{h}_{net,c}$, Вт·м⁻², определяется по следующей формуле:

$$\dot{h}_{net,c} = \alpha_c \cdot (\Theta_g - \Theta_m), \quad (6.2)$$

где α_c – коэффициент теплоотдачи конвекцией, Вт·м⁻²·К⁻¹;

Θ_g – температура греющей среды вблизи конструкции, °С;

Θ_m – температура поверхности конструкции, °С.

6.1.3 При решении вопросов пожарной безопасности при оценке возможности воспламенения в смежном с горящим помещениях суммарный тепловой поток на необогреваемой стороне ограждающей конструкции определяется по формуле (6.1), в

которую подставляется значение $\alpha_c = 4 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$. В случае, если температура на необогреваемой стороне конструкции такова, что существует необходимость учета теплообмена излучением от обогреваемой конструкции в формуле (6.1) необходимо использовать $\alpha_c = 9 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$.

6.1.4 Результирующий удельный тепловой поток при теплопередаче излучением, $\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2}$, определяется по следующей формуле:

$$\dot{h}_{\text{net},r} = \Phi \cdot \varepsilon_m \cdot \varepsilon_f \cdot \sigma \cdot ((\Theta_r + 273)^4 - (\Theta_m + 273)^4), \quad (6.3)$$

где Φ – угловой коэффициент облученности;

ε_m – степень черноты поверхности конструкции;

ε_f – степень черноты пламени (пожара);

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-4}$ – постоянная Стефана-Больцмана;

Θ_r – эффективная температура излучения пожара, °C;

Θ_m – температура поверхности конструкции, °C.

ПРИМЕЧАНИЕ Степень черноты поверхности конструкции и угловой коэффициент облученности Φ принимаются в соответствии с требованиями противопожарных частей Еврокодов, касающихся строительных материалов, (по умолчанию $\varepsilon_m = 0,8$), при консервативном подходе (наихудший вариант) степень черноты пламени пожара принимается $\varepsilon_f = 1$, а угловой коэффициент облученности $\Phi = 1$. Допускается использовать значения $\Phi < 1$ при необходимости учета особенностей расположения конструкции в пространстве и влияния эффекта затенения.

6.1.5 Угловой коэффициент облученности Φ определяется в соответствии с положениями раздела 14 настоящего Пособия.

6.1.6 Для случая, когда рассматриваемая строительная конструкция полностью находится в пламени, эффективная температура излучения пожара Θ_r может приниматься равной температуре греющей среды Θ_g .

6.1.7 Изменение температуры поверхности строительной конструкции Θ_m определяется по результатам теплотехнического расчета конструкции согласно положениям, приведенным в противопожарных частях Еврокодов, касающихся строительных материалов.

6.1.8 Температура греющей среды Θ_g определяется с использованием номинальных температурных режимов или по результатам моделирования пожара. В общем, параметрами, влияющими на мощность пожара в помещении, являются: 1) тип пожарной нагрузки и характер ее размещения; 2) характеристики горючести пожарной нагрузки; 3) размер помещения и его форма; 4) условия воздухообмена в помещении; 4) теплофизические свойства ограждающих конструкций.

6.1.9 Степень сложности возрастает от упрощенных моделей пожаров к полевым, как показано на рисунке 6.1. В основном, в настоящее время первые три номинальные температурные режимы пожаров рассматриваются как упрощенные модели, в то же время зонные и полевые модели являются более совершенными. Перечень исходных данных для

каждой модели отличается, а для зонных и полевых моделей, в отличие от упрощенных, требуется очень подробный ввод данных.

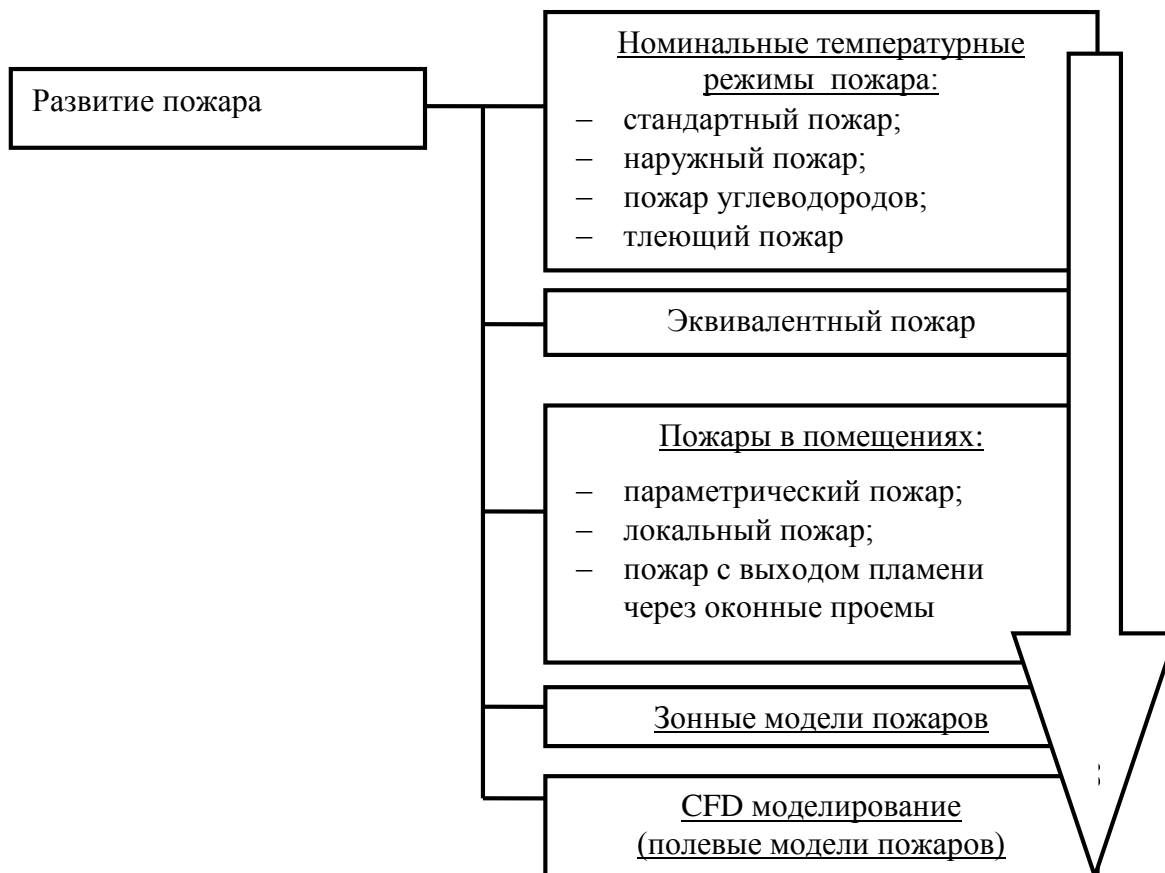


Рисунок 6.1 – Существующие подходы к определению температурного режима пожара

6.2 Номинальные температурные режимы

6.2.1 Номинальные или стандартные пожары – самый простой способ представления пожара через температурно-временные зависимости, которые не учитывают условия воздухообмена и характеристики ограждающих конструкций. Эти зависимости разработаны для проведения стандартных огневых испытаний для классификации строительных конструкций и материалов. Основными недостатками и ограничениями использования температурных режимов стандартных пожаров являются:

– стандартные пожары не отражают поведения реального пожара. Различия в скорости нагрева, интенсивности и продолжительности теплового воздействия стандартного и реального пожара могут приводить к неправильной оценке структурного поведения конструкций и здания в целом. Например, непродолжительное высокотемпературное воздействие может привести к растрескиванию бетона, оголению и последующему более интенсивному прогреву арматуры. Длительное воздействие относительно невысоких температур пожара может привести к достижению более высокой

средней температуры в бетонных конструкциях, что приведет к более интенсивному снижению прочности бетона;

– стандартные пожары не всегда отражают наихудшие условия температурного воздействия пожара. Строительные конструкции, спроектированные для условий стандартного пожара, в некоторых случаях могут раньше достичь предельного состояния по огнестойкости в условиях реального пожара. Например, в современных административных зданиях присутствует большое количество углеводородосодержащих материалов в отделке, мебели, компьютерах и электрооборудовании в форме полимеров, пластика, искусственной кожи и т.д. Как следствие, пожар носит более тяжелый характер, чем стандартный.

В настоящее время используются следующие стандартные температурно-временные зависимости:

–наружный пожар (используется для наружных частей внешних ограждающих конструкций, которые могут быть воспламенены снаружи);

–стандартный пожар (используется для описания полностью развившегося объемного пожара в помещении, так называемый пожар целлюлозной нагрузки);

–пожар углеводородов (используется для описания пожара углеводородов или проливов жидкого топлива);

–пожар тления.

6.2.1 Стандартный температурный режим

6.2.1.1 Для стандартного температурного режима по [3] не учитываются физические параметры, что отдаляет данный температурный режим от температурных условий реального пожара. Предполагается, что данный температурный режим соответствует полностью развившемуся объемному пожару при горении целлюлозной нагрузки, происходит постоянное повышение температуры, выгорания нагрузки не происходит, фаза охлаждения отсутствует.

6.2.1.2 Изменение температуры стандартного пожара во времени описывается следующей зависимостью:

$$\Theta_g = 20 + 345 \cdot \lg(8 \cdot t + 1), \quad (6.4)$$

где Θ_g – температура греющей среды, °C;

t – время, мин.

6.2.1.3 Для определения результирующего удельного теплового потока по формуле (6.2) при теплопередаче конвекцией используется значение $\alpha_c = 25 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$.

6.2.2 Температурный режим наружного пожара

6.2.2.1 Изменение температуры греющей среды при наружном пожаре определяется по формуле:

$$\Theta_g = 660 \cdot (1 - 0,687 \cdot e^{-0,32 \cdot t} - 0,313 \cdot e^{-3,8 \cdot t}) + 20, \quad (6.5)$$

где Θ_g – температура греющей среды, °С;

$e = 2,718281 \dots$ – основание натурального логарифма;

t – время, мин.

6.2.2.2 Для определения результирующего удельного теплового потока по формуле (6.2) при теплопередаче конвекцией используется значение $\alpha_c = 25 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$.

6.2.3 Температурный режим пожара углеводородов

6.2.3.1 Изменение температуры греющей среды при пожаре углеводородов описывается следующей зависимостью:

$$\Theta_g = 1080 \cdot (1 - 0,325 \cdot e^{-0,167 \cdot t} - 0,675 \cdot e^{-2,5 \cdot t}) + 20. \quad (6.6)$$

где Θ_g – температура греющей среды, °С;

$e = 2,718281 \dots$ – основание натурального логарифма;

t – время, мин.

6.2.3.2 Для определения результирующего удельного теплового потока по формуле (6.2) при теплопередаче конвекцией используется значение $\alpha_c = 50 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$.

ПРИМЕЧАНИЕ Для жидких углеводородов с большой площадью их пролива по расчетному сценарию используется следующая альтернативная зависимость для описания температурного режима:

$$\Theta_g = 1100 \cdot (1 - 0,325 \cdot e^{-0,167 \cdot t} - 0,204 \cdot e^{-1,417 \cdot t} - 0,471 \cdot e^{-15,833 \cdot t}) + 20, \quad (6.7)$$

где Θ_g – температура греющей среды, °С;

$e = 2,718281 \dots$ – основание натурального логарифма;

t – время, мин.

6.2.4 Температурный режим пожара тления

6.2.4.1 Температурный режим пожара тления (кривая медленного нагрева) [4] разработан для обеспечения возможности учета всех расчетных сценариев возможных пожаров в современных условиях. Температурный режим пожара тления характерен для веществ и материалов, у которых пожароопасные характеристики возрастают при повышении температуры. Пожар в данном случае развивается в 2 стадии:

1 стадия – локальное горение, сопровождающееся медленным повышением температуры в горящем помещении, большая часть теплоты расходуется на прогрев горючей нагрузки в помещении (ориентировочная длительность стадии – 21 минута);

2 стадия – объемное воспламенение прогретых горючих материалов в помещении, объемное горение, пожар развивается по стандартному режиму [3].

6.2.4.2 Изменение температуры греющей среды при пожаре тления на соответствующих стадиях определяется следующими зависимостями:

$$\Theta_g = \begin{cases} 154 \cdot t^{0,25} + 20, & \text{ï ðë } 0 < t \leq 21 \text{ ì èí} \\ 345 \cdot \lg[8 \cdot (t - 20) + 1] + 20, & \text{ï ðë } t > 21 \text{ ì èí} \end{cases}, \quad (6.8)$$

где Θ_g – температура греющей среды, °C;
 t – время, мин.

6.2.4.3 Для определения результирующего удельного теплового потока по формуле (6.2) при теплопередаче конвекцией используется $\alpha_c = 25 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$.

6.2.4.4 Графическое отображение зависимостей (6.4)-(6.8) приведено на рисунке 6.2. Наибольшей интенсивностью обладают пожары углеводородов и стандартный. Для стандартного пожара и пожара тления температура постоянно растет во времени. Для наружного пожара, начиная с 22 минуты, температура остается равной 680°C, для пожара углеводородов - 1100°C и 1120°C приблизительно после 40 минут.

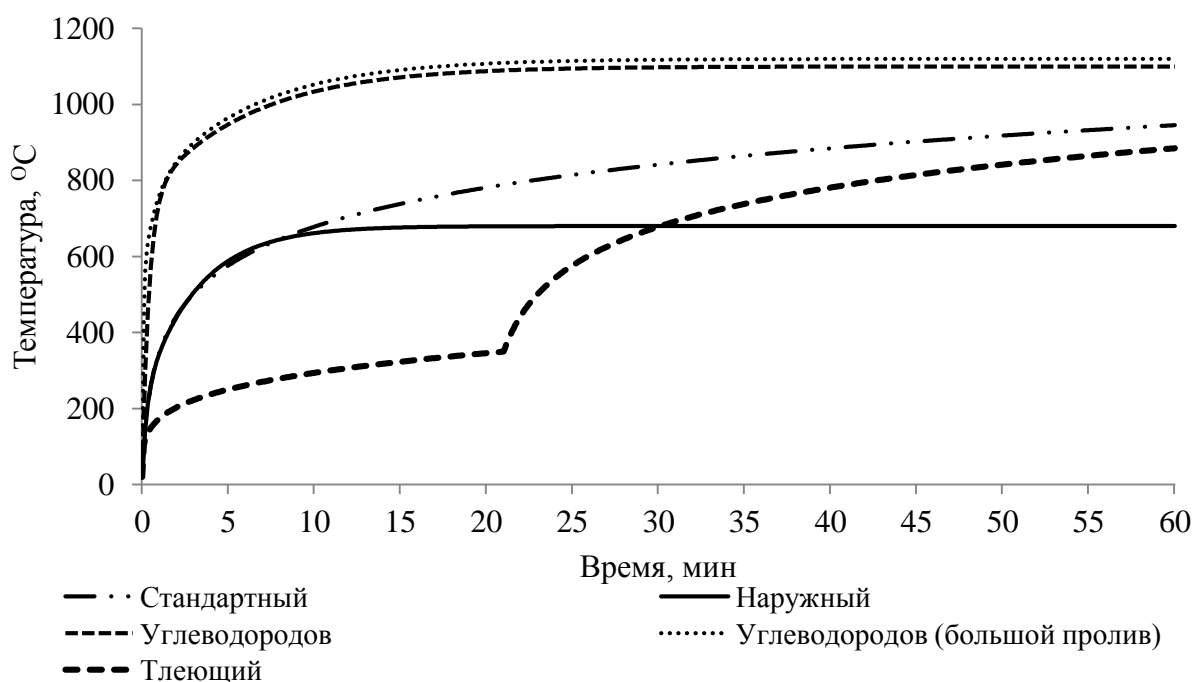


Рисунок 6.2 – Температурно-временные зависимости стандартных пожаров

6.3 Моделирование пожаров

6.3.1 Упрощенные модели пожаров

6.3.1.1 Общие положения

6.3.1.1.1 Упрощенные модели пожаров, приведенные в 6.2 базируются на установленных физических параметрах с ограниченной областью применения.

6.3.1.1.2 Распределение температуры в зависимости от времени для объемных пожаров принимается равномерным (среднеобъемным), для локальных пожаров – неравномерным.

6.3.1.1.3 При отсутствии дополнительных данных для упрощенных моделей пожаров коэффициент теплоотдачи конвекцией допускается принимать равным $\alpha_c = 35 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$.

6.3.1.2 Объемные пожары

6.3.1.2.1 Температура газовой среды должна рассчитываться на основании физических параметров, которые как минимум учитывают характеристики удельной пожарную нагрузку и условия воздухообмена в помещении при пожаре.

ПРИМЕЧАНИЕ Для конструкций, расположенных внутри здания, метод расчета температуры греющей газовой среды приведен в разделе 8 Пособия.

6.3.1.2.2 Для наружных конструкций результирующий удельный тепловой поток излучением определяется суммированием составляющих теплового потока от конструкций пожарного отсека (секции) и от пламени, выходящего из проемов горящего помещения.

ПРИМЕЧАНИЕ Для наружных конструкций, подверженных воздействию пожара через проемы, метод расчета условий нагрева приведен в разделе 9 Пособия.

6.3.1.3 Локальные пожары

6.3.1.3.1 В случае если при развитии пожара отсутствует возможность его перехода в объемный пожар, теплотехнический расчет должен производиться для условий локального пожара.

ПРИМЕЧАНИЕ Метод расчета теплового воздействия локального пожара приведен в разделе 10 Пособия.

6.3.2 Общие модели пожаров

6.3.2.1 Общие модели пожаров должны более полно учитывать следующие влияющие физические параметры:

- свойства среды (газов);
- условия массообмена;
- условия теплообмен (энергетический обмен).

ПРИМЕЧАНИЕ Метод расчета удельной пожарной нагрузки $q_{f,d}$ и мощности теплового потока Q приведен в разделе 12 Пособия.

6.3.2.2 В качестве общих моделей пожара должна использоваться одна из следующих моделей:

- однозонная модель, предполагающая равномерное распределение температуры в помещении в зависимости от времени;
- двухзонная модель, предполагающая деление объема горящего помещения на два слоя: верхний с равномерным распределением температуры и толщиной, зависящими от времени, а также нижний с равномерной, зависящей от времени, более низкой температурой;
- вычислительная газодинамическая (полевая) модель, определяющая изменение опасных факторов пожара в точках внутреннего пространства помещения в зависимости от продолжительности пожара и пространственного расположения рассматриваемой точки в помещении.

ПРИМЕЧАНИЕ Методы расчета тепловых воздействий при использовании однозонной, двухзонной или полевой модели приведены в разделе 11 Пособия.

6.3.2.3 При использовании общих моделей пожаров допускается принимать значение коэффициент теплоотдачи конвекцией равным $\alpha_c = 35 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$.

6.3.3 Для точного расчета распределения температуры по длине конструкции при локальном пожаре допускается использовать сочетание результатов, полученных с использованием двухзонной модели и подходов к оценке локального пожара.

ПРИМЕЧАНИЕ Температурное поле в конструкции в данном случае определяется путем выбора для каждой точки конструкции наибольшего из результатов расчета, полученных с использованием двухзонной модели и модели локального пожара.

7 МЕХАНИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ДЛЯ СТАТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА

При определении огнестойкости по предельному состоянию несущей способности необходимо использовать воздействия на конструкцию и их сочетания согласно положениям [5].

7.1 Общие требования

7.1.1 При проведении статического расчета необходимо учитывать изменения геометрических размеров и формы конструкций (температурные деформации) при изменении температуры конструкции в условиях пожара. Изменение размеров и формы

при расчете допускается учитывать через возникающие при этом дополнительные воздействия (например, силы и моменты), за исключением следующих случаев:

- если воздействия пренебрежимо мало, либо их возникновение приводит к увеличению огнестойкости;

- возникающие дополнительные воздействия учтены при выборе схем опирания, установлении граничных условий и/или полностью учитываются установленными противопожарными требованиями противопожарных частей Еврокодов, касающихся строительных материалов.

7.1.2 При оценке не прямых воздействий в рамках проведения статического расчета необходимо учитывать:

- наличие возможных физических ограничений для температурного расширения конструкции (например, жестко заземленные по двум сторонам плиты перекрытий);

- неравномерное температурное расширение статически неопределимых конструкций (например, неразрезная плита перекрытия);

- возможные температурные градиенты, вызывающие внутренние напряжения в поперечном сечении вследствие неравномерного прогрева частично ограниченных конструкций;

- возможное температурное расширение примыкающих конструкций, находящихся в непосредственном контакте с рассматриваемой нагреваемой при пожаре конструкцией.

7.1.3 Расчетные значения не прямых воздействий расчетного варианта пожара $A_{ind,d}$ определяются на основании теплотехнического расчета и расчетных значений теплотехнических и механических характеристик материалов, приведенных в противопожарных частях Еврокодов, касающихся строительных материалов.

7.1.4 Непрямые воздействия от примыкающих конструкций не учитываются, если противопожарные требования к пределу огнестойкости строительной конструкции установлены для стандартного температурного режима пожара по [3].

7.2 Одновременность воздействий

7.2.1 Воздействия при нормальной температуре

7.2.1.1 В случае, если воздействия на конструкции, принятые для условий эксплуатации при нормальной температуре, сохраняют свое действие при пожаре, их необходимо учитывать при статическом расчете для расчетного варианта пожара. Характеристические значения переменных воздействий для расчетного варианта пожара, должны приниматься в соответствии с требованиями [2].

7.2.1.2 При статическом расчете используется консервативный подход, для которого не учитывается снижение действующей на конструкции нагрузки, связанное с выгоранием горючих веществ и материалов.

7.2.1.3 Значение снеговой нагрузки на конструкцию для расчетного варианта пожара может быть снижено при обосновании динамики прогрева конструкции и определении соответствующей скорости таяния снега (например, при определении огнестойкости элементов покрытия).

7.2.1.4 При проведении статического расчета огнестойкости для расчетного варианта пожара принимается, что при возникновении пожара технологическое оборудование останавливается и дополнительные воздействия от производственных процессов (например, вибрации, ударные нагрузки) не учитываются, если требованиями нормативных документов не предусмотрено иное (работа приводов и инженерного оборудования систем противопожарной защиты).

7.2.2 Дополнительные воздействия

7.2.2.1 При статическом расчете огнестойкости допускается не учитывать другие независимые аварийные воздействия, возникающие при пожаре, но не вследствие его.

7.2.2.2 В случае если при расчетном варианте пожара возможно возникновение дополнительных воздействий на рассматриваемую конструкцию (динамическая нагрузка при обрушении конструкций, оборудования, взрыве топливоздушных смесей и аппаратов, находящихся под давлением) данные воздействия должны быть учтены при расчете.

7.2.2.3 При расчете огнестойкости противопожарных стен необходимо проверять их устойчивость при действии горизонтально приложенной ударной нагрузки от обрушающихся примыкающих строительных конструкций согласно [4].

7.3 Сочетания воздействий

7.3.1 Общие правила

7.3.1.1 Для определения расчетного значения результата воздействия при пожаре $E_{fi,d,t}$ используются правила сочетания механических воздействий для расчетной аварийной ситуации (пожара), приведенные в [2].

7.3.1.2 Расчетное значение переменного воздействия допускается учитывать как квазипостоянное значение $\psi_{2,1} \cdot Q_1$ или, в качестве альтернативы, как частое значение $\psi_{1,1} \cdot Q_1$.

ПРИМЕЧАНИЕ При отсутствии дополнительных данных при расчете рекомендуется использование квазипостоянного значения переменных воздействий $\psi_{2,1} \cdot Q_1$.

7.3.2 Упрощенные правила

7.3.2.1 В случае, когда нет необходимости точно учитывать не прямые воздействия пожара, результат воздействий может быть определен путем расчета конструкций для сочетания воздействий согласно 7.3.1 для момента времени $t = 0$ (момент перед началом пожара – нормальные условия эксплуатации). Данный результат воздействия $E_{fi,d}$ допускается принимать постоянным в течение всей продолжительности пожара.

ПРИМЕЧАНИЕ Данное требование допускается применять, например, для оценки результатов воздействий на ограждения и опоры при проведении анализа частей конструктивной системы в соответствии с требованиями противопожарных частей Еврокодов, касающихся строительных материалов.

7.3.2.2 Как следствие из 7.3.2.1 результаты воздействий при пожаре могут быть получены на основании результатов, полученных при проектировании конструкции для условий эксплуатации при нормальной температуре:

$$E_{fi,d,t} = E_{fi,d} = \eta_{fi} \cdot E_d, \quad (7.1)$$

где E_d – соответствующий расчетный результат воздействия по основному сочетанию согласно [2];

$E_{fi,d}$ – соответствующее постоянное расчетное значение результата воздействия при пожаре;

η_{fi} – приведенный коэффициент, определяемый в противопожарных частях Еврокодов, касающихся строительных материалов.

7.3.3 Уровень нагрузки

7.3.3.1 В случае, если приведены табличные данные для соответствующего уровня нагружения уровень нагрузки относится к следующему выражению:

$$E_{fi,d,t} = \eta_{fi,t} \cdot R_d, \quad (7.2)$$

где R_d – расчетное сопротивление конструкции при нормальной температуре, определенное согласно требованиям противопожарных частей Еврокодов, касающихся строительных материалов;

$\eta_{fi,t}$ – коэффициент расчетного уровня нагрузки при пожаре.

8 ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ПОЖАРА

8.1 Общие положения

8.1.1 Указанный режим пожара применим для пожарных секций, площадь пола которых не превышает 500 м^2 и максимальная высота составляет не более 4 м. В указанных пожарных секциях не допускается наличие проемов в покрытии. При расчете параметрического режима пожара принимается допущение, что пожарная нагрузка в рассматриваемом пространстве выгорает полностью.

8.1.2 На рисунке 8.1 приведена температурно-временная зависимость типичного параметрического режима пожара. Как видно из рисунка, указанная зависимость включает стадию нагрева (экспоненциальная кривая до максимальной температуры Θ_{\max}) и стадию охлаждения (линейно-убывающая прямая до температуры окружающей среды).

Максимальная температура пожара Θ_{\max} и время достижения максимальной температуры t^*_{\max} являются двумя основополагающими факторами, влияющими на поведение конструктивной системы здания при пожаре и определяют контрольные параметры в расчетных формулах для параметрических пожаров. К таким параметрам относятся: 1) пожарная нагрузка; 2) коэффициент проемности; 3) характеристики ограждающих конструкций.



Рисунок 8.1 – Основные стадии параметрического режима пожара

8.1.3 Если удельная пожарная нагрузка установлена без учета характеристик выгорания, приведенных в разделе 12 настоящего Пособия, то использование метода должно быть ограничено пожарными отсеками с преобладающей целлюлозной пожарной нагрузкой. Указанные ограничения и допущения определены по результатам обработки данных более 100 натурных огневых экспериментов, выполненных в испытательных лабораториях ведущих научных европейских организаций.

8.2 Стадия нагрева

8.2.1 Изменение температуры греющей среды на стадии нагрева при параметрическом пожаре определяется по следующей формуле:

$$\Theta_g = 20 + 1325 \cdot (1 - 0,324 \cdot e^{-0,2 \cdot t^*} - 0,204 \cdot e^{-1,7 \cdot t^*} - 0,472 \cdot e^{-19 \cdot t^*}), \quad (8.1)$$

где Θ_g – температура греющей среды вблизи конструкции, °С;

$e = 2,718281 \dots$ – основание натурального логарифма;

t^* – время, ч.

$$t^* = t \cdot \Gamma, \text{ ч}, \quad (8.2 \text{ а})$$

здесь t – время воздействия пожара, ч;

Γ – временной коэффициент.

Временной коэффициент Γ , зависящий от коэффициента проемности O и теплопоглощающей способности b определяется следующим образом:

$$\Gamma = \frac{(O/b)^2}{(0,04/1160)^2}, \quad (8.2 \text{ б})$$

где $b = \sqrt{\rho \cdot c \cdot \lambda}$ – теплопоглощающая способность ограждающих конструкций ($100 < b < 2200$), Дж·м⁻²·с^{-1/2}·К⁻¹;

здесь ρ – плотность материала ограждающей конструкции, кг·м⁻³;

c – удельная теплоемкость материала ограждающей конструкции, Дж·кг⁻¹·К⁻¹;

λ – коэффициент теплопроводности материала ограждающей конструкции, Вт·м⁻¹·К⁻¹;

O – коэффициент проемности $0,02 < O < 0,2$, м^{1/2},

$$O = \frac{A_v \cdot \sqrt{h_{eq}}}{A_t}, \quad (8.2 \text{ в})$$

где A_v – суммарная площадь вертикальных проемов во всех стенах, м²;

h_{eq} – приведенная по площади высота окон на всех стенах, м;

A_t – суммарная площадь ограждений (стены, покрытия и полы, включая проемы), м².

ПРИМЕЧАНИЕ При значении временного коэффициента $\Gamma = 1$ формула (8.1) преобразуется в стандартную температурно-временную зависимость с погрешностью менее 1% для $t > 6$ мин.

8.2.2 Изменение температурно-временной зависимости параметрического режима пожара от коэффициента проемности приведено на рисунке 8.2. При малых значениях коэффициента проемности продолжительность пожара увеличивается, а температура пожара снижается, при больших значениях коэффициента проемности – пожар протекает с большей скоростью, его продолжительность уменьшается, а значение максимальной температуры увеличивается.

8.2.3 Для расчета коэффициента b плотность ρ , удельная теплоемкость c и коэффициент теплопроводности λ ограждающих конструкций допускается принимать при начальной температуре.

8.2.4 Учет многослойной структуры ограждающих конструкций при определении теплопоглощающей способности $b = \sqrt{\rho \cdot c \cdot \lambda}$ производится следующим образом:

$$\text{– если } b_1 < b_2, \text{ то } b = b_1; \quad (8.3)$$

– если $b_1 > b_2$, то предельная толщина s_{lim} , м, для обогреваемого материала рассчитывается по формуле:

$$s_{lim} = \sqrt{\frac{3600 \cdot t_{max} \cdot \lambda_1}{c_1 \cdot \rho_1}}, \quad (8.4)$$

где t_{max} – определяется по формуле (8.7);

– если $s_1 > s_{lim}$, то $b = b_1$; (8.4 а)

– если $s_1 < s_{lim}$, то $b = \frac{s_1}{s_{lim}} \cdot b_1 + \left(1 - \frac{s_1}{s_{lim}}\right) \cdot b_2$, (8.4 б)

здесь s_i – толщина i -го слоя ограждающей конструкции.

Теплопоглощающая способность материала i -го слоя ограждающих конструкций b_i , Дж·м⁻²·с^{-1/2}·К⁻¹ определяется следующим образом:

$$b_i = \sqrt{\rho_i \cdot c_i \cdot \lambda_i},$$

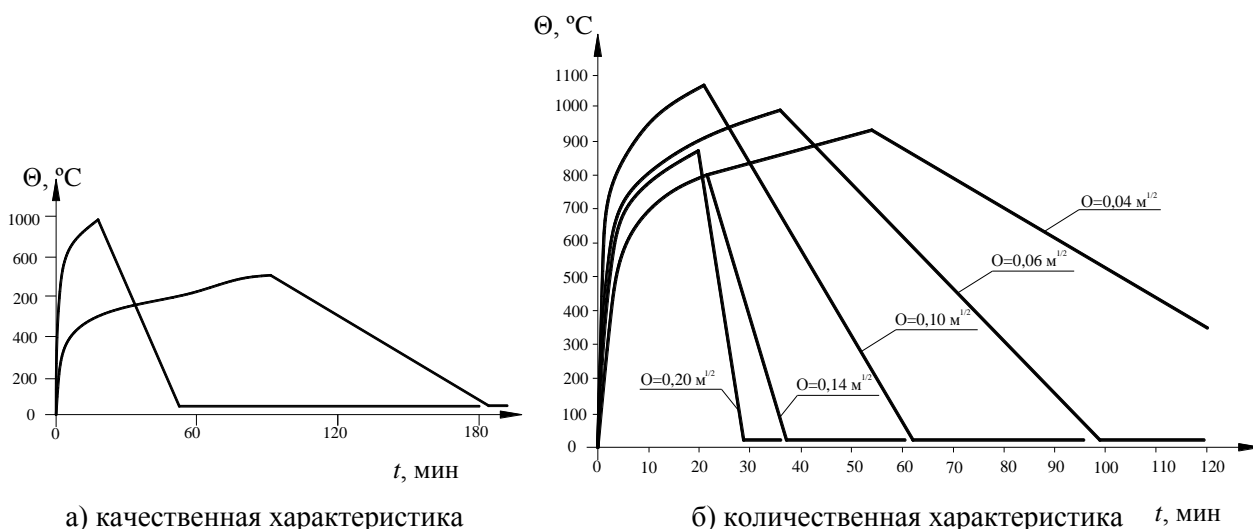
где ρ_i – плотность материала i -го слоя ограждающих конструкций;

c_i – удельная теплоемкость материала i -го слоя ограждающих конструкций;

λ_i – коэффициент теплопроводности материала i -го слоя ограждающих конструкций;

индекс 1 – слой, непосредственно подверженный воздействию пожара;

индекс 2 – следующий слой и т. д.



а) качественная характеристика

б) количественная характеристика t , мин

Рисунок 8.2 – Температурно-временная зависимость параметрического режима пожара при различных значениях коэффициента проемности

8.2.5 Для учета различия коэффициентов теплопоглощающей способности b для стен, потолков и полов применяется следующая формула:

$$b = \frac{\sum (b_j \cdot A_j)}{A_t - A_v}, \quad (8.5)$$

где A_j – площадь поверхности j -той ограждающей конструкции, без учета проемов;
 b_j – теплопоглощающая способность j -той ограждающей конструкции согласно формулам (8.3) и (8.4).

8.2.6 Влияние теплопоглощающей способности ограждающих конструкций, выполненных из различных материалов (гипсокартон, легкий и тяжелый бетон), на развитие параметрического пожара приведено на рисунке 8.3. На приведенных зависимостях видно, что при одинаковых значениях расчетной пожарной нагрузки в пожарной секции ($q_{f,d}=770 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$), увеличение плотности материала конструкций приводит к снижению максимальной температуры пожара (Θ_{\max}) и времени достижения указанной температуры (t^*_{\max}).

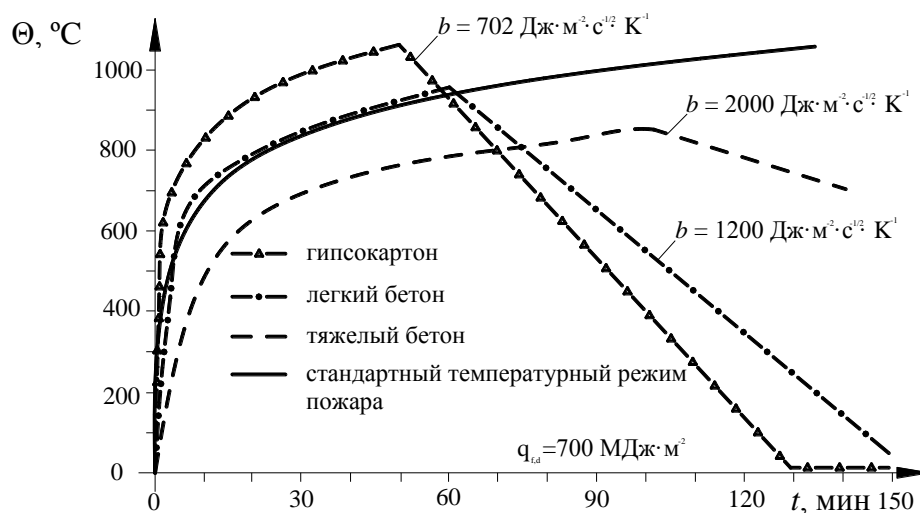


Рисунок 8.3 – Влияние теплопоглощающей способности ограждающих конструкций из различных материалов на развитие параметрического режима пожара

8.2.7 В таблице 8.1 приведены тепловые характеристики наиболее распространенных при проектировании материалов строительных конструкций для различных температур в соответствии с [6].

Таблица 8.1 – Тепловые характеристики строительных материалов

Наименование материала	Температура, °С	λ , Вт·м ⁻¹ ·К ⁻¹	ρ , кг·м ⁻³	c , Дж·кг ⁻¹ ·К ⁻¹
Тяжелый бетон	20	2	2300	900
	200	1,63	2300	1022

Таблица 8.1 – Тепловые характеристики строительных материалов (продолжение)

Наименование материала	Температура, °C	λ , Вт·м ⁻¹ ·К ⁻¹	ρ , кг·м ⁻³	c , Дж·кг ⁻¹ ·К ⁻¹
Тяжелый бетон	500	1,21	2300	1164
	1000	0,83	2300	1269
Легкий бетон	20	1	1500	840
	200	0,875	1500	840
	500	0,6875	1500	840
	1000	0,5	1500	840
Сталь	20	54	7850	425
	200	47	7850	530
	500	37	7850	667
	1000	27	7850	650
Гипс (в качестве изоляционного материала)	20	0,035	128	800
	200	0,06	128	900
	500	0,12	128	1050
	1000	0,27	128	1100
Изолирующий бетон	20	0,0483	200	751
	250	0,0681	200	954
	500	0,1128	200	1052
	800	0,2016	200	1059
Плиты из силиката кальция	20	0,0685	450	748
	250	0,0786	450	956
	450	0,0951	450	1060
	1050	0,157	450	1440
Древесина	20	0,1	450	1113
	250	0,1	450	1125
	450	0,1	450	1135
	1050	0,1	450	1164
Кирпич	20	1,04	2000	1113
	200	1,04	2000	1125
	500	1,18	2000	1135
	1000	1,41	2000	1164
Стекло	20	0,78	2700	840

8.2.8 Максимальная температура Θ_{\max} на стадии нагрева достигается при $t^* = t^*_{\max}$:

$$t^*_{\max} = t_{\max} \cdot \Gamma; \quad (8.6)$$

$$t_{\max} = \max \left\{ \frac{0,2 \cdot 10^{-3} \cdot q_{t,d}}{O}, t_{\lim} \right\} \quad \begin{array}{l} \text{– пожар регулируется вентиляцией} \\ \text{– пожар регулируется пожарной нагрузкой} \end{array} \quad (8.7)$$

где $q_{t,d}$ – расчетная удельная пожарная нагрузка, приведенная к суммарной площади A_t поверхности ограждающих конструкций, $\text{МДж}\cdot\text{м}^{-2}$, определяется по формуле:

$$q_{t,d} = q_{f,d} \cdot A_f / A_t.$$

здесь $q_{f,d}$ – расчетная удельная пожарная нагрузка, приведенная к суммарной площади пола A_f , $\text{МДж}\cdot\text{м}^{-2}$ (раздел 12 настоящего Пособия);

t_{lim} – время достижения максимальной температуры для пожаров, регулируемых пожарной нагрузкой, ч, принимается по п.8.2.12 настоящего Пособия.

При расчете величины удельной пожарной нагрузки необходимо осуществлять проверку выполнения следующего условия: $50 \leq q_{t,d} \leq 1000 \text{ МДж}\cdot\text{м}^{-2}$.

ПРИМЕЧАНИЕ Время t_{max} , соответствующее максимальной температуре пожара в помещении, для пожаров, регулируемых пожарной нагрузкой, принимается равным t_{lim} . В случае, если пожар регулируется вентиляцией, то время $t_{\text{lim}} = 0,2 \cdot 10^{-3} \cdot q_{t,d} / O$.

8.2.9 Влияние пожарной нагрузки на температурный режима пожара при прочих равных условиях (коэффициенте проемности O и теплопоглощающей способности ограждающих конструкций b) приведено на рисунке 8.4. При уменьшении величины удельной пожарной нагрузки происходит снижение максимальной температуры (Θ_{max}) и уменьшение времени достижения максимальной температуры (t^*_{max}) в пожарной секции.

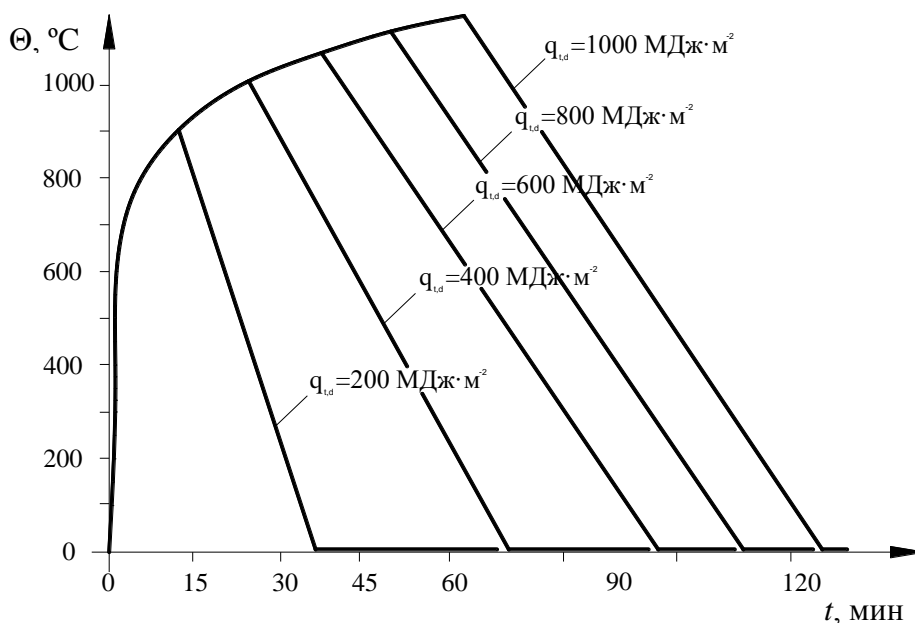


Рисунок 8.4 – Влияние удельной пожарной нагрузки на температуру греющей среды при параметрическом режиме пожара

8.2.10 Если $t_{\text{max}} = t_{\text{lim}}$ (пожар регулируется пожарной нагрузкой), то t^* , ч, в формуле (8.1) заменяется на:

$$t^* = t \cdot \Gamma_{\text{lim}}; \quad (8.2 \text{ б})$$

$$\Gamma_{\text{lim}} = \frac{(O_{\text{lim}}/b)^2}{(0,04/1160)^2}, \quad (8.8)$$

$$\text{где } O_{\text{lim}} = 0,1 \cdot 10^{-3} \cdot q_{t,d}/t_{\text{lim}}. \quad (8.9)$$

8.2.11 В случае, если выполняется условие $O > 0,04$, $q_{t,d} < 75$ и $b < 1160$, то коэффициент Γ_{lim} в формуле (8.8) необходимо умножать на k :

$$k = 1 + \left(\frac{O - 0,04}{0,04} \right) \cdot \left(\frac{q_{t,d} - 75}{75} \right) \cdot \left(\frac{1160 - b}{1160} \right). \quad (8.10)$$

8.2.12 Время достижения максимальной температуры пожара, регулируемого пожарной нагрузкой, принимается:

- $t_{\text{lim}} = 25$ мин – для медленного развития пожара;
- $t_{\text{lim}} = 20$ мин – для среднего развития пожара;
- $t_{\text{lim}} = 15$ мин – для быстрого развития пожара.

8.2.13 Рекомендации по выбору скорости развития пожара приведены в разделе 12 (таблица 12.5 настоящего Пособия). Кроме этого, при определении скорости развития пожара допускается использовать модель « t -squared», по которой величина тепловыделения пропорциональна времени во второй степени, умноженному на коэффициент, учитывающий специфику пожарной нагрузки и особенности развития пожара [7]:

$$Q = \alpha \cdot t^2, \quad (8.11)$$

где Q – тепловая энергия, кВт;

α – коэффициент специфики пожара, кВт·с⁻¹;

t – время, с.

8.2.14 Пожары « t -squared» имеют четыре класса для описания всех типов развития пожара: медленный, средний, быстрый и сверхбыстрый. В таблице 8.2 приведены четыре типа развития пожара со значениями α , достигающих мощности теплового потока в 1 МВт, медленный пожар достигает мощности в 1 МВт за 600 секунд, сверхбыстрый – за 75 секунд. В таблице 8.3 в качестве примера приведены различные типы развития пожаров для помещений разного функционального назначения, рекомендованные Британскими стандартами. Более подробно определение мощности теплового потока и скорости развития пожара приведено в разделе 12 настоящего Пособия.

Таблица 8.2 – Значения коэффициента α и времени достижения тепловыделения в 1 МВт

Параметр развития	α , кВт·с ⁻¹	Время t_α достижения тепловыделения 1 МВт, с
Медленный	0,003	600
Средний	0,012	300
Быстрый	0,047	150
Сверхбыстрый	0,188	75

Таблица 8.3 – Примеры развития пожаров для помещений и зданий различного функционального назначения

Функциональное назначение	Тип развития пожара	Время t_α достижения тепловыделения 1 МВт, с
Картинная галерея	Медленный	600
Складское здание (хранение трудновоспламеняемых веществ и материалов)	Медленный	600
Жилой дом	Средний	300
Гостиница	Средний	300
Складское здание (хлопчатобумажные ткани, полиэстер)	Средний	300
Офис	Средний	300
Магазин	Быстрый	150
Складское здание (почтовые пересылки, пенопласт, штабель древесины)	Быстрый	150
Химическое предприятие	Сверхбыстрый	75
Складское здание (горение легковоспламеняющихся жидкостей, мягкая мебельная обшивка)	Сверхбыстрый	75

8.2.15 Типы развития пожара и соответствующие им скорости для некоторых видов пожарной нагрузки приведены в графическом виде на рисунке 8.5 [8].

8.3 Стадия охлаждения

8.3.1 Температурный режим параметрического пожара на стадии охлаждения определяется по формулам:

$$\Theta_g = \Theta_{\max} - 625 \cdot (t^* - t_{\max}^* \cdot x), \text{ если } t_{\max}^* \leq 0,5; \quad (8.12 \text{ а})$$

$$\Theta_g = \Theta_{\max} - 250 \cdot (3 - t_{\max}^*) \cdot (t^* - t_{\max}^* \cdot x), \text{ если } 0,5 < t_{\max}^* < 2; \quad (8.12 \text{ б})$$

$$\Theta_g = \Theta_{\max} - 250 \cdot (t^* - t_{\max}^* \cdot x), \text{ если } t_{\max}^* \geq 2, \quad (8.12 \text{ в})$$

где t^* – определяется по формуле (8.2а) настоящего Пособия.

$x = 1$, если $t_{\max} > t_{\lim}$, или

$x = t_{\lim} \cdot \Gamma / t_{\max}^*$, если $t_{\max} = t_{\lim}$.

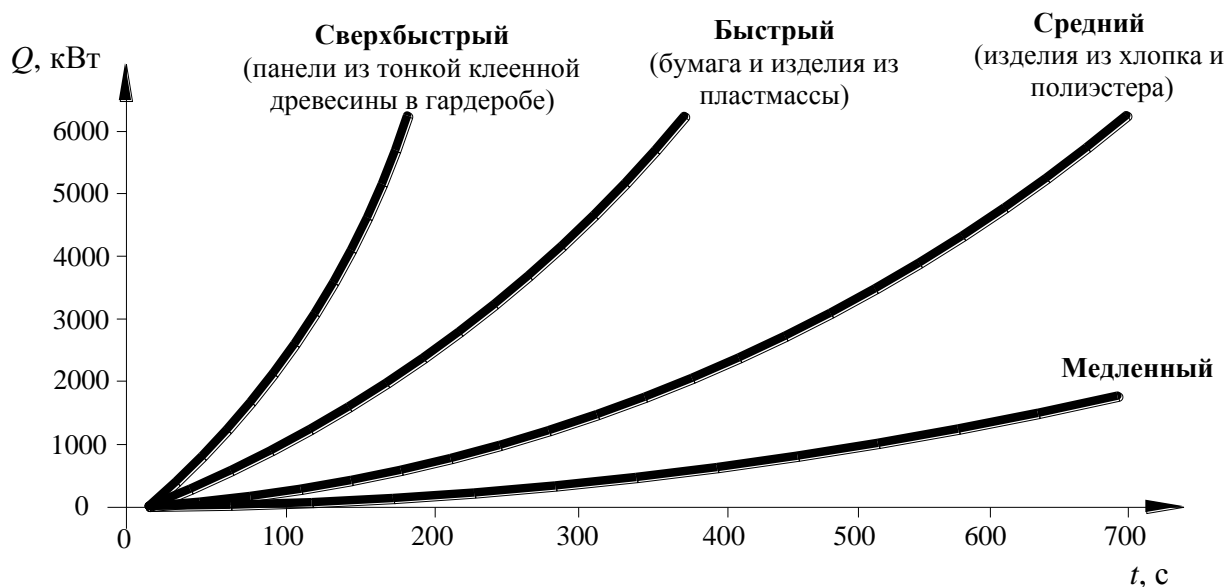


Рисунок 8.5 – Скорость развития пожара в зависимости от состава пожарной нагрузки

8.3.2 Максимальная температура на стадии охлаждения определяется по следующей формуле:

$$t_{\max}^* = (0,2 \cdot 10^{-3} \cdot q_{t,d}/O) \cdot \Gamma. \quad (8.13)$$

ПРИМЕР 1

Исходные данные: ограждающие конструкции здания (стены и покрытия) выполнены из железобетона. В наружных стенах имеются открытые проемы. Параметры здания:

- ширина $a = 8$ м;
- длина $b = 10$ м;
- высота помещения $h = 3,15$ м;
- приведенная по всем стенам высота проемов $h_{eq} = 1,537$ м;
- ширина проемов $b_{op} = 3,85$ м;
- количество проемов $n = 4$ (рисунок 8.6).

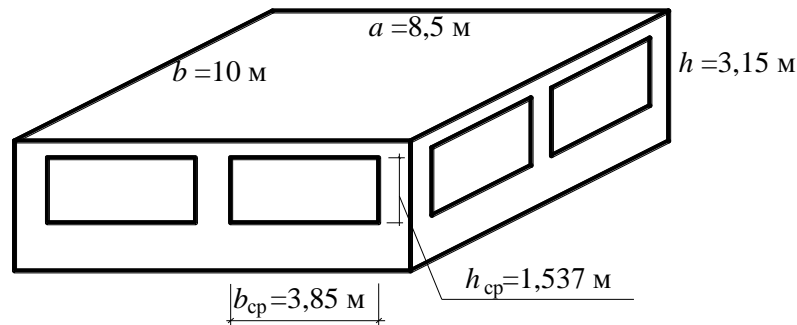


Рисунок 8.6 – Геометрические характеристики офисного здания

Покрытие выполнено из железобетона и имеет следующие характеристики:

- плотность $\rho = 2300 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$;
- удельная теплоемкость $c = 840 \text{ Дж}\cdot\text{кг}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$;
- коэффициент теплопроводности $\lambda = 1,57 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

Стены выполнены из легкого бетона и имеют следующие характеристики:

- плотность бетона $\rho = 500 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$;
- удельная теплоемкость $c = 840 \text{ Дж}\cdot\text{кг}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$;
- коэффициент теплопроводности $\lambda = 0,22 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

Требуется: Произвести расчет параметрического режима пожара для одноэтажного офисного здания.

Расчет:

Расчет пожарной нагрузки

Для офисных зданий значение удельной пожарной нагрузки определяется в соответствии с таблицей 12.4 настоящего Пособия при 80% обеспеченности.

$$q_{f,k} = 511 \text{ МДж}\cdot\text{м}^{-2}.$$

Площадь пола пожарного отсека составляет:

$$A_f = a \cdot b = 8,5 \times 10 = 85 \text{ м}^2.$$

Коэффициент учета риска возникновения пожара в зависимости от размеров помещения пожарного отсека определяется линейной интерполяцией по таблице 12.1 Пособия:

$$\delta_{q1} = 1,1 + (1,5 + 1,1) \times (85 - 25) / (250 - 25) = 1,20.$$

Коэффициент учета риска возникновения пожара в зависимости от назначения здания согласно таблице 12.1 Пособия:

$$\delta_{q2} = 1,00.$$

Коэффициент, учитывающий наличие специальных мер для тушения пожара согласно п.12.1.4 Пособия принимается равным:

$$\delta_n = 1,00.$$

Расчетная удельная пожарная нагрузка $q_{f,d}$, определяется по формуле (12.1):

$$q_{f,d} = q_{f,k} \cdot m \cdot \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n = 511 \times 0,8 \times 1,20 \times 1,00 \times 1,00 = 490,6 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2},$$

где m – коэффициент полноты сгорания целлюлозной пожарной нагрузки.

Теплотехнические характеристики пожарного отсека

Суммарная площадь ограждений (стены, покрытия и полы, включая проемы) составляет:

$$A_t = 2 \cdot A_f + 2 \cdot (a+b) \cdot h = 2 \times 85 + 2 \times (8,5 + 10,0) \times 3,15 = 286,55 \text{ м}^2.$$

Суммарная площадь вертикальных проемов во всех стенах составляет:

$$A_v = n \cdot h_{eq} \cdot b_{op} = 4 \times 1,537 \times 3,85 = 23,67 \text{ м}^2.$$

Характеристики вентиляции в пожарном отсеке

Коэффициент проемности рассчитывается по формуле:

$$O = \frac{A_v \cdot \sqrt{h_{eq}}}{A_t} = \frac{23,67 \times \sqrt{1,537}}{286,55} = 0,1024 \text{ м}^{1/2},$$

где $h_{eq} = 1,537 \text{ м}$ – приведенная по площади высота окон на всех стенах.

Значение коэффициента проемности удовлетворяет условию $0,02 < O < 0,2 \text{ м}^{1/2}$ в соответствии с п.8.2.1 настоящего Пособия.

Расчетная удельная пожарная нагрузка, приведенная к суммарной площади A_t поверхности ограждений, определяется по формуле:

$$q_{t,d} = q_{f,d} \cdot A_f / A_t = 490,6 \times 85 / 286,55 = 145,5 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}.$$

Определение времени достижения максимальной температуры

Определяем, тип регулирования пожара: пожарной нагрузкой или вентиляцией следующим образом:

$$0,2 \cdot 10^{-3} \cdot q_{t,d} / O = 0,2 \cdot 10^{-3} \times 145,5 / 0,1024 = 0,284 \times h < t_{\text{lim}} = 0,333 \times h \rightarrow$$

таким образом, в соответствии с п.8.2.5 настоящего Пособия можно сделать вывод, что пожар регулируется нагрузкой.

Для расчета температурного режима пожара на стадии нагрева и охлаждения необходимо произвести расчет параметра b (теплопоглощающей способности ограждения). С учетом того, что

ограждающие конструкции здания выполнены из тяжелого и легкого бетона, значение параметра рассчитываются следующим образом:

Теплопоглощающая способность покрытия и пола определяется по формуле:

$$b = \sqrt{\rho \cdot c \cdot \lambda} = \sqrt{2300 \times 840 \times 1,57} = 1742 \text{ Дж} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1/2} \cdot \text{К}^{-1}.$$

Теплопоглощающая способность стен определяется по формуле:

$$b = \sqrt{\rho \cdot c \cdot \lambda} = \sqrt{500 \times 840 \times 0,22} = 304 \text{ Дж} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1/2} \cdot \text{К}^{-1}.$$

Значения теплопоглощающей способности для покрытия и пола, а также для стен находятся в интервале $100 < b < 2200$.

Производится учет различия коэффициентов $b = \sqrt{\rho \cdot c \cdot \lambda}$ для стен, потолков и полов по формуле:

$$b = \frac{\sum (b_j \cdot A_j)}{A_t - A_v} = \frac{2 \times 85 \times 7 \times 1742 + (2 \times (8,5 + 10,0) \times 3,15 - 23,67) \times 304}{286,55 - 23,67} = 1234 \text{ Дж} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1/2} \cdot \text{К}^{-1}.$$

Температурно-временная зависимость для стадии нагрева имеет следующий вид:

$$\Theta_g = 20 + 1325 \cdot (1 - 0,324 \cdot e^{-0,2 \cdot t^*} - 0,204 \cdot e^{-1,7 \cdot t^*} - 0,472 \cdot e^{-19 \cdot t^*}).$$

Поскольку пожар регулируется нагрузкой, $t_{\max} = t_{\lim}$, то t^* в формуле (8.1) заменяется на:

$$t^* = t \cdot \Gamma_{\lim} = 1,05 = 1,05 \cdot t,$$

$$\text{где } \Gamma_{\lim} = \frac{(O_{\lim} / b)^2}{(0,04 / 1160)^2} = \frac{(0,0437 / 1234)^2}{(0,04 / 1160)^2} = 1,05.$$

$$O_{\lim} = 0,1 \cdot 10^{-3} \cdot q_{t,d} / t_{\lim} = 0,1 \times 10^{-3} \times 145,5 / 0,333 = 0,0437$$

Следовательно, температура пожара на стадии нагрева определяется следующим:

$$\Theta_g = 20 + 1325 \cdot (1 - 0,324 \cdot e^{-0,2 \cdot (1,05 \cdot t)} - 0,204 \cdot e^{-1,7 \cdot (1,05 \cdot t)} - 0,472 \cdot e^{-19 \cdot (1,05 \cdot t)}).$$

Для расчета стадии охлаждения пожара, максимальная температура определяется следующим образом:

$$\Theta_g = 20 + 1325 \cdot (1 - 0,324 \cdot e^{-0,2 \cdot t^*_{\max}} - 0,204 \cdot e^{-1,7 \cdot t^*_{\max}} - 0,472 \cdot e^{-19 \cdot t^*_{\max}}),$$

$$\text{где, } t^*_{\max} = t_{\max} \cdot \Gamma = 0,333 \times h \times 5,791 = 1,928 \times h.$$

Время t^*_{\max} определяется следующим образом:

$$t_{\max} = \max \left\{ \frac{0,2 \times 10^{-3} \cdot q_{t,d}}{O}, t_{\lim} \right\} = \max \left\{ \frac{0,2 \times 10^{-3} \times 145,5}{0,1024} = 0,284 \times h, 0,333 \times h \right\} = 0,333 \times h.$$

Временной коэффициент, зависящий от коэффициента проемности O и теплопоглощающей способности b рассчитывается по следующей формуле:

$$\Gamma = \frac{(O/b)^2}{(0,04/1160)^2} = \frac{(0,1024/1234)^2}{(0,04/1160)^2} = 5,791.$$

Значение максимальной температуры рассчитывается следующим образом:

$$\begin{aligned} \Theta_{\max} &= 20 + 1325 \cdot (1 - 0,324 \cdot e^{-0,2 \cdot t^*} - 0,204 \cdot e^{-1,7 \cdot t^*} - 0,472 \cdot e^{-19 \cdot t^*}) = \\ &= 20 + 1325 \cdot (1 - 0,324 \times e^{-0,2 \times 1,928} - 0,204 \times e^{-1,7 \times 1,928} - 0,472 \times e^{-19 \times 1,928}) = 1042 \text{ } ^\circ\text{C}. \end{aligned}$$

Поскольку выполняется условие $0,5 < t^*_{\max} < 2$, то следовательно температурный режим на стадии охлаждения определяется по формуле (8.11b):

$$\begin{aligned} \Theta_g &= \Theta_{\max} - 250 \cdot (3 - t^*_{\max}) \cdot (t^* - t^*_{\max} \cdot x) = \\ &= 1042 - 250 \cdot (3 - 1,928) \cdot (t^* - 1,928 \cdot 1,000209) = 773,95 - 268 \cdot t^*, \end{aligned}$$

где $x = t_{\lim} \cdot \Gamma / t^*_{\max} = 0,333 \times 5,791 / 1,928 = 1,000209$.

Результирующие значения расчета параметрического режима пожара приведены на рисунке 8.7.

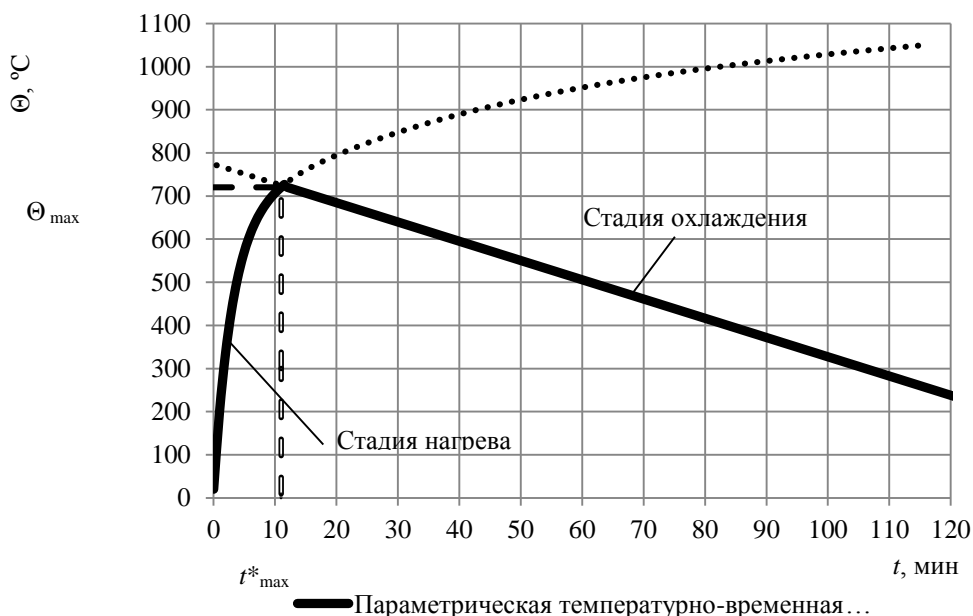


Рисунок 8.7 – Температурно-временная зависимость параметрического режима пожара в офисном здании

ПРИМЕР 2

Исходные данные (офисное здание):

- общая площадь $A_f = 135 \text{ м}^2$;
 - суммарная площадь ограждений (стены, покрытия и полы, включая проемы) $A_t = 474 \text{ м}^2$;
 - суммарная площадь вертикальных проемов $A_v = 27 \text{ м}^2$;
 - отношение площади вертикальных проемов к площади пола $\alpha_v = 0,2$;
 - отношение площади горизонтальных проемов к площади пола $\alpha_h = 0,0$;
 - высота здания $H = 4,0 \text{ м}$;
 - приведенная по всем стенам высота проемов $h_{eq} = 1,8 \text{ м}$;
- Конструкции здания выполнены из легкого бетона, имеющие следующие характеристики:
- плотность бетона $\rho = 1900 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$;
 - удельная теплоемкость $c = 840 \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$;
 - коэффициент теплопроводности $\lambda = 1,0 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$.
- В расчете принимается средняя интенсивность развития пожара.

Требуется: Произвести расчет параметрического режима пожара для одноэтажного офисного здания.

Расчет:**Определение величины удельной пожарной нагрузки**

Расчетная удельная пожарная нагрузка $q_{f,d}$, определяется по формуле (12.1) настоящего Пособия:

$$q_{f,d} = q_{f,k} \cdot m \cdot \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n = 805 \times 0,8 \times 1,50 \times 1,00 \times 0,50 = 483,0 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}.$$

где m – коэффициент полноты сгорания;

δ_{q1} – коэффициент учета риска возникновения пожара в зависимости от размеров помещения (пожарной секции);

δ_{q2} – коэффициент учета риска возникновения пожара в зависимости от назначения здания;

$\delta_n = \prod_{i=1}^{10} \delta_{ni}$ – коэффициент, учитывающий наличие специальных решений (мер) для тушения пожара i . Эти решения, как правило, направлены на защиту жизни людей;

$q_{f,k}$ – характеристическая удельная пожарная нагрузка, приведенная к площади пола, $\text{МДж} \cdot \text{м}^{-2}$.

В процентном соотношении пожарная нагрузка в рассматриваемом здании распределена следующим образом:

- 20% пластмасса;
- 11% бумага;
- 69% древесина.

Поскольку пожарная нагрузка преимущественно представлена материалами, содержащими целлюлозу, коэффициент полноты сгорания принимается равным $m = 0,8$ в соответствии с п. 12.8.2 Пособия.

Коэффициент учета риска возникновения пожара в зависимости от размеров помещения пожарного отсека в соответствии с таблицей 12.1 Пособия принимается равным:

$$\delta_{q1} = 1,5.$$

НТП РК 01-01.2.1-2012

Коэффициент учета риска возникновения пожара в зависимости от назначения здания согласно таблице 12.1 Пособия:

$$\delta_{q2} = 1,00.$$

Коэффициент, учитывающий наличие специальных мер для тушения пожара согласно п.12.1.3 настоящего Пособия принимается равным:

$$\delta_n = \prod_{i=1}^{10} \delta_{ni} = 1,0 \times 0,73 \times 0,87 \times 0,78 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 = 0,50.$$

Характеристическая пожарная нагрузка определяется по формуле (12.2) Пособия:

$$Q_{fi,k} = \sum M_{ki} \cdot H_{ui} \cdot \psi_i = (135 \times 46) \times 17,5 \times 1,0 = 108675 \text{ МДж}.$$

где $M_{k,i}$ – масса горючего материала (в соответствии с исходными данными общее количество пожарной нагрузки в эквиваленте к древесине равно $135 \text{ м}^2 \times 46 \text{ кг}_{\text{древ}} \cdot \text{м}^{-2}$);

$H_{ui} = 17,5 \text{ МДж} \cdot \text{кг}^{-1}$ – низшая теплота сгорания древесины в соответствии с таблицей 12.3;

$\psi_i = 1$ в соответствии с п.12.4.2 Пособия.

Характеристическое значение удельной пожарной нагрузки, определяется по формуле (12.3):

$$q_{f,k} = Q_{fi,k} / A = 108675 / 135 = 805 \text{ МДж}.$$

Расчет параметрического режима пожара

В первую очередь определяется, каким образом регулируется пожар: пожарной нагрузкой или вентиляцией.

Коэффициент проемности рассчитывается по формуле:

$$O = \frac{A_v \cdot \sqrt{h_{eq}}}{A_t} = \frac{27,0 \times \sqrt{1,8}}{474,0} = 0,076 \text{ м}^{1/2}.$$

где $h_{eq} = 1,537 \text{ м}$ – приведенная по площади высота окон на всех стенах.

Значение коэффициента проемности удовлетворяет условию $0,02 < O < 0,2 \text{ м}^{1/2}$ в соответствии с п.8.2.1 настоящего Пособия.

Расчетная удельная пожарная нагрузка, приведенная к суммарной площади A_t поверхности ограждений, определяется по формуле:

$$q_{t,d} = q_{f,d} \cdot A_f / A_t = 483,0 \times 135,0 / 474,0 = 137,6 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}.$$

Определяется, чем регулируется пожар: пожарной нагрузкой или вентиляцией следующим образом:

$$0,2 \cdot 10^{-3} \cdot q_{t,d} / O = 0,2 \cdot 10^{-3} \times 137,6 / 0,076 = 0,362 \times h > t_{\text{lim}} = 0,333 \times h \rightarrow$$

таким образом, в соответствии с п.8.2.5 настоящего Пособия можно сделать вывод, что пожар регулируется вентиляцией.

Для расчета температурного режима пожара на стадии нагрева и охлаждения необходимо произвести расчет параметра b (теплопоглощающей способности ограждения). С учетом того, что ограждающие конструкции здания выполнены из легкого бетона, значение параметра рассчитываются следующим образом:

$$b = \sqrt{\rho \cdot c \cdot \lambda} = \sqrt{1900 \times 840 \times 1,0} = 1263,3 \text{ Дж} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1/2} \cdot \text{К}^{-1}.$$

Температурно-временная зависимость для стадии нагрева имеет следующий вид:

$$\Theta_g = 20 + 1325 \cdot (1 - 0,324 \cdot e^{-0,2 \cdot t^*} - 0,204 \cdot e^{-1,7 \cdot t^*} - 0,472 \cdot e^{-19 \cdot t^*}).$$

Поскольку пожар регулируется вентиляцией, время t^* определяется следующим образом:

$$t^* = t \cdot \Gamma = 3,04 \cdot t$$

$$\text{где } \Gamma = \frac{(O/b)^2}{(0,04/1160)^2} = \frac{(0,076/1263,3)^2}{(0,04/1160)^2} = 3,04.$$

Следовательно, температура пожара на стадии нагрева определяется следующим:

$$\Theta_g = 20 + 1325 \cdot (1 - 0,324 \cdot e^{-0,2 \cdot (3,04 \cdot t)} - 0,204 \cdot e^{-1,7 \cdot (3,04 \cdot t)} - 0,472 \cdot e^{-19 \cdot (3,04 \cdot t)}).$$

Для расчета стадии охлаждения пожара, максимальная температура определяется следующим образом:

$$\Theta_g = 20 + 1325 \cdot (1 - 0,324 \times e^{-0,2 \cdot t^{* \max}} - 0,204 \times e^{-1,7 \cdot t^{* \max}} - 0,472 \times e^{-19 \cdot t^{* \max}}),$$

$$\text{где } t^{* \max} = t_{\max} \cdot \Gamma = 0,363 \times 3,04 = 1,10 \times h.$$

Время $t^{* \max}$ определяется следующим образом:

$$t_{\max} = \max \left\{ \frac{0,2 \times 10^{-3} \cdot q_{t,d}}{O} \right\} = \max \left\{ \frac{0,2 \times 10^{-3} \times 137,6}{0,076} = 0,363 \times h \right\} = 0,363 \times h.$$

Значение максимальной температуры рассчитывается следующим образом:

$$\Theta_g = 20 + 1325 \cdot (1 - 0,324 \times e^{-0,2 \times 1,1} - 0,204 \times e^{-1,7 \times 1,1} - 0,472 \times e^{-19 \times 1,1}) = 958,8 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

На стадии охлаждения t^* и $t^{* \max}$ рассчитываются следующим образом:

$$t^* = t \cdot \Gamma = 3,04 \times t$$

$$t^*_{\max} = (0,2 \times 10^{-3} \cdot q_{t,d}/O) \cdot \Gamma = (0,2 \times 10^{-3} \times 137,6 / 0,076) = 1,1 \times h.$$

Поскольку выполняется условие $0,5 < t^*_{\max} < 2$, то следовательно температурный режим на стадии охлаждения определяется по формуле (8.116):

$$\begin{aligned} \Theta_g &= \Theta_{\max} - 250 \cdot (3 - t^*_{\max}) \cdot (t^* - t^*_{\max} \cdot x) = \\ &= 958,8 - 250 \times (3 - 1,1) \times (t \times 3,04 - 1,1 \times 1,0) = 1481,3 - 1444 \times t. \end{aligned}$$

где, $x=1$, поскольку $t_{\max} > t_{\lim}$.

Результирующие значения расчета параметрического режима пожара приведены на рисунке 8.8.

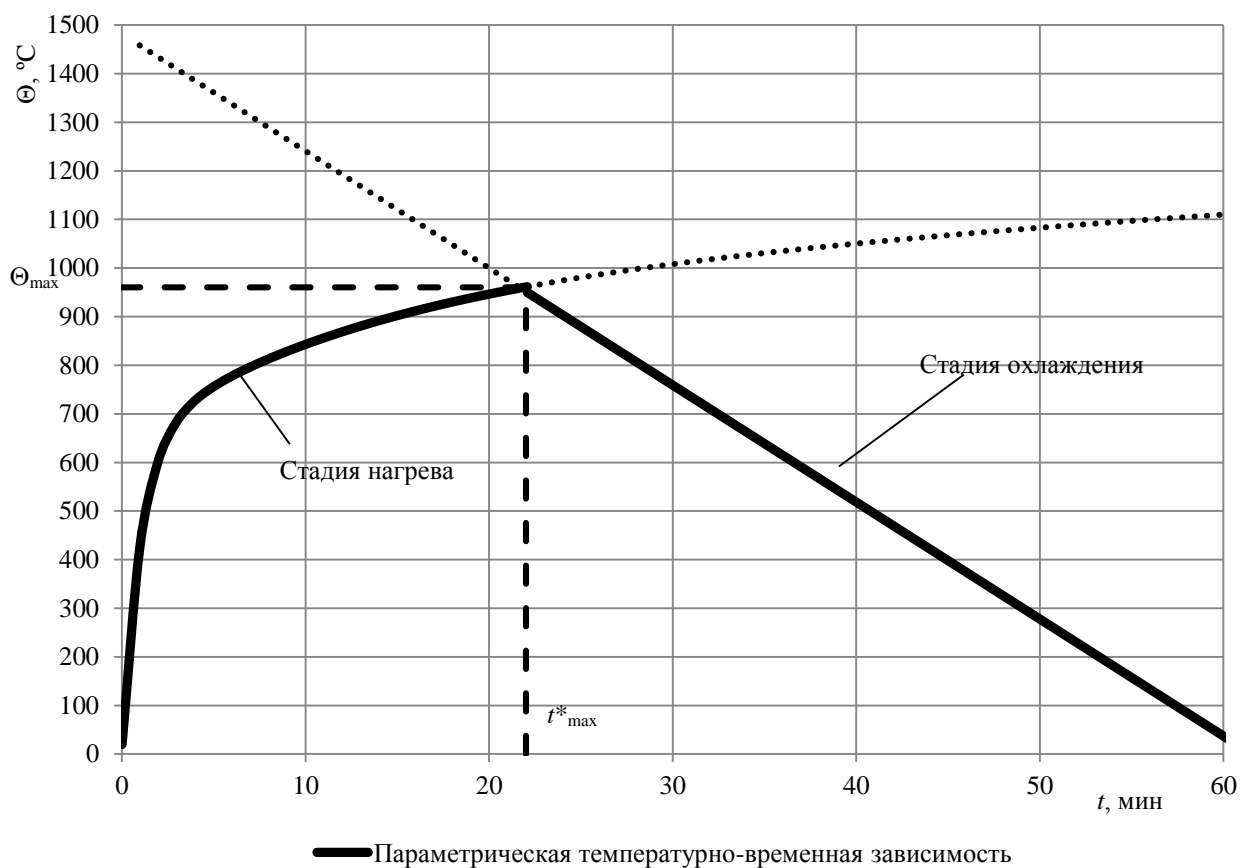


Рисунок 8.8 – Температурно-временная зависимость параметрического режима пожара в офисном здании

9 ТЕПЛОВЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НАРУЖНЫЕ КОНСТРУКЦИИ – УПРОЩЕННЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА

9.1 Область применения

9.1.1 Использование данного метода позволяет определить:

- максимальную температуру греющей среды в пожарной секции (отсеке);
- размеры и температуру пламени, выходящего из проемов в ограждающих конструкциях;
- параметры конвективного теплообмена и теплообмена излучением.

ПРИМЕЧАНИЕ Упрощенный метод расчета тепловых воздействий на наружные конструкции используется для пожарных отсеков (секций) размером не более 70 м по длине, 18 м – по ширине и 5 м – по высоте с $q_{f,d} > 200$ МДж·м⁻² и позволяет определить расчетные характеристики для установившегося режима. Представленный метод не дает возможности определения времени выхода на установившийся режим прогрева конструкции.

9.2 Условия применения

9.2.1 Если в ограждающих конструкциях рассматриваемого пожарного отсека (секции) расположено более одного окна, то в расчетах используются приведенная по площади высота окон h_{eq} , суммарная площадь вертикальных проемов A_v и суммарная ширина окон на всех стенах ($w_t = \sum w_i$).

9.2.2 Если все оконные проемы расположены в одной стене, то отношение D/W определяется по следующей формуле:

$$D/W = \frac{W_2}{w_t}, \quad (9.1)$$

где D – глубина пожарного отсека (секции), м;

W – ширина стены, в которой расположены оконные проемы, м;

W_2 – ширина стены пожарной секции (отсека), перпендикулярной к стене W_1 ;

w_t – суммарная ширина проемов в стене, м.

9.2.3 Если оконные проемы расположены более чем в одной стене, то отношение D/W определяется по формуле:

$$D/W = \frac{W_2}{W_1} \cdot \frac{A_{v1}}{A_v}, \quad (9.2)$$

где W_2 – ширина стены пожарного отсека (секции), перпендикулярной стене №1, м;

W_1 – ширина стены №1 с максимальной площадью окон, м;

A_{v1} – сумма площадей окон стены №1, м²;

A_v – суммарная площадь вертикальных проемов во всех стенах, м²;

9.2.4 Если зона горения расположена непосредственно в пожарной секции, то отношение D/W при соблюдении ограничений, приведенных в 9.1.1, определяется по следующей формуле:

$$D/W = \frac{(W_2 \cdot L_c)}{(W_1 \cdot W_c)} \cdot \frac{A_{v1}}{A_v}, \quad (9.3)$$

где L_c, W_c – длина и ширина зоны горения соответственно;

W_1, W_2 – длина и ширина пожарной секции соответственно.

9.2.5 Все части наружной стены, не соответствующие требуемому пределу огнестойкости (REI) для обеспечения устойчивости зданий, рассматриваются как оконные проемы.

ПРИМЕЧАНИЕ В случае если суммарная площадь окон и участков наружной стены, приравненных к ним, составляет не более 50 % площади соответствующей наружной стены пожарного отсека (секции), то в расчете используется найденная суммарная площадь. В противном случае (суммарная площадь превышает 50 % площади соответствующей наружной стены) в расчете используется значение суммарной площади равное 50 % площади соответствующей наружной стены, при этом расчетное расположение проемов и участков стены в пространстве и их геометрия определяется для наихудшего сценария.

9.2.6 Температура пламени принимается равномерной по его ширине и толщине.

9.3 Воздействия ветра

9.3.1 Режим вентиляции

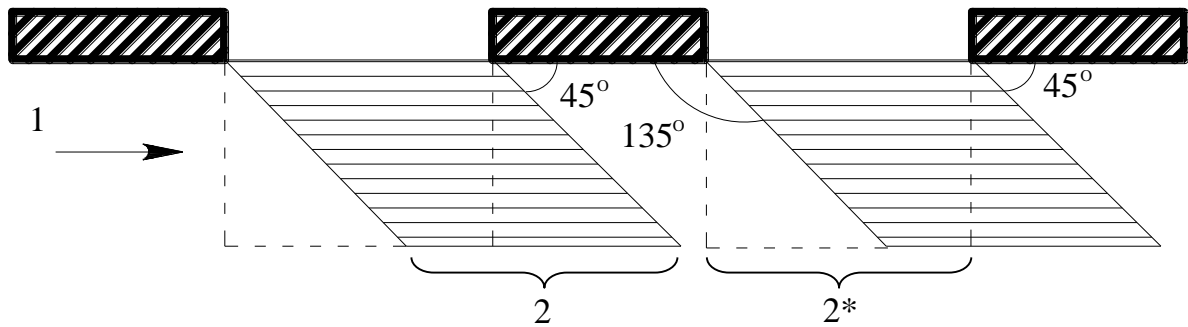
9.3.1.1 Если на противоположных сторонах пожарного отсека (секции) имеются окна или воздух дополнительно поступает в горящее помещение через другие проемы (иные, чем окна), то расчет выполняется для условий принудительной вентиляции.

9.3.1.2 Для случаев, отличных от приведенных в 9.3.1.1, расчет выполняется для условий естественной вентиляции.

9.3.2 Отклонение пламени ветром

9.3.2.1 Расчет производится для двух случаев выхода пламени из проемов (рисунок 9.1):

- перпендикулярно к фасаду (при отсутствии ветра);
- с отклонением 45° к фасаду вследствие воздействия ветра.



1 – направление ветра; 2 – горизонтальная проекция при отклонении ветром;

2* – горизонтальная проекция без отклонения ветром

Рисунок 9.1 – Отклонение пламени ветром

9.4 Характеристики пожара и пламени

9.4.1 Пожар в условиях естественной вентиляции

9.4.1.1 Мощность теплового потока пожара Q , МВт определяется следующим образом:

$$Q = \min \left\{ \frac{A_f \cdot q_{f,d}}{\tau_F}; 3,15 \cdot \left(1 - e^{\frac{-0,036}{O}} \right) \cdot A_v \cdot \sqrt{\frac{h_{eq}}{D/W}} \right\}, \quad (9.4)$$

где A_f – площадь пола пожарного отсека (секции), m^2 ;

$q_{f,d}$ – расчетная удельная пожарная нагрузка, отнесенная к площади пола A_f , $МДж \cdot m^{-2}$;

τ_F – продолжительность свободного развития пожара (допускается принимать равной 1200 с);

$e = 2,718281 \dots$ – основание натурального логарифма;

O – коэффициент проемности пожарного отсека (секции), $O = A \cdot \sqrt{h_{eq}} / A_f$;

A_v – суммарная площадь вертикальных проемов во всех стенах, $A_v = \sum A_{v,i}$;

h_{eq} – приведенная по площади высота окон на всех стенах, $h_{eq} = \sum (A_{v,i} \cdot h_i) / A_v$;

D/W – отношение, определяемое в соответствии с 9.2.2–9.2.4.

ПРИМЕЧАНИЕ В (9.4) выбор первого условия характеризует мощность теплового потока для пожара, регулируемого пожарной нагрузкой; выбор второго условия – для пожара, регулируемый вентиляцией.

9.4.1.2 Температура в пожарной секции T_f , К для условий естественной вентиляции определяется по следующей формуле:

$$T_f = 6000 \cdot \sqrt{O} \cdot \left(1 - e^{\frac{-0,1}{O}}\right) \cdot (1 - e^{-0,00286 \cdot \Omega}) + T_0, \quad (9.5)$$

где O – коэффициент проемности пожарного отсека (секции),

A_f – площадь пола пожарного отсека (секции), $\text{м}^{1/2}$;

$e = 2,718281\dots$ – основание натурального логарифма;

$\Omega = (A_f \cdot q_{f,d}) / (A_v \cdot A_t)^{1/2}$ – расчетный параметр;

T_0 – начальная температура, К (по умолчанию $T_0 = 293$ К).

9.4.1.3 Высота пламени L_L , м (рисунок 9.2) для условий естественной вентиляции определяется следующим образом:

$$L_L = \max \left\{ \begin{array}{l} 0; \\ h_{eq} \cdot \left(2,37 \cdot \left(\frac{Q}{A_v \cdot \rho_g \cdot \sqrt{h_{eq} \cdot g}} \right)^{\frac{2}{3}} - 1 \right) \end{array} \right\}, \quad (9.6)$$

где h_{eq} – приведенная по площади высота окон на всех стенах, м;

Q – мощность теплового потока пожара, МВт;

A_v – суммарная площадь вертикальных проемов во всех стенах, м^2 ;

g – ускорение свободного падения, $\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$;

ρ_g – плотность газовой среды внутри горящего помещения, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$;

ПРИМЕЧАНИЕ Для наиболее часто встречающихся значений $\rho_g = 0,45 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ и $g = 9,81 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$, формула (9.6) может быть упрощена:

$$L_L = 1,9 \cdot \left(\frac{Q}{w_t} \right)^{\frac{2}{3}} - h_{eq}, \quad (9.7)$$

где w_t – суммарная ширина проемов по всем стенам, м.

9.4.1.4 Ширина пламени принимается равной ширине оконного проема (рисунок 9.2).

9.4.1.5 Глубина пламени принимается равной $2/3 \cdot h_{eq}$ (рисунок 9.2).

9.4.1.6 Горизонтальная проекция пламени определяется, исходя из следующих условий:

– если над этажом, на котором расположен оконный проем, имеется стена:

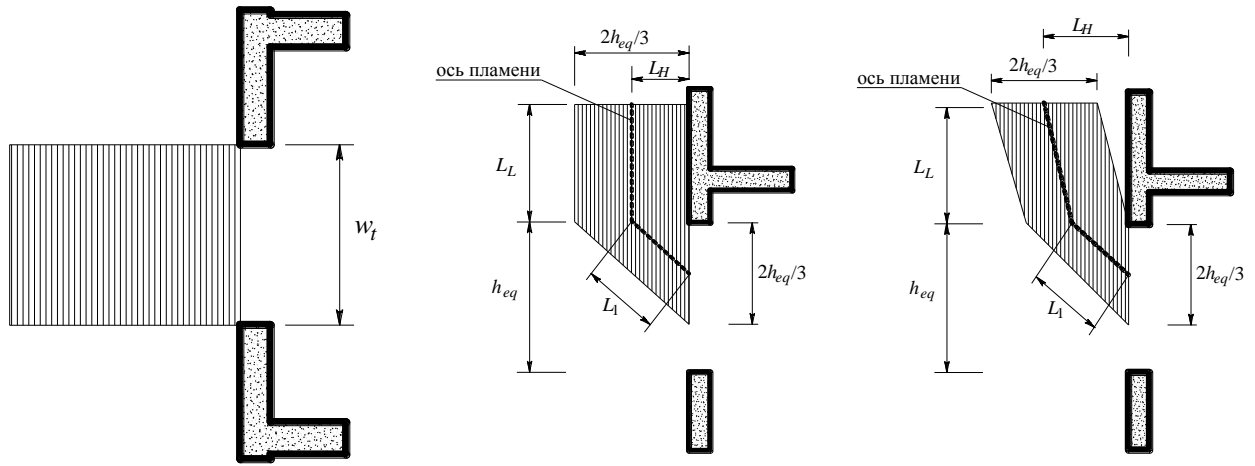
$$L_H = \frac{h_{eq}}{3}, \text{ при } h_{eq} \leq 1,25 \cdot w_t; \quad (9.8)$$

$$L_H = 0,3 \cdot h_{eq} \cdot \left(\frac{h_{eq}}{w_t} \right)^{0,54}, \text{ при } h_{eq} > 1,25 \cdot w_t \text{ и расстоянии до других окон } > 4 \cdot w_t; \quad (9.9)$$

$$L_H = 0,454 \cdot h_{eq} \cdot \left(\frac{h_{eq}}{2 \cdot w_t} \right)^{0,54} - \text{в других случаях}; \quad (9.10)$$

– если над этажом, на котором расположен проем, отсутствует стена:

$$L_H = 0,6 \cdot h_{eq} \cdot (L_L / h_{eq})^{1/3}. \quad (9.11)$$



Вид сверху (план здания)

Вид сбоку (разрез здания) над этажом на котором расположен проем имеется стена

Вид сбоку (разрез здания) над этажом на котором расположен проем отсутствует стена или

$$h_{eq} > 1,25 \cdot w_t$$

$$L_L = \frac{h_{eq}}{3};$$

$$h_{eq} < 1,25 \cdot w_t$$

$$L_1 = \sqrt{L_H^2 + \frac{h_{eq}^2}{9}} \cong \frac{h_{eq}}{2}$$

$$L_f = L_L + L_1$$

$$L_1 \cong \frac{h_{eq}}{2}$$

$$L_f = \sqrt{L_L^2 + \left(L_H - \frac{h_{eq}}{3}\right)^2} + L_1$$

Рисунок 9.2 – Размеры пламени пожара для условий естественной вентиляции

9.4.1.7 Длина пламени, выходящего из проема, вдоль оси определяется следующим образом:

9.4.1.7.1 если $L_L > 0$:

– в случае если над этажом, на котором расположен проем, имеется стена или $h_{eq} \leq 1,25 \cdot w_t$:

$$L_f = L_L + \frac{h_{eq}}{2}; \quad (9.12)$$

– в случае если над этажом, на котором расположен проем, отсутствует стена или $h_{eq} > 1,25 \cdot w_t$:

$$L_f = \sqrt{L_L^2 + \left(L_H - \frac{h_{eq}}{3}\right)^2} + \frac{h_{eq}}{2}, \quad (9.13)$$

9.4.1.7.2 если $L_L = 0$, то $L_f = 0$.

9.4.1.8 Температура пламени в плоскости оконного проема T_w , К для условий естественной вентиляции определяется по следующей формуле:

$$T_w = 520 / (1 - 0,4725 \cdot (L_f \cdot w_t / Q)) + T_0. \quad (9.14)$$

ПРИМЕЧАНИЕ Формула (9.14) справедлива при выполнении условия $L_f \cdot w_t / Q \leq 1$.

9.4.1.9 Температура пламени пожара вдоль его оси T_z , K для условий естественной вентиляции определяется по следующей формуле:

$$T_z = (T_w - T_0) \cdot (1 - 0,4725 \cdot (L_x \cdot w_t / Q)) + T_0, \quad (9.15)$$

где L_x – расстояние по оси пламени от плоскости оконного проема окна до точки, для которой производится расчет.

ПРИМЕЧАНИЕ Формула (9.15) справедлива при выполнении условия $L_x \cdot w_t / Q < 1$.

9.4.1.10 При расчете параметров теплообмена излучением степень черноты пламени пожара за пределами плоскости оконного проема определяется по следующей формуле:

$$\varepsilon_f = 1 - e^{-0,3 \cdot d_f}, \quad (9.16)$$

где d_f – толщина пламени, м.

ПРИМЕЧАНИЕ При отсутствии дополнительных данных по умолчанию степень черноты пламени пожара в оконном проеме допускается принимать равной $\varepsilon_f = 1$.

9.4.1.11 Коэффициент теплоотдачи конвекцией от пламени к наружным строительным конструкциям для условий естественной вентиляции определяется по формуле:

$$\alpha_c = 4,67 \cdot (1/d_{eq})^{0,4} \cdot (Q/A_v)^{0,6}, \quad (9.17)$$

где d_{eq} – геометрический параметр наружной конструкции (диаметр или размер стороны), м.

9.4.1.12 Если на верхнем краю оконного проема по всей его ширине (рисунок 9.3) расположен выступ (балкон, козырек и т. д.) с горизонтальной проекцией W_a , для случая, если над этажом, на котором расположен проем имеется стена и $h_{eq} \leq 1,25$, высота и горизонтальная проекция пламени должны пересчитываться с учетом дополнительного отклонения пламени следующим образом (рисунок 9.3):

– высоту пламени L_L , определенную в соответствии с п.9.4.1.3, необходимо уменьшить на величину, равную $W_a \cdot (1 + \sqrt{2}) = W_a \cdot 2,414$;

– горизонтальную проекцию пламени L_H , определенную в соответствии с п.9.4.1.6, необходимо увеличить на величину, равную W_a .

9.4.1.13 Если на верхнем краю оконного проема по всей его ширине (рисунок 9.3) расположен выступ (балкон, козырек и т. д.) с горизонтальной проекцией W_a , для случая, если над окном нет стены или $h_{eq} > 1,25w_t$, высота и горизонтальная проекция пламени должны пересчитываться с учетом дополнительного отклонения пламени следующим образом:

– высоту пламени L_L , определенную в соответствии с п.9.4.1.3, необходимо уменьшить на величину, равную W_a ;

– горизонтальную проекцию пламени L_H , определенную в соответствии с п.9.4.1.6, необходимо увеличить на величину, равную W_a .

9.4.2 Пожар в условиях принудительной вентиляции

9.4.2.1 Мощность теплового потока пожара Q , МВт, определяется по следующей формуле:

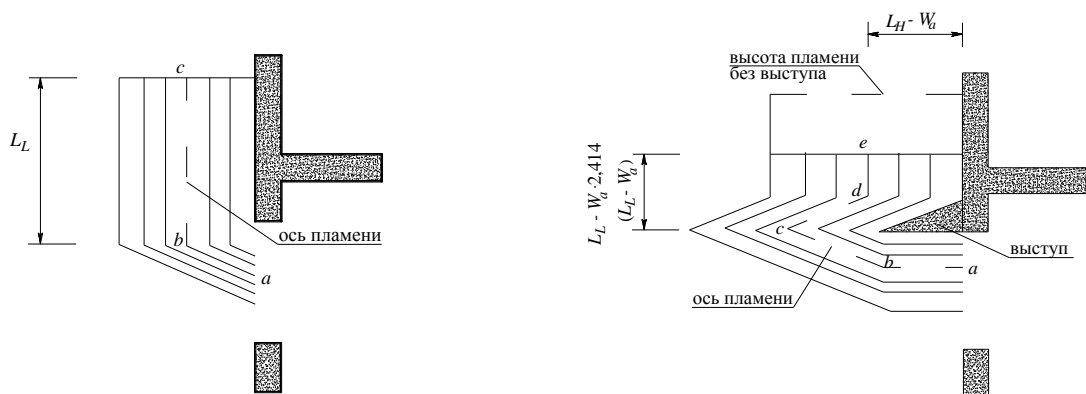
$$Q = \frac{A_f \cdot q_{f,d}}{\tau_F}, \quad (9.18)$$

где A_f – площадь пола пожарного отсека (секции), м^2 ;
 $q_{f,d}$ – расчетная удельная пожарная нагрузка, отнесенная к площади пола A_f $\text{МДж} \cdot \text{м}^{-2}$;
 τ_F – продолжительность свободного развития пожара (допускается принимать равной 1200 с).

9.4.2.2 Температура в пожарной секции (отсеке) T_f , К определяется по следующей формуле:

$$T_f = 1200 \cdot \frac{A_f \cdot q_{f,d}}{17,5 - e^{-0,00228 \cdot \Omega}} + T_0, \quad (9.19)$$

где A_f – площадь пола пожарного отсека (секции), м^2 ;
 $q_{f,d}$ – расчетная удельная пожарная нагрузка, отнесенная к площади пола A_f , $\text{МДж} \cdot \text{м}^2$;
 $\Omega = (A_f \cdot q_{f,d}) / (A_v \cdot A_t)^{1/2}$ – расчетный параметр;
 A_v – суммарная площадь вертикальных проемов во всех стенах, м^2 ;
 T_0 – начальная температура, К.



Вид сбоку (разрез здания, оконный проем без
 выступа)
 $L_f = a - b - c$

Вид сбоку (разрез здания, оконный проем с
 выступом)
 $L_f = a - b - c - d - e$ и $w_a = a - b$

Рисунок 9.3 – Отклонение пламени (естественная вентиляция)

9.4.2.3 Высота пламени при пожаре в условиях принудительной вентиляции (рисунок 9.4) определяется по следующей формуле:

$$L_L = \left(1,366 \cdot \left(\frac{1}{u} \right)^{0,43} \cdot \frac{Q}{\sqrt{A_v}} \right) \cdot h_{eq}, \quad (9.20)$$

где u – скорость ветра, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$.

ПРИМЕЧАНИЕ Для случая, когда скорость ветра составляет $u = 6 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, формула (9.20) может быть упрощена: $L_L \approx 0,628 \cdot Q / (A_v^{1/2}) \cdot h_{eq}$.

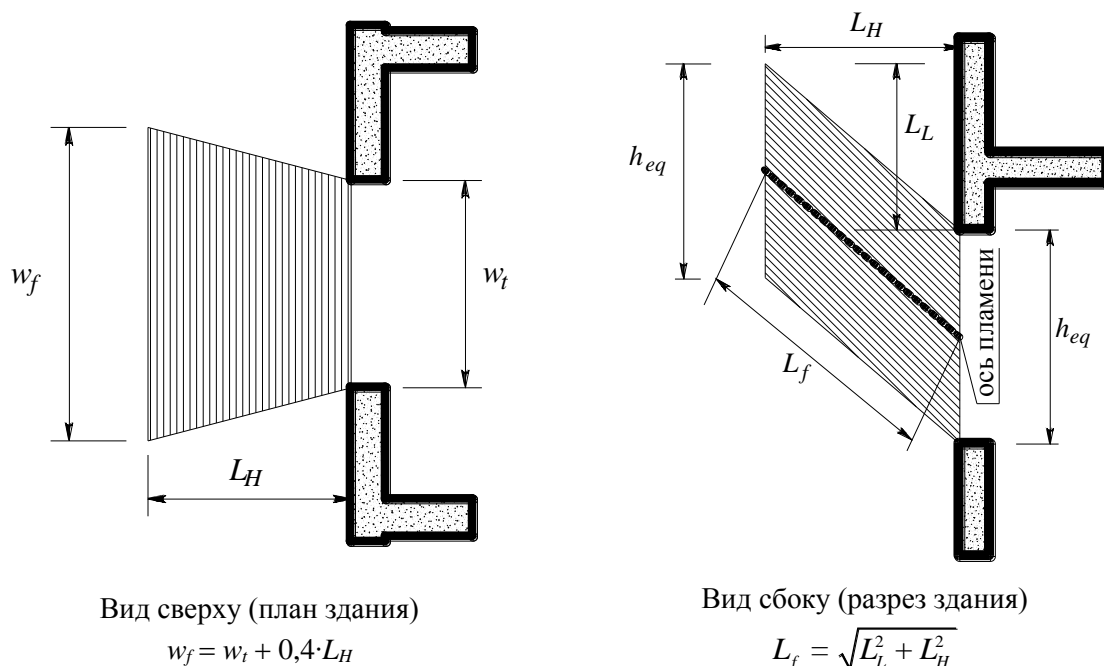


Рисунок 9.4 – Размеры пламени пожара для условий принудительной вентиляции

9.4.2.4 Горизонтальная проекция пламени для условий принудительной вентиляции определяется по следующей формуле:

$$L_H = 0,605 \cdot (u^2 / h_{eq})^{0,22} \cdot (L_L + h_{eq}). \quad (9.21)$$

ПРИМЕЧАНИЕ Для случая, когда скорость ветра составляет $u = 6 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, формула (9.21) может быть упрощена: $L_H = 1,33 \cdot (L_L + h_{eq}) / h_{eq}^{0,22}$.

9.4.2.5 Ширина пламени определяется по формуле:

$$w_f = w_t + 0,4 \cdot L_H. \quad (9.22)$$

9.4.2.6 Длина пламени вдоль его оси определяется по следующей формуле:

$$L_f = (L_L^2 + L_H^2)^{1/2}. \quad (9.23)$$

9.4.2.7 Температура пламени T_w , К в плоскости оконного проема определяется по формуле:

$$T_w = 520 / (1 - 0,3325 L_f \cdot (A_v)^{1/2} / Q) + T_0. \quad (9.24)$$

ПРИМЕЧАНИЕ Формула (9.24) справедлива при выполнении условия $L_f \cdot (A_v)^{1/2} / Q \leq 1$. В случае, если при расчете получается $L_f \cdot (A_v)^{1/2} / Q > 1$, в формулу (9.24) необходимо подставлять значение $L_f \cdot (A_v)^{1/2} / Q = 1$.

9.4.2.8 Степень черноты пламени в оконном проеме допускается принимать равной $\varepsilon_f = 1$.

9.4.2.9 По мере удаления от оконного проема вдоль оси пламени происходит снижение температуры пламени T_z , К, которое описывается зависимостью:

$$T_z = \left(1 - 0,3325 \cdot \frac{L_x \cdot \sqrt{A_v}}{Q} \right) \cdot (T_w - T_0) + T_0, \quad (9.25)$$

где L_x – расстояние по оси пламени от плоскости оконного проема до точки, для которой производится расчет температуры пламени, м.

9.4.2.10 При расчете параметров теплообмена излучением степень черноты пламени (пожара) за пределами плоскости оконного проема допускается определять по следующей формуле:

$$\varepsilon_f = 1 - e^{-0,3 \cdot d_f}, \quad (9.26)$$

где d_f – толщина пламени, м;

$e = 2,718281 \dots$ – основание натурального логарифма;

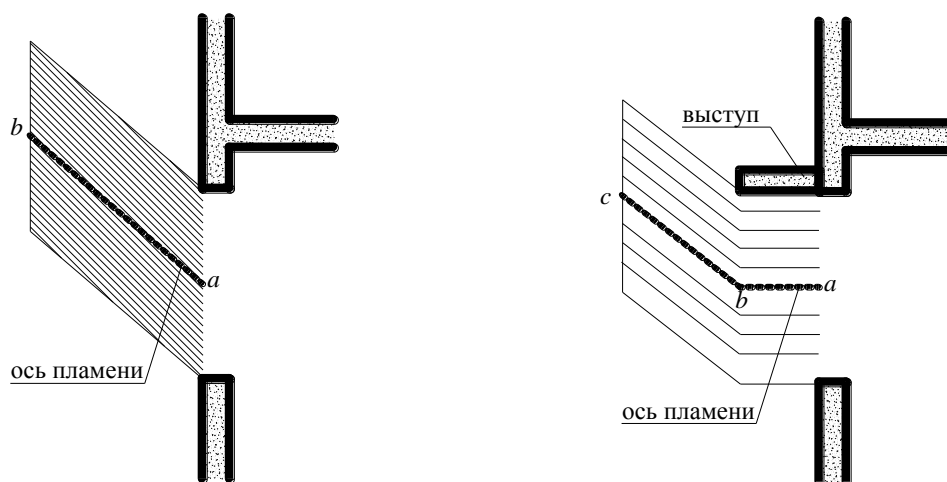
9.4.2.11 Коэффициент теплоотдачи конвекцией для условий принудительной вентиляции определяется по следующей формуле:

$$\alpha_c = 9,8 \cdot \left(\frac{1}{d_{eq}} \right)^{0,4} \cdot \left(\frac{Q}{17,5 \cdot A_v} + \frac{u}{1,6} \right)^{0,6}. \quad (9.27)$$

ПРИМЕЧАНИЕ Для случая, когда скорость ветра составляет $u = 6 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, формула (9.27) может быть упрощена:

$$\alpha_c = 9,8 \cdot \left(\frac{1}{d_{eq}} \right)^{0,4} \cdot \left(\frac{Q}{17,5 \cdot A_v} + 3,75 \right)^{0,6}.$$

9.4.2.12 Траектория пламени после горизонтального отклонения под влиянием выступов (балконов, козырьков и т. д.) (рисунок 9.5) не изменяется, пламя сдвигается на величину горизонтальной проекции выступа, причем его длина L_f не изменяется.



Вид сверху (план здания)

$$L_f = a - b$$

Вид сбоку (разрез здания)

$$L_f = a - b - c$$

Рисунок 9.5 – Отклонение пламени (сквозная или принудительная вентиляция)

9.5 Угловой коэффициент облученности

9.5.1 Общий угловой коэффициент облученности конструкции для определения параметров теплопередачи излучением от проемов горящего помещения определяется по следующей формуле:

$$\Phi_f = \frac{(C_1 \cdot \Phi_{f,1} + C_2 \cdot \Phi_{f,2}) \cdot d_1 + (C_3 \cdot \Phi_{f,3} + C_4 \cdot \Phi_{f,4}) \cdot d_2}{(C_1 + C_2) \cdot d_1 + (C_3 + C_4) \cdot d_2}, \quad (9.28)$$

где $\Phi_{f,i}$ – угловой коэффициент облученности i -той поверхности конструкции от оконного проема;

d_i – размер i -той поверхности конструкции, рассматриваемый в плоскости поперечного сечения, м;

C_i – коэффициент защиты (экранирования) i -той поверхности конструкции (принимается $C_i = 0$ – для защищенной поверхности конструкции; $C_i = 1$ – для незащищенной поверхности конструкции).

9.5.2 Угловой коэффициент облученности $\Phi_{f,i}$ невидимой из проема поверхности конструкции принимается равным нулю.

9.5.3 Общий угловой коэффициент облученности конструкции Φ_z при расчете параметров теплопередачи излучением от пламени, выходящего из оконного проема, определяется по следующей формуле:

$$\Phi_z = \frac{(C_1 \cdot \Phi_{z,1} + C_2 \cdot \Phi_{z,2}) \cdot d_1 + (C_3 \cdot \Phi_{z,3} + C_4 \cdot \Phi_{z,4}) \cdot d_2}{(C_1 + C_2) \cdot d_1 + (C_3 + C_4) \cdot d_2}, \quad (9.29)$$

где $\Phi_{z,i}$ – угловой коэффициент облученности i -той поверхности конструкции для теплопередачи излучением от пламени (см. раздел 14 настоящего Пособия).

9.5.4 Угловой коэффициент облученности $\Phi_{z,i}$ отдельных поверхностей конструкции для расчета теплопередачи излучением от пламени может основываться на эквивалентных прямоугольных размерах пламени. Размеры и положение эквивалентных прямоугольников, отображающих фронтальный и боковые виды пламени, определяются согласно разделу 14 Пособия. Для других целей размеры пламени определяются по 9.4.

ПРИМЕР 1

Исходные данные: Пожарная секция представлена помещением прямоугольной формы размерами в плане 6×12 м высотой $H=3$ м, расположенным на 1 этаже 2-хэтажного здания. В наружной стене ($W_1=6$ м) помещения расположен оконный проем размером $3 \times 1,5$ м. Расчетная пожарная нагрузка в помещении оставляет $q_{f,d}=500$ МДж·м². Снаружи здания на расстоянии 0,5 м от наружной стены напротив центра оконного проема расположена полая стальная колонна квадратного сечения с размерами 200×200 мм.

Требуется: Определить температуру стальной колонны в условиях установившегося режима пожара в помещении.

Расчет:

Так как в помещении имеется только один оконный проем в стене и рассматривается объемный пожар в помещении, по уравнению (9.1) находим отношение D/W :

$$D/W = \frac{W_2}{w_t} = \frac{12}{3} = 4,$$

где W_2 – ширина стены пожарной секции (отсека), перпендикулярной к стене, в которой расположен проем

w_t – суммарная ширина проемов в стене, м.

Площадь оконного проема равна:

$$A_v = 3 \times 1,5 = 4,5 \text{ м}^2.$$

Суммарная площадь ограждающих конструкций помещения (без учета проемов) равна:

$$A_t = 2 \cdot (A_f + [W_1 + W_2] \cdot H) = 2(6 \times 12 + [6 + 12] \times 3) = 252 \text{ м}^2.$$

Определим коэффициент проемности пожарного отсека (раздел 4 настоящего Пособия):

$$O = A_v \cdot \sqrt{h_{eq}} / A_t = 4,5 \times \sqrt{1,5} / 252 = 0,022 \text{ м}^{1/2}.$$

Так как в помещении только одно окно, т.е. отсутствуют проемы на противоположной стороне помещения, равно как и другие проемы, через которые воздух дополнительно поступает в горящее помещение, в соответствии с 9.3.1 расчет производим для условий естественной вентиляции.

Определяется мощность теплового потока по п.9.4.1.1 (формула (9.4)):

$$Q = \min \left\{ \frac{A_f \cdot q_{f,d}}{\tau_F}; \left[3,15 \cdot \left(1 - e^{-\frac{0,036}{O}} \right) \cdot A_v \cdot \sqrt{\frac{h_{eq}}{D/W}} \right] \right\} = \min \left\{ \frac{72 \times 500}{1200}; \left[3,15 \times \left(1 - e^{-\frac{0,036}{0,022}} \right) \times 4,5 \times \sqrt{\frac{1,5}{4}} \right] \right\} = \min \left\{ \frac{30}{7} \right\} = 7 \text{ МВт},$$

где $A_f = 6 \times 12 = 72 \text{ м}^2$ – площадь пола помещения;

$q_{f,d} = 500 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$ – расчетная удельная пожарная нагрузка, отнесенная к площади пола A_f (задана по условию);

τ_F – продолжительность свободного развития пожара (принята равной 1200 с);

$O = 0,022 \text{ м}^{1/2}$ – коэффициент проемности помещения;

$A_v = 4,5 \text{ м}^2$ – суммарная площадь вертикальных проемов во всех стенах;

$h_{eq} = 1,5 \text{ м}$ – приведенная по площади высота оконных проемов на всех стенах (равна высоте проема, т.к. оконный проем всего один);

$D/W = 4$ – отношение, определенное выше.

Таким образом, окончательно принимаем $Q = 7 \text{ МВт}$ – пожар, регулируемый вентиляцией.

Определим значение расчетного параметра Ω :

$$\Omega = (A_f \cdot q_{f,d}) / (A_v \cdot A_t)^{1/2} = (72 \times 500) / (4,5 \times 252)^{1/2} = 1069 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}.$$

По формуле (9.5) находим температуру в горящем помещении:

$$T_f = 6000 \cdot \sqrt{O} \cdot \left(1 - e^{-\frac{0,1}{O}} \right) \cdot \left(1 - e^{-0,00286 \cdot \Omega} \right) + T_0 = 6000 \times \sqrt{0,022} \times \left(1 - e^{-\frac{0,1}{0,022}} \right) \times \left(1 - e^{-0,00286 \times 1069} \right) + 293 = 1132 \text{ К} = 859^\circ \text{С}.$$

Определим высоту пламени с учетом допущений, приведенных в (9.7):

$$L_L = 1,9 \cdot \left(\frac{Q}{w_t} \right)^{\frac{2}{3}} - h_{eq} = 1,9 \cdot \left(\frac{7}{3} \right)^{\frac{2}{3}} - 1,5 = 1,84 \text{ м}$$

Ширина пламени по п. 9.4.1.4 принимается равной ширине оконного проема: $w_f = 3 \text{ м}$.

Глубина пламени по п. 9.4.1.5 принимается равной $2/3 \cdot h_{eq} = 2/3 \times 1,5 = 1 \text{ м}$.

Определим значение выражения $1,25 \cdot w_t$ и сравним его с h_{eq} :

$$h_{eq}=1,5 \text{ м} < 3,75 \text{ м}=1,25 \times 3=1,25 \times w_t,$$

следовательно, по п. 9.4.1.6 горизонтальная проекция пламени для случая, когда над этажом, на котором расположен оконный проем, имеется стена и $h_{eq} \leq 1,25 \times w_t$; определяется по формуле (9.8):

$$L_H = \frac{h_{eq}}{3} = \frac{1,5}{3} = 0,5 \text{ м}.$$

Длина пламени, выходящего из проема, вдоль оси для рассматриваемого случая определяется по формуле (9.12):

$$L_f = L_L + \frac{h_{eq}}{2} = 1,84 + \frac{1,5}{2} = 2,59 \text{ м}.$$

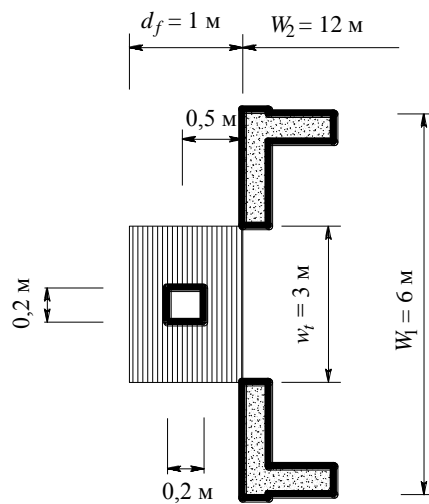


Рисунок 9.6 – Вид пожара сверху

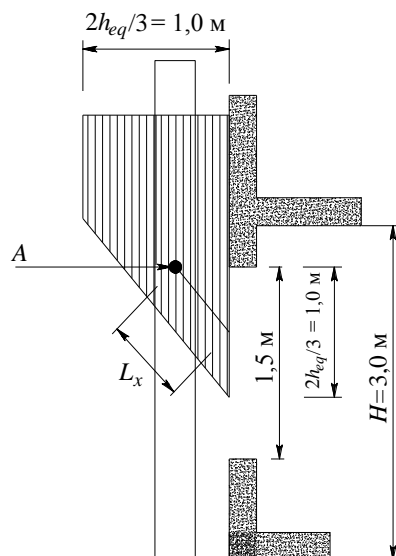


Рисунок 9.7 – Вид пожара сбоку

Для нахождения температуры пламени в плоскости оконного проема определим значение выражения $L_f \cdot w_t / Q$:

$$L_f \cdot w_t / Q = 2,59 \times 3,0 / 7 = 1,11 > 1,$$

следовательно, для обеспечения возможности определения температуры пламени в плоскости оконного проема по формуле (9.14) в дальнейшем расчете используем значение выражения $L_f \cdot w_t / Q = 1$:

$$T_w = 520 / (1 - 0,4725 \cdot (L_f \cdot w_t / Q)) + T_0 = 520 / (1 - 0,4725 \times 1,0) + 293 = 1278 \text{ K} = 1005 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Для расчета параметров теплообмена излучением в соответствии с примечанием к п. 9.4.1.10 принимаем степень черноты пламени в оконном проеме равной $\varepsilon_f = 1,0$.

Для определения параметров теплообмена необходимо найти температуру пламени в месте расположения колонны. Длина по оси пламени от плоскости оконного проема до колонны, для которой рассчитывается температура (точка А на рисунке 9.7) равна:

$$L_x = \sqrt{\left(\frac{2 \cdot h_{eq} / 3}{2}\right)^2 + 0,5^2} = \sqrt{\left(\frac{2 \times 1,5 / 3}{2}\right)^2 + 0,5^2} = 0,707 \text{ м},$$

где 0,5 (м) – расстояние от наружной стены горящего помещения до колонны.

Для полученного расстояния до точки А по формуле (9.15) находим температуру пламени:

$$T_z = (T_w - T_0) \cdot (1 - 0,4725 \cdot (L_x \cdot w_t / Q)) + T_0 = (1278 - 293) \times (1 - 0,4725 \times (0,707 \times 3 / 7)) + 293 = 1137 \text{ K} = 864 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Для расчетной ситуации (рисунок 9.7) толщина пламени равна $d_f = 2/3 \cdot h_{eq} = 2/3 \times 1,5 = 1 \text{ м}$.

По формуле (9.16) определяем степень черноты пламени пожара снаружи здания за плоскостью оконного проема:

$$\varepsilon_f = 1 - e^{-0,3 \cdot d_f} = 1 - e^{-0,3 \times 1,0} = 0,259.$$

Рассчитаем коэффициент теплоотдачи конвекцией от пламени к колонне по формуле (9.17):

$$\alpha_c = 4,67 \cdot (1/d_{eq})^{0,4} \cdot (Q/A_v)^{0,6} = 4,67 \times (1/0,2)^{0,4} \cdot (7/4,5)^{0,6} = 11,6 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

Для определения температуры конструкции воспользуемся приложением В [9]. Так как колонна расположена в пламени, ее средняя температура T_m определяется путем решения следующего уравнения теплового баланса (формула (В.2) [9]):

$$\sigma \cdot T_m^4 + \alpha \cdot T_m = I_z + I_f + \alpha \cdot T_z$$

где: σ – постоянная Стефана-Больцмана ($\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{K}^4$);

α – коэффициент конвективного теплообмена ($\alpha = \alpha_c = 11,6 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$);

I_z – тепловой поток излучением от пламени ($\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2}$);

I_f – тепловой поток излучением из оконного проема ($\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2}$);

T_z – температура пламени, $T_z = 864^\circ\text{C}$ (1137 K).

Определим тепловой поток I_z излучением от пламени по формуле (В.18) [9]):

$$I_z = \frac{(I_{z,1} + I_{z,2}) \cdot d_1 + (I_{z,3} + I_{z,4}) \cdot d_2}{2 \cdot (d_1 + d_2)},$$

где $I_{z,1} = C_1 \cdot \varepsilon_{z,1} \cdot \sigma \cdot T_z^4$; $I_{z,2} = C_2 \cdot \varepsilon_{z,2} \cdot \sigma \cdot T_z^4$; $I_{z,3} = C_3 \cdot \varepsilon_{z,3} \cdot \sigma \cdot T_w^4$; $I_{z,4} = C_4 \cdot \varepsilon_{z,4} \cdot \sigma \cdot T_z^4$ – тепловой поток излучением от пламени к i -той поверхности колонны;

i – порядковый номер поверхности колонны;

C_i – коэффициент защиты i -той поверхности конструкции (по п.В.1.4(1) [9] для рассматриваемой незащищенной колонны $C_i=1$);

T_z – температура пламени (K);

T_w – температура пламени (K) в проеме.

d_1 – ширина стороны конструкции перпендикулярной плоскости окна $d_1 = 0,2$ м.

d_2 – ширина стороны конструкции параллельной плоскости окна $d_2 = 0,2$ м.

$\varepsilon_{z,1}$, – степень черноты пламени на стороне №1, перпендикулярной плоскости окна;

По формуле (9.16) настоящего Пособия с использованием толщины пламени по п.В.4(2), рисунка В.6 [9]) и рисунка 9.8 определяем степень черноты пламени:

сторона №1 = сторона №2 (так как сечение конструкции и ее расположение относительно оконного проема симметрично):

$$d_{f,1} = d_{f,2} = \lambda_1 = 3,0 / 2 - 0,2/2 = 1,4 \text{ м};$$

$$\varepsilon_{z,1} = \varepsilon_{z,2} = \varepsilon_{f,1} = 1 - e^{-0,3 \cdot \lambda_1} = 1 - e^{-0,3 \times 1,4} = 0,343.$$

сторона №3 = сторона №4 (так как сечение конструкции и ее расположение относительно оконного проема симметрично):

$$d_{f,3} = d_{f,4} = \lambda_3 = 0,5 - 0,2/2 = 0,4 \text{ м};$$

$$\varepsilon_{z,3} = \varepsilon_{z,4} = \varepsilon_{f,3} = 1 - e^{-0,3 \cdot \lambda_3} = 1 - e^{-0,3 \times 0,4} = 0,113.$$

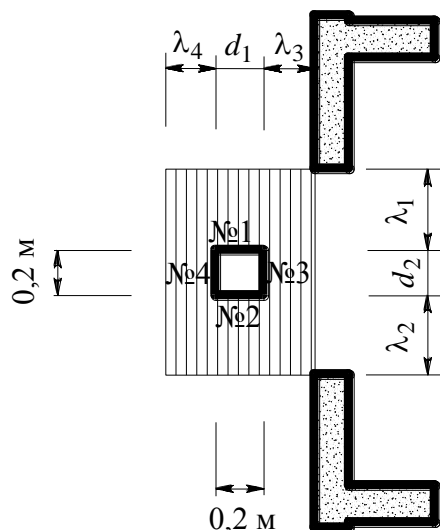


Рисунок 9.8 – Расчетная схема места пожара

Тепловой поток излучением от пламени к i -той поверхности колонны составит:
сторона №1 = сторона №2:

$$I_{z,1} = I_{z,2} = C_1 \cdot \varepsilon_{z,1} \cdot \sigma \cdot T_z^4 = 1,0 \times 0,343 \times 5,67 \times 10^{-8} \times 1137^4 = 32503 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} = 32,5 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2};$$

$$I_{z,4} = C_4 \cdot \varepsilon_{z,4} \cdot \sigma \cdot T_z^4 = 1,0 \times 0,113 \times 5,67 \times 10^{-8} \times 1137^4 = 10707 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} = 10,7 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2};$$

$$I_{z,3} = C_3 \cdot \varepsilon_{z,3} \cdot \sigma \cdot T_w^4 = 1,0 \times 0,113 \times 5,67 \times 10^{-8} \times 1278^4 = 17091 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} = 17,1 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}.$$

Общий тепловой поток I_z излучением от пламени составит:

$$I_z = \frac{(I_{z,1} + I_{z,2}) \cdot d_1 + (I_{z,3} + I_{z,4}) \cdot d_2}{2 \cdot (d_1 + d_2)} = \frac{(32,5 + 32,5) \times 0,2 + (17,1 + 10,7) \times 0,2}{2 \times (0,2 + 0,2)} = 23,2 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$$

Рассчитаем тепловой поток излучением из оконного проема (п.В.1.3(5), формула (В.3) [9]):

$$I_f = \Phi_f \cdot \varepsilon_f \cdot (1 - a_z) \cdot \sigma \cdot T_f^4 = 0,197 \times 1,0 \times (1 - 0,266) \times 5,67 \times 10^{-8} \times 1128^4 = 13,273 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2},$$

где Φ_f – результирующий угловой коэффициент облученности конструкции для расчета теплообмена излучением от открытого проема, определяется по формуле (9.28) настоящего Пособия:

$$\begin{aligned}\Phi_f &= \frac{(C_1 \cdot \Phi_{f,1} + C_2 \cdot \Phi_{f,2}) \cdot d_1 + (C_3 \cdot \Phi_{f,3} + C_4 \cdot \Phi_{f,4}) \cdot d_2}{(C_1 + C_2) \cdot d_1 + (C_3 + C_4) \cdot d_2} = \\ &= \frac{(1,0 \times 0,157 + 1,0 \times 0,157) \times 0,2 + (1,0 \times 0,472 + 1,0 \times 0) \times 0,2}{(1,0 + 1,0) \times 0,2 + (1,0 + 1,0) \times 0,2} = \\ &= \frac{2 \times 0,157 + 0,472}{4} = 0,197\end{aligned}$$

здесь C_i – коэффициент защиты i -той поверхности конструкции (по п.В.1.4(1) [9] для рассматриваемой незащищенной колонны $C_i=1$);

$\Phi_{f,3}$ – угловой коэффициент облученности от оконного проема к стороне №3 колонны, обращенной в сторону проема (определяется по уравнению (14.2) настоящего Пособия для облучения от двух площадок $1,5 \times 1,5$ м $s=0,4$ м, $h=1,5$ м, $w=1,5$ м, $\Phi_{f,3}=2 \times 0,236=0,472$);

$\Phi_{f,2}$ – угловой коэффициент облученности от оконного проема к стороне №2 колонны, расположенной перпендикулярно проему (определяется по уравнению (14.3) настоящего Пособия для $s=0,5$ м, $h=1,5$ м, $w=1,4$ м, $\Phi_{f,2}=0,157$). $\Phi_{f,2} = \Phi_{f,1}$ в силу симметрии конструкции и ее расположения относительно проема;

$\Phi_{f,4}=0$ по п.9.5.2 т.к. сторона №4 находится на противоположной от проема стороне конструкции и не облучается проемом (облучение только пламенем вокруг колонны).

ε_f – степень черноты пламени в плоскости оконного проема ($\varepsilon_f = 1,0$);

a_z – поглощающая способность пламени (определяется по п.В.4(6), формула (В20) [9]):

$$a_z = \frac{\varepsilon_{z,1} + \varepsilon_{z,2} + \varepsilon_{z,3}}{3} = \frac{0,343 + 0,343 + 0,113}{3} = 0,266,$$

здесь $\varepsilon_{z,1}$, $\varepsilon_{z,2}$ и $\varepsilon_{z,3}$ – степень черноты пламени для 1, 2, и 3 поверхностей колонны;

T_f – температура пламени (определяется по п.В.4(5), формуле (В.19а) [9] и формуле (9.15) настоящего Пособия, с заменой L_x на $l=h/2$):

$$T_f = (T_w - T_0) \cdot (1 - 0,4725 \cdot (L_x \cdot w_f / Q)) + T_0 = (1278 - 293) \times (1 - 0,4725 \times (0,75 \times 3 / 7)) + 293 = 1128 \text{ К} = 855^\circ\text{С}.$$

Тепловой поток пожара составит:

$$I_z + I_f + \alpha \cdot T_z = 23200 + 13273 + 11,6 \times 1137 = 49662 \text{ Вт}.$$

Используем полученное значение для численного решения уравнения теплового баланса, в результате которого получается значение температуры колонны $T_m = 913 \text{ К}$ (640°С). Данная температура конструкции будет достигнута при выходе на установившийся режим.

10 ЛОКАЛЬНЫЕ ПОЖАРЫ

10.1 Пожар допускается рассматривать как локальный, если повышенная температура окружающей среды не распространяется по всему объему горящего помещения. При локальном пожаре тепловое воздействие на строительные конструкции зависит от расположения очага пожара относительно рассматриваемых конструкций и

геометрических характеристик пламени, которые оказывают влияние на соотношение конвективной и излучающей составляющей теплообмена в условиях нестационарного прогрева. В зависимости от того достигает пламя потолка помещения или нет следует использовать различные расчетные модели.

Исходными данными для проведения расчета являются:

- диаметр очага пожара D ;
- высота помещения H ;
- геометрические характеристики поперечного сечения конструкции;
- начальная температура в помещении Θ_0 ;
- расстояние от центра очага пожара до рассматриваемой конструкции r ;
- продолжительность пожара t ;
- изменение мощности теплового потока пожара во времени;
- коэффициент теплоотдачи конвекцией α_c ;
- угловой коэффициент облученности Φ ;
- степень черноты пламени пожара ε_f ;
- степень черноты поверхности строительной конструкции ε_m .

ПРИМЕЧАНИЕ Рассмотренные в настоящем разделе расчетные модели справедливы для очагов пожара диаметром $D \leq 10$ м, при условии, что мощность теплового потока пожара не превышает 50 МВт.

10.2 Нагрев строительной конструкции происходит за счет теплопередачи конвекцией и излучением от пламени пожара. Тепловой поток Q от локального пожара к конструкциям определяется по формулам (6.1)–(6.3) настоящего Пособия, угловой коэффициент облученности Φ определяется в соответствии с методикой, приведенной в разделе 14 настоящего Пособия.

10.3 Для того, чтобы выбрать необходимую расчетную модель для рассматриваемой стадии пожара следует определить длину пламени локального пожара L_f , (рисунок 10.1). Длина пламени определяется в зависимости от геометрии очага пожара и величины теплового потока Q от него по следующей формуле:

$$L_f = -1,02 \cdot D + 0,0148 \cdot Q^{2/5} \quad (10.1)$$

где D – диаметр пламени в его наиболее широкой части, м (рисунок 10.1);

Q – мощность теплового потока пожара, Вт (определяется согласно методике, приведенной в разделе 12 настоящего Пособия);

ПРИМЕЧАНИЕ 1. При проекции очага пожара, отличной от круговой, за диаметр пламени D допускается принимать диаметр описанной вокруг очага пожара окружности (для геометрически неправильной формы очага) или диаметр круга равного по площади проекции очага пожара (для геометрически правильной формы очага).

ПРИМЕЧАНИЕ 2. При определении динамики изменения температуры строительных конструкций необходимо учитывать тот факт, что при локальном пожаре, в отличие от

номинальных температурных режимов, может присутствовать стадия нагрева и стадия охлаждения. Мощность теплового потока при этом не является постоянной величиной, следовательно, высота пламени изменяется в процессе пожара, что может потребовать использования разных расчетных моделей в пределах одного расчета.

10.4 Если пламя не достигает потолка помещения ($L_f < H$; рисунок 10.1) или горение происходит в неограниченном пространстве, температура $\Theta_{(z)}$, °С, вдоль вертикальной оси пламени определяется по формуле:

$$\Theta_{(z)} = 20 + 0,25 \cdot Q_c^{2/3} \cdot (z - z_0)^{-5/3} \leq 900, \quad (10.2)$$

где Q_c – конвективная доля мощности теплового потока, Вт (при отсутствии дополнительных данных допускается принимать $Q_c = 0,8 \cdot Q$);

z – расстояние вдоль оси пламени от пола (земли) до рассматриваемой точки, м (рисунок 10.1);

z_0 – виртуальная начальная координата по отрицательному направлению оси z , м.

10.5 Виртуальная начальная координата z_0 , м вдоль отрицательного направления оси z , определяется по следующей формуле:

$$z_0 = -1,02 \cdot D + 0,00524 \cdot Q^{2/5}. \quad (10.3)$$

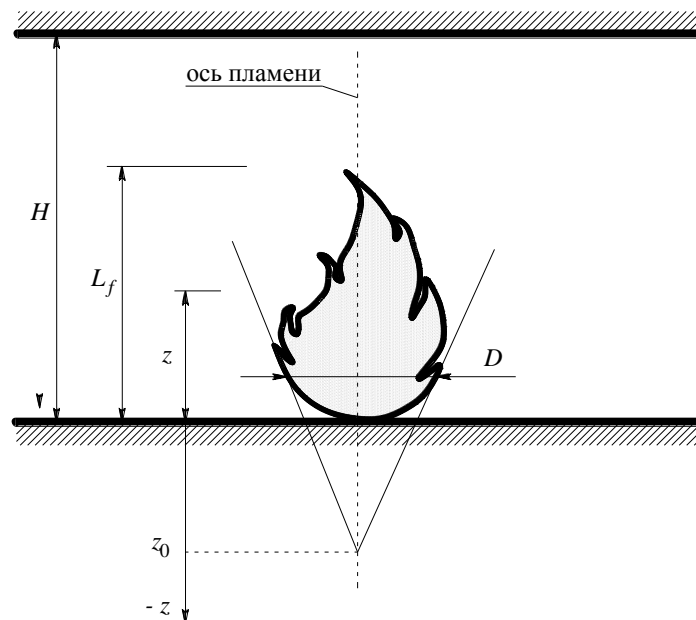


Рисунок 10.1 – Локальный пожар ($L_f < H$)

10.6 Если пламя достигает потолка ($L_f \geq H$; рисунок 10.2), условия теплообмена отличаются от приведенных в п. 10.5 настоящего Пособия. Пламя начинает касаться потолка и распространяться в стороны от вертикальной оси вдоль потолка в

горизонтальном направлении. При этом горизонтальная длина пламени L_h , м, (рисунок 10.2) определяется по следующей формуле:

$$L_h = (2,9H \cdot (Q_H^*)^{0,33}) - H, \quad (10.4)$$

где Q_H^* – безразмерная мощность теплового потока.

10.7 Безразмерная мощность теплового потока Q_H^* определяется по формуле:

$$Q_H^* = Q / (1,11 \cdot 10^6 \cdot H^{2,5}). \quad (10.5)$$

10.8 Вертикальное положение виртуального очага пожара z' , м, определяется по следующей формуле:

$$\begin{aligned} z' &= 2,4 \cdot D \cdot (Q_D^{*2/5} - Q_D^{*2/3}), & \text{если } Q_D^* < 1; \\ z' &= 2,4 \cdot D \cdot (1 - Q_D^{*2/5}), & \text{если } Q_D^* \geq 1, \end{aligned} \quad (10.6)$$

где Q_D^* – коэффициент, определяемый по следующей формуле:

$$Q_D^* = Q / (1,11 \cdot 10^6 \cdot D^{2,5}). \quad (10.7)$$

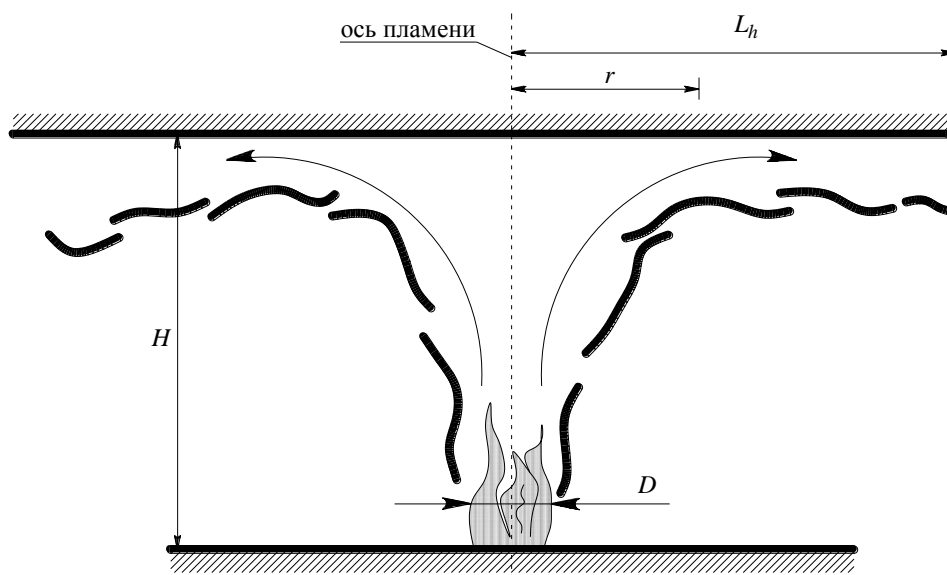


Рисунок 10.2 – Локальный пожар ($L_f \geq H$)

10.9 Удельный тепловой поток \dot{h} , Вт·м⁻², на обогреваемую поверхность на уровне потолка определяется следующим образом:

$$\begin{aligned} \dot{h} &= 100000, & \text{если } y \leq 0,3; \\ \dot{h} &= 136300 - 121000 \cdot y, & \text{если } 0,3 < y < 1; \\ \dot{h} &= 15000 \cdot y^{-3,7}, & \text{если } y \geq 1, \end{aligned} \quad (10.8)$$

где y – безразмерный коэффициент, определяемый по следующей формуле:

$$y = \frac{r + H + z'}{L_h + H + z'}, \quad (10.9)$$

здесь r – горизонтальное расстояние между вертикальной осью пламени и местом на потолке, для которого рассчитывается тепловой поток, м (рисунок 10.2).

10.10 Результирующий тепловой поток \dot{h}_{net} на обогреваемую поверхность на уровне потолка определяется по формуле:

$$\dot{h}_{net} = \dot{h} - \alpha_c \cdot (\Theta_m - 20) - \Phi \cdot \varepsilon_m \cdot \varepsilon_f \cdot \sigma \cdot [(\Theta_m + 273)^4 - (293)^4], \quad (10.10)$$

где Θ_m – температура поверхности конструкции, °C;
 $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-4}$ – постоянная Стефана-Больцмана.

ПРИМЕЧАНИЕ В формуле (10.10) вычитаемая температура в скобках приведена для случая проектирования в условиях нормальной температуры равной 20 °C (293 К). При проектировании строительных конструкций для условий нормальной температуры, отличной от вышеприведенного значения, в формулу (10.10) необходимо подставлять откорректированное значение температуры.

10.11 При наличии в пространстве горящего помещения нескольких распределенных локальных пожаров формулу (10.8) допускается использовать для получения различных отдельных удельных тепловых потоков ($\dot{h}_1, \dot{h}_2, \dots, \dot{h}_i$) на обогреваемую поверхность на уровне потолка. Общий удельный тепловой поток \dot{h}_{tot} , Вт·м⁻², определяется по следующей формуле:

$$\dot{h}_{tot} = \dot{h}_1 + \dot{h}_2 + \dots + \dot{h}_i \leq 100000. \quad (10.11)$$

ПРИМЕР 1

Исходные данные: в торговом центре запроектирована подземная парковка легковых автомобилей (рисунок 10.3). Надподвальное перекрытие выполнено по стальным балкам двутаврового сечения с параллельными полками ИРЕ 500 по EN 19-57 без огнезащиты. Диаметр очага пожара при горении автомобиля, расположенного непосредственно под балкой равен $D = 1,8$ м, расстояние от очага пожара до перекрытия по вертикали: $H = 3,0$ м; по горизонтали: $r = 0,5$ м. Коэффициент использования несущей способности балки $\mu_0 = 0,6$.

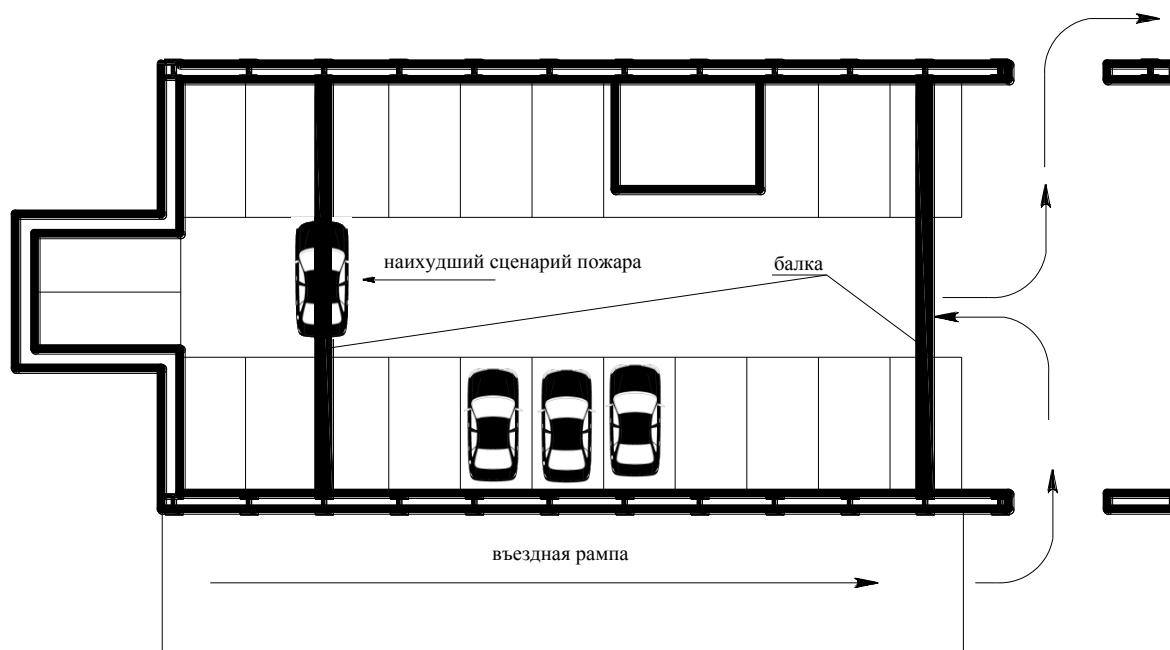


Рисунок 10.3 – План подземной парковки торгового центра

Требуется: Определить температуру стальной балки надподвального перекрытия в условиях реального локального пожара (рисунок 10.4).

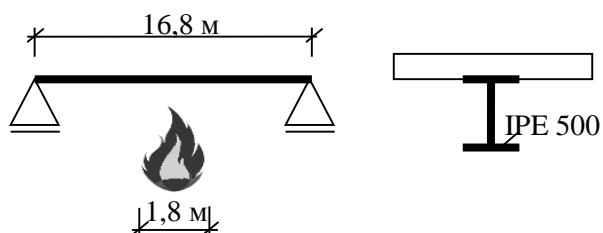


Рисунок 10.4 – Расчетная схема и поперечное сечение балки перекрытия

Расчет:

Характеристики поперечного сечения конструкции: высота балки $h = 500$ мм, ширина балки $b = 200$ мм, толщина стенки $t_w = 10,2$ мм, толщина полок $t_f = 16$ мм, площадь сечения $A = 116$ см². Коэффициент сечения рассматриваемой строительной конструкции равна $A_m/V = 136$ м⁻¹ (примечание п.4.2.5.1, таблица 4.2 [9], вариант огневого воздействия с трех сторон – рисунок 10.5).

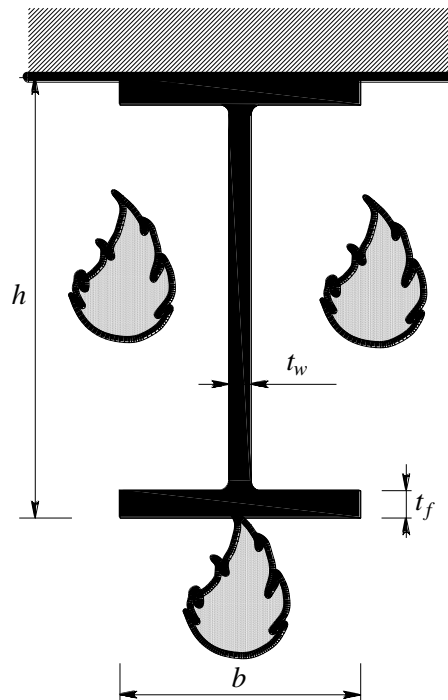


Рисунок 10.5 – Расчетная схема огневого воздействия на балку перекрытия

Для рассматриваемого сценария пожара по причине отсутствия в таблице 12.5 настоящего Пособия данных о RHR_f для помещения парковки, воспользуемся результатами полномасштабных экспериментальных исследований пожаров автомобилей в закрытых стоянках [10] (рисунок 10.6).

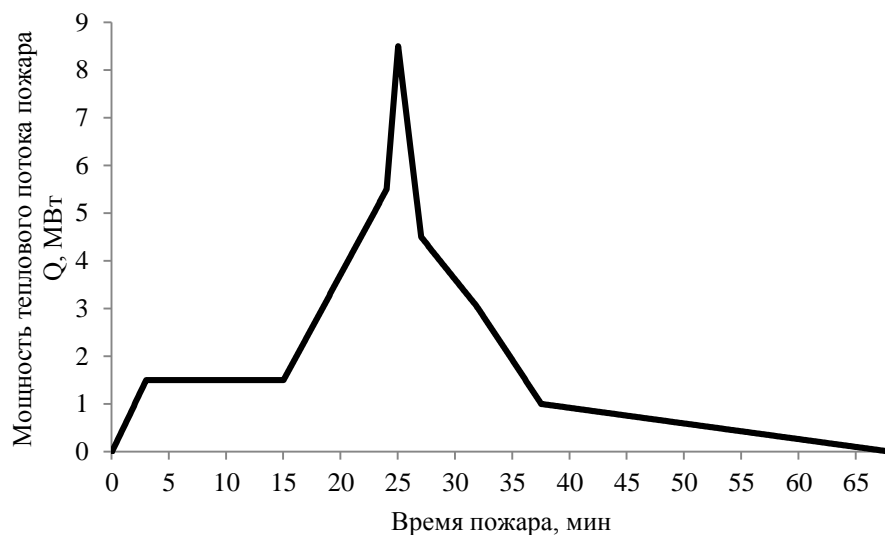


Рисунок 10.6 – Тепловой поток пожара при горении одного легкового автомобиля [10]

По формуле (10.1) настоящего Пособия рассчитаем изменение длины пламени L_f , м для рассматриваемого сценария и геометрии пожара в зависимости от его теплового потока Q , приведенного на рисунке 10.6:

$$L_f = -1,02 \cdot D + 0,0148 \cdot Q^{2/5} = -1,836 + 0,0148 \cdot Q^{2/5}.$$

Результаты расчета изменения длины пламени L_f приведены на рисунке 10.7.

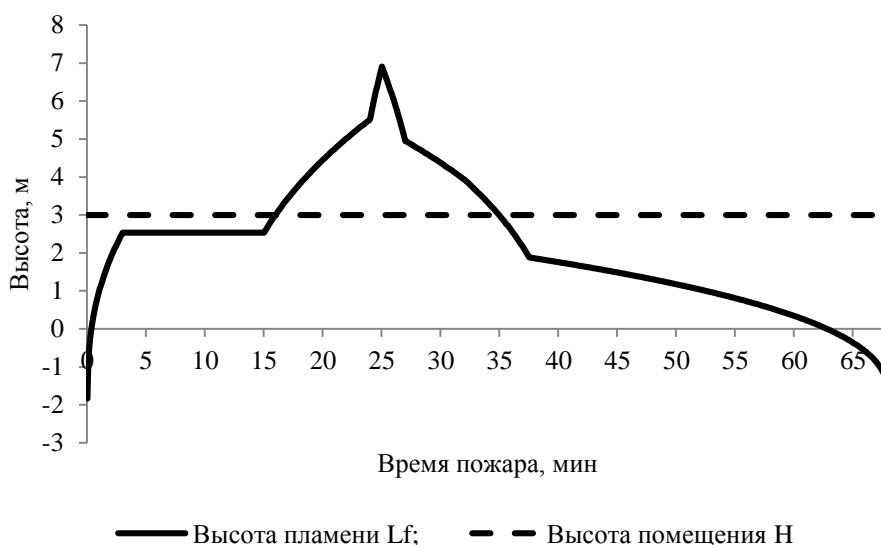


Рисунок 10.7 – Изменение длины пламени во времени

Как видно из рисунка 10.7 пламя будет достигать перекрытия в период с 16 по 35 минуту пожара. Таким образом, при дальнейшем расчете будем использовать обе расчетные модели локального пожара.

При расчете первой (0-16 мин) и третьей (35-68 мин) стадий пожара используем первую модель: пламя не достигает конструкций перекрытия.

Результирующий тепловой поток рассчитывается по формулам (6.1)–(6.3) настоящего Пособия:

$$\dot{h}_{net} = \alpha_c \cdot (\Theta_{(z)} - \Theta_m) + \Phi \cdot \varepsilon_m \cdot \varepsilon_f \cdot \sigma \left((\Theta_{(z)} + 273)^4 - (\Theta_m + 273)^4 \right) = 25 \times (\Theta_{(z)} - \Theta_m) + 1 \times 0,7 \times 1 \times 5,56 \times 10^{-8} \times \left((\Theta_{(z)} + 273)^4 - (\Theta_m + 273)^4 \right) = 25 \times (\Theta_{(z)} - \Theta_m) + 3,892 \times 10^{-8} \times \left((\Theta_{(z)} + 273)^4 - (\Theta_m + 273)^4 \right),$$

где $\varepsilon_f = 1,0$ – степень черноты пламени (п.6.1.4 настоящего Пособия);

$\Phi = 1,0$ – угловой коэффициент облученности (п.6.1.4 настоящего Пособия).

$\sigma = 5,56 \times 10^{-8} \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-4}$ – постоянная Стефана-Больцмана;

$\alpha_c = 25,0 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$ – коэффициент теплоотдачи конвекцией (для локального пожара с неравномерным распределением температуры по объему всего помещения принят для случая стандартного пожара с учетом того, что твердых горючих веществ в составе автомобиля в два раза больше чем топлива [10]).

Так как на первой и третьей стадиях пламя не достигает перекрытия, температура $\Theta_{(z)}$, °С, вдоль вертикальной оси пламени определяется по формуле (10.2) настоящего Пособия:

$$\Theta_{(z)} = 20 + 0,25 Q_c^{2/3} \cdot (z - z_0)^{-5/3} = 20 + 0,25 \times (0,8 \times Q)^{2/3} \times (z - z_0)^{-5/3} = 20 + 0,25 \times (0,8 \times Q)^{2/3} \times (z + 1,02 \times D - 0,00524 \times Q^{2/5})^{-5/3} = 20 + 0,25 \times (0,8 \times Q)^{2/3} \times (4,836 - 0,00524 \times Q^{2/5})^{-5/3} \leq 900,$$

где z – высота вдоль оси пламени, м ($z = H = 3 \text{ м}$);

z_0 – виртуальная начальная координата, м, определена по формуле (10.3) настоящего Пособия:

$$z_0 = -1,02 \cdot D + 0,00524 \cdot Q^{2/5} = -1,02 \times 1,8 + 0,00524 \times Q^{2/5} = -1,836 + 0,00524 \times Q^{2/5}.$$

При расчете второй стадии пожара (16-32 мин) используем вторую модель: пламя достигает конструкций перекрытия.

Определим безразмерную мощность теплового потока Q_H^* по формуле (10.5) настоящего Пособия:

$$Q_H^* = Q / (1,11 \cdot 10^6 \cdot H^{2,5}) = Q / (1,11 \times 10^6 \times 3^{2,5}) = 5,779 \times 10^{-8} \times Q.$$

По формуле (10.4) настоящего Пособия определим горизонтальную длину пламени L_h , м:

$$L_h = (2,9H \cdot (Q_H^*)^{0,33}) - H = 2,9 \times 3 \times (5,779 \times 10^{-8} \times Q)^{0,33} = 35,56 \times 10^{-3} \times Q^{0,33}.$$

По формуле (10.7) настоящего Пособия найдем мощность теплового потока, отнесенную к диаметру D локального пожара:

$$Q_D^* = Q / (1,11 \cdot 10^6 \cdot D^{2,5}) = Q / (1,11 \times 10^6 \times 1,8^{2,5}) = 2,073 \times 10^{-7} \times Q.$$

Определим вертикальное положение виртуального очага пожара z' , м, по формуле (10.6) настоящего Пособия:

$$z' = 2,4 \cdot D \cdot (Q_D^{*2/5} - Q_D^{*2/3}) = 4,32 \times [(2,073 \times 10^{-7} \times Q)^{2/5} - (2,073 \times 10^{-7} \times Q)^{2/3}], \text{ для } Q_D^* < 1;$$

$$z' = 2,4D \cdot (1 - Q_D^{*2/5}) = 4,32 \times [1 - (2,073 \times 10^{-7} \times Q)^{2/5}], \text{ для } Q_D^* \geq 1.$$

Результирующий тепловой поток \dot{h}_{net} на обогреваемую поверхность на уровне перекрытия определим по формуле (10.10) настоящего Пособия:

$$\dot{h}_{net} = \dot{h} - \alpha_c \cdot (\Theta_m - 20) - \Phi \cdot \varepsilon_m \cdot \varepsilon_f \cdot \sigma \left((\Theta_m + 273)^4 - (293)^4 \right) = \dot{h} - 25 \times (\Theta_m - 20) - 3,892 \times 10^{-8} \times \left((\Theta_m + 273)^4 - (293)^4 \right).$$

Удельный тепловой поток \dot{h} зависит от параметра y . В связи с тем, что при изменении во времени мощности теплового потока пожара Q изменяется безразмерная мощность теплового потока Q_H^* и соответственно изменяется значение y , для определения удельного теплового потока в различные моменты времени используем соответствующие зависимости (формула (10.8) настоящего Пособия).

Для проведения теплотехнического расчета прогрева стальной балки воспользуемся методикой и следующими характеристиками материала конструкции, приведенными в [9]:

- плотность материала конструкции: $\rho_a = 7850 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ (п.3.2.2.(1), [9]);
- степень черноты поверхности конструкции: $\varepsilon_m = 0,7$ (п.2.2.(2), [9]);
- корректировочный коэффициент для учета эффекта затенения: $k_{sh} = 1,0$ (примечания 1, 2, п.4.2.5.1.(2), [9]);
- удельная теплоемкость стали в зависимости от ее температуры – по п.3.4.1.2 [9].

Изменение температуры незащищенной стальной балки определим по формуле (4.25) [9] методом пошагового счета для шага по времени $\Delta t = 5 \text{ с}$. Результаты расчет приведены на рисунке

10.8. По результатам расчета установлено, что максимальная температура прогрева балки $850\text{ }^{\circ}\text{C}$ будет достигнута на 29 минуте (1790 с) реального пожара.

С учетом того, что коэффициент использования несущей способности $\mu_0=0,6$ по таблице 4.1 [9] находим критическую температуру стальной балки равную $\Theta_{cr,d}=554^{\circ}\text{C}$. По рисунку 10.8 определяем, что предельное состояние по огнестойкости будет достигнуто на 18 минуте реального пожара.

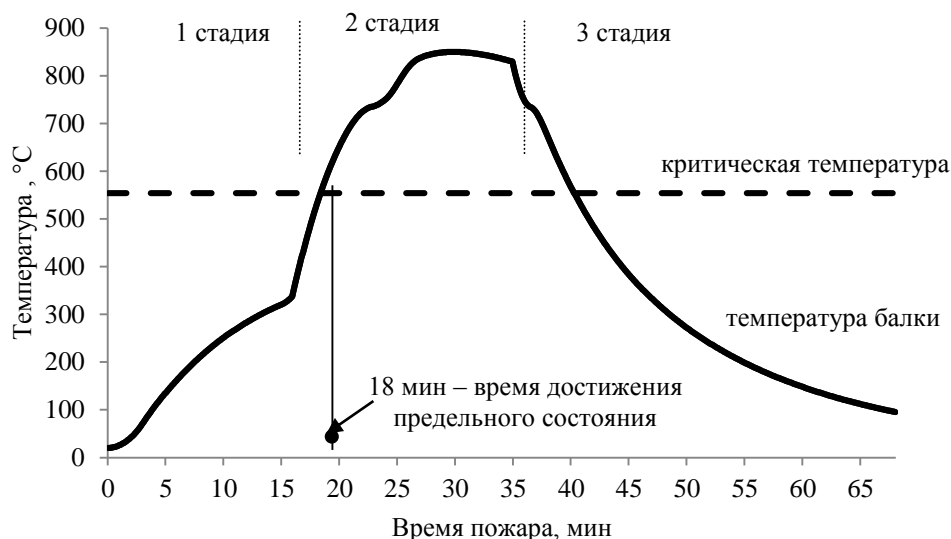


Рисунок 10.8 – Изменение температуры стальной балки при реальном пожаре

ПРИМЕР 2

Исходные данные: Строительная конструкция – свободно опертая стальная балка постоянного сечения. Стальная балка является частью конструкции перекрытия административного здания. Балка нагружена равномерно распределенной нагрузкой и ограничена от возможной поперечной потери устойчивости при кручении железобетонной плитой перекрытия. Требуемый предел огнестойкости балки 60 минут, балка подвергнута огнезащитной обработке путем распылительного нанесения вермикулито-цементного раствора. Тепловые воздействия определяются в соответствии с режимом параметрического пожара.

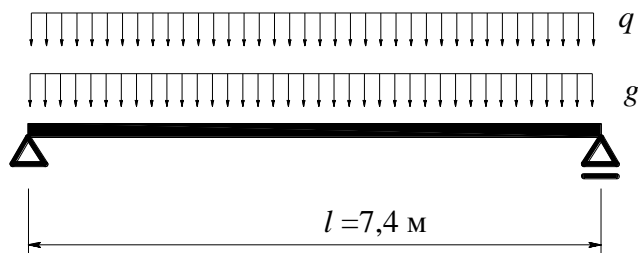


Рисунок 10.9 – Статическая расчетная схема

Свойства материала конструкции:

- марка стали: S 275;
- предел текучести: $f_y = 275\text{ Н}\cdot\text{мм}^{-2}$;
- плотность: $\rho_a = 7850\text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$.

Нагрузки на конструкцию:

- постоянное воздействие: $g_k = 4,8 \text{ кН}\cdot\text{м}^{-1}$;
- переменное воздействие: $q_k = 7,8 \text{ кН}\cdot\text{м}^{-1}$.

Частные коэффициенты безопасности:

$$\gamma_G = 1,35; \gamma_Q = 1,50; \gamma_{M0} = 1,00; \gamma_{Mfi} = 1,00.$$

Температурное воздействие пожара:

- температурный режим пожара – параметрический;
- $\Gamma = 5,791$;
- $t_{\max} = 12$ минут;
- $x = 1$.

Свойства огнезащитного материала:

- вермикулито-цементный раствор толщиной $d_p = 10$ мм;
- плотность $\rho_p = 550 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$;
- удельная теплоемкость $c_p = 1100 \text{ Дж}\cdot(\text{кг}\cdot\text{К})^{-1}$;
- коэффициент теплопроводности $\lambda_p = 0,12 \text{ Вт}\cdot(\text{м}\cdot\text{К})^{-1}$.

Требуется:

Осуществить противопожарное проектирование стальной балки двутаврового сечения (ІРЕ) с огнезащитой для условий температурного воздействия параметрического пожара.

Расчет:

Теплопередача к поперечному сечению рассчитывается с использованием приведенного в [9] уравнения для защищенных конструкций методом итерации. Конструктивное сопротивление рассчитывается с использованием упрощенного метода расчета для изгибаемой конструкции, приведенного также в [9].

Механические воздействия при нормальной температуре

Характеристическое значение нагрузки равно:

$$v_k = g_k + q_k = 4,8 + 7,8 = 12,6 \text{ кН}\cdot\text{м}^{-1}.$$

Расчетное значение нагрузки составит:

$$v_d = g_k \cdot \gamma_G + q_k \cdot \gamma_Q = 4,8 \times 1,35 + 7,8 \times 1,5 = 18,18 \text{ кН}\cdot\text{м}^{-1}.$$

Приложенный изгибающий момент и поперечная сила составят:

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot v_d \cdot l^2 = \frac{1}{8} \times 18,18 \times 7,4^2 = 124,4 \text{ кН}\cdot\text{м} ;$$

$$V_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot v_d \cdot l = \frac{1}{2} \times 18,18 \times 7,4 = 67,3 \text{ кН} .$$

Подбор сечения для условий эксплуатации при нормальной температуре

В качестве балки для восприятия приложенных нагрузок принимается прокатный профиль ІРЕ 300. Профиль при указанных нагрузках относится в соответствии с положениями раздела 5.5 [11] к 1 классу поперечных сечений.

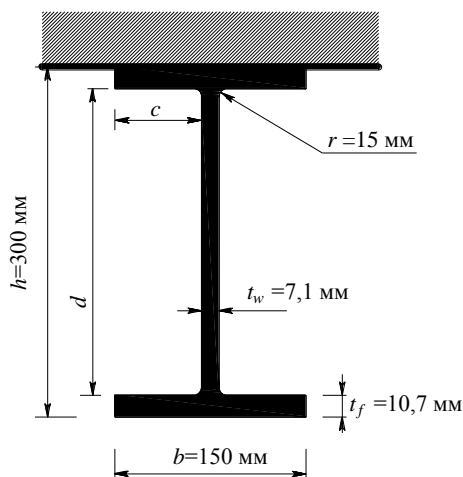


Рисунок 10.10 – Поперечное сечение

При достижении критического состояния по пределу прочности принимается, что бетонная плита обеспечивает полную боковую опору сжатой полке, таким образом, отсутствует необходимость учитывать поперечную неустойчивость при кручении.

Рассчитаем сопротивление изгибающему моменту в соответствии с формулой (6.13) раздела 6.2.5 [11]:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{628,4 \times 10^3 \times 275}{1,0} = 172,8 \text{ кН} \cdot \text{м} > 124,4 \text{ кН} \cdot \text{м} = M_{Sd},$$

Условие прочности выполняется.

Сопротивление действию поперечной силы равно (формула (6.18) раздела 6.2.6 [11]):

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{2568 \times 275}{\sqrt{3} \times 1,0} = 407,7 \text{ кН} > 67,3 \text{ кН} = V_{Sd},$$

условие прочности выполняется.

Принятое для расчета сечение балки проверяем на предельное состояние по пригодности к эксплуатации:

$$\delta = \frac{5}{384} \cdot \frac{v_k \cdot l^4}{E \cdot I_y} = \frac{5}{384} \times \frac{12,6 \times 7400^4}{210000 \times 83,56 \times 10^6} = 28 \text{ мм} < 29,6 \text{ мм} = \frac{l}{250},$$

условие выполняется.

Принятое для расчета сечение балки удовлетворяет требованиям, предъявляемым для условий эксплуатации при нормальных температурах.

Проектирование для условий пожара

Механические воздействия для противопожарного проектирования

При использовании упрощенного метода по [9], воздействия при пожаре могут быть определены на основании воздействий для условий эксплуатации при нормальной температуре.

Для выбора механических воздействий при рассматриваемой ситуации пожара в административном здании принимается значение коэффициента $\psi_{2,1} = 0,3$. Понижающий коэффициент для расчетного уровня нагрузки равен (формула (2.5) [9]):

$$\eta_{fi} = \frac{g_k + \psi_{1,1} \cdot q_k}{\gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_k} = \frac{4,8 + 0,3 \times 7,8}{4,8 \times 1,35 + 7,8 \times 1,5} = 0,393.$$

ПРИМЕЧАНИЕ Коэффициент ψ является параметром, устанавливаемым на национальном уровне. Используемое для рассматриваемого примера значение коэффициента является рекомендованным [1].

Расчетный изгибающий момент и поперечная сила равны соответственно:

$$M_{fi,Ed} = \eta_{fi} \cdot M_{Ed} = 0,393 \times 124,4 = 48,9 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$V_{fi,Ed} = \eta_{fi} \cdot V_{Ed} = 0,393 \times 67,3 = 26,4 \text{ кН}.$$

Расчет параметров греющей среды

Полный расчет кривой параметрического пожара приведен в примере 1 раздела 8 настоящего Пособия.

Расчет температуры конструкции

Коэффициент сечения рассчитывается следующим образом (рисунок 10.11, на котором штриховой линией показаны участки поперечного сечения, подвергающиеся температурному воздействию пожара):

$$\frac{A_p}{V} = \frac{3 \cdot b + 2 \cdot (h - t_w - 4 \cdot r) + 2 \cdot \pi \cdot r}{A} = \frac{3 \times 150 + 2 \times (300 - 7,1 - 4 \times 15) + 2 \times \pi \times 15}{5381} = 188 \text{ м}^{-1}$$

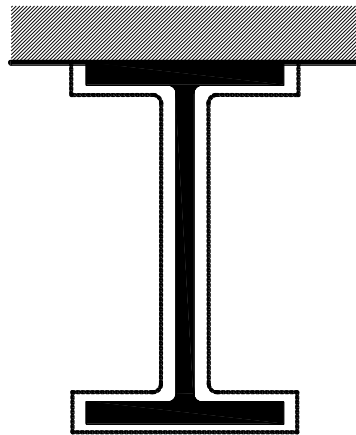


Рисунок 10.11 – К расчету коэффициента сечения A_p/V

Увеличение температуры стали рассчитывается с использованием пошагового счета с использованием формулы (4.27) [9]:

$$\Delta \Theta_{a,t} = \frac{\lambda_p \cdot A_p}{V \cdot d_p \cdot c_a \cdot \rho_a} \cdot \frac{(\Theta_{g,t} - \Theta_{a,t})}{(1 + \varphi/3)} \cdot \Delta t - (e^{\varphi/10} - 1) \cdot \Delta \Theta_{g,t},$$

$$\varphi = \frac{c_p \cdot \rho_p}{c_a \cdot \rho_a} \cdot d_p \cdot \frac{A_p}{V}.$$

Согласно п. 4.5.2.(3) [9] при расчете динамики повышения температуры конструкции шаг счета по времени Δt не должен превышать 30 секунд.

ПРИМЕЧАНИЕ Необходимо помнить, что при получении отрицательного значения $\Delta\Theta_{a,t}$ на любом из шагов счета стадии нагрева для следующего шага счета, вместо полученного отрицательного значения необходимо использовать $\Delta\Theta_{a,t}=0$.

Выборочные результаты расчета температуры греющей среды и конструкции приведены в таблице 10.1 и на рисунке 10.12.

Таблица 10.1 – Расчет температуры стальной конструкции

Время пожара, мин	Время пожара, с	$\Theta_g, ^\circ\text{C}$	Теплоемкость стали $c_a, \text{Дж} \cdot$ $(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})^{-1}$	φ	$\Delta\Theta_{a,t}, ^\circ\text{C}$	$\Theta_{a,t}, ^\circ\text{C}$
0,5	30	120,5	440	0,329	0,8	20,8
1,0	60	206,3	442	0,329	2,6	23,4
1,5	90	279,6	445	0,328	4,1	27,5
2,0	120	342,3	449	0,326	5,4	32,9
2,5	150	396,1	453	0,323	6,4	39,2
3,0	180	442,3	457	0,320	7,1	46,4
40,0	2400	595,2	637	0,228	1,9	456,8
40,5	2430	593,1	638	0,227	1,9	458,7
41,0	2460	590,8	639	0,227	1,8	460,5
41,5	2490	588,5	640	0,227	1,7	462,2
42,0	2520	586,4	642	0,226	1,7	463,9
42,5	2550	584,1	643	0,226	1,6	465,6
43,0	2580	581,9	644	0,225	1,6	467,2
43,5	2610	579,7	645	0,225	1,5	468,7
44,0	2640	577,4	646	0,225	1,5	470,2
44,5	2670	575,2	647	0,224	1,4	471,6
45,0	2700	572,9	647	0,224	1,4	473,0
45,5	2730	570,7	648	0,224	1,3	474,3
58,0	3480	514,9	662	0,219	0,3	493,3
58,5	3510	512,7	662	0,219	0,3	493,6
59,0	3540	510,4	662	0,219	0,2	493,8
59,5	3570	508,2	662	0,219	0,2	494,0
60,0	3600	505,9	662	0,219	0,2	494,2
...

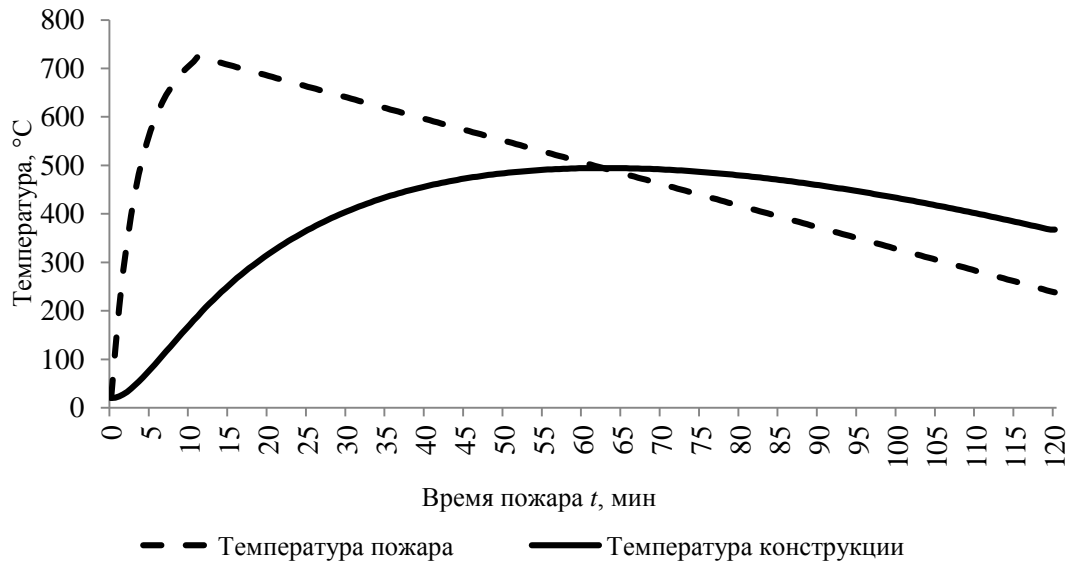


Рисунок 10.12 – Изменение температуры пожара и конструкции во время пожара

Максимальная температура стали при рассматриваемом режиме параметрического пожара составит $\Theta_{\max} = 494,6^{\circ}\text{C}$.

Проверка сопротивлений

Классификация поперечного сечения при повышенной температуре

Гибкость сжатой полки равна:

$$\frac{c}{t_f} = \frac{56,45}{10,7} = 5,3.$$

Граница 1 класса поперечных сечений составляет $9 \cdot \varepsilon$ (таблица 5.2 [9]). Для случая пожара ε применяется с понижающим коэффициентом 0,85 к значению, рассчитанному для нормальных условий.

Таким образом, граница для марки стали S275 составит:

$$9 \cdot \varepsilon = 9 \times 0,85 \times \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 9 \times 0,85 \times \sqrt{\frac{235}{275}} = 7,07;$$

$$\frac{\tilde{n}}{t_f} = 5,3 < 7,07 = 9 \cdot \varepsilon.$$

Гибкость не вышла за пределы, таким образом, сжатая полка двутавра относится к первому классу поперечного сечения.

Гибкость изгибаемой стенки двутавра равна:

$$\frac{d}{t_w} = \frac{248,6}{7,1} = 35,0.$$

Граница 1 класса поперечных сечений составляет $72 \cdot \varepsilon$ (таблица 5.2 [11]). Для случая пожара ε применяется с понижающим коэффициентом 0,85 к значению, рассчитанному для нормальных условий. Таким образом, граница для марки стали S275 составит:

$$72 \cdot \varepsilon = 72 \times 0,85 \times \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 72 \times 0,85 \times \sqrt{\frac{235}{275}} = 56,6.$$

$$\frac{d}{t_w} = 35,0 < 56,6 = 72 \cdot \varepsilon.$$

Гибкость не вышла за пределы, таким образом, изгибаемая стенка двутавра относится к 1 классу поперечного сечения.

Таким образом, поперечное сечение изгибаемого двутавра полностью относится к 1 классу.

Понижающий коэффициент для температуры $\Theta_{\max} = 494,6^\circ\text{C}$ определяется по таблице 3.1 [9] методом линейной интерполяции:

$$k_{y,\Theta} = \frac{0,78 - 1,00}{500 - 400} \times (494,6 - 400) + 1,00 = 0,792.$$

Определяем расчетный момент сопротивления при воздействии пожара по формулам (4.8), (4.10) [11]:

$$M_{fi,t,Rd} = \frac{1}{k_1 \cdot k_2} \cdot \frac{k_{y,\Theta} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M,fi}},$$

где $k_1 = 0,85$ – поправочный коэффициент для защищенной балки, подвергающейся воздействию с трех сторон, с композитной или бетонной плитой, находящейся на четвертой стороне (п.4.2.3.3.(7) [9]);

$k_2 = 1,0$ – поправочный коэффициент для свободно опертой балки (т.е. балка не является статически неопределимой).

Расчетный момент сопротивления при температуре $\Theta_{\max} = 494,6^\circ\text{C}$ равен:

$$M_{fi,t,Rd} = \frac{1}{0,85 \times 1,0} \times \frac{0,792 \times 628,4 \times 10^3 \times 275}{1,0} = 161 \text{ кН} \cdot \text{м} > 48,9 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

условие прочности выполняется.

Расчетное сопротивление действию поперечной силы равно (формулы (4.16) [9], (6.18) [11]):

$$V_{fi,t,Rd} = k_{y,\Theta} \cdot \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 0,792 \times \frac{2568 \times 275}{\sqrt{3} \times 1,0} = 322,9 \text{ кН} > 26,4 \text{ кН},$$

условие прочности выполняется.

Выбранное сечение удовлетворяет требования пожарной безопасности для рассматриваемого варианта пожара.

11 ОБЩИЕ МОДЕЛИ ПОЖАРОВ

11.1 Общие положения

11.1.1 Зонные модели являются упрощенными компьютерными моделями, в которых рассматриваемый объем горящего помещения делится на отдельные зоны, условия для каждой из которых принимаются одинаковыми. Самой простой является однозонная модель для полностью развившихся объемных пожаров, в которой температура внутри объема помещения принимается одинаковой и равномерно распределенной.

11.1.2 Теоретической основой зонных моделей являются законы сохранения массы и энергии в горящих помещениях. В основном модели учитывают мощность теплового потока при горении, наличие конвективной колонки, массовый расход, движение дыма и температуры газовой среды и основаны на ряде допущениях в отношении физики развития пожара и движения дыма, принятых по результатам экспериментальных исследований реальных пожаров в помещениях. Зонные модели являются более подробными по сравнению с моделями параметрического и эквивалентного пожара. В разделе приведены особенности используемых в инженерной практике моделей пожара.

11.2 Однозонные модели

11.2.1 Однозонные модели применяются только для полностью развившегося объемного пожара. Температура греющей среды, плотность продуктов горения, внутренняя энергия и давление принимаются одинаковыми по всему объему горящего помещения. Основой однозонных моделей является решение обыкновенных дифференциальных уравнений исходя из условий сохранения массы и энергии в помещении, основными из которых являются:

- закон сохранения энергии между теплом пожара, газовой средой в помещении, ограждающими конструкциями и наружной окружающей средой через проемы в ограждающих конструкциях;
- закон сохранения массы между пиролизом при пожаре, входящим и истекающим воздухом через проемы в ограждающих конструкциях.

11.2.2 На рисунке 11.1 схематически представлена однозонная модель пожара, исходные данные и соответствующие параметры теплообмена.

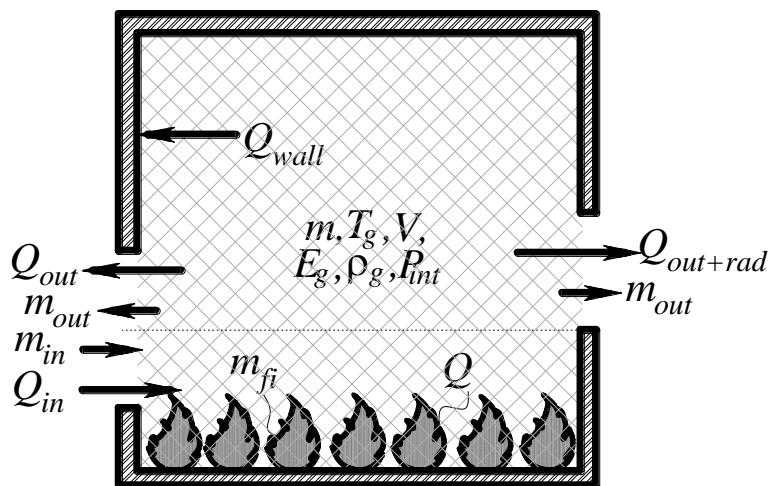


Рисунок 11.1 – Схема типовой однозонной модели пожара

11.2.3 Уравнение состояния идеального газа:

$$P_{int} = \rho_g \cdot R \cdot T_g, \quad (11.1)$$

где P_{int} – давление газовой среды внутри горящего помещения;

ρ_g – плотность газовой среды;

R – универсальная газовая постоянная;

T_g – температура газовой среды.

11.2.4 Уравнение сохранения массы в горящем помещении:

$$\frac{dm}{dt} = \dot{m}_{in} - \dot{m}_{out} + \dot{m}_{fi}, \quad (11.2)$$

где dm/dt – изменение массы газов в помещении при пожаре, $\text{кг} \cdot \text{с}^{-1}$;

\dot{m}_{out} – расход газовой среды, выходящей через проемы;

\dot{m}_{in} – расход газовой среды, поступающей через проемы;

\dot{m}_{fi} – скорость поступления продуктов горения в объем помещения (массовая скорость выгорания).

ПРИМЕЧАНИЕ Изменением массы газов и массовой скоростью выгорания пожарной нагрузки допускается пренебрегать, в данном случае формула (11.2) упрощается и принимает вид:

$$\dot{m}_{in} = \dot{m}_{out}. \quad (11.3)$$

11.2.5 Уравнение сохранения энергии в горящем помещении:

$$\frac{dE_g}{dt} = Q - Q_{out} + Q_{in} - Q_{wall} - Q_{rad}, \text{ Вт}, \quad (11.4)$$

где E_g – внутренняя энергия газовой среды в помещении, Дж;

Q – мощность теплового потока пожара, Вт;

Q_{in} – увеличение энергии вследствие поступления газа через проемы в ограждающих конструкциях, определяется по следующей формуле:

$$Q_{in} = \dot{m}_{in} \cdot c \cdot T_f; \quad (11.5)$$

где c – удельная теплоемкость, Дж·кг⁻¹·К⁻¹;

T_f – температура в горящем помещении, К;

Q_{out} – уменьшение (потеря) энергии вследствие выхода газовой среды через проемы в ограждающих конструкциях, определяется по формуле:

$$Q_{out} = \dot{m}_{out} \cdot c \cdot T_f; \quad (11.5)$$

Q_{wall} – уменьшение (потеря) энергии вследствие теплопередачи к ограждающим конструкциям помещения, определяется по следующей формуле:

$$Q_{wall} = (A_t - A_{h,v}) \cdot \dot{h}_{net}, \quad (11.6)$$

где $A_{h,v}$ – суммарная площадь проемов в горизонтальных и вертикальных ограждающих конструкциях;

A_t – суммарная площадь ограждающих конструкций (стены, покрытия и полы, включая проемы);

\dot{h}_{net} – результирующий удельный тепловой поток, определяемый по формуле (6.1) настоящего Пособия;

Q_{rad} – уменьшение (потеря) энергии вследствие теплопередачи излучением через проемы в ограждающих конструкциях;

$$Q_{rad} = A_{h,v} \cdot \sigma \cdot T_f^4. \quad (11.7)$$

11.3 Двухзонные модели

11.3.1 Двухзонные модели применяются для моделирования локальных или неполностью развившихся объемных пожаров. Объем горящего помещения делится на различные зоны: верхний слой, нижний слой, очаг пожара, конвективная колонка, ограждающие конструкции. Основные особенности данной модели:

– верхний слой представляет скопление дыма и продуктов пиролиза под потолком;

- в каждом слое температура газовой среды является равномерной, т.е. верхние слои прогревают нижние;
- присутствует горизонтальное взаимодействие между нижним и верхним слоем;
- учитывается воздух, увлекаемый в конвективную колонку из нижнего в верхний слой.

11.3.2 На рисунке 11.2 приведена схема двухзонного моделирования пожара в помещении. Двухзонное моделирование основано на решении обыкновенных дифференциальных уравнений закона сохранения массы и энергии в горящем помещении, однако эти уравнения отличаются большей степенью сложности.

11.3.3 Сохранение массы и энергии необходимо учитывать для отдельных зон, кроме этого необходимо принимать во внимание обмен массой и энергией между разными зонами. Основным интерес представляет изменение температуры газовой среды и толщины верхнего слоя.

При реальных пожарах в помещениях, не полностью развившийся объемный пожар в определенных условиях может перейти в полностью развившийся объемный пожар, т.е. двухзонная модель пожара переходит в однозонную:

- температура газовой среды верхнего слоя превышает 500°C ;
- толщина верхнего слоя достигает 80% высоты помещения.

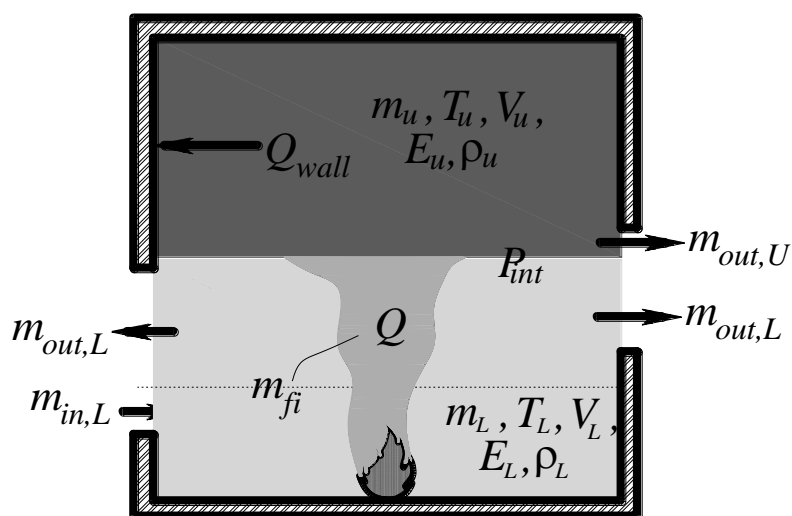


Рисунок 11.2 – Схема типовой двухзонной модели пожара

11.4 Модели вычислительной гидродинамики (полевые модели – CFD)

11.4.1 Наиболее совершенным и сложным методом моделирования пожаров является использование моделей вычислительной гидродинамики (Computational Fluid Dynamics (CFD)) для прогнозирования процесса развития и процесса изменения температуры. CFD модели успешно использовались для моделирования процесса распространения дыма и продуктов горения, а также для моделирования пожаров. Указанные модели позволяют моделировать начальную стадию пожара, локальные пожары и распространение дыма в

условиях сложной геометрии ограниченного пространства нескольких взаимосвязанных помещений. Типовые CFD модели анализируют системы, включая движение потоков, теплопередачу и связанные с этим явления путем решения фундаментальных уравнений гидродинамики. Данные уравнения представляют собой математическую постановку задач, отражающих физические законы:

- сохранения массы среды;
- скорость изменения импульса частиц среды равна сумме действующих сил на частицы среды – второй закон Ньютона;
- скорость изменения энергии частицы среды равна сумме скорости изменения теплоты и скорости изменения работы, совершенной над частицей среды – первый закон термодинамики.

11.4.2 В CFD моделях решаются дифференциальные уравнения для термодинамических и аэродинамических переменных в частных производных (уравнения Навье-Стокса) для большого количества точек в помещениях. Большинство CFD моделей для пожаров в помещениях применимы для низкоскоростных, индуцированных разностью температур течений с акцентированием внимания на дым и теплоту, выделяемые при пожаре.

11.4.3 CFD модели требовательны к вводу исходных данных для расчета, требуют экспертной оценки при определении правильности входных параметров и оценке применимости результатов расчета.

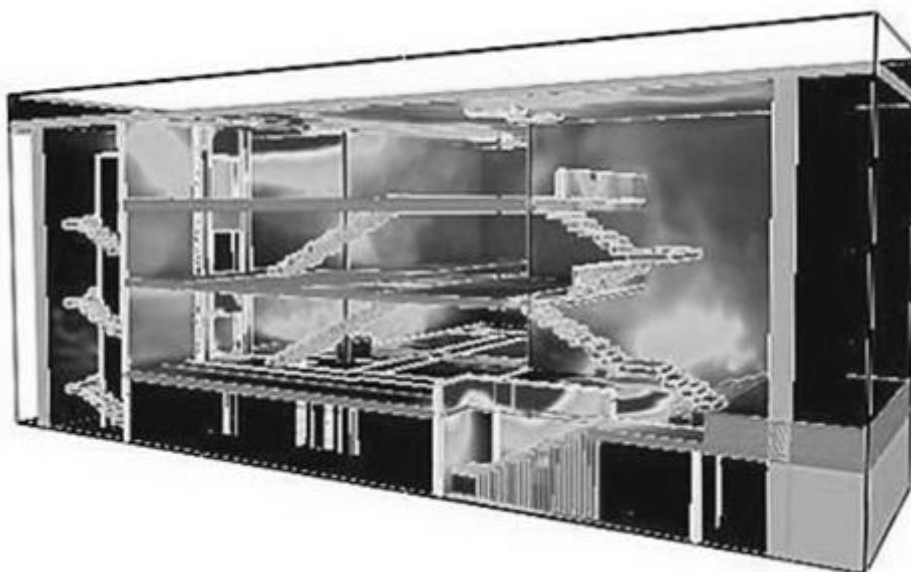


Рисунок 11.3 – Визуализация результатов расчета мощности теплового потока с использованием CFD модели пожара (программа FDS)

11.4.4 Примеры некоторых видов программного обеспечения для расчета различных моделей пожара представлены в таблице 11.1.

Таблица 11.1 – Сравнительные характеристики моделей пожара в помещении

Модель пожара	Номинальный	Эквивалентный	Пожар в помещении		Зонные модели	Полевые модели (CFD)
			параметрический	локальный		
Сложность	простой		средняя		сложные	
Поведение пожара	Объемные развившиеся пожары		Объемный неразвившийся	Объемные развившиеся пожары	Объемные неразвившиеся / локальные пожары	Полная температурно - временная зависимость
Распределение температур	Равномерное по всему объему горящего помещения		Неравномерное по конвективной колонке	Равномерное	Равномерное по слоям	Зависит от времени пожара и координаты рассматриваемой точки пространства горящего помещения
Исходные данные	Тип пожара	Пожарная нагрузка	Пожарная нагрузка, ее габариты	Пожарная нагрузка		Детализированные данные для решения фундаментальных уравнений
Средства расчета	Нефизические параметры	Условия воздухообмена	Теплофизические свойства ограждающих конструкций	Размер помещения	Теплофизические свойства ограждающих конструкций	описывающих потоки
		Размер помещения	Высота потолка	Детализированные данные для описания тепло- и массообмена в системе	Детализированные данные для описания тепло- и массообмена в системе	
Средства расчета	СН РК EN 1991-1-2:2002/2011			COMPF2 (NIST, США, Бабраукас, 1979); Ozone (университет г.Льеж, Бельгия, Кадорин и Франссен, 2003); SFIRE-4 (университет г.Лунд, Швеция, Магнуссон и Тельандерсон, 1970)	CCFM.VENTS (NIST, США, Форни, Купер и Мосс, 1990); CFAST (NIST, США, Пикок и др., 2000); Ozone (университет г.Льеж, Бельгия, Кадорин и Франссен, 2003)	FDS (NIST, МакГрэттан и др., 2002); SMARTFIRE (университет г.Гринвич, 1998); SOFIE (университет г.Кранфилд, Рубини, 2000)
	Простые уравнения для ручного счета	Крупноформатные массивы данных	Простые уравнения	Компьютерные модели		

12 УДЕЛЬНАЯ ПОЖАРНАЯ НАГРУЗКА

12.1 Общие положения по расчету пожарной нагрузки

12.1.1 При проведении расчетов в области пожарной безопасности необходимо использовать расчетную удельную пожарную нагрузку, определяемую путем измерений или в установленных случаях на основании национальных требований по огнестойкости.

12.1.3 Расчетная удельная пожарная нагрузка определяется одним из следующих способов:

- по национальной классификации помещений по пожарной нагрузке;
- индивидуально для отдельного проекта путем проведения исследования пожарных нагрузок.

12.1.3 Расчетная удельная пожарная нагрузка $q_{f,d}$, МДж · м⁻², определяется по следующей формуле:

$$q_{f,d} = q_{f,k} \cdot m \cdot \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n, \quad (12.1)$$

где m – коэффициент полноты сгорания;

δ_{q1} – коэффициент учета риска возникновения пожара в зависимости от размеров помещения (пожарной секции);

δ_{q2} – коэффициент учета риска возникновения пожара в зависимости от назначения здания;

$\delta_n = \prod_{i=1}^{10} \delta_{ni}$ – коэффициент, учитывающий наличие i -тых специальных решений (мер)

для тушения пожара. Эти решения, как правило, направлены на защиту жизни людей;

$q_{f,k}$ – характеристическая удельная пожарная нагрузка, приведенная к площади пола, МДж·м⁻².

Таблица 12.1 – Значения коэффициентов δ_{q1} и δ_{q2}

Площадь пола A_f , м ²	Опасность возникновения пожара δ_{q1}	Опасность возникновения пожара δ_{q2}	Примеры зданий (помещений)
25	1,1	0,78	Художественная галерея, музей, бассейн
250	1,5	1	Офис, жилое здание, гостиница, производство бумаги
2500	1,9	1,22	Машиностроительное производство
5000	2	1,44	Химическая лаборатория, художественные мастерские
10 000	2,13	1,66	Производство фейерверков или красок

Таблица 12.2 – Значения коэффициентов δ_{ni}

Решения (меры) активной противопожарной защиты											
Автоматические установки пожаротушения				Автоматическая пожарная сигнализация			Неавтоматическое тушение пожара				
Автоматическое водяное пожаротушение	Независимое противопожарное водоснабжение			Автоматическая индикация и сигнализация о пожаре		Автоматическая передача сообщения в пожарное подразделение	Объектовое пожарное подразделение	Необъектовое пожарное подразделение	Безопасные пути доступа	Устройства для тушения пожара	Системы дымоудаления
	0	1	2	Тепловые извещатели	Дымовые извещатели						
δ_{n1}	δ_{n2}			δ_{n3}	δ_{n4}	δ_{n5}	δ_{n6}	δ_{n7}	δ_{n8}	δ_{n9}	δ_{n10}
0,61	1,0	0,87 или 0,7		0,87	0,73	0,87	0,61 или 0,78		0,9 или 1 или 1,5	1 или 1,5	1 или 1,5

12.1.4 Для пожарных секций (отсеков) с типовыми решениями противопожарной защиты, которые почти всегда должны быть в наличии: обеспечение путям эвакуации, наличие устройств для тушения пожара и противодымной защиты в лестничных клетках – значение δ_{ni} по таблице 12.2 настоящего Пособия принимается равным 1. При их отсутствии соответствующие значения δ_{ni} принимаются равными 1,5.

12.1.5 Если в лестничные клетки при пожаре предусмотрена подача наружного воздуха с созданием избыточного давления (для незадымляемых лестничных клеток), то коэффициент δ_{n8} по таблице 12.2 принимается 0,9.

12.1.6 Положения настоящего раздела основаны на предположении, что имеющиеся в пожарной секции (отсеке) технические средства противопожарной защиты (установки пожарной автоматики, противодымная защита, системы оповещения и управления эвакуацией людей, противопожарное водоснабжение) соответствуют требованиям соответствующих европейских стандартов. В случае несоответствия требованиям европейских стандартов, либо применения иного вида технических средств противопожарной защиты, не приведенных в таблице 12.2 настоящего Пособия, необходимо производить вероятностную оценку их эффективной работы в соответствии с [6].

12.2 Общие требования по определению удельной пожарной нагрузки

12.2.1 Пожарная нагрузка должна включать все горючие вещества и материалы, находящиеся в пожарной секции (отсеке), а также строительные конструкции (в том числе облицовку и отделку), выполненные из горючих материалов.

12.2.2 Удельная пожарная нагрузка определяется одним из следующих способов:

- согласно классификации помещений по пожарной нагрузке;
- индивидуально для каждой пожарной секции (отсека) с использованием расчетных методов, приведенных в подразделе 12.7 настоящего Пособия.

12.2.3 Пожарная нагрузка должна включать:

- технологическую пожарную нагрузку, определяемую в соответствии с технологическим процессом, протекающим в отдельном помещении и здании в целом;
- конструктивную пожарную нагрузку, включающую горючие конструктивные элементы, облицовку и отделку.

В классификации, как правило, приводится технологическая пожарная нагрузка, при необходимости конструктивную пожарную нагрузку определяют в соответствии с разделом 12.3 настоящего Пособия.

12.3 Порядок определения пожарной нагрузки

12.3.1 Характеристическая пожарная нагрузка, МДж, определяется по следующей формуле:

$$Q_{fi,k} = \sum M_{ki} \cdot H_{ui} \cdot \psi_i = \sum Q_{fi,k,i}, \quad (12.2)$$

где $M_{k,i}$ – масса i -го горючего материала, кг;

H_{ui} – низшая теплота сгорания i -го материала, МДж·кг⁻¹;

ψ_i – коэффициент защищенности пожарной нагрузки.

12.3.2 Характеристическая удельная пожарная нагрузка $q_{f,k}$, МДж·м⁻², определяется по следующей формуле:

$$q_{f,k} = Q_{fi,k}/A, \quad (12.3)$$

где A – площадь пола A_f или площадь внутренней поверхности A_t пожарной секции, соответственно различают $q_{f,k}$ и $q_{t,k}$.

12.3.3 Постоянные пожарные нагрузки, для которых предполагается, что они не изменяются в течение срока службы строительной конструкции, определяются путем сбора экспертных данных.

12.3.4 Изменяемые пожарные нагрузки, для которых предполагается, что они изменяются в течение срока службы строительной конструкции, должны учитываться

посредством значений, которые не превышаются в течение 80 % рассматриваемого интервала времени.

12.4 Защищенная пожарная нагрузка

12.4.1 В частях здания, способных по проекту выдерживать воздействия пожара, пожарная нагрузка не учитывается.

12.4.2 В негорючих частях здания, без особых требований по огнестойкости, которые остаются неповрежденными в течение всей продолжительности воздействия пожара, пожарная нагрузка учитывается следующим образом:

- наибольшая пожарная нагрузка, но не менее 10 % защищенной пожарной нагрузки, учитывается с $\psi_i = 1$;
- если указанной пожарной нагрузки, включая незащищенную, недостаточно для нагрева оставшейся нагрузки выше температуры воспламенения, то оставшаяся защищенная пожарная нагрузка учитывается с коэффициентом $\psi_i = 0$;
- в остальных случаях значение ψ_i определяется индивидуально.

12.5 Низшая теплота сгорания

12.5.1 Низшая теплота сгорания строительных материалов и изделий согласно EN ISO 1716:2002 определяется в калориметрической бомбе постоянного объема.

12.5.2 Низшая теплота сгорания с учетом влажности материала, МДж · кг⁻¹, определяется по формуле:

$$H_u = H_{u0} \cdot (1 - 0,01 \cdot u) - 0,025 \cdot u, \quad (12.4)$$

где u – влажность, выраженная в процентах относительно сухого веса;

H_{u0} – низшая теплота сгорания сухого материала.

12.5.3 Низшая теплота сгорания некоторых твердых материалов, жидкостей и газов приведена в таблице 12.3.

**Таблица 12.3 – Низшая теплота сгорания горючих материалов H_u ,
для расчета пожарной нагрузки**

Наименование горючего материала	Низшая теплота сгорания H_u , МДж · кг ⁻¹
Твердые материалы	
Древесина	17,5
Другие целлюлозные материалы:	20
одежда	
пробка	
хлопок	
бумага, картон	

Таблица 12.3 (продолжение)

Наименование горючего материала	Низшая теплота сгорания H_u , МДж · кг ⁻¹
шелк солома шерсть	
Ароматические вещества: бензол толуол	40
Углероды: антрацит древесный уголь каменный уголь	30
Предельные углеводороды: метан этан пропан бутан	50
Олефины (непредельные углеводороды): этилен пропилен бутен	45
Спирты: метанол этанол	30
Топливо: бензин, керосин дизельное топливо	45
Чистые углеводородные пластмассы: полиэтилен полистирол полипропилен	40
Другие продукты	
ABS (пластик)	35
Полиэстер (пластик)	30
Полиизоцианат и полиуретан (пластик)	25
Поливинилхлорид, PVC (пластик)	20
Битум, асфальт	40
Кожа	20
Линолеум	20
Шинная резина	30

ПРИМЕЧАНИЕ Значения, приведенные в таблице, не могут быть применимы для определения энергетического содержания топлива.

12.6 Классификация помещений по пожарной нагрузке

12.6.1 Характеристические значения удельной пожарной нагрузки в зависимости от назначения помещений (зданий) $q_{f,k}$, МДж · м⁻², приведены в таблице 12.4.

Таблица 12.4 – Удельная пожарная нагрузка $q_{f,k}$, МДж · м⁻², для помещений различного назначения

Назначение помещения (здания)	Среднее значение	80 % -я обеспеченность
Жилые помещения	780	948
Больница (комнаты)	230	280
Гостиница (комнаты)	310	377
Библиотека	1500	1824
Офис	420	511
Школа (классные комнаты)	285	347
Торговый центр	600	730
Театр (кинотеатр)	300	365
Вокзал (пространство для пассажиров)	100	122

ПРИМЕЧАНИЕ Распределение Гумбеля предполагается для 80% обеспеченности.

12.6.2 Приведенные в таблице 12.4 значения удельной пожарной нагрузки $q_{f,k}$ действительны при коэффициенте $\delta_{q2} = 1$, приведенного в таблице 12.1.

12.6.3 Приведенная в таблице 12.4 пожарная нагрузка действительна для зданий (помещений), эксплуатирующихся в соответствии с их функциональным назначением. Пожарная нагрузка для помещений, не приведенных в таблице 12.4, определяется в соответствии с разделом 12.3 настоящего Пособия.

12.6.4 Конструктивная пожарная нагрузка (конструкции, облицовки и отделка) определяется в соответствии с разделом 12.3 и, если требуется, суммируется к характеристической пожарной нагрузке.

12.7 Индивидуальная оценка удельной пожарной нагрузки

12.7.1 При отсутствии установленной классификации удельная пожарная нагрузка определяется индивидуально для отдельного проекта путем сбора экспертных данных.

ПРИМЕЧАНИЕ Характеристические значения удельной пожарной нагрузки для помещений различного функционального назначения в зависимости от используемых веществ и материалов, а также условий осуществляемой деятельности приведены в справочном приложении А настоящего Пособия.

12.7.2 При определении пожарных нагрузок и их расположения должны учитываться назначение помещения, применяемое оборудование и мебель, их возможные изменения в течение времени, неблагоприятные воздействия, а также возможное изменение назначения помещения.

12.7.3 Сбор данных о пожарных нагрузках, по возможности, следует проводить на существующем сопоставимом проекте, что позволяет обосновать различия с существующим проектом.

12.8 Характеристики горения

12.8.1 Характеристики горения должны учитываться в зависимости от назначения помещения и типа пожарной нагрузки.

12.8.2 Для материалов, преимущественно содержащих целлюлозу, коэффициент полноты сгорания устанавливается $m = 0,8$.

12.9 Мощность теплового потока

12.9.1 Стадия развития пожара мощность теплового потока определяется по следующей формуле:

$$Q = 10^6 \cdot \left(\frac{t}{t_\alpha} \right)^2, \quad (12.5)$$

где Q – мощность теплового потока, Вт;

t – время, с;

t_α – время, необходимое для достижения мощности теплового потока 1 МВт, с.

12.9.2 Параметр t_α и максимальная мощность теплового потока RHR_f для помещений различного назначения приведены в таблице 12.5.

12.9.3 Значения скорости развития пожара и RHR_f , приведенные в таблице 12.5, действительны при $\delta_{q2} = 1$ (таблица 12.1).

12.9.4 При сверхбыстром развитии пожара $t_\alpha = 75$ с.

12.9.5 Стадия развития ограничивается горизонтальным участком на диаграмме, который соответствует установившемуся состоянию, определяемому по формуле:

$$Q = RHR_f \cdot A_{fi},$$

где A_{fi} – максимальная площадь пожара, соответствующая площади пожарной секции (отсека) при равномерном распределении пожарной нагрузки, однако при локальном пожаре может быть меньше, м²;

RHR_f – максимальная мощность теплового потока пожара, приведенная к 1 м² площади, для пожара, регулируемого пожарной нагрузкой, кВт · м⁻² (см. таблицу 12.5).

Таблица 12.5 – Скорость развития пожара и RHR_f для помещений различного назначения

Максимальная мощность теплового потока RHR_f			
Назначение помещения	Скорость развития пожара	t_a , с	RHR_f , кВт·м ⁻²
Жилые помещения	Средняя	300	250
Больница (комнаты)	Средняя	300	250
Гостиница (комнаты)	Средняя	300	250
Библиотека	Быстрая	150	500
Офис	Средняя	300	250
Школа (классные комнаты)	Средняя	300	250
Торговый центр	Быстрая	150	250
Театр (кинотеатр)	Быстрая	150	500
Вокзал (пространство для пассажиров)	Медленная	600	250

ПРИМЕЧАНИЕ Приведенные в таблице 12.5 данные о скорости развития пожара для помещений различного функционального назначения являются дополнением раздела 8.3 настоящего Пособия и характеризуют развитие пожара в зависимости от вида пожарной нагрузки.

12.9.6 Горизонтальный участок на диаграмме ограничивается фазой затухания, которая начинается при выгорании 70 % всей пожарной нагрузки.

12.9.7 Для стадии затухания принимается линейная зависимость, от момента выгорания 70 % пожарной нагрузки до ее полного выгорания.

12.9.8 Для пожаров, регулируемых вентиляцией, уровень горизонтального участка может быть уменьшен, исходя из имеющегося содержания кислорода. Этот процесс производится автоматически с использованием компьютерной программы с однозонной моделью или определяется по формуле:

$$Q_{\max} = 0,1 \cdot m \cdot H_u \cdot A_v \cdot \sqrt{h_{eq}}, \text{ МВт}, \quad (12.6)$$

где A_v – площадь проема, м²;

h_{eq} – средняя высота проемов, м;

H_u – низшая теплота сгорания древесины ($H_u = 17,5 \text{ МДж} \cdot \text{кг}^{-1}$);

m – коэффициент полноты сгорания, $m = 0,8$.

12.9.10 Если для пожаров, регулируемых вентиляцией, максимальная мощность теплового потока уменьшена, то график мощности теплового потока удлиняется соответственно возможной энергии, выделяемой пожарной нагрузкой. Если график не удлиняется, тогда принимается наличие пожара вне секции, который является причиной понижения температуры среды (газов) в помещении.

ПРИМЕР 1

Исходные данные:

В помещении обращаются следующие горючие вещества и материалы:

- пластик ABS массой 46 кг;
- листы поливинилхлорида (ПВХ) прозрачные массой 30 кг;
- древесина массой 1130 кг;
- бумага массой 1340 кг.

Производственное помещение имеет следующие параметры:

- площадь – 149,5 м²;
- высота – 3,00 м,
- геометрический объем – 448,5 м³.

Производственное помещение оборудовано автоматическим водяным пожаротушением, в качестве побудительной системы используется автоматическая пожарная сигнализация с дымовыми извещателями. В здании, где расположено указанное помещение, предусмотрена автоматическая передача сообщения в пожарное подразделение. Объектового пожарного подразделения и системы дымоудаления не предусмотрено. Все выходы из помещения выходят наружу непосредственно. В производственном помещении имеются первичные средства пожаротушения (порошковые огнетушители и противопожарное полотно).

Требуется: Определить величину удельной пожарной нагрузки для помещения, в котором осуществляется производство бумажной продукции.

Расчет

Расчет величины удельной пожарной нагрузки осуществляется в соответствии с приложением разделом 12 настоящего Пособия.

Расчетная удельная пожарная нагрузка $q_{f,d}$, МДж · м⁻², определяется по формуле:

$$q_{f,d} = q_{f,k} \cdot m \cdot \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n,$$

где m – коэффициент полноты сгорания;

δ_{q1} – коэффициент учета риска возникновения пожара в зависимости от размеров помещения;

δ_{q2} – коэффициент учета риска возникновения пожара в зависимости от назначения здания;

δ_n – коэффициент, учитывающий наличие специальных решений (мер) для тушения пожара;

$q_{f,k}$ – характеристическая удельная пожарная нагрузка, приведенная к площади пола, МДж · м⁻².

Поскольку пожарная нагрузка в помещении представлена материалами, преимущественно содержащими целлюлозу, то коэффициент полноты сгорания в соответствии с п.12.8.2 Пособия принимается равным $m=0,8$.

Коэффициент учета риска возникновения пожара в зависимости от размеров помещения δ_{q1} принимается по таблице 12.1 Пособия и равен $\delta_{q1}=1,5$. Коэффициент учета риска возникновения пожара в зависимости от назначения здания δ_{q2} принимается также по таблице 12.1 Пособия и равен $\delta_{q2}=1,0$.

Коэффициент, учитывающий наличие специальных решений (мер) для тушения пожара определяется по следующей формуле:

$$\delta_n = \prod_{i=1}^{10} \delta_{ni} = \delta_{n1} \cdot \delta_{n2} \cdot \delta_{n4} \cdot \delta_{n5} \cdot \delta_{n7} \cdot \delta_{n8} \cdot \delta_{n9} \cdot \delta_{n10} = 0,61 \times 1,0 \times 0,73 \times 0,87 \times 0,78 \times 0,9 \times 1,0 \times 1,5 = 0,4079,$$

где $\delta_{n1} = 0,61$ – коэффициент, учитывающий оборудование помещения установками автоматического пожаротушения;

$\delta_{n2} = 1,0$ – коэффициент, учитывающий отсутствие в помещении независимого противопожарного водоснабжения;

$\delta_{n4} = 0,73$ – коэффициент, учитывающий оборудование помещения установками пожарной сигнализации с дымовыми извещателями;

$\delta_{n5} = 0,87$ – коэффициент, учитывающий оборудование помещения автоматической передачей извещений в пожарное подразделение;

$\delta_{n7} = 0,87$ – коэффициент, учитывающий отсутствия на объекте объектов пожарного подразделения;

$\delta_{n8} = 0,87$ – коэффициент, учитывающий наличие в помещении эвакуационных выходов, ведущих наружу непосредственно;

$\delta_{n9} = 0,87$ – коэффициент, учитывающий наличие в помещении устройств для тушения пожара;

$\delta_{n10} = 0,87$ – коэффициент, учитывающий отсутствие в помещении системы дымоудаления.

Характеристическая пожарная нагрузка, МДж, определяется по формуле (12.2) Пособия:

$$Q_{fi,k} = \sum M_{ki} \cdot H_{ui} \cdot \psi_i = \sum Q_{fi,k,i} = M_{ABS} \cdot H_{ABS} + M_{ПВХ} \cdot H_{ПВХ} + M_{древ} \cdot H_{древ} + M_{бум} \cdot H_{бум} = 46 \times 35,0 + 30 \times 30,0 + 1130 \times 17,5 + 1340 \times 20,0 = 49085 \text{ МДж},$$

где $M_{k,i}$ – масса горючего материала, кг;

$M_{ABS} = 46$ кг – масса пластика ABS;

$M_{ПВХ} = 30$ кг – масса листов поливинилхлорида;

$M_{древ} = 1130$ кг – масса древесины;

$M_{бум} = 1340$ кг – масса бумаги и продукции на ее основе;

H_{ui} – низшая теплота сгорания материала, МДж·кг⁻¹ (принималась в соответствии с таблицей 12.3);

$H_{ABS} = 35,0$ МДж·кг⁻¹ – низшая теплота сгорания пластика ABS;

$H_{ПВХ} = 30,0$ МДж·кг⁻¹ – низшая теплота сгорания листов поливинилхлорида;

$H_{древ} = 17,5$ МДж·кг⁻¹ – низшая теплота сгорания древесины;

$H_{бум} = 20,0$ МДж·кг⁻¹ – низшая теплота сгорания бумаги и продукции на ее основе;

$\psi_i = 1$ – коэффициент защищенности пожарной нагрузки.

Характеристическая удельная пожарная нагрузка $q_{f,k}$, определяется по формуле (12.3) настоящего Пособия:

$$q_{f,k} = Q_{fi,k}/A = 49085 / 149,5 = 328,3278 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2},$$

где $A = 149,5$ м² – площадь пола пожарной секции (принимается в соответствии с исходными данными).

Расчетная удельная пожарная нагрузка $q_{f,d}$, определяется по формуле (12.1)
Пособия составит:

$$q_{f,d} = q_{f,k} \cdot m \cdot \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n = 328,3278 \times 0,8 \times 1,5 \times 1,0 \times 0,4079 = 160,7 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}.$$

Вывод: расчетная удельная пожарная нагрузка для помещения, в котором осуществляется производство бумажной продукции, составляет $q_{f,d} = 160,7 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$.

13 ЭКВИВАЛЕНТНАЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ПОЖАРА

13.1.1 Учет параметров реальных пожаров при определении пределов огнестойкости строительных конструкций может быть осуществлен путем приведения температурного воздействия реального пожара к аналогичному по последствиям воздействию стандартного пожара. Так как мощность пожара, как правило, выражается через максимальное значение температуры строительной конструкции при нестационарном прогреве, то реальный пожар может быть приведен к стандартному пожару, при котором температура строительной конструкции будет такой же, как и при реальном пожаре. Это позволяет оценить огнестойкость строительных конструкций в условиях любого температурного режима пожара и соотнести результаты к нормируемым требованиям по огнестойкости, разработанным для условий стандартного огневого воздействия.

Например, если огнезащищенная стальная балка на всем протяжении реального пожара прогреется до максимальной температуры 400°C , а в условиях стандартного пожара для достижения такой же температуры конструкции потребуется 50 минут, то принимается, что реальный пожар эквивалентен стандартному пожару продолжительностью 50 минут.

13.1.2 Метод, разработанный Международным советом по исследованию и инновациям в проектировании и строительстве, является базовым для приведения мощности реального пожара к стандартному. Данный метод является компромиссным решением между привычными большинству проектировщиков номинальными температурными режимами и реальным температурным режимом пожара. Метод относит степень тяжести реального пожара для рассматриваемой пожарной секции к эквивалентной продолжительности воздействия стандартного огневого воздействия.

13.1.3 Метод эквивалентного пожара приравнивает мощность реального пожара, к стандартному пожару по [3] на основании физических характеристик пожарной секции и следующих параметров, от которых зависит развитие пожара: величины пожарной нагрузки, коэффициента зависящего от теплопоглощающей способности ограждающих конструкций и коэффициента, учитывающего условия вентиляции.

ПРИМЕЧАНИЕ Не допускается применение метода эквивалентного пожара для оценки огнестойкости сталебетонных и деревянных конструкций.

13.2. Эквивалентная продолжительность стандартного пожара $t_{e,d}$, мин рассчитывается по следующей формуле:

$$t_{e,d} = (q_{f,d} \cdot k_b \cdot w_f) \cdot k_c \text{ или} \\ t_{e,d} = (q_{t,d} \cdot k_b \cdot w_t) \cdot k_c, \quad (13.1)$$

где $q_{f,d}$ – расчетная удельная пожарная нагрузка, МДж·м⁻² (определяется в соответствии с разделом 12 настоящего Пособия);

$q_{t,d}$ – расчетная пожарная нагрузка, отнесенная к суммарной площади ограждающих конструкций A_t (включая проемы), МДж·м⁻²;

k_b – коэффициент, зависящий от теплопоглощающей способности (тепловой инерции) ограждающих конструкций помещения;

w_f, w_t – коэффициенты, учитывающие условия вентиляции;

k_c – корректировочный коэффициент, зависящий от материала конструкции для которой определяется огнестойкость.

ПРИМЕЧАНИЕ Если удельная пожарная нагрузка задана без учета специальных характеристик горения (см. раздел 12 настоящего Пособия), то использование данного метода ограничивается пожарными секциями (отсеками) с преимущественно целлюлозной пожарной нагрузкой.

13.3 Расчетная пожарная нагрузка в помещении равна произведению удельной пожарной нагрузки на площадь ее размещения:

$$q_{t,d} = q_{f,d} \cdot \frac{A_f}{A_t}, \quad (13.2)$$

где A_f – площадь пола помещения, м²;

A_t – суммарная площадь ограждающих конструкций (стены, покрытия и полы, включая проемы), м².

13.4 Коэффициент k_b определяется в зависимости от теплопоглощающей способности (тепловой инерции) ограждающих конструкций следующим образом:

- $k_b = 0,07$ – для $b < 720$;
- $k_b = 0,055$ – для $720 \leq b \leq 2500$;
- $k_b = 0,04$ – для $b > 2500$,

где $b = \sqrt{\rho \cdot c \cdot \lambda}$ – тепловая инерция строительной конструкции, Дж · м⁻² · с^{-1/2} · К⁻¹ (для многослойных строительных конструкций определяется с учетом положений раздела 8 настоящего Пособия).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. Если не проводится детальная оценка теплотехнических характеристик материалов ограждения, допускается принимать $k_b = 0,07$ мин · м² · МДж⁻¹.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. Теплофизические свойства веществ и материалов определяются по справочным данным. Теплофизические свойства некоторых веществ и материалов приведены в справочном приложении Б к настоящему Пособию.

13.5 Коэффициент условий вентиляции w_f определяется по следующей формуле:

$$w_f = \left(\frac{6}{H} \right)^{0,3} \cdot \frac{0,62 + 90 \cdot (0,4 - A_v/A_f)^4}{1 + b_v \cdot A_h/A_f} \geq 0,5, \quad (13.2)$$

где H – высота пожарного отсека (секции), м;

A_v – суммарная площадь вертикальных проемов, м²;

A_h – суммарная площадь горизонтальных проемов в покрытии, м²;

$$b_v = 12,5 \cdot \left[1 + 10 \cdot \frac{A_v}{A_f} - \left(\frac{A_v}{A_f} \right)^2 \right] \geq 10; \quad (13.3)$$

ПРИМЕЧАНИЕ 1. Приведенные зависимости (13.2), (13.3) справедливы при выполнении условия $0,025 \leq A_v/A_f \leq 0,25$.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. Для небольших пожарных отсеков ($A_f < 100$ м²) без проемов в покрытии коэффициент w_f допускается определять по следующей формуле:

$$w_f = \frac{A_f}{A_t \cdot \sqrt{O}}, \quad (13.4)$$

где O – коэффициент проемности, определяемый в соответствии с требованиями раздела 8 настоящего Пособия.

13.6 Коэффициент w_t , учитывающий условия вентиляции, определяется по формуле:

$$w_t = w_f \cdot \frac{A_t}{A_f}. \quad (13.5)$$

13.7 Корректировочный коэффициент k_c , зависящий от материала конструкции, для которой определяется огнестойкость, выбирается следующим образом:

- $k_c = 1$ – для железобетонных или защищенных стальных конструкций;
- $k_c = 13,7 \cdot O$ – для незащищенных стальных конструкций.

13.8 Для выполнения условий пожарной безопасности должно подтверждаться выполнение следующего условия:

$$t_{e,d} < t_{fi,d}, \quad (13.6)$$

где $t_{fi,d}$ – время, соответствующее расчетному пределу огнестойкости, определенному в соответствии с требованиями противопожарных частей Еврокодов, касающихся строительных материалов.

ПРИМЕР 1:

Исходные данные

Характеристики помещения: размер помещения $A_f = 48 \text{ м}^2$ ($a \times b = 6 \times 8 \text{ м}$); в помещении имеется 2 оконных проема, через которые осуществляется воздухообмен площадью каждый $A_{v,1} = 7,2 \text{ м}^2$ (ширина проема $3,6 \text{ м} \times 2 \text{ м}$ высота) и один дверной проем $A_{v,2} = 2,4 \text{ м}^2$ (ширина проема $1,2 \text{ м} \times 2 \text{ м}$ высота); высота помещения $H = 4 \text{ м}$. Помещение правильной геометрической формы. Расчетная удельная пожарная нагрузка в помещении $q_{f,d} = 490,6 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$ (раздел 8, пример 1);

Теплофизические свойства материалов конструкций:

- перекрытие – многослойные железобетонные плиты толщиной 220 мм;
- покрытие пола – мраморная плитка по железобетонной плите;
- стены – кирпичные толщиной 120 мм, отделанные гипсовой штукатуркой толщиной 15 мм;

Материал	Коэффициент теплопроводности λ , $\text{Вт} \cdot (\text{м} \cdot ^\circ\text{C})^{-1}$	Плотность ρ , $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$	Удельная теплоемкость c , $\text{кДж} \cdot (\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})^{-1}$
Бетон	1,40	2100	0,88
Мрамор	2,50	2600	0,80
Кирпич	0,69	1600	0,84
Гипсовая штукатурка	0,48	1440	0,84

Требуется: Рассчитать предел огнестойкости для стальной балки с огнезащитой в административном помещении с огнестойкими ограждающими конструкциями (перекрытие и стены).

Расчет:

Определим суммарную площадь ограждающих конструкций (стены, покрытия и полы, включая проемы):

$$A_t = 2 \cdot [a \cdot b + (a + b) \cdot H] = 2 \times [6 \times 8 + (6 + 8) \times 4] = 208 \text{ м}^2.$$

По формуле (13.2) найдем величину расчетной пожарной нагрузки в помещении:

$$q_{t,d} = q_{f,d} \cdot \frac{A_f}{A_t} = 490,6 \times \frac{48}{208} = 113,2 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}.$$

По п. 13.4 настоящего Пособия определим тепловую инерцию строительных конструкций:

Материал	Коэффициент теплопроводности λ , $\text{Вт} \cdot (\text{м} \cdot ^\circ\text{C})^{-1}$	Плотность ρ , $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$	Удельная теплоемкость c , $\text{кДж} \cdot (\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})^{-1}$	$b = \sqrt{\rho \cdot c \cdot \lambda}$, $\text{Дж} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1/2} \cdot \text{К}^{-1}$
Бетон	1,40	2100	0,88	1608
Мрамор	2,50	2600	0,80	2280
Кирпич	0,69	1600	0,84	963
Гипсовая штукатурка	0,48	1440	0,84	762

Так как покрытие пола и стены являются двухслойными конструкциями и ограждающие конструкции выполнены из разных материалов, то, в соответствии с разделом 8 настоящего Пособия учтем многослойной структуры материала поверхностей ограждения:

пол: $b_1 = 2280 \text{ Дж}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1/2}\cdot\text{К}^{-1}$; $s_1 = 20 \text{ мм}$; $b_2 = 1608 \text{ Дж}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1/2}\cdot\text{К}^{-1}$; $s_2 = 220 \text{ мм}$; $b_1 > b_2$, следовательно необходимо рассчитать предельную толщину s_{lim} , для обогреваемого материала: по формуле (8.4) настоящего Пособия:

$$h_{eq} = \frac{\sum_i A_{vi} \cdot h_{vi}}{\sum_i A_{vi}} = \frac{3,6 \times 2,0 \times 2,0 + 3,6 \times 2,0 \times 2,0 + 1,2 \times 2,0 \times 2,0}{3,6 \times 2,0 + 3,6 \times 2,0 + 1,2 \times 2,0} = 2,0 \text{ м}$$

$$O = \frac{A_v \cdot \sqrt{h_{eq}}}{A_t} = \frac{(3,6 \times 2,0 + 3,6 \times 2,0 + 1,2 \times 2,0) \times \sqrt{2}}{208} = 0,114$$

$$t_{\text{max}} = \max \{ (0,2 \cdot 10^{-3} \times 113,2 / 0,114); 20 \} = 20 \text{ мин},$$

$$s_{\text{lim}} = \sqrt{\frac{3600 \cdot t_{\text{max}} \cdot \lambda_1}{c_1 \cdot \rho_1}} = \sqrt{\frac{3600 \times 20 \times 2,5}{800 \times 2600}} = 0,294 \text{ м}.$$

Так как если $s_1 = 0,02 \text{ м} < s_{\text{lim}} = 0,294 \text{ м}$, то

$$b = \frac{s_1}{s_{\text{lim}}} \cdot b_1 + \left(1 - \frac{s_1}{s_{\text{lim}}} \right) \cdot b_2 = \frac{0,02}{0,294} \times 2280 + \left(1 - \frac{0,02}{0,294} \right) \times 1608 = 1653 \text{ Дж}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1/2}\cdot\text{К}^{-1};$$

стены: $b_1 = 762 \text{ Дж}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1/2}\cdot\text{К}^{-1}$; $s_1 = 15 \text{ мм}$; $b_2 = 963 \text{ Дж}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1/2}\cdot\text{К}^{-1}$; $s_2 = 120 \text{ мм}$; так как $b_1 < b_2$, то $b = b_1 = 762 \text{ Дж}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1/2}\cdot\text{К}^{-1}$.

Кроме этого, необходимо учесть различие коэффициентов $b = \sqrt{\rho \cdot c \cdot \lambda}$ для стен, потолков и полов по формуле (8.5) настоящего Пособия:

$$b = \frac{\sum (b_j \cdot A_j)}{A_t - A_v} = \frac{1653 \times 48 + 762 \times [2 \times (6 + 8) \times 4 - 16,8] + 1608 \times 48}{208 - 16,8} = 1198 \text{ Дж}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1/2}\cdot\text{К}^{-1},$$

где A_j – площадь поверхности j -го ограждения без учета проемов;

b_j – теплопоглощающая способность j -той поверхности покрытия.

С учетом полученного значения теплопоглощающей способности (тепловой инерции) ограждающих конструкций помещения определим коэффициент k_b по п.13.4 настоящего Пособия: $k_b = 0,055$, так как $720 < b = 1198 < 2500$.

Так как площадь помещения не превышает 100 м^2 и проемы в покрытии отсутствуют, определим коэффициент w_f по формуле (13.4) настоящего Пособия:

$$w_f = \frac{A_f}{A_t \cdot \sqrt{O}} = \frac{48}{208 \times \sqrt{0,114}} = 0,683.$$

Корректировочный коэффициент k_c согласно п.13.7 равен $k_c = 1$ (стальная балка с огнезащитой).

Таким образом, эквивалентная продолжительность стандартного пожара составит:

$$t_{e,d} = (q_{f,d} k_b w_f) \cdot k_c = 490,6 \times 0,055 \times 0,683 \times 1,0 = 18,4 \text{ мин}$$

По условия (13.6) находим, что для обеспечения условий пожарной безопасности необходимо обеспечить предел огнестойкости не менее 30 минут.

14 УГЛОВОЙ КОЭФФИЦИЕНТ ОБЛУЧЕННОСТИ

14.1 Общие положения к определению углового коэффициента облученности

14.1.1 Угловой коэффициент облученности Φ определяется по следующей формуле:

$$d\Phi_{d1-d2} = \frac{\cos\theta_1 \cdot \cos\theta_2}{\pi \cdot S_{1-2}^2} \cdot dA_2. \quad (14.1)$$

Угловой коэффициент облученности указывает долю общего теплового потока от заданной излучающей поверхности, которая достигает заданной принимающей поверхности. Его значение зависит от размера излучающей поверхности, расстояния между излучающей и принимающей поверхностью и их ориентации по отношению друг к другу (рисунок 14.1).

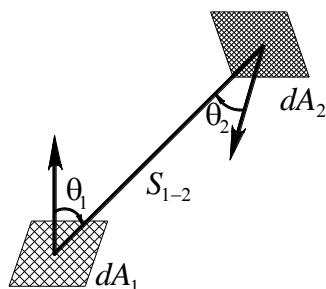


Рисунок 14.1 – Лучистый теплообмен между двумя поверхностями

14.1.2 Если излучающая поверхность обладает равномерными температурой и степенью черноты, то определение Φ упрощается: пространственный угол, внутри которого может быть видна излучающая поверхность с особой бесконечно малой поверхностью площадки, деленный на 2π .

14.1.3 Тепловое излучение к бесконечно малой площадке выпуклой поверхности элемента определяется только положением и размерами пожара (влияние положения).

14.1.4 Тепловое излучение к бесконечно малой площадке вогнутой поверхности элемента определяется положением и размерами пожара (влияние положения), а также излучением от других частей элемента (эффект затенения).

14.1.5 Верхние пределы углового коэффициента облученности Φ приведены в таблице 14.1.

Таблица 14.1 – Пределы углового коэффициента облученности Φ

Ориентация		Локальный пожар	Полностью развившийся пожар
Влияние положения		$\Phi \leq 1$	$\Phi = 1$
Эффект затенения	Выпуклый	$\Phi = 1$	$\Phi = 1$
	Вогнутый	$\Phi \leq 1$	$\Phi \leq 1$

14.2 Эффект затенения

14.2.1 Правила для определения величины эффекта затенения указываются в частях Еврокодов, касающихся строительных материалов.

14.3 Наружные конструкции

14.3.1 При расчете температуры в наружных конструкциях предполагается, что все поверхности имеют прямоугольную форму. Это касается окон и других проемов в стенах пожарной секции, а также эквивалентных прямоугольников пламени в соответствии с разделом 9 настоящего Пособия.

14.3.2 В расчете углового коэффициента облученности для заданной ситуации, на поперечном сечении обогреваемой конструкции вначале вычерчиваются проекции прямоугольников (рисунок 14.2). Это необходимо для учета эффекта затенения. Величина коэффициента Φ определяется для средней точки P каждой поверхности прямоугольников.

14.3.3 Угловой коэффициент облученности каждой обогреваемой поверхности определяется как сумма долей от каждой из зон излучающей поверхности (обычно четырех), которые видимы из точки P на обогреваемой поверхности (рисунки 14.3 и 14.4). Эти зоны определяются относительно точки X , находящейся в месте пересечения горизонтальной линии, перпендикулярной к обогреваемой поверхности. Не учитываются доли от зон, которые не видимы из точки P (см. рисунок 14.4).

14.3.4 Если точка X лежит вне излучающей поверхности, то эффективный угловой коэффициент облученности определяется суммированием долей двух прямоугольников, построенных от X до удаленного края излучающей поверхности, и вычитанием долей двух прямоугольников, построенных от X до близлежащего края излучающей поверхности.

14.3.5 Доля каждой зоны определяется следующим образом:

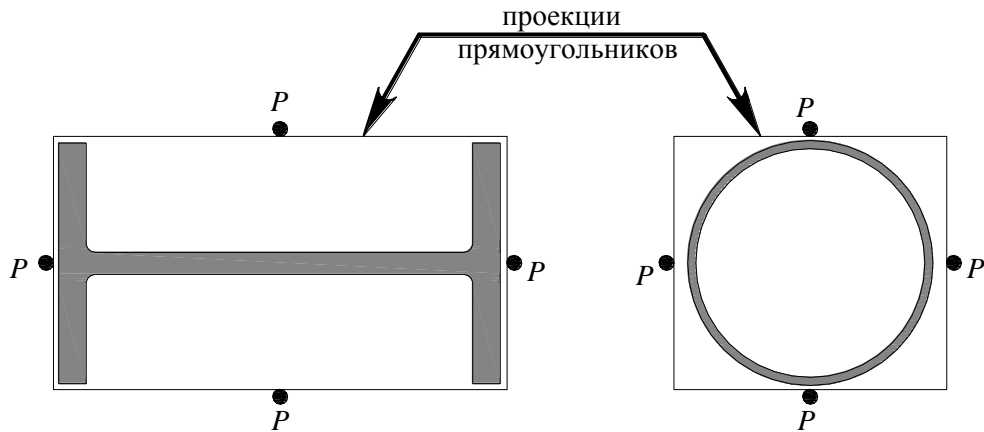


Рисунок 14.2 – Проекция принимающих поверхностей

а) принимающая и излучающая поверхности параллельны:

$$\Phi = \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+a^2}} \cdot \tan^{-1} \left(\frac{b}{\sqrt{1+a^2}} \right) + \frac{b}{\sqrt{1+b^2}} \cdot \tan^{-1} \left(\frac{a}{\sqrt{1+b^2}} \right) \right], \quad (14.2)$$

где $a = h/s$;

$b = w/s$;

s – расстояние от точки P до точки X ;

h – высота зоны излучающей поверхности;

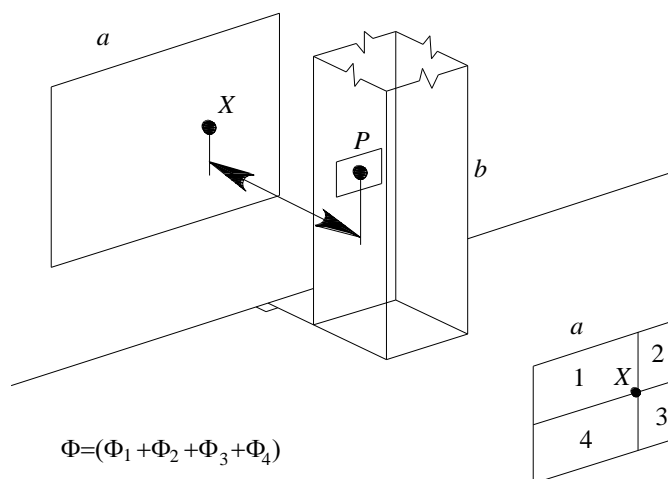
w – ширина зоны излучающей поверхности;

б) принимающая и излучающая поверхности перпендикулярны:

$$\Phi = \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{1}{\sqrt{1+b^2}} \cdot \tan^{-1} \left(\frac{a}{\sqrt{1+b^2}} \right) \right]; \quad (14.3)$$

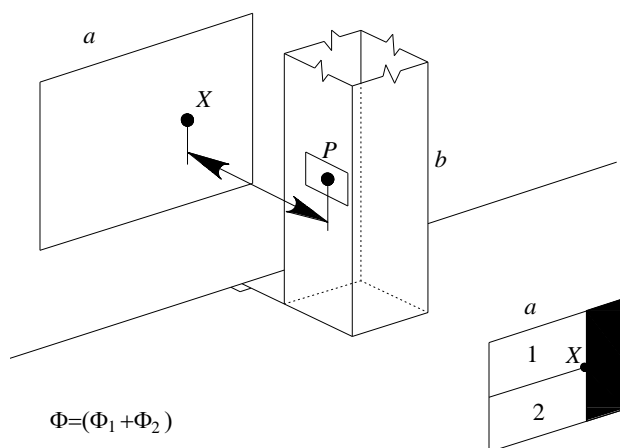
в) принимающая и излучающая поверхности расположены под углом θ :

$$\begin{aligned} \Phi = \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) \cdot \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1} \left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \right) + \right. \\ \left. + \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1} \left(\frac{(b - \cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \right) + \tan^{-1} \left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \right) \right] \right]. \quad (14.4) \end{aligned}$$



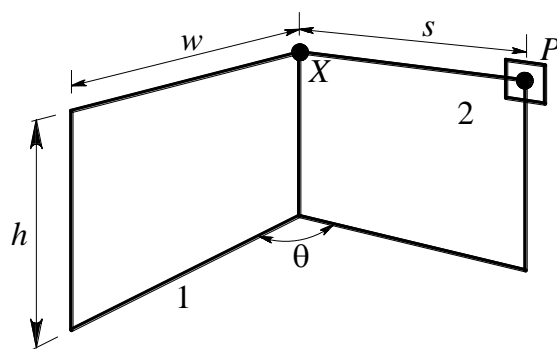
a – излучающая поверхность; b – принимающая поверхность

Рисунок 14.3 – Принимающая и излучающая поверхности параллельны



a – излучающая поверхность; b – принимающая поверхность

Рисунок 14.4 – Принимающая и излучающая поверхности перпендикулярны



1 – излучающая поверхность; 2 – принимающая поверхность

Рисунок 14.5 – Принимающая и излучающая поверхности расположены под углом θ

ПРИМЕЧАНИЕ При решении задач пожарной безопасности оценка возможности распространения пожара между отдельными объектами на территории осуществляется на основании анализа действующих значений теплового потока и сравнения их с характеристическими значениями критической плотности теплового потока материала облучаемой поверхности. Характеристические значения критической плотности теплового потока веществ и материалов допускается определять по справочным данным или результатам испытаний. Характеристические значения критической плотности теплового потока некоторых веществ и материалов приведены в справочном приложении В настоящего Пособия.

Комплексный пример расчета 1

Определение возможности возгорания жилого здания от расчетного пожара в здании многофункционального назначения.

1. Характеристика зданий

Многофункциональное здание четырехэтажное, выполнено из каменных конструкций. На первом и втором этаже располагается кафе, обеденный зал которого связывается внутренней лестницей с расположенным над ним кофейным залом. В первом уровне располагаются загрузочные и производственные помещения, на втором этаже служебные помещения персонала. Обеденный зал рассчитан на 20 посадочных мест, кофейный зал на 26 посадочных мест. На третьем этаже предусмотрено размещение диагностического центра. На четвертом этаже располагаются офисные помещения.

Жилое здание также четырехэтажное, выполнено из каменных конструкций. В торцевых частях здания располагаются офисные помещения и магазины.

2.1 Определение удельной пожарной нагрузки

Расчетная удельная пожарная нагрузка $q_{f,d}$, МДж·м⁻², определяется по формуле:

$$q_{f,d} = q_{f,k} \cdot m \cdot \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n,$$

где m – коэффициент полноты сгорания для материалов, преимущественно содержащих целлюлозу, устанавливается $m = 0,8$;

δ_{q1} – коэффициент учета риска возникновения пожара в зависимости от размеров помещения (пожарной секции) принимается равным 1,5 (таблица 12.1 Пособия);

δ_{q2} – коэффициент учета риска возникновения пожара в зависимости от назначения здания принимается равным 1,5 (таблица 12.1) Пособия;

$\delta_n = \prod_{i=1}^{10} \delta_{ni}$ – коэффициент, учитывающий наличие i -тых специальных решений (мер) для тушения пожара;

$q_{f,k}$ – характеристическая удельная пожарная нагрузка, приведенная к площади пола принимается равной 420 МДж·м⁻² (таблица 12.4 Пособия).

Коэффициент, учитывающий наличие i -тых специальных решений (мер) для тушения пожара определяется по следующей формуле (таблица 12.1) Пособия:

$$\delta_n = \prod_{i=1}^{10} \delta_{ni} = \delta_1 \cdot \delta_2 \cdot \delta_3 \cdot \delta_4 \cdot \delta_5 \cdot \delta_6 \cdot \delta_7 \cdot \delta_8 \cdot \delta_9 \cdot \delta_{10} = 1 \times 1 \times 1 \times 0,73 \times 1 \times 1 \times 0,78 \times 1 \times 1,5 \times 1,5 = 1,28.$$

Таким образом, удельная пожарная нагрузка составляет:

$$q_{f,d} = q_{f,k} \cdot m \cdot \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n = 420 \times 0,8 \times 1,5 \times 1 \times 1,28 = 645,7 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}.$$

2.2 Расчет параметров пламени

Расчет параметров пожара и пламени выполнен в соответствии с разделом 9 настоящего Пособия и позволяет определить:

- размеры и температуру пламени из проемов;
- параметры излучения.

2.2.1 Общие положения расчета

Так как в рассматриваемой пожарной секции более одного проема, то далее в расчете используются приведенная по площади высота проемов h_{eq} , суммарная площадь вертикальных проемов A_v и суммарная ширина проемов на всех стенах ($w_i = \sum w_i$).

Части наружной стены, которые не соответствуют требуемой огнестойкости (REI) отсутствуют, поэтому в качестве проемов, через которые будет выходить пламя наружу, рассматриваются только окна и двери.

Суммарная площадь проемов в наружной стене принята равной общей площади проемов, поскольку их сумма меньше 50 % площади наружной стены пожарной секции.

Расчет выполняется с учетом принудительной вентиляции, поскольку на противоположной стороне рассматриваемых помещений, имеется, возможность дополнительного проникновения воздуха к пожару.

В расчете рассматриваются два возможных случая выхода пламени из проемов:

1. При выходе пламени перпендикулярно к фасаду здания (без учета влияния ветра на геометрические параметры пламени);
2. При выходе пламени с отклонением 45° к фасаду здания вследствие воздействия ветра.

2.2.2 Определение расчетных параметров пожара и пламени с учетом принудительной вентиляции

Мощность теплового потока пожара, определяется по формуле:

$$Q = \frac{A_f \cdot q_{f,d}}{\tau_F} = \frac{36,7 \times 645,7}{1200} = 19,75 \text{ кВт},$$

где A_f – площадь пола пожарной секции, м^2 ;

$q_{f,d}$ – расчетная удельная пожарная нагрузка, отнесенная к площади пола A_f , $\text{МДж} \cdot \text{м}^{-2}$;

τ_F – продолжительность свободного развития пожара, принимается 1200 с.

Суммарная площадь вертикальных проемов во всех стенах равна:

$$A_v = \sum A_{v,i} = A_{ок} \cdot N_{ок} + A_{дв} \cdot N_{дв} = 1,844 \times 3 + 1,911 \times 3 = 11,265 \text{ м}^2,$$

НТП РК 01-01.2.1-2012

где $A_{v,i}$ – площадь i -го проема, м²;

$N_{v,i}$ – количество проемов, шт.

Приведенная по площади высота проемов на всех стенах определяется по формуле:

$$h_{eq} = \sum(A_{v,i} \cdot h_i) / A_v = (A_{ок} \cdot h_{ок} \cdot N_{ок} + A_{дв} \cdot h_{дв} \cdot N_{дв}) / A_v = (1,844 \times 1,74 \times 3 + 1,911 \times 2,1 \times 3) / 11,265 = 1,923 \text{ м},$$

где h_i – высота i -го проема, м.

Принимая скорость ветра $u = 6 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ высота пламени (рисунок 9.4) определяется по формуле:

$$L_L \approx 0,628 \cdot Q / A_v^{1/2} - h_{eq} = 0,628 \times 19,75 / 11,265^{1/2} - 1,923 = 1,772 \text{ м}.$$

Вертикальная проекция пламени определяется с учетом приведенной по площади высоты проемов:

$$h_{пл} = h_{eq} + L_L = 1,923 + 1,772 = 3,695 \text{ м}.$$

Горизонтальная проекция пламени определяется по формуле:

$$L_H = 1,33 \cdot (L_L + h_{eq}) / h_{eq}^{0,22} = 1,33 \times (1,772 + 1,923) / 1,923^{0,22} = 4,256 \text{ м}.$$

Ширина пламени определяется по формуле:

$$w_f = w_i + 0,4 \cdot L_H = 4,09 + 0,4 \times 4,256 = 5,792 \text{ м},$$

где w_i – суммарная ширина проемов на всех стенах, определяется следующим образом:

$$w_i = \sum w_i = w_{ок} \cdot N_{ок} + w_{дв} \cdot N_{дв} = 1,06 \times 3 + 0,91 \times 1 = 4,09 \text{ м}.$$

Длина пламени вдоль оси определяется по формуле:

$$L_f = (L_L^2 + L_H^2)^{1/2} = (1,772^2 + 4,256^2)^{1/2} = 4,610 \text{ м}.$$

Температура пламени в окне определяется по формуле:

$$T_w = 520 / (1 - 0,3325 L_f \cdot (A_v)^{1/2} / Q) + T_0 = 520 / (1 - 0,3325 \times 4,610 \times (11,265)^{1/2} / 19,75) + 308 = 1011 \text{ К}.$$

Проводится проверка выполнение условия:

$$\begin{aligned} L_f \cdot (A_v)^{1/2} / Q &< 1; \\ 4,610 \times (11,265)^{1/2} / 19,75 &< 1; \\ 0,783 &< 1. \end{aligned}$$

Поскольку условие выполняется, то далее для расчета принимается температура пламени в окне равная 1011 К.

Температура пламени вдоль оси определяется по формуле:

$$T_z = \left(1 - 0,3325 \cdot \frac{L_x \cdot \sqrt{A_v}}{Q} \right) \cdot (T_w - T_0) + T_0 = \left(1 - 0,3325 \times \frac{4,61 \times \sqrt{11,265}}{19,75} \right) \times (1011 - 308) + 308 = 828 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

где L_x – осевое расстояние от окна до точки, для которой производится расчет (в качестве указанного расстояния принимается величина L_f так как необходимо определить температуру на поверхности пламени), м.

2.3 Расчет углового коэффициента облученности жилого здания от расчетного пожара многофункциональном здании

2.3.1 Общие положения расчета

При расчете углового коэффициента облученности предполагается, что все поверхности имеют прямоугольную форму. Указанное положение относится для окон и других проемов в стенах пожарной секции, а также эквивалентных прямоугольников пламени.

Угловой коэффициент облученности каждой обогреваемой поверхности сооружения определяется как сумма долей от каждой из зон излучающей поверхности, которые видимы из точки P на обогреваемой поверхности. Эти зоны определяются относительно точки X , находящейся в месте пересечения горизонтальной линии, перпендикулярной к обогреваемой поверхности. При определении углового коэффициента облученности не учитываются доли от зон, которые не видимы из точки P .

Для определения углового коэффициента между пламенем и единичной площадкой на смежном объекте приведенную площадь пламени разбивают на четыре прямоугольника и рассматривается теплообмен излучением между каждым прямоугольником и единичной площадкой.



Рисунок 14.6 – Вертикальная проекция пламени на фасаде здания

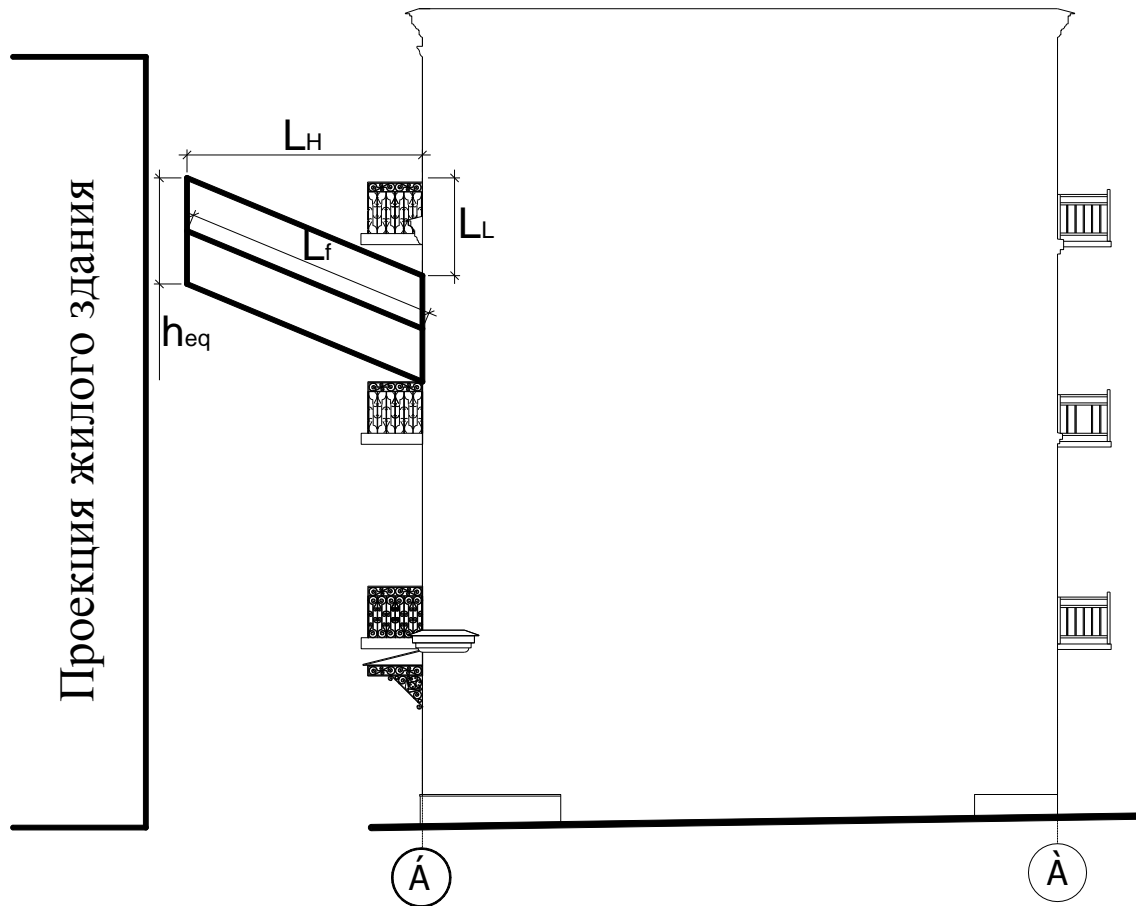


Рисунок 14.7 – Вертикальная проекция пламени на фасаде здания

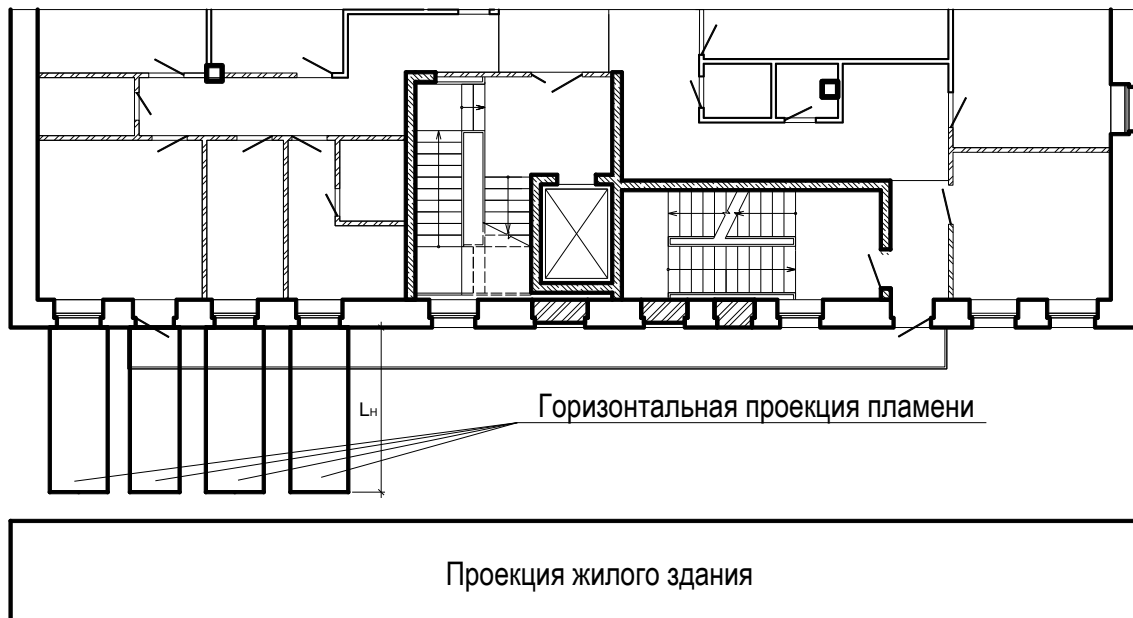


Рисунок 14.8 – Горизонтальная проекция пламени из проемов

2.3.2 Расчет углового коэффициента облученности жилого здания от расчетного пожара в многофункциональном здании без учета ветрового воздействия

2.3.2.1 Расчет углового коэффициента облученности оконного проема от пламени расчетного пожара

Так как точка X лежит в пределах излучающей поверхности, то эффективный угловой коэффициент облученности от пламени определяется суммированием долей четырех прямоугольников, построенных от X до P (рисунок 14.9).

Оконный проем от пламени – прямоугольник 1-2-X-4 (1)

Схема определения углового коэффициента облученности для оконного проема от прямоугольника 1-2-X-4 пламени приведена на рисунке 14.9.

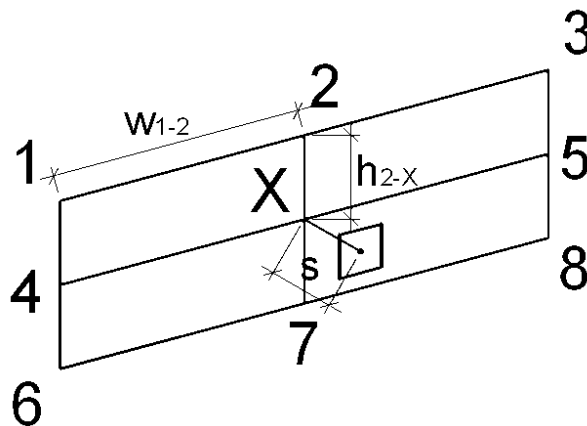


Рисунок 14.9 – Схема определения углового коэффициента облученности

Доля углового коэффициента облученности определяется по формуле:

$$\Phi_{1-2-X-4} = \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\frac{a}{\sqrt{1+a^2}} \cdot \tan^{-1} \left(\frac{b}{\sqrt{1+a^2}} \right) + \frac{b}{\sqrt{1+b^2}} \cdot \tan^{-1} \left(\frac{a}{\sqrt{1+b^2}} \right) \right] =$$

$$= \frac{1}{2\pi} \times \left[\frac{1,292}{\sqrt{1+1,292^2}} \times \tan^{-1} \left(\frac{3,892}{\sqrt{1+1,292^2}} \right) + \frac{3,892}{\sqrt{1+3,892^2}} \times \tan^{-1} \left(\frac{1,292}{\sqrt{1+3,892^2}} \right) \right] = 0,1957,$$

где $a = h_{X-2}/s = 0,9615/0,744 = 1,292$;

$b = w_{1-2}/s = 2,896/0,744 = 3,892$;

s – расстояние от точки P до точки X (рисунок 14.9);

h_{X-2} – высота зоны излучающей поверхности (рисунок 14.9);

w_{1-2} – ширина зоны излучающей поверхности (рисунок 14.9).

Результирующий удельный тепловой поток от теплопередачи излучением определяется по формуле (6.3) настоящего Пособия:

$$\dot{h}_{net,r} = \Phi \cdot \varepsilon_m \cdot \varepsilon_f \cdot \sigma \cdot ((\Theta_r + 273)^4 - (\Theta_m + 273)^4) =$$

$$0,7828 \times 0,8 \times 1,0 \times 5,67 \cdot 10^{-8} \times ((555 + 273)^4 - (230 + 273)^4) = 14416,6 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2},$$

где Φ – угловой коэффициент облученности;

$\varepsilon_m = 0,8$ – степень черноты поверхности конструкции;

$\varepsilon_f = 1,0$ – степень черноты пламени (пожара);

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-4}$ – постоянная Стефана–Больцмана;

Θ_r – эффективная температура излучения пожара, °С;

Θ_m – температура поверхности конструкции, °С;

$\Phi_{1-3-8-6}$ – коэффициент облученности между излучающей и облучаемой поверхностями.

2.4 Выводы по разделу 2

Величина удельной пожарной нагрузки равна – 645,7 МДж·м⁻².

В результате проведенного расчета установлены следующие параметры пламени:

- мощность теплового потока – 19,75 МВт;
- высота пламени – 1,772 м;
- горизонтальная проекция пламени – 4,256 м;
- ширина пламени – 5,792 м;
- длина пламени вдоль оси – 4,61 м;
- температура пламени в окне – 1011 К;
- температура пламени вдоль оси – 828 К.

В качестве материала ограждающих конструкций принимается древесина (для оконных блоков). Продолжительность облучения составляет 20 минут. Таким образом, при указанной продолжительности облучения критическая плотность теплового потока для древесины равна 13 500 Вт·м⁻². Расчетная плотность теплового потока от пожара в многофункциональном здании равна 14416,6 Вт·м⁻², что более критической плотности теплового потока для древесины. На основании проведенного расчета можно сделать вывод о том, что при расчетном пожаре в многофункциональном здании произойдет возгорание существующего жилого здания.

Поскольку на основании проведенного расчета, происходит возгорание соседнего жилого здания от расчетного пожара в многофункциональном здании, при расчетном варианте выхода пламени перпендикулярно фасаду (без учета ветрового воздействия на геометрические параметры пламени), следовательно, производить расчет возможности воспламенения соседнего жилого здания от расчетного пожара в многофункциональном здании при расчетном варианте отклонения пламени к фасаду под углом 45°, не целесообразно.

3. Определение возможности возгорания существующего жилого здания от расчетного пожара в многофункциональном здании с учетом разработанных противопожарных мероприятий

С целью недопущения возгорания жилого здания одним из противопожарных мероприятий является устройство противопожарных дверей в многофункциональном здании в помещениях имеющих проемы в сторону жилого здания с пределом огнестойкости не менее EI (EIW)30.

3.1 Расчет параметров пламени с учетом предлагаемых мероприятий

Данный расчет выполнен в соответствии с разделом 9 настоящего Пособия и позволяет определить:

- размеры и температуру пламени из проемов;
- параметры излучения.

3.1.1 Общие положения расчета

Так как в рассматриваемой пожарной секции более одного проема, то далее в расчете используются приведенная по площади высота проемов h_{eq} , суммарная площадь вертикальных проемов A_v и суммарная ширина проемов на всех стенах ($w_i = \sum w_i$).

Части наружной стены, которые не соответствуют требуемой огнестойкости (REI) отсутствуют, поэтому в качестве проемов, через которые будет выходить пламя наружу, рассматриваются только окна и двери.

Суммарная площадь проемов в наружной стене принята равной общей площади проемов, поскольку их сумма меньше 50 % площади наружной стены пожарной секции.

Расчет выполняется с учетом принудительной вентиляции, поскольку на противоположной стороне рассматриваемых помещений, имеется, возможность дополнительного проникновения воздуха к пожару.

В расчете рассматриваются два случая выхода пламени из проемов:

1. При выходе пламени перпендикулярно к фасаду здания (без учета влияния ветра на геометрические параметры пламени);
2. При выходе пламени с отклонением 45° к фасаду здания вследствие воздействия ветра.

3.1.2 Определение расчетных параметров пожара и пламени с учетом принудительной вентиляции

Мощность теплового потока пожара, определяется по формуле:

$$Q = \frac{A_f \cdot q_{f,d}}{\tau_F} = \frac{18,05 \times 645,7}{1200} = 9,71 \text{ МВт},$$

где A_f – площадь пола пожарной секции, м^2 ;

$q_{f,d}$ – расчетная удельная пожарная нагрузка, отнесенная к площади пола A_f , $\text{МДж} \cdot \text{м}^{-2}$;

τ_F – продолжительность свободного развития пожара, принимается 1200 с.

Суммарная площадь вертикальных проемов во всех стенах равна:

$$A_v = \sum A_{v,i} = A_{ок} \cdot N_{ок} + A_{дв} \cdot N_{дв} = 1,844 \times 1 + 1,911 \times 2 = 5,666 \text{ м}^2,$$

где $A_{v,i}$ – площадь i -го проема, м^2 ;

$N_{v,i}$ – количество проемов, шт.

Приведенная по площади высота проемов на всех стенах определяется по формуле:

$$h_{eq} = \sum (A_{v,i} h_i) / A_v = (A_{ок} \cdot h_{ок} \cdot N_{ок} + A_{дв} \cdot h_{дв} \cdot N_{дв}) / A_v = (1,844 \times 1,74 \times 1 + 1,911 \times 2,1 \times 2) / 5,666 = 1,983 \text{ м},$$

где h_i – высота i -го проема, м.

Принимая скорость ветра $u = 6 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, высота пламени (рисунок 9.4) определяется по формуле:

$$L_L \approx 0,628 Q / A_v^{1/2} - h_{eq} = 0,628 \times 9,71 / 5,666^{1/2} - 1,983 = 0,579 \text{ м},$$

НТП РК 01-01.2.1-2012

Определяется вертикальная проекция пламени с учетом приведенной по площади высоты проемов:

$$h_{пл} = h_{eq} + L_L = 1,983 + 0,579 = 2,562 \text{ м.}$$

Горизонтальная проекция пламени определяется по формуле:

$$L_H = 1,33 \cdot (L_L + h_{eq}) / h_{eq}^{0,22} = 1,33 \times (0,579 + 1,983) / 1,983^{0,22} = 2,931 \text{ м.}$$

Ширина пламени определяется по формуле:

$$w_f = w_t + 0,4 \cdot L_H = 1,97 + 0,4 \times 2,931 = 3,142 \text{ м,}$$

где w_t – суммарная ширина проемов на всех стенах:

$$w_t = \sum w_i = w_{ок} \cdot N_{ок} + w_{дв} \cdot N_{дв} = 1,06 \times 1 + 0,91 \times 1 = 1,97 \text{ м.}$$

Длина пламени вдоль оси определяется по формуле:

$$L_f = (L_L^2 + L_H^2)^{1/2} = (0,579^2 + 2,931^2)^{1/2} = 2,988 \text{ м.}$$

Температура пламени в окне определяется по формуле:

$$T_w = 520 / (1 - 0,3325 L_f \cdot (A_v)^{1/2} / Q) + T_0 = 520 / (1 - 0,3325 \times 2,988 \times (5,666)^{1/2} / 9,71) + 308 = 995 \text{ К}$$

Проверяется выполнение условия:

$$\begin{aligned} L_f \cdot (A_v)^{1/2} / Q &< 1; \\ 2,988 \times (5,666)^{1/2} / 9,71 &< 1; \\ 0,732 &< 1. \end{aligned}$$

Поскольку условие выполняется, то далее для расчета принимается температура пламени в окне равная 995 К.

Температура пламени вдоль оси определяется по формуле:

$$T_z = \left(1 - 0,3325 \cdot \frac{L_x \cdot \sqrt{A_v}}{Q} \right) \cdot (T_w - T_0) + T_0 = \left(1 - 0,3325 \times \frac{2,988 \times \sqrt{5,66}}{9,71} \right) \times (995 - 308) + 308 = 828 \text{ Ê,}$$

где L_x – осевое расстояние от окна до точки, для которой производится расчет (в качестве указанного расстояния принимается величина L_f так как необходимо определить температуру на поверхности пламени), м.

В результате расчета установлены следующие параметры пламени:

- мощность теплового потока – 9,71 МВт;
- высоту пламени – 0,579 м;

- горизонтальную проекцию пламени – 2,931 м;
- ширину пламени – 3,142 м;
- длину пламени вдоль оси – 2,988 м;
- температуру пламени в окне – 995 К;
- температуру пламени вдоль оси – 828 К.

3.2 Расчет углового коэффициента облученности жилого здания от расчетного пожара в многофункциональном здании

3.2.1 Общие положения расчета

При расчете углового коэффициента облученности предполагается, что все поверхности имеют прямоугольную форму. Указанное положение относится для окон и других проемов в стенах пожарной секции, а также эквивалентных прямоугольников пламени.

Угловой коэффициент облученности каждой обогреваемой поверхности сооружения определяется как сумма долей от каждой из зон излучающей поверхности, которые видимы из точки P на обогреваемой поверхности. Эти зоны определяются относительно точки X , находящейся в месте пересечения горизонтальной линии, перпендикулярной к обогреваемой поверхности. При определении углового коэффициента облученности не учитываются доли от зон, которые не видимы из точки P .

Для определения углового коэффициента между пламенем и единичной площадкой на смежном объекте приведенную площадь пламени разбивают на четыре прямоугольника и рассматривается теплообмен излучением между каждым прямоугольником и единичной площадкой.

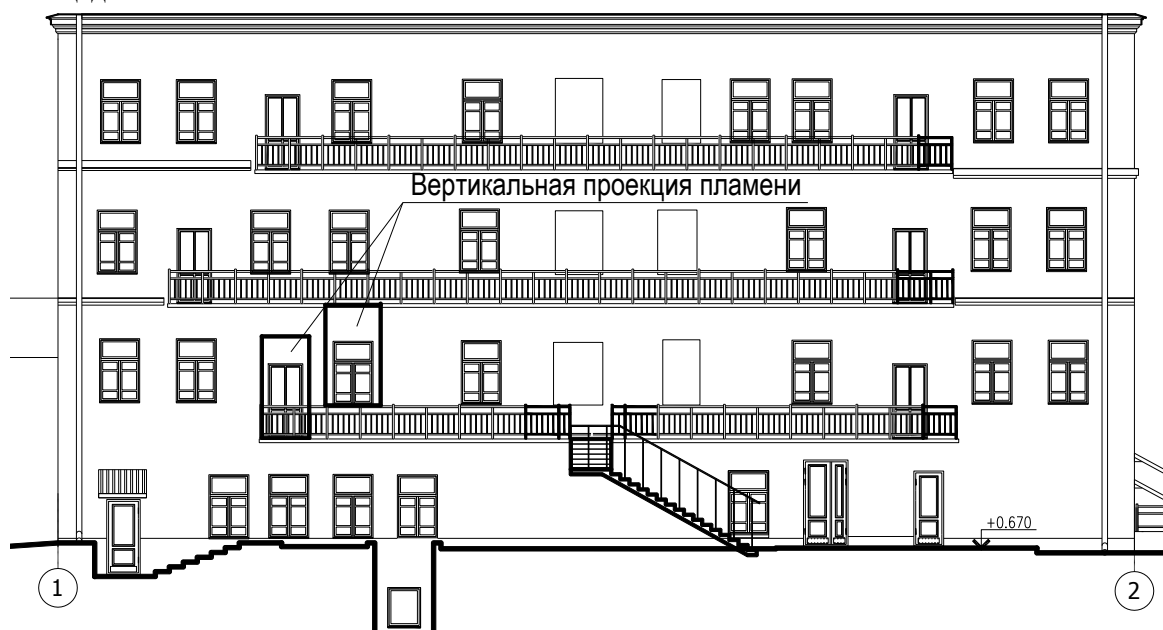


Рисунок 14.10 – Вертикальная проекция пламени на фасаде здания

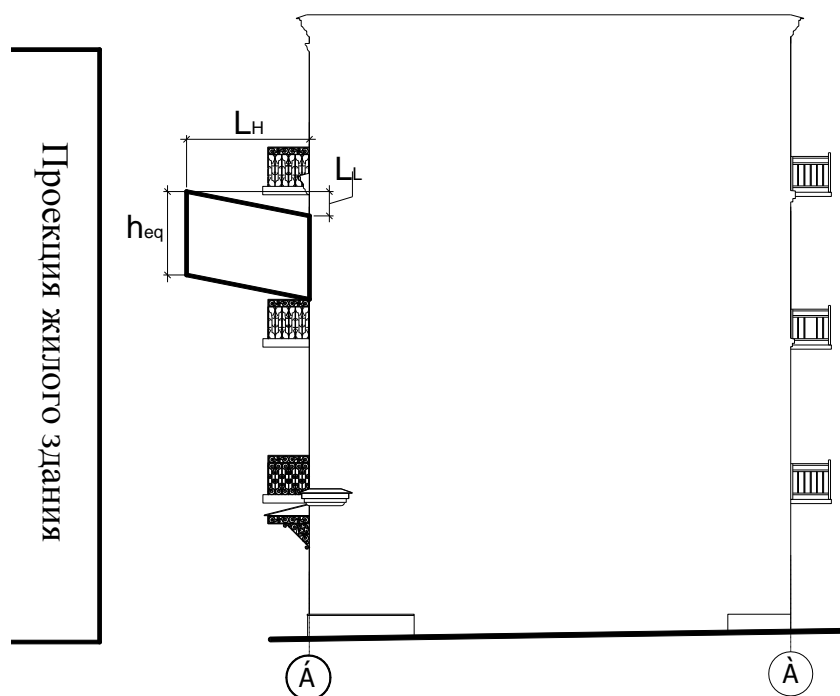


Рисунок 14.11 – Вертикальная проекция пламени на фасаде здания

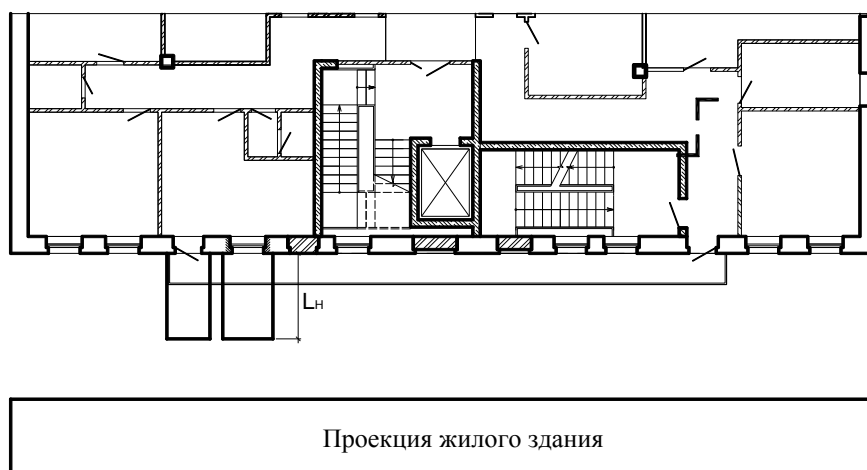


Рисунок 14.12 – Горизонтальная проекция пламени из проемов

3.2.2 Расчет углового коэффициента облученности жилого здания от расчетного пожара в multifunctional здании без учета ветрового воздействия

3.2.2.1 Расчет углового коэффициента облученности оконного проема от пламени расчетного пожара

Так как точка X лежит в пределах излучающей поверхности, то эффективный угловой коэффициент облученности от пламени определяется суммированием долей четырех прямоугольников, построенных от X до P (рисунок 14.13).

Оконный проем от пламени – прямоугольник 1-2-Х-4 (1)

Схема определения углового коэффициента облученности для оконного проема от прямоугольника 1-2-Х-4 пламени приведена на рисунке 14.13.

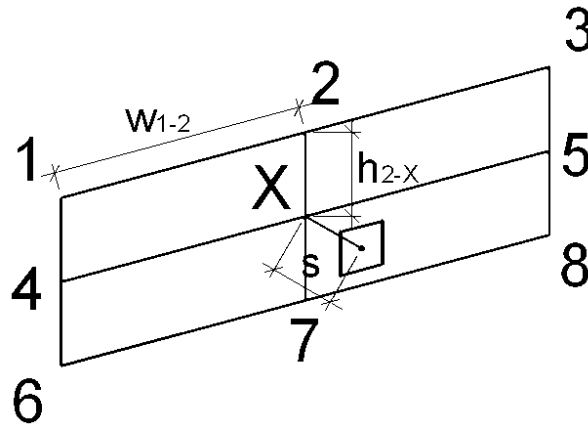


Рисунок 14.13 – Схема определения углового коэффициента облученности

Доля углового коэффициента облученности определяется по формуле:

$$\Phi_{1-2-X-4} = \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\frac{a}{\sqrt{1+a^2}} \cdot \tan^{-1} \left(\frac{b}{\sqrt{1+a^2}} \right) + \frac{b}{\sqrt{1+b^2}} \cdot \tan^{-1} \left(\frac{a}{\sqrt{1+b^2}} \right) \right] =$$

$$= \frac{1}{2\pi} \times \left[\frac{0,619}{\sqrt{1+0,619^2}} \times \tan^{-1} \left(\frac{0,759}{\sqrt{1+0,619^2}} \right) + \frac{0,759}{\sqrt{1+0,759^2}} \times \tan^{-1} \left(\frac{0,619}{\sqrt{1+0,759^2}} \right) \right] = 0,0921,$$

где $a = h_{X-2}/s = 1,281/2,069 = 0,619$;

$b = w_{1-2}/s = 1,571/2,069 = 0,759$;

s – расстояние от точки P до точки X (рисунок 14.13);

h_{X-2} – высота зоны излучающей поверхности (рисунок 14.13);

w_{1-2} – ширина зоны излучающей поверхности (рисунок 14.13).

Так как элементарная площадка размещена на перпендикуляре к геометрическому центру пламени, то значение углового коэффициента от каждого прямоугольника пламени равно друг другу $\Phi_{1-2-X-4} = \Phi_{2-3-5-X} = \Phi_{4-X-7-6} = \Phi_{X-5-8-7}$. Следовательно, угловой коэффициент от пламени на рассматриваемое сооружение составит:

$$\Phi_{1-3-8-6} = 4 \cdot \Phi_{1-2-X-4} = 4 \times 0,0921 = 0,3684.$$

Результирующий удельный тепловой поток от теплопередачи излучением определяется по формуле (6.3) настоящего Пособия:

$$\dot{h}_{net,r} = \Phi \cdot \varepsilon_m \cdot \varepsilon_f \cdot \sigma \cdot ((\Theta_r + 273)^4 - (\Theta_m + 273)^4) =$$

$$0,3684 \times 0,8 \times 1,0 \times 5,67 \cdot 10^{-8} \times ((555 + 273)^4 - (230 + 273)^4) = 6784,7 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2},$$

где Φ – угловой коэффициент облученности;

$\varepsilon_m = 0,8$ – степень черноты поверхности конструкции;

$\varepsilon_f = 1,0$ – степень черноты пламени (пожара);

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-4}$ – постоянная Стефана–Больцмана;

Θ_r – эффективная температура излучения пожара, °С;

Θ_m – температура поверхности конструкции, °С.

$\Phi_{1-3-8-6}$ – коэффициент облученности между излучающей и облучаемой поверхностями.

3.4 Вывод по разделу 3

Величина удельной пожарной нагрузки равна – 645,7 МДж·м⁻².

В результате проведенного расчета установлены следующие параметры пламени:

- мощность теплового потока – 9,71 МВт;
- высота пламени – 0,579 м;
- горизонтальная проекция пламени – 2,931 м;
- ширина пламени – 3,142 м;
- длина пламени вдоль оси – 2,988 м;
- температура пламени в окне – 995 К;
- температура пламени вдоль оси – 828 К.

Продолжительность облучения составляет 20 минут. Таким образом, при указанной продолжительности облучения критическая плотность теплового потока для древесины равна 13 500 Вт·м⁻². Расчетная плотность теплового потока от пожара в многофункциональном здании равна 6784 Вт·м⁻², что менее критической плотности теплового потока. Таким образом, можно сделать вывод о том, что при расчетном пожаре в многофункциональном здании в течение указанного периода времени возгорание ограждающих строительных конструкций жилого здания не произойдет.

Общие выводы

На основании проведенного расчета произведена оценка возможности возгорания жилого здания от расчетного пожара в многофункциональном здании. При существующих объемно-планировочных и конструктивных решениях многофункционального здания расчетные параметры пламени при пожаре в нем составят: мощность теплового потока – 19,75 МВт; – высота пламени – 1,772 м; – горизонтальная проекция пламени – 4,256 м; – ширина пламени – 5,792 м; – длина пламени вдоль оси – 4,61 м; – температура пламени в окне – 1011 К; – температура пламени вдоль оси – 828 К. На основании сравнительной оценки фактической мощности теплового потока ($q_{1-3-8-6}=14416,6$ Вт·м⁻²) с критической (для древесины $q_{кр}=13\,500$ Вт·м⁻²) можно сделать вывод, что при расчетном пожаре в указанном здании произойдет возгорание противоположного жилого здания.

Одним из противопожарных мероприятий, направленных на снижение расчетных параметров пламени, за счет уменьшения площади горения является установка противопожарных дверей с пределом огнестойкости не ниже EI (EIW)30. В таком случае значение плотности теплового потока составит $q_{1-3-8-6}=6784,7$ Вт·м⁻² и не превысит критического значения $q_{кр}=13\,500$ Вт·м⁻², следовательно и не произойдет возгорание жилого здания при расчетном пожаре в многофункциональном здании.

Комплексный пример расчета 2

Определение возможности возгорания хозяйственной постройки от расчетного пожара в торговом здании

1. Общие положения

Торговое здание предназначено для реализации оргтехники и канцелярских товаров. Здание двухэтажное с мансардой, имеет пристройку так же двухэтажей со стенами из кирпича и блоков из ячеистого бетона, со скатной кровлей. Высота первого этажа – 2,7 м, высота мансардного этажа – 2,5 м. В здании расположены торговый зал и вспомогательные помещения магазина. В пристройке на первом этаже расположена топочная, склад оргтехники, кабинеты. На мансардном этаже – рабочие кабинеты.

Хозяйственная постройка размещается на расстоянии 2,2 м от торгового здания. Постройка выполнена из древесины и имеет размеры в плане 1×2 м, высота – 2,3 м. Расстояние до ближайшего оконного проема составляет 3 м. Постройка располагается относительно здания магазина под углом 96°.

За расчетную ситуацию принят пожар, который может произойти в здании, поскольку он представляет большую угрозу в виду наличия внутри большей пожарной нагрузки и обладает более крупными габаритными размерами.

2. Определение возможности возгорания хозяйственной постройки от расчетного пожара в торговом здании

2.1 Определение параметров пламени

Данный расчет выполнен в соответствии с разделом 9 настоящего Пособия и позволяет определить:

- размеры и температуру пламени из проемов;
- параметры излучения.

2.1.1 Условия применения

Так как в рассматриваемой пожарной секции более одного окна, то далее в расчете используются приведенная по площади высота окон h_{eq} , суммарная площадь вертикальных проемов A_v и суммарная ширина окон на всех стенах ($w_i = \sum w_i$).

Части наружной стены, которые не соответствуют требуемой огнестойкости (REI) отсутствуют, поэтому в качестве проемов через которые будет выходить пламя наружу рассматриваются только окна.

Суммарная площадь окон в наружной стене принята равной общей площади оконных проемов, поскольку их сумма меньше 50 % площади соответствующей наружной стены помещения.

Расчет выполняется с учетом принудительной вентиляции, поскольку на противоположной стороне пожарной секции, имеется, возможность дополнительного проникновения воздуха к пожару.

В расчете рассматриваются два случая выхода пламени из проемов:

- перпендикулярно к фасаду здания (без учета влияния ветра на геометрические параметры пламени);
- с отклонением 45° к фасаду здания вследствие воздействия ветра.

2.1.2 Определение характеристики пожара и пламени с учетом принудительной вентиляции

Мощность теплового потока пожара, определяется по формуле:

$$Q = \frac{A_f \cdot q_{f,d}}{\tau_F} = \frac{52,24 \times 250}{1200} = 10,88 \text{ МДж/с},$$

где A_f – площадь пола пожарной секции, м²;

$q_{f,d}$ – расчетная удельная пожарная нагрузка, отнесенная к площади пола A_f , МДж·м⁻²;

τ_F – продолжительность свободного развития пожара, принимается 1200 с.

Суммарная площадь вертикальных проемов во всех стенах равна:

$$A_v = \sum A_{v,i} = A_{ок} \cdot N_{ок} + A_{дв} \cdot N_{дв} = 2,196 \times 3 + 2,091 \times 1 = 8,678 \text{ м}^2,$$

где $A_{v,i}$ – площадь i -го окна, м²;

Приведенная по площади высота окон на всех стенах определяется по формуле:

$$h_{eq} = \sum (A_{v,i} \cdot h_i) / A_v = (A_{ок} \cdot h_{ок} \cdot N_{ок} + A_{дв} \cdot h_{дв} \cdot N_{дв}) / A_v = (2,20 \times 1,83 \times 3 + 2,09 \times 2,07 \times 1) / 8,68 = 1,89 \text{ м},$$

где h_i – высота i -го окна, м.

Принимая скорость ветра $u = 6 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, высота пламени (рисунок 9.4) определяется по формуле:

$$L_L \approx 0,628 \cdot Q / A_v^{1/2} - h_{eq} = 0,628 \times 10,88 / 8,68^{1/2} - 1,89 = 0,43 \text{ м},$$

где A_v – суммарная площадь вертикальных проемов во всех стенах, $A_v = \sum A_{v,i}$;

Горизонтальная проекция пламени определяется по формуле:

$$L_H = 1,33 \cdot (L_L + h_{eq}) / h_{eq}^{0,22} = 1,33 \times (0,43 + 1,89) / 1,89^{0,22} = 2,68 \text{ м}.$$

Ширина пламени определяется по формуле:

$$w_f = w_t + 0,4 \cdot L_H = 3,6 + 0,4 \times 2,68 = 4,67 \text{ м},$$

где w_t – суммарная ширина окон на всех стенах, определяется следующим образом:

$$w_t = \sum w_i = w_{ок} \cdot N_{ок} = 1,2 \times 3 = 3,6 \text{ м}.$$

Длина пламени вдоль оси определяется по формуле:

$$L_f = (L_L^2 + L_H^2)^{1/2} = (0,43^2 + 2,68^2)^{1/2} = 2,72 \text{ м}.$$

Температура пламени в окне определяется по формуле:

$$T_w = 520 / (1 - 0,3325 L_f \cdot (A_v)^{1/2} / Q) + T_0 = 520 / (1 - 0,3325 \times 2,72 \times (8,68)^{1/2} / 10,88) + 308 = 996 \text{ K}.$$

Проверяется выполнение условия:

$$\begin{aligned} L_f \cdot (A_v)^{1/2} / Q &< 1; \\ 2,72 \times (8,68)^{1/2} / 10,88 &< 1; \\ 0,736 &< 1. \end{aligned}$$

Поскольку условие выполняется, то далее для расчета принимается температура пламени в окне равная 996 К.

Температура пламени вдоль оси определяется по формуле:

$$T_z = \left(1 - 0,3325 \cdot \frac{L_x \cdot \sqrt{A_v}}{Q} \right) \cdot (T_w - T_0) + T_0 = \left(1 - 0,3325 \times \frac{2,68 \times \sqrt{8,68}}{10,88} \right) \times (996 - 308) + 308 = 830 \text{ K},$$

где L_x – осевое расстояние от окна до точки, для которой производится расчет.

2.1.3 Вывод

В результате расчета установлены следующие параметры пламени:

- мощность теплового потока – 10,88 МВт;
- высоту пламени – 0,43 м;
- горизонтальную проекцию пламени – 2,68 м;
- ширину пламени – 4,67 м;
- длину пламени вдоль оси – 2,72 м;
- температуру пламени в окне – 996 К;
- температуру пламени вдоль оси – 830 К.

2.2 Расчет углового коэффициента облученности сооружения без учета воздействия ветра

2.2.1 Условия применения

При расчете углового коэффициента облученности сооружения предполагается, что все поверхности имеют прямоугольную форму. Это касается окон и других проемов в стенах пожарной секции, а также эквивалентных прямоугольников пламени.

Угловой коэффициент облученности каждой обогреваемой поверхности сооружения определяется как сумма долей от каждой из зон излучающей поверхности, которые видимы из точки P на обогреваемой поверхности. Эти зоны определяются относительно точки X , находящейся в месте пересечения горизонтальной линии, перпендикулярной к обогреваемой поверхности. Не учитываются доли от зон, которые не видимы из точки P .

2.2.2 Сторона A-B от пламени E-F

Так как точка X_1 лежит вне излучающей поверхности, то эффективный угловой коэффициент облученности от стороны пламени $E-F$ определяется суммированием долей двух прямоугольников, построенных от X_1 до удаленного края излучающей поверхности, и вычитанием

долей двух прямоугольников, построенных от X_1 до близлежащего края излучающей поверхности (рисунок 14.14).

Сторона $A-B$ от пламени $E-F$ – прямоугольник 1-3- X_1 -7 (1)

Схема определения углового коэффициента облученности для стороны $A-B$ от прямоугольника 1-3- X_1 -7 стороны пламени $E-F$ приведена на рисунке 14.14.

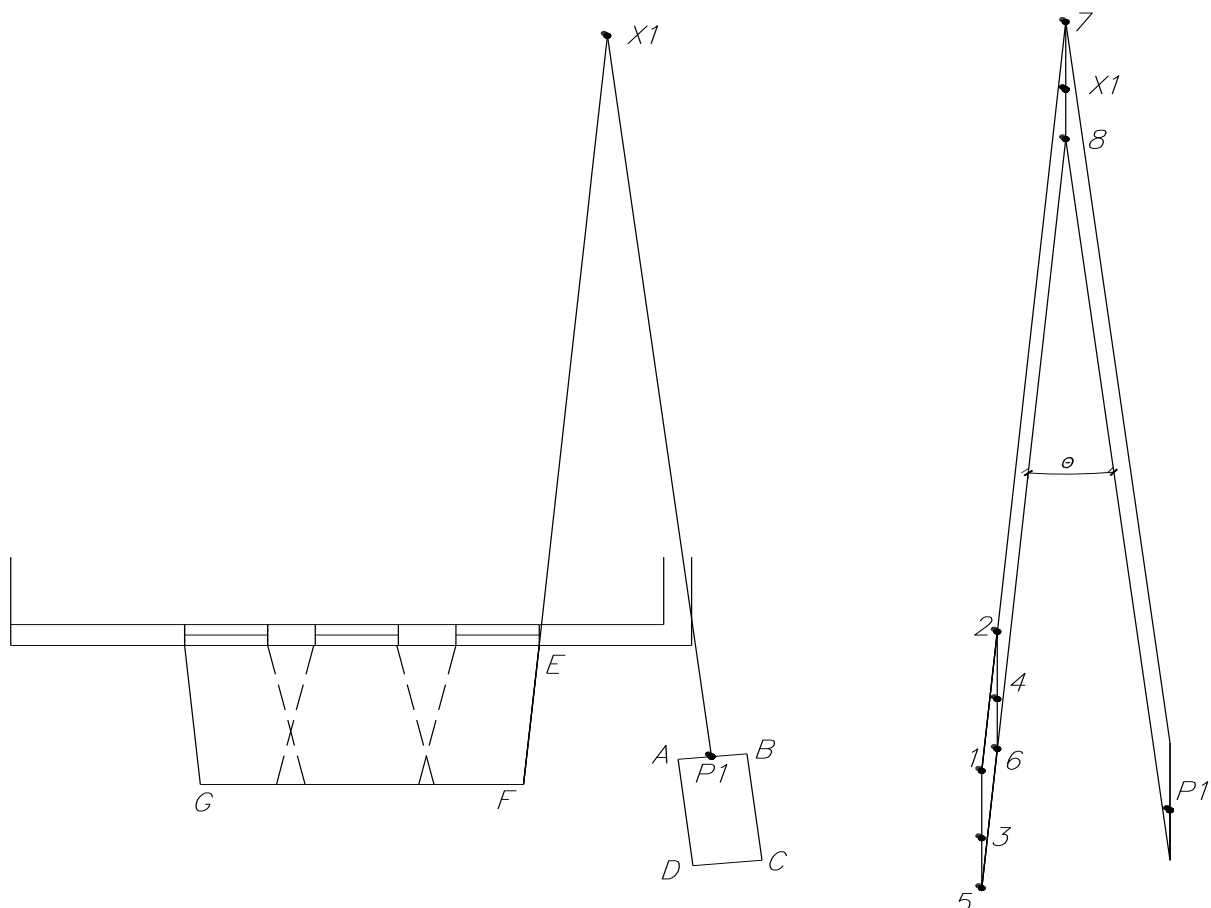


Рисунок 14.14 – Схема определения углового коэффициента облученности

Доля углового коэффициента облученности определяется по формуле:

$$\begin{aligned} \Phi_{1-3-\delta 1-7}^{\dot{A}-\dot{A}} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b - \cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(0,093) - \frac{(1 - 1,037 \times \cos 0,19)}{\sqrt{1 + 1,037^2 - 2 \times 1,037 \times \cos 0,19}} \times \tan^{-1}\left(\frac{0,093}{\sqrt{1 + 1,037^2 - 2 \times 1,037 \times \cos 0,19}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{0,093 \times \cos 1,67}{\sqrt{0,093^2 + \sin^2 0,19}} \left[\tan^{-1}\left(\frac{(1,037 - \cos 0,19)}{\sqrt{0,093^2 + \sin^2 0,19}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 0,19}{\sqrt{0,093^2 + \sin^2 0,19}}\right) \right] \right] = 0,133, \end{aligned}$$

где $a=h_{1-3}/s=1,3/13,96=0,093$;
 $b=w_{1-7}/s=14,47/13,96=1,037$;
 s – расстояние от точки P_1 до точки X_1 (рисунок 14.14);
 h_{1-3} – высота зоны излучающей поверхности (рисунок 14.14);
 w_{1-7} – ширина зоны излучающей поверхности (рисунок 14.14).

Сторона $A-B$ от пламени $E-F$ – прямоугольник 3- X_1 -8-5 (2)

Доля углового коэффициента облученности для стороны $A-B$ от прямоугольника 3- X_1 -8-5 стороны пламени $E-F$ определяется по формуле:

$$\begin{aligned}\Phi_{3-\partial 1-8-5}^{\dot{A}-\dot{A}} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b - \cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(0,069) - \frac{(1-1,037 \times \cos 0,19)}{\sqrt{1+1,037^2-2 \times 1,037 \times \cos 0,19}} \times \tan^{-1}\left(\frac{0,069}{\sqrt{1+1,037^2-2 \times 1,037 \times \cos 0,19}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{0,069 \times \cos 0,19}{\sqrt{0,069^2 + \sin^2 0,19}} \left[\tan^{-1}\left(\frac{(1,037 - \cos 0,19)}{\sqrt{0,069^2 + \sin^2 0,19}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 0,19}{\sqrt{0,069^2 + \sin^2 0,19}}\right) \right] \right] = 0,103,\end{aligned}$$

где $a=h_{5-3}/s=0,96/13,96=0,069$;
 $b=w_{1-7}/s=14,47/13,96=1,037$;
 s – расстояние от точки P_1 до точки X_1 (рисунок 14.14);
 h_{5-3} – высота зоны излучающей поверхности (рисунок 14.14);
 w_{1-7} – ширина зоны излучающей поверхности (рисунок 14.14).

Сторона $A-B$ от пламени $E-F$ – прямоугольник 2-4- X_1 -7 (3)

Доля углового коэффициента облученности для стороны $A-B$ от прямоугольника 2-4- X_1 -7 стороны пламени $E-F$ определяется по формуле:

$$\begin{aligned}\Phi_{2-4-\partial 1-7}^{\dot{A}-\dot{A}} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b - \cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(0,093) - \frac{(1-0,845 \times \cos 0,19)}{\sqrt{1+0,845^2-2 \times 0,845 \times \cos 0,19}} \times \tan^{-1}\left(\frac{0,093}{\sqrt{1+0,845^2-2 \times 0,845 \times \cos 0,19}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{0,093 \times \cos 0,19}{\sqrt{0,093^2 + \sin^2 0,19}} \left[\tan^{-1}\left(\frac{(0,845 - \cos 0,19)}{\sqrt{0,093^2 + \sin^2 0,19}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 0,19}{\sqrt{0,093^2 + \sin^2 0,19}}\right) \right] \right] = 0,025,\end{aligned}$$

где $a=h_{1-3}/s=1,3/13,96=0,093$;
 $b=w_{2-7}/s=11,79/13,96=0,845$;

s – расстояние от точки P_1 до точки X_1 (рисунок 14.14);
 h_{2-4} – высота зоны излучающей поверхности (рисунок 14.14);
 w_{2-7} – ширина зоны излучающей поверхности (рисунок 14.14).

Сторона $A-B$ от пламени $E-F$ – прямоугольник 4- X_1 -8-6 (4)

Доля углового коэффициента облученности для стороны $A-B$ от прямоугольника 4- X_1 -8-6 стороны пламени $E-F$ определяется по формуле:

$$\begin{aligned} \Phi_{4-X_1-8-6}^{A-A} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(0,069) - \frac{(1-0,845 \times \cos 0,19)}{\sqrt{1+0,845^2-2 \times 0,845 \times \cos 0,19}} \times \tan^{-1}\left(\frac{0,069}{\sqrt{1+0,845^2-2 \times 0,845 \times \cos 0,19}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{0,069 \times \cos 0,19}{\sqrt{0,069^2 + \sin^2 0,19}} \left[\tan^{-1}\left(\frac{(0,845-\cos 0,19)}{\sqrt{0,069^2 + \sin^2 0,19}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 0,19}{\sqrt{0,069^2 + \sin^2 0,19}}\right) \right] \right] = 0,019, \end{aligned}$$

где $a=h_{4-6}/s=0,96/13,96=0,069$;
 $b=w_{2-7}/s=11,79/13,96=0,845$;
 s – расстояние от точки P_1 до точки X_1 (рисунок 14.14);
 h_{5-3} – высота зоны излучающей поверхности (рисунок 14.14);
 w_{2-7} – ширина зоны излучающей поверхности (рисунок 14.14).

Общий угловой коэффициент облученности для стороны $A-B$ от пламени $E-F$ составит:

$$\Phi_{E-F}^{A-B} = \Phi_{1-3-X_1-7}^{A-B} + \Phi_{3-X_1-8-5}^{A-B} - \Phi_{2-3-X_1-7}^{A-B} - \Phi_{4-X_1-8-6}^{A-B} = 0,133 + 0,103 - 0,025 - 0,019 = 0,192.$$

Так как не учитываются доли от зон, которые не видимы из точки P_1 то угловой коэффициент облученности для стороны $A-B$ от пламени $F-G$ будет равен нулю (рисунок 14.14).

2.2.3 Сторона $A-D$ от пламени $E-F$ – прямоугольник 1-3- X_2 -7 (1)

Схема определения углового коэффициента облученности для стороны $A-B$ от прямоугольника 1-3- X_2 -7 стороны пламени $E-F$ приведена на рисунке 14.15.

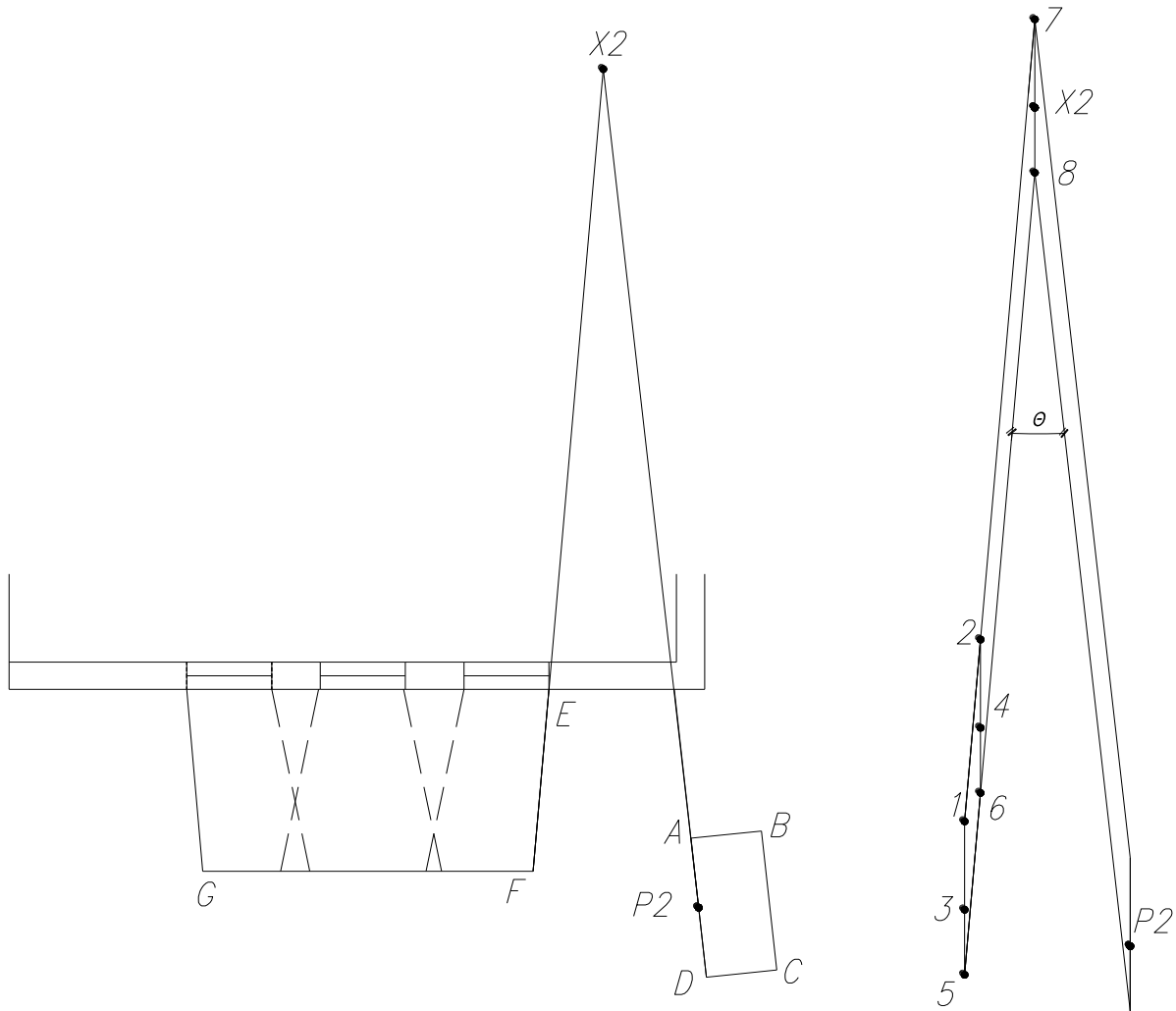


Рисунок 14.15— Схема определения углового коэффициента облученности

Доля углового коэффициента облученности определяется по формуле:

$$\begin{aligned} \Phi_{1-3-02-7}^{\dot{A}-\dot{A}} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1 - b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1 + b^2 - 2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1 + b^2 - 2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b - \cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(0,105) - \frac{(1 - 0,954 \times \cos 0,19)}{\sqrt{1 + 0,954^2 - 2 \times 0,954 \times \cos 0,19}} \times \tan^{-1}\left(\frac{0,105}{\sqrt{1 + 0,954^2 - 2 \times 0,954 \times \cos 0,19}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{0,105 \times \cos 0,19}{\sqrt{0,105^2 + \sin^2 0,19}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(0,954 - \cos 0,19)}{\sqrt{0,105^2 + \sin^2 0,19}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 0,19}{\sqrt{0,105^2 + \sin^2 0,19}}\right) \right] \right] = 0,083, \end{aligned}$$

где $a = h_{1-3} / s = 1,3 / 12,43 = 0,105$;

$$b=w_{1-7}/s=11,86/12,43=0,954;$$

s – расстояние от точки P_2 до точки X_2 (рисунок 14.15);

h_{1-3} – высота зоны излучающей поверхности (рисунок 14.15);

w_{1-7} – ширина зоны излучающей поверхности (рисунок 14.15).

Сторона $A-D$ от пламени $E-F$ – прямоугольник 3- X_2 -8-5 (2)

Доля углового коэффициента облученности для стороны $A-D$ от прямоугольника 3- X_2 -8-5 стороны пламени $E-F$ определяется по формуле:

$$\begin{aligned} \Phi_{3\delta 2-8-5}^{\dot{A}-\dot{A}} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(0,077) - \frac{(1-0,954 \times \cos 0,19)}{\sqrt{1+0,954^2-2 \times 0,954 \times \cos 0,19}} \times \tan^{-1}\left(\frac{0,077}{\sqrt{1+0,954^2-2 \times 0,954 \times \cos 0,19}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{0,077 \times \cos 0,19}{\sqrt{0,077^2 + \sin^2 0,19}} \left[\tan^{-1}\left(\frac{(0,954-\cos 0,19)}{\sqrt{0,077^2 + \sin^2 0,19}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 0,19}{\sqrt{0,077^2 + \sin^2 0,19}}\right) \right] \right] = 0,065, \end{aligned}$$

где $a=h_{5-3}/s=1,3/12,43=0,105$;

$$b=w_{1-7}/s=11,86/12,43=0,954;$$

s – расстояние от точки P_2 до точки X_2 (рисунок 14.15);

h_{1-3} – высота зоны излучающей поверхности (рисунок 14.15);

w_{1-7} – ширина зоны излучающей поверхности (рисунок 14.15).

Сторона $A-D$ от пламени $E-F$ – прямоугольник 2-4- X_2 -7 (3)

Доля углового коэффициента облученности для стороны $A-D$ от прямоугольника 2-4- X_2 -7 стороны пламени $E-F$.

Доля углового коэффициента облученности определяется по формуле:

$$\begin{aligned} \Phi_{2-4-\delta 2-7}^{\dot{A}-\dot{A}} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(0,105) - \frac{(1-0,738 \times \cos 0,19)}{\sqrt{1+0,738^2-2 \times 0,738 \times \cos 0,19}} \times \tan^{-1}\left(\frac{0,105}{\sqrt{1+0,738^2-2 \times 0,738 \times \cos 0,19}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{0,105 \times \cos 0,19}{\sqrt{0,105^2 + \sin^2 0,19}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(0,738-\cos 0,19)}{\sqrt{0,105^2 + \sin^2 0,19}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 0,19}{\sqrt{0,105^2 + \sin^2 0,19}}\right) \right] \right] = 0,009, \end{aligned}$$

где $a=h_{2-4}/s=1,3/12,43=0,105$;

$$b=w_{2-7}/s=9,17/12,43=0,738;$$

s – расстояние от точки P_2 до точки X_2 (рисунок 14.15);
 h_{1-3} – высота зоны излучающей поверхности (рисунок 14.15);
 w_{1-7} – ширина зоны излучающей поверхности (рисунок 14.15).

Сторона $A-D$ от пламени $E-F$ – прямоугольник 4- X_2 -8-6 (4)

Доля углового коэффициента облученности для стороны $A-D$ от прямоугольника 4- X_2 -8-6 стороны пламени $E-F$ определяется по формуле:

$$\begin{aligned}\Phi_{4-X_2-8-6}^{A-A} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos \theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos \theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos \theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos \theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2 \theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b - \cos \theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2 \theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos \theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2 \theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(0,077) - \frac{(1 - 0,738 \times \cos 0,19)}{\sqrt{1 + 0,738^2 - 2 \times 0,738 \times \cos 0,19}} \times \tan^{-1}\left(\frac{0,077}{\sqrt{1 + 0,738^2 - 2 \times 0,738 \times \cos 0,19}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{0,077 \times \cos 0,19}{\sqrt{0,077^2 + \sin^2 0,19}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(0,738 - \cos 0,19)}{\sqrt{0,077^2 + \sin^2 0,19}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 0,19}{\sqrt{0,077^2 + \sin^2 0,19}}\right) \right] \right] = 0,007,\end{aligned}$$

где $a=h_{5-3}/s=1,3/12,43=0,105$;

$b=w_{1-7}/s=11,86/12,43=0,954$;

s – расстояние от точки P_2 до точки X_2 (рисунок 14.15);

h_{1-3} – высота зоны излучающей поверхности (рисунок 14.15);

w_{1-7} – ширина зоны излучающей поверхности (рисунок 14.15).

Общий угловой коэффициент облученности для стороны $A-D$ от пламени $E-F$ составит:

$$\Phi_{E-F}^{A-D} = \Phi_{1-3-X_2-7}^{A-D} + \Phi_{3-X_2-8-5}^{A-D} - \Phi_{2-3-X_2-7}^{A-D} - \Phi_{4-X_2-8-6}^{A-D} = 0,083 + 0,065 - 0,009 - 0,007 = 0,132$$

Сторона $A-D$ от пламени $F-G$ – прямоугольник 1-3- X_3 -7 (1)

Схема определения углового коэффициента облученности для стороны $A-B$ от прямоугольника 1-3- X_3 -7 стороны пламени $F-G$ приведена на рисунке 14.16.

Доля углового коэффициента облученности определяется по формуле:

$$\begin{aligned} \Phi_{1-3-03-7}^{\dot{A}-\dot{A}} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(2,407) - \frac{(1-12,870 \times \cos 1,67)}{\sqrt{1+12,870^2-2 \times 12,870 \times \cos 1,67}} \times \tan^{-1}\left(\frac{2,407}{\sqrt{1+12,870^2-2 \times 12,870 \times \cos 1,67}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{2,407 \times \cos 1,67}{\sqrt{2,407^2 + \sin^2 1,67}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(12,870 - \cos 1,67)}{\sqrt{2,407^2 + \sin^2 1,67}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 1,67}{\sqrt{2,407^2 + \sin^2 1,67}}\right) \right] \right] = 0,163, \end{aligned}$$

где $a=h_{1-3}/s=1,3/0,54=2,407$;

$b=w_{1-7}/s=6,95/0,54=12,870$;

s – расстояние от точки P_2 до точки X_3 (рисунок 14.16);

h_{1-3} – высота зоны излучающей поверхности (рисунок 14.16);

w_{1-7} – ширина зоны излучающей поверхности (рисунок 14.16).

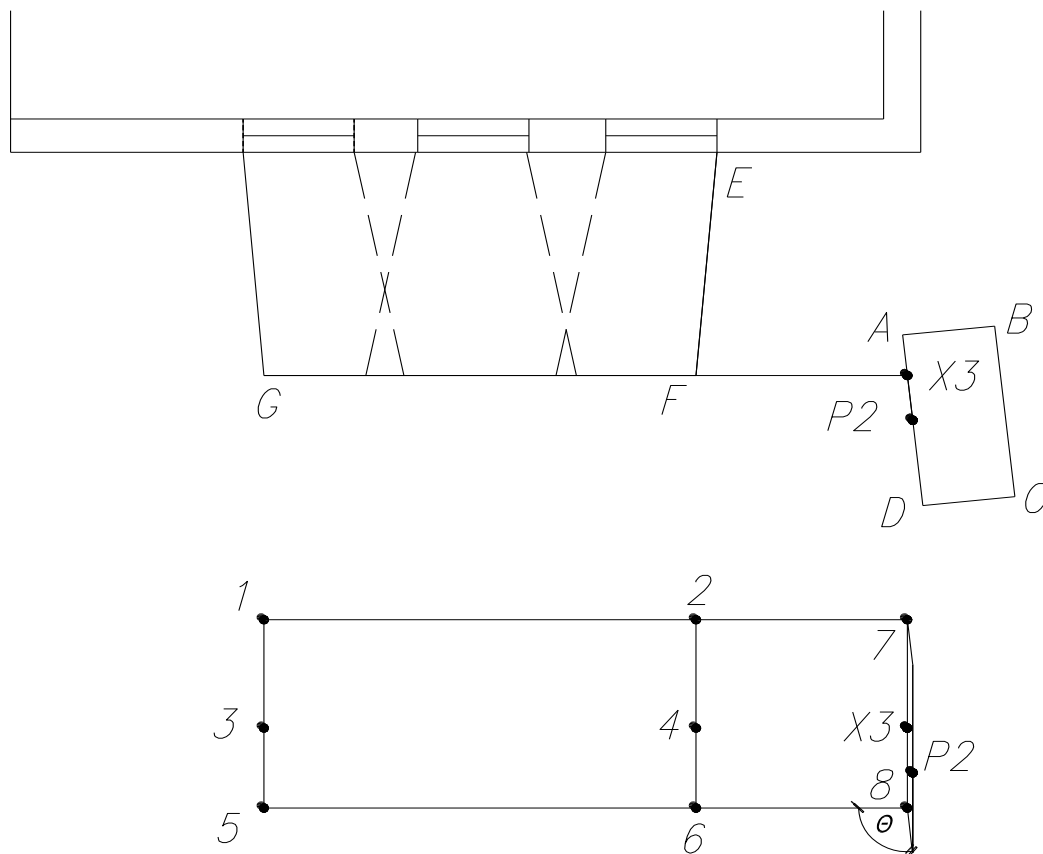


Рисунок 14.16 — Схема определения углового коэффициента облученности

Сторона $A-D$ от пламени $F-G$ – прямоугольник 3- X_3 -8-5 (2)

Доля углового коэффициента облученности для стороны $A-D$ от прямоугольника 3- X_3 -8-5 стороны пламени $F-G$ определяется по формуле:

$$\begin{aligned}
\Phi_{3-\bar{a}3-8-5}^{\bar{A}-\bar{A}} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\
&+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\
&= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(1,778) - \frac{(1-12,870 \times \cos 1,67)}{\sqrt{1+12,870^2-2 \times 12,870 \times \cos 1,67}} \times \tan^{-1}\left(\frac{1,778}{\sqrt{1+12,870^2-2 \times 12,870 \times \cos 1,67}}\right) + \right. \\
&+ \left. \frac{1,778 \times \cos 1,67}{\sqrt{1,778^2 + \sin^2 1,67}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(12,870 - \cos 1,67)}{\sqrt{1,778^2 + \sin^2 1,67}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 1,67}{\sqrt{1,778^2 + \sin^2 1,67}}\right) \right] \right] = 0,146,
\end{aligned}$$

где $a=h_{1-3}/s=0,96/0,54=1,778$;

$b=w_{1-7}/s=6,95/0,54=12,870$;

s – расстояние от точки P_2 до точки X_3 (рисунок 14.16);

h_{5-3} – высота зоны излучающей поверхности (рисунок 14.16);

w_{1-7} – ширина зоны излучающей поверхности (рисунок 14.16).

Сторона $A-D$ от пламени $F-G$ – прямоугольник 2-4- X_3 -7 (3)

Доля углового коэффициента облученности для стороны $A-D$ от прямоугольника 2-4- X_3 -7 стороны пламени $F-G$ определяется по формуле:

$$\begin{aligned}
\Phi_{2-4-\bar{a}3-7}^{\bar{A}-\bar{A}} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\
&+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\
&= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(2,407) - \frac{(1-4,222 \times \cos 1,67)}{\sqrt{1+4,222^2-2 \times 4,222 \times \cos 1,67}} \times \tan^{-1}\left(\frac{2,407}{\sqrt{1+4,222^2-2 \times 4,222 \times \cos 1,67}}\right) + \right. \\
&+ \left. \frac{2,407 \times \cos 1,67}{\sqrt{2,407^2 + \sin^2 1,67}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(4,222 - \cos 1,67)}{\sqrt{2,407^2 + \sin^2 1,67}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 1,67}{\sqrt{2,407^2 + \sin^2 1,67}}\right) \right] \right] = 0,148,
\end{aligned}$$

где $a=h_{2-4}/s=1,3/0,54=2,407$;

$b=w_{2-7}/s=2,28/0,54=4,222$;

s – расстояние от точки P_2 до точки X_3 (рисунок 14.16);

h_{2-4} – высота зоны излучающей поверхности (рисунок 14.16);

w_{2-7} – ширина зоны излучающей поверхности (рисунок 14.16).

Сторона $A-D$ от пламени $F-G$ – прямоугольник 4- X_3 -8-6 (4)

Доля углового коэффициента облученности для стороны $A-D$ от прямоугольника 4- X_3 -8-6 стороны пламени $F-G$ определяется по формуле:

$$\begin{aligned}\Phi_{4-3-8-6}^{A-\dot{A}} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(1,778) - \frac{(1-4,222 \times \cos 1,67)}{\sqrt{1+4,222^2-2 \times 4,222 \times \cos 1,67}} \times \tan^{-1}\left(\frac{1,778}{\sqrt{1+4,222^2-2 \times 4,222 \times \cos 1,67}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{1,778 \times \cos 1,67}{\sqrt{1,778^2 + \sin^2 1,67}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(4,222 - \cos 1,67)}{\sqrt{1,778^2 + \sin^2 1,67}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 1,67}{\sqrt{1,778^2 + \sin^2 1,67}}\right) \right] \right] = 0,134,\end{aligned}$$

где $a=h_{4-6}/s=0,96/0,54=1,778$;

$b=w_{1-7}/s=6,95/0,54=12,870$;

s – расстояние от точки P_2 до точки X_3 (рисунок 14.16);

h_{5-3} – высота зоны излучающей поверхности (рисунок 14.16);

w_{2-7} – ширина зоны излучающей поверхности (рисунок 14.16).

Общий угловой коэффициент облученности для стороны **A-D** от пламени **F-G** составит:

$$\Phi_{F-G}^{A-D} = \Phi_{1-3-X_3-7}^{A-D} + \Phi_{3-X_3-8-5}^{A-D} - \Phi_{2-3-X_3-7}^{A-D} - \Phi_{4-X_3-8-6}^{A-D} = 0,163 + 0,146 - 0,148 - 0,134 = 0,027.$$

Общий угловой коэффициент облученности для стороны **A-D** от пламени **E-F-G** составит:

$$\Phi_{E-F-G}^{A-D} = \Phi_{E-F}^{A-D} + \Phi_{F-G}^{A-D} = 0,132 + 0,027 = 0,159$$

2.2.4 Точка P_3 , находящаяся на кровле сооружения, от пламени **E-F**

Так как точка X_4 лежит вне излучающей поверхности, то эффективный угловой коэффициент облученности от стороны пламени **E-F** определяется долей прямоугольника построенного от X_4 до удаленного края излучающей поверхности, и вычитанием доли прямоугольника, построенного от X_4 до близлежащего края излучающей поверхности (рисунок 14.17).

Точка P_3 , находящаяся на кровле сооружения, от пламени **E-F – прямоугольник 1-3- X_4 -5 (1)**

Схема определения углового коэффициента облученности для точки P_3 от прямоугольника 1-3- X_3 -5 стороны пламени **E-F** приведена на рисунке 14.17.

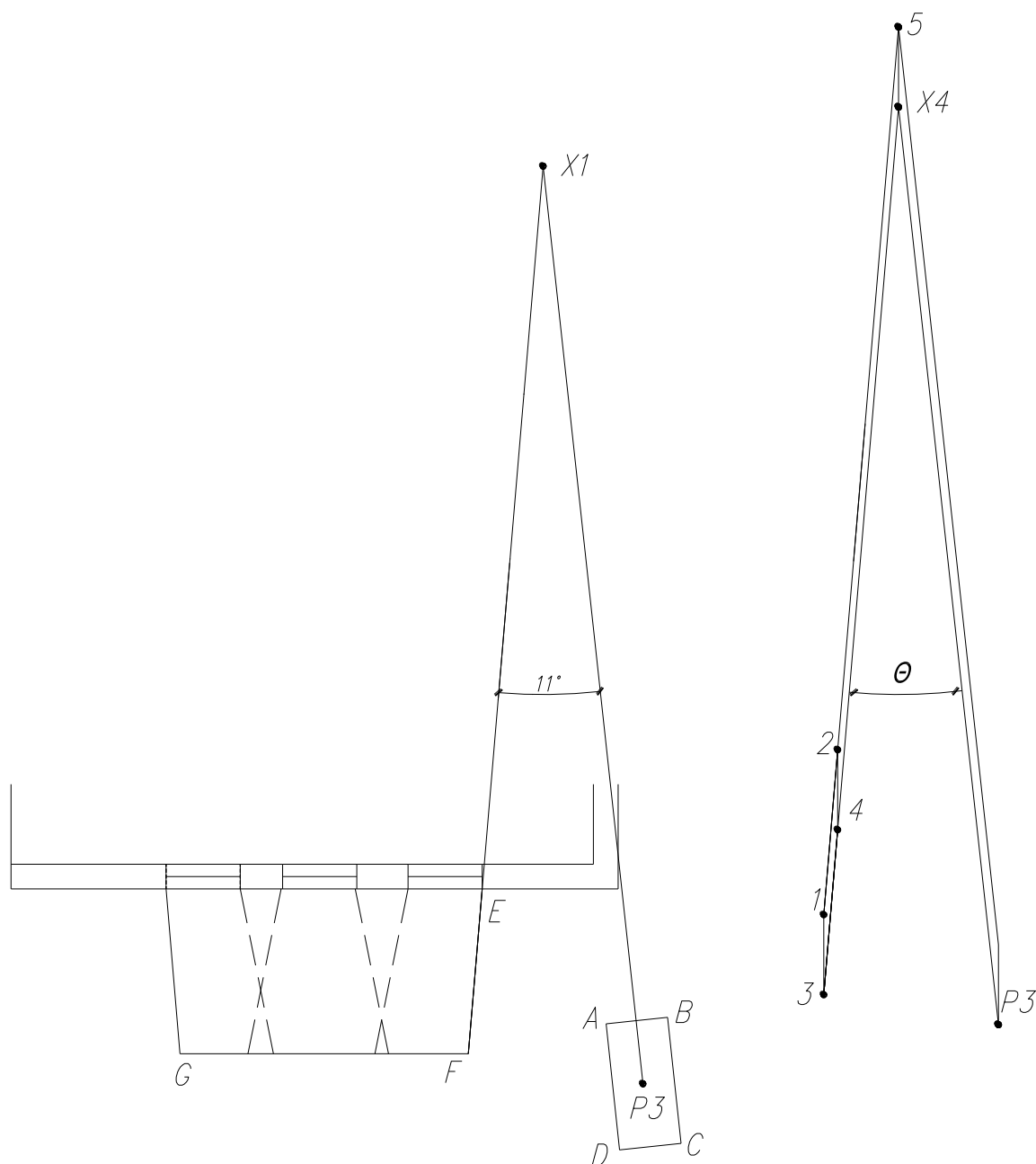


Рисунок 14.17— Схема определения углового коэффициента облученности

Доля углового коэффициента облученности определяется по формуле:

$$\begin{aligned}\Phi_{1-3-03-5}^{D3} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(0,087) - \frac{(1-0,965 \times \cos 0,1)}{\sqrt{1+0,965^2-2 \times 0,965 \times \cos 0,1}} \times \tan^{-1}\left(\frac{0,087}{\sqrt{1+0,965^2-2 \times 0,965 \times \cos 0,1}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{0,087 \times \cos 0,1}{\sqrt{0,087^2 + \sin^2 0,1}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(0,965-\cos 0,1)}{\sqrt{0,087^2 + \sin^2 0,1}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 0,1}{\sqrt{0,087^2 + \sin^2 0,1}}\right) \right] \right] = 0,097,\end{aligned}$$

где $a=h_{1-3}/s=1,3/15,0=0,087$;

$b=w_{1-5}/s=14,47/15,0=0,965$;

s – расстояние от точки P_3 до точки X_4 (рисунок 14.17);

h_{1-3} – высота зоны излучающей поверхности (рисунок 14.17);

w_{1-5} – ширина зоны излучающей поверхности (рисунок 14.17).

Точка P_3 , находящаяся на кровле сооружения, от пламени $E-F$ – прямоугольник 2-4- X_4 -5 (2)

Доля углового коэффициента облученности для точки P_3 от прямоугольника 2-4- X_4 -5 стороны пламени $E-F$ определяется по формуле:

$$\begin{aligned}\Phi_{2-4-04-5}^{D3} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(0,087) - \frac{(1-0,786 \times \cos 0,1)}{\sqrt{1+0,786^2-2 \times 0,786 \times \cos 0,1}} \times \tan^{-1}\left(\frac{0,087}{\sqrt{1+0,786^2-2 \times 0,786 \times \cos 0,1}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{0,087 \times \cos 0,1}{\sqrt{0,087^2 + \sin^2 0,1}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(0,786-\cos 0,1)}{\sqrt{0,087^2 + \sin^2 0,1}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 0,1}{\sqrt{0,087^2 + \sin^2 0,1}}\right) \right] \right] = 0,097,\end{aligned}$$

где $a=h_{2-4}/s=1,3/15,0=0,087$;

$b=w_{2-5}/s=11,79/15,0=0,786$;

s – расстояние от точки P_3 до точки X_4 (рисунок 14.17);

h_{1-3} – высота зоны излучающей поверхности (рисунок 14.17);

w_{1-5} – ширина зоны излучающей поверхности (рисунок 14.17).

Общий угловой коэффициент облученности для точки P_3 находящейся на кровле сооружения от пламени $E-F$ составит:

$$\Phi_{E-F}^{P3} = \Phi_{1-3-X_4-5}^{P3} - \Phi_{2-4-X_4-5}^{P3} = 0,097 - 0,005 = 0,092.$$

2.2.5 Точка P_3 , находящаяся на кровле сооружения, от пламени $F-G$

Так как точка X_5 лежит вне излучающей поверхности, то эффективный угловой коэффициент облученности от стороны пламени $F-G$ определяется долей прямоугольника построенного от X_5 до удаленного края излучающей поверхности, и вычитанием доли прямоугольника, построенного от X_5 до близлежащего края излучающей поверхности (рисунок 14.18).

Точка P_3 , находящаяся на кровле сооружения, от пламени $F-G$ – прямоугольник 1-3- X_5 -5 (1)

Схема определения углового коэффициента облученности для точки P_3 от прямоугольника 1-3- X_5 -5 стороны пламени $F-G$ приведена на рисунке 14.18.

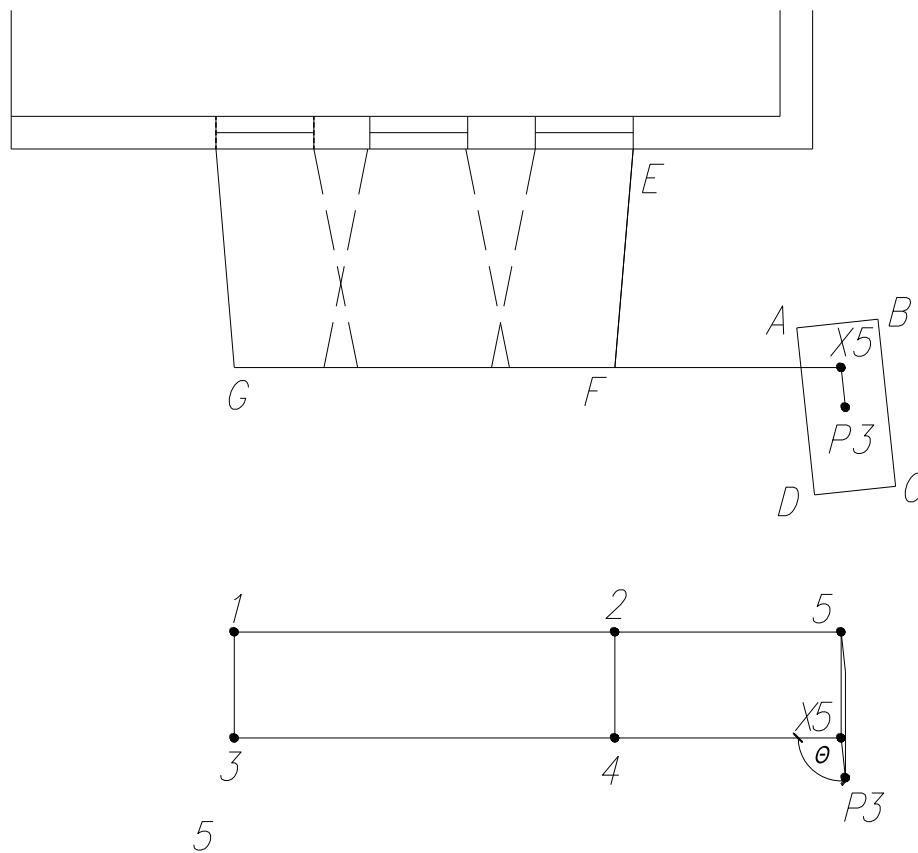


Рисунок 14.18 – Схема определения углового коэффициента облученности

Доля углового коэффициента облученности определяется по формуле:

$$\begin{aligned}\Phi_{1-3-03-5}^{D3} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(2,653) - \frac{(1-15,184 \times \cos 1,67)}{\sqrt{1+15,184^2-2 \times 15,184 \times \cos 1,67}} \times \tan^{-1}\left(\frac{2,653}{\sqrt{1+15,184^2-2 \times 15,184 \times \cos 1,67}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{2,653 \times \cos 1,67}{\sqrt{2,653^2 + \sin^2 1,67}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(15,184 - \cos 1,67)}{\sqrt{2,653^2 + \sin^2 1,67}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 1,67}{\sqrt{2,653^2 + \sin^2 1,67}}\right) \right] \right] = 0,168,\end{aligned}$$

где $a=h_{1-3}/s=1,3/0,49=2,653$;

$b=w_{1-5}/s=7,44/0,49=15,184$;

s – расстояние от точки P_3 до точки X_5 (рисунок 14.18);

h_{1-3} – высота зоны излучающей поверхности (рисунок 14.18);

w_{1-5} – ширина зоны излучающей поверхности (рисунок 14.18).

Точка P_3 , находящаяся на кровле сооружения, от пламени $F-G$ – прямоугольник 2-4- X_5 -5 (2)

Доля углового коэффициента облученности для точки P_3 от прямоугольника 2-4- X_5 -5 стороны пламени $F-G$ определяется по формуле:

$$\begin{aligned}\Phi_{1-3-05-5}^{D3} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(2,653) - \frac{(1-5,653 \times \cos 1,67)}{\sqrt{1+5,653^2-2 \times 5,653 \times \cos 1,67}} \times \tan^{-1}\left(\frac{2,653}{\sqrt{1+5,653^2-2 \times 5,653 \times \cos 1,67}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{5,653 \times \cos 1,67}{\sqrt{5,653^2 + \sin^2 1,67}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(5,653 - \cos 1,67)}{\sqrt{5,653^2 + \sin^2 1,67}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 1,67}{\sqrt{5,653^2 + \sin^2 1,67}}\right) \right] \right] = 0,159,\end{aligned}$$

где $a=h_{2-4}/s=1,3/0,49=2,653$;

$b=w_{2-5}/s=2,77/0,49=5,653$;

s – расстояние от точки P_3 до точки X_5 (рисунок 14.18);

h_{2-4} – высота зоны излучающей поверхности (рисунок 14.18);

w_{2-5} – ширина зоны излучающей поверхности (рисунок 14.18).

Общий угловой коэффициент облученности для точки P_3 , находящейся на кровле сооружения, от пламени $F-G$ составит:

$$\Phi_{F-G}^{P3} = \Phi_{1-3-X_5-5}^{P3} - \Phi_{2-4-X_5-5}^{P3} = 0,092 + 0,009 = 0,009.$$

Общий угловой коэффициент облученности для точки P_3 , находящейся на кровле сооружения, от пламени $E-F-G$ составит:

$$\Phi^{P_3}_{E-F-G} = \Phi^{P_3}_{E-F} + \Phi^{P_3}_{F-G} = 0,132 + 0,027 = 0,101$$

Общий угловой коэффициент облученности сооружения для теплопередачи излучением от пламени Φ_{E-F-G} определяется по формуле:

$$\begin{aligned}\Phi_z &= \frac{(C_1 \cdot \Phi_{z,1} + C_2 \cdot \Phi_{z,2}) \cdot d_1 + (C_3 \cdot \Phi_{z,3} + C_4 \cdot \Phi_{z,4}) \cdot d_2}{(C_1 + C_2) \cdot d_1 + (C_3 + C_4) \cdot d_2} = \\ &= \frac{(1 \times 0,192 + 1 \times 0,159) \times 1 + (1 \times 0,101 + 1 \times 0) \times 2}{(1 + 1) \times 1 + (1 + 1) \times 2} = 0,092,\end{aligned}$$

где $\Phi_{z,i}$ – угловой коэффициент облученности i -той конструкции для теплопередачи излучением от пламени.

d_i – размер поперечного сечения i -той поверхности конструкции;

C_i – коэффициент защиты (экранирования) i -той поверхности конструкции; $C_i = 0$ – для защищенной поверхности элемента; $C_i = 1$ – для незащищенной поверхности элемента.

Результирующий удельный тепловой поток от теплопередачи излучением определяется по формуле (6.3) настоящего Пособия:

$$\begin{aligned}\dot{h}_{net,r} &= \Phi \cdot \varepsilon_m \cdot \varepsilon_f \cdot \sigma \cdot ((\Theta_r + 273)^4 - (\Theta_m + 273)^4) = \\ &0,092 \times 0,8 \times 1,0 \times 5,67 \cdot 10^{-8} \times ((557 + 273)^4 - (230 + 273)^4) = 1713,4 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2},\end{aligned}$$

где Φ – угловой коэффициент облученности;

$\varepsilon_m = 0,8$ – степень черноты поверхности конструкции;

$\varepsilon_f = 1,0$ – степень черноты пламени (пожара);

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-4}$ – постоянная Стефана–Больцмана;

Θ_r – эффективная температура излучения пожара, °С;

Θ_m – температура поверхности конструкции, °С.

$\Phi_{1-3-8-6}$ – коэффициент облученности между излучающей и облучаемой поверхностями.

В соответствии с исходными данными окна имеются и на мансардном этаже, при наиболее неблагоприятном варианте пожара, когда пожар происходит как на первом, так и на втором этаже и пламя выходит за пределы помещений, то будет так же происходить теплообмен между горящим зданием и хозяйственной постройкой, в результате чего общий тепловой поток на сооружение составит:

$$q_{E-F-G}^{\text{суммарный}} = 2 \cdot q_{E-F-G}^{\text{пожара}} = 2 \times 1713,4 = 3426,8 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}.$$

2.2.6 Вывод

При продолжительности облучения 30 мин, критическая плотность теплового потока для древесины равна $12\,500 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$. Критическая плотность теплового потока от пожара в торговом здании равна $3426,8 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$, что менее критической плотности теплового потока для древесины за

период времени 30 мин. Значение 30 мин принято в качестве времени подачи первого ствола на охлаждение хозяйственной постройки, на основании чего можно сделать вывод о том, что при расчетном пожаре в торговом здании, возгорание хозяйственной постройки не произойдет.

2.3 Расчет углового коэффициента облученности сооружения с учетом отклонения пламени при воздействии ветра

2.3.1 Сторона $A-B$ от пламени $E-F$

Так как точка X_1 лежит вне излучающей поверхности, то эффективный угловой коэффициент облученности от стороны пламени $E-F$ определяется суммированием долей двух прямоугольников, построенных от X_1 до удаленного края излучающей поверхности, и вычитанием долей двух прямоугольников, построенных от X_1 до близлежащего края излучающей поверхности (рисунок 14.19).

Сторона $A-B$ от пламени $E-F$ – прямоугольник 1-3- X_1 -7 (1)

Схема определения углового коэффициента облученности для стороны $A-B$ от прямоугольника 1-3- X_1 -7 стороны пламени $E-F$ приведена на рисунке 14.19.

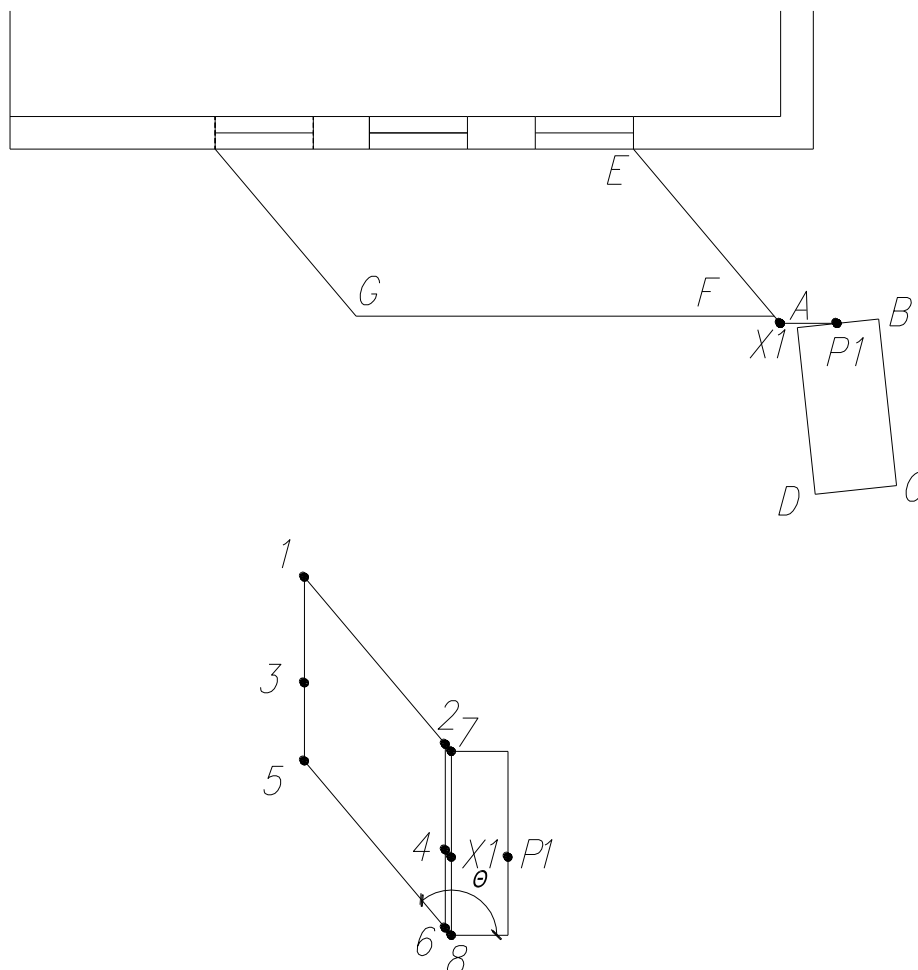


Рисунок 14.19 – Схема определения углового коэффициента облученности

Доля углового коэффициента облученности определяется по формуле:

$$\begin{aligned}\Phi_{1-3, \bar{O}1-7}^{\bar{A}-\bar{A}} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\bar{a}) - \frac{(1 - b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1 + b^2 - 2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\bar{a}}{\sqrt{1 + b^2 - 2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\bar{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\bar{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b - \cos\theta)}{\sqrt{\bar{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\bar{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(2,031) - \frac{(1 - 4,50 \times \cos 2,16)}{\sqrt{1 + 4,50^2 - 2 \times 4,50 \times \cos 2,16}} \times \tan^{-1}\left(\frac{2,031}{\sqrt{1 + 4,50^2 - 2 \times 4,50 \times \cos 2,16}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{2,031 \times \cos 2,16}{\sqrt{2,031^2 + \sin^2 2,16}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(4,50 - \cos 2,16)}{\sqrt{2,031^2 + \sin^2 2,16}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 2,16}{\sqrt{2,031^2 + \sin^2 2,16}}\right) \right] \right] = 0,061,\end{aligned}$$

где $a = h_{1-3}/s = 1,3/0,64 = 2,031$;

$b = w_{1-7}/s = 2,88/0,64 = 4,50$;

s – расстояние от точки P_1 до точки X_1 (рисунок 14.19);

h_{1-3} – высота зоны излучающей поверхности (рисунок 14.19);

w_{1-7} – ширина зоны излучающей поверхности (рисунок 14.19).

Сторона $A-B$ от пламени $E-F$ – прямоугольник 3- X_1 -8-5 (2)

Доля углового коэффициента облученности для стороны $A-B$ от прямоугольника 3- X_1 -8-5 стороны пламени $E-F$ определяется по формуле:

$$\begin{aligned}\Phi_{3-\bar{O}1-8-5}^{\bar{A}-\bar{A}} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\bar{a}) - \frac{(1 - b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1 + b^2 - 2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\bar{a}}{\sqrt{1 + b^2 - 2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\bar{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\bar{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b - \cos\theta)}{\sqrt{\bar{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\bar{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(1,50) - \frac{(1 - 4,50 \times \cos 2,16)}{\sqrt{1 + 4,50^2 - 2 \times 4,50 \times \cos 2,16}} \times \tan^{-1}\left(\frac{2,031}{\sqrt{1 + 4,50^2 - 2 \times 4,50 \times \cos 2,16}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{1,50 \times \cos 2,16}{\sqrt{1,50^2 + \sin^2 2,16}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(4,50 - \cos 2,16)}{\sqrt{1,50^2 + \sin^2 2,16}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 2,16}{\sqrt{1,50^2 + \sin^2 2,16}}\right) \right] \right] = 0,054,\end{aligned}$$

где $a = h_{5-3}/s = 0,96/0,64 = 1,50$;

$b = w_{1-7}/s = 2,88/0,64 = 4,50$;

s – расстояние от точки P_1 до точки X_1 (рисунок 14.19);

h_{5-3} – высота зоны излучающей поверхности (рисунок 14.19);

w_{1-7} – ширина зоны излучающей поверхности (рисунок 14.19).

Сторона $A-B$ от пламени $E-F$ – прямоугольник 2-4- X_1 -7 (3)

Доля углового коэффициента облученности для стороны $A-B$ от прямоугольника 2-4- X_1 -7 стороны пламени $E-F$ определяется по формуле:

$$\begin{aligned}\Phi^{\dot{A}-\dot{A}}_{1-3-\dot{\theta}1-7} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b - \cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(2,031) - \frac{(1 - 0,319 \times \cos 2,16)}{\sqrt{1 + 0,319^2 - 2 \times 0,319 \times \cos 2,16}} \times \tan^{-1}\left(\frac{2,031}{\sqrt{1 + 0,319^2 - 2 \times 0,319 \times \cos 2,16}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{2,031 \times \cos 2,16}{\sqrt{2,031^2 + \sin^2 2,16}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(0,319 - \cos 2,16)}{\sqrt{2,031^2 + \sin^2 2,16}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 2,16}{\sqrt{2,031^2 + \sin^2 2,16}}\right) \right] \right] = 0,006,\end{aligned}$$

где $a=h_{1-3}/s=1,3/0,64=2,031$;

$b=w_{2-7}/s=0,204/0,64=0,319$;

s – расстояние от точки P_1 до точки X_1 (рисунок 14.19);

h_{2-4} – высота зоны излучающей поверхности (рисунок 14.19);

w_{2-7} – ширина зоны излучающей поверхности (рисунок 14.19).

Сторона $A-B$ от пламени $E-F$ – прямоугольник 4- X_1 -8-6 (4)

Доля углового коэффициента облученности для стороны $A-B$ от прямоугольника 4- X_1 -8-6 стороны пламени $E-F$ определяется по формуле:

$$\begin{aligned}\Phi^{\dot{A}-\dot{A}}_{4-\dot{\theta}1-8-6} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b - \cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(1,50) - \frac{(1 - 0,319 \times \cos 2,16)}{\sqrt{1 + 0,319^2 - 2 \times 0,319 \times \cos 2,16}} \times \tan^{-1}\left(\frac{2,031}{\sqrt{1 + 0,319^2 - 2 \times 0,319 \times \cos 2,16}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{1,50 \times \cos 2,16}{\sqrt{1,50^2 + \sin^2 2,16}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(0,319 - \cos 2,16)}{\sqrt{1,50^2 + \sin^2 2,16}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 2,16}{\sqrt{1,50^2 + \sin^2 2,16}}\right) \right] \right] = 0,005,\end{aligned}$$

где $a=h_{4-6}/s=0,96/0,64=1,5$;

$b=w_{2-7}/s=0,204/0,64=0,319$;

s – расстояние от точки P_1 до точки X_1 (рисунок 14.19);

h_{5-3} – высота зоны излучающей поверхности (рисунок 14.19);

w_{2-7} – ширина зоны излучающей поверхности (рисунок 14.19).

Общий угловой коэффициент облученности для стороны $A-B$ от пламени $E-F$ составит:

$$\Phi^{A-B}_{E-F} = \Phi^{A-B}_{1-3-X_1-7} + \Phi^{A-B}_{3-X_1-8-5} - \Phi^{A-B}_{2-3-X_1-7} - \Phi^{A-B}_{4-X_1-8-6} = 0,061 + 0,054 - 0,006 - 0,005 = 0,104$$

2.3.2 Сторона *A-B* от пламени *F-G*

Так как точка X_2 лежит вне излучающей поверхности, то эффективный угловой коэффициент облученности от стороны пламени *F-G* определяется суммированием долей двух прямоугольников, построенных от X_2 до удаленного края излучающей поверхности, и вычитанием долей двух прямоугольников, построенных от X_2 до близлежащего края излучающей поверхности (рисунок 14.20).

Сторона *A-B* от пламени *E-F* – прямоугольник 1-3- X_2 -7 (1)

Схема определения углового коэффициента облученности для стороны *A-B* от прямоугольника 1-3- X_2 -7 стороны пламени *F-G* приведена на рисунке 14.20.

Доля углового коэффициента облученности определяется по формуле:

$$\begin{aligned} \Phi_{1-3-X_2-7}^{\lambda-\hat{A}} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\hat{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\hat{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\hat{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\hat{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\hat{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\hat{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(14,607) - \frac{(1-65,955 \times \cos 1,67)}{\sqrt{1+65,955^2-2 \times 65,955 \times \cos 1,67}} \times \tan^{-1}\left(\frac{14,607}{\sqrt{1+65,955^2-2 \times 65,955 \times \cos 1,67}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{14,607 \times \cos 1,67}{\sqrt{14,607^2 + \sin^2 1,67}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(65,955 - \cos 1,67)}{\sqrt{14,607^2 + \sin^2 1,67}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 1,67}{\sqrt{14,607^2 + \sin^2 1,67}}\right) \right] \right] = 0,214, \end{aligned}$$

где $a=h_{1-3}/s=1,3/0,089=14,607$;

$b=w_{1-7}/s=5,87/0,089=65,955$;

s – расстояние от точки P_1 до точки X_1 (рисунок 14.20);

h_{1-3} – высота зоны излучающей поверхности (рисунок 14.20);

w_{1-7} – ширина зоны излучающей поверхности (рисунок 14.20).

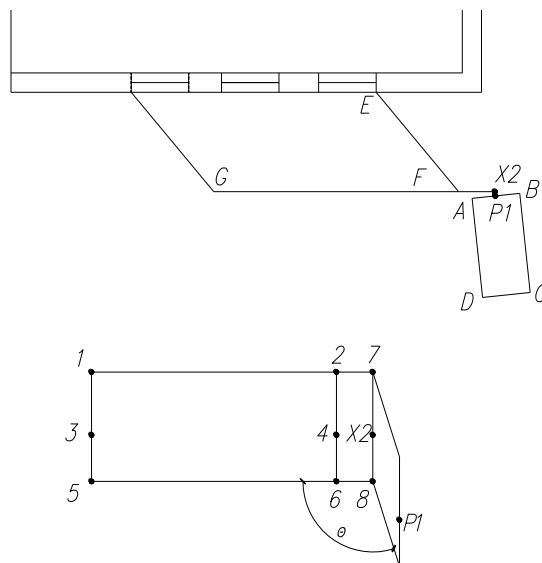


Рисунок 14.20 – Схема определения углового коэффициента облученности

Сторона $A-B$ от пламени $F-G$ – прямоугольник 3- X_2 -8-5 (2)

Доля углового коэффициента облученности для стороны $A-B$ от прямоугольника 3- X_2 -8-5 стороны пламени $F-G$ определяется по формуле:

$$\begin{aligned}\Phi_{3-\bar{O}2-8-5}^{\dot{A}-\dot{A}} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(10,787) - \frac{(1-65,955 \times \cos 1,67)}{\sqrt{1+65,955^2-2 \times 65,955 \times \cos 1,67}} \times \tan^{-1}\left(\frac{10,787}{\sqrt{1+65,955^2-2 \times 65,955 \times \cos 1,67}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{10,787 \times \cos 1,67}{\sqrt{10,787^2 + \sin^2 1,67}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(65,955 - \cos 1,67)}{\sqrt{10,787^2 + \sin^2 1,67}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 1,67}{\sqrt{10,787^2 + \sin^2 1,67}}\right) \right] \right] = 0,210,\end{aligned}$$

где $a=h_{5-3}/s=0,96/0,089=10,787$;

$b=w_{1-7}/s=5,87/0,089=65,955$;

s – расстояние от точки P_2 до точки X_2 (рисунок 14.20);

h_{5-3} – высота зоны излучающей поверхности (рисунок 14.20);

w_{1-7} – ширина зоны излучающей поверхности (рисунок 14.20).

Сторона $A-B$ от пламени $F-G$ – прямоугольник 2-4- X_2 -7 (3)

Доля углового коэффициента облученности для стороны $A-B$ от прямоугольника 2-4- X_2 -7 стороны пламени $F-G$ определяется по формуле:

$$\begin{aligned}\Phi_{2-4-\bar{O}2-7}^{\dot{A}-\dot{A}} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(14,607) - \frac{(1-8,539 \times \cos 1,67)}{\sqrt{1+8,539^2-2 \times 8,539 \times \cos 1,67}} \times \tan^{-1}\left(\frac{14,607}{\sqrt{1+8,539^2-2 \times 8,539 \times \cos 1,67}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{14,607 \times \cos 1,67}{\sqrt{14,607^2 + \sin^2 1,67}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(8,539 - \cos 1,67)}{\sqrt{14,607^2 + \sin^2 1,67}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 1,67}{\sqrt{14,607^2 + \sin^2 1,67}}\right) \right] \right] = 0,196,\end{aligned}$$

где $a=h_{1-3}/s=1,3/0,089=14,607$;

$b=w_{2-7}/s=0,760/0,089=8,539$;

s – расстояние от точки P_2 до точки X_2 (рисунок 14.20);

h_{2-4} – высота зоны излучающей поверхности (рисунок 14.20);

w_{2-7} – ширина зоны излучающей поверхности (рисунок 14.20).

Сторона $A-B$ от пламени $F-G$ – прямоугольник 4- X_2 -8-6 (4)

Доля углового коэффициента облученности для стороны $A-B$ от прямоугольника 4- X_2 -8-6 стороны пламени $F-G$ определяется по формуле:

$$\begin{aligned}\Phi_{4-X_2-8-6}^{A-A} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(10,787) - \frac{(1-8,539 \times \cos 1,67)}{\sqrt{1+8,539^2-2 \times 8,539 \times \cos 1,67}} \times \tan^{-1}\left(\frac{10,787}{\sqrt{1+8,539^2-2 \times 8,539 \times \cos 1,67}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{10,787 \times \cos 1,67}{\sqrt{10,787^2 + \sin^2 1,67}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(8,539 - \cos 1,67)}{\sqrt{10,787^2 + \sin^2 1,67}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 1,67}{\sqrt{10,787^2 + \sin^2 1,67}}\right) \right] \right] = 0,195,\end{aligned}$$

где $a=h_{4-6}/s=0,96/0,089=10,787$;

$b=w_{2-7}/s=0,760/0,089=8,539$;

s – расстояние от точки P_2 до точки X_2 (рисунок 14.20);

h_{5-3} – высота зоны излучающей поверхности (рисунок 14.20);

w_{2-7} – ширина зоны излучающей поверхности (рисунок 14.20).

Общий угловой коэффициент облученности для стороны $A-B$ от пламени $F-G$ составит:

$$\Phi_{F-G}^{A-B} = \Phi_{1-3-X_1-7}^{A-B} + \Phi_{3-X_1-8-5}^{A-B} - \Phi_{2-3-X_1-7}^{A-B} - \Phi_{4-X_1-8-6}^{A-B} = 0,214 + 0,210 - 0,196 - 0,195 = 0,033$$

Общий угловой коэффициент облученности для стороны $A-B$ от пламени $E-F-G$ составит:

$$\Phi_{E-F-G}^{A-B} = \Phi_{E-F}^{A-B} + \Phi_{F-G}^{A-B} = 0,104 + 0,033 = 0,137$$

2.3.3 Сторона $A-D$ от пламени $E-F$ – прямоугольник 1-3- X_3 -7 (1)

Схема определения углового коэффициента облученности для стороны $A-B$ от прямоугольника 1-3- X_3 -7 стороны пламени $E-F$ приведена на рисунке 14.21.

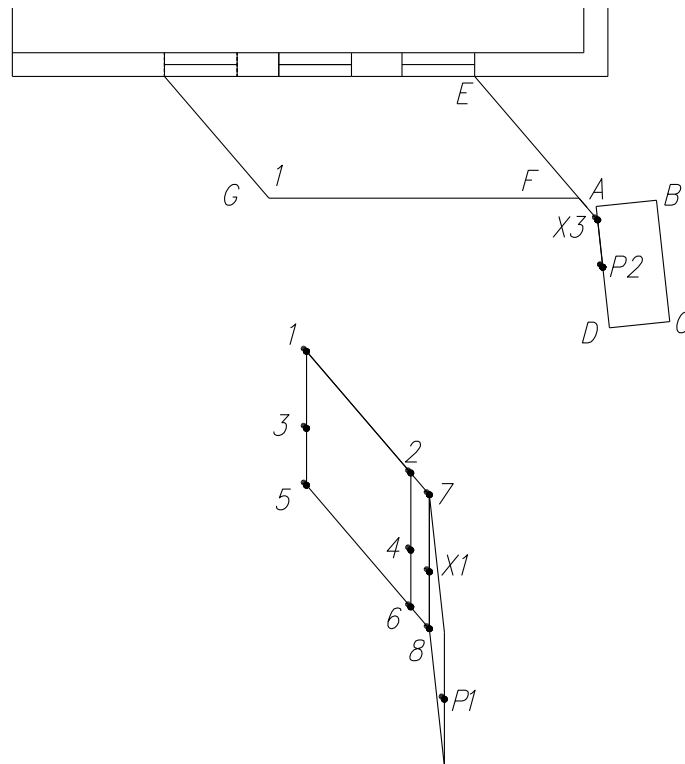


Рисунок 14.21 – Схема определения углового коэффициента облученности

Доля углового коэффициента облученности определяется по формуле:

$$\begin{aligned} \Phi_{1-3-\bar{O}3-7}^{\bar{A}-\bar{A}} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1 - b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1 + b^2 - 2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1 + b^2 - 2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b - \cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(1,625) - \frac{(1 - 3,95 \times \cos 2,55)}{\sqrt{1 + 3,95^2 - 2 \times 3,95 \times \cos 2,55}} \times \tan^{-1}\left(\frac{1,625}{\sqrt{1 + 3,95^2 - 2 \times 3,95 \times \cos 2,55}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{1,625 \times \cos 2,55}{\sqrt{1,625^2 + \sin^2 2,55}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(3,95 - \cos 2,55)}{\sqrt{1,625^2 + \sin^2 2,55}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 2,55}{\sqrt{1,625^2 + \sin^2 2,55}}\right) \right] \right] = 0,019, \end{aligned}$$

где $a = h_{1-3} / s = 1,3 / 0,8 = 1,625$;

$b = w_{1-7} / s = 3,16 / 0,8 = 0,954$;

s – расстояние от точки P_2 до точки X_3 (рисунок 14.21);

h_{1-3} – высота зоны излучающей поверхности (рисунок 14.21);

w_{1-7} – ширина зоны излучающей поверхности (рисунок 14.21).

Сторона $A-D$ от пламени $E-F$ – прямоугольник 3- X_3 -8-5 (2)

Доля углового коэффициента облученности для стороны $A-D$ от прямоугольника 3- X_3 -8-5 стороны пламени $E-F$ определяется по формуле:

$$\begin{aligned}
 \Phi_{3-03-8-5}^{\dot{A}-\dot{A}} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\
 &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\
 &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(1,20) - \frac{(1-3,95 \times \cos 2,55)}{\sqrt{1+3,95^2-2 \times 3,95 \times \cos 2,55}} \times \tan^{-1}\left(\frac{1,20}{\sqrt{1+3,95^2-2 \times 3,95 \times \cos 2,55}}\right) + \right. \\
 &+ \left. \frac{1,20 \times \cos 2,55}{\sqrt{1,20^2 + \sin^2 2,55}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(3,95-\cos 2,55)}{\sqrt{1,20^2 + \sin^2 2,55}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 2,55}{\sqrt{1,20^2 + \sin^2 2,55}}\right) \right] \right] = 0,016,
 \end{aligned}$$

где $a=h_{5-3}/s=0,96/0,8=1,2$;

$b=w_{1-7}/s=3,16/0,8=0,954$;

s – расстояние от точки P_2 до точки X_3 (рисунок 14.21);

h_{1-3} – высота зоны излучающей поверхности (рисунок 14.21);

w_{1-7} – ширина зоны излучающей поверхности (рисунок 14.21).

Сторона $A-D$ от пламени $E-F$ – прямоугольник 2-4- X_3 -7 (3)

Доля углового коэффициента облученности для стороны $A-D$ от прямоугольника 2-4- X_3 -7 стороны пламени $E-F$.

Доля углового коэффициента облученности определяется по формуле:

$$\begin{aligned}
 \Phi_{2-4-03-7}^{\dot{A}-\dot{A}} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\
 &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\
 &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(1,625) - \frac{(1-0,60 \times \cos 2,55)}{\sqrt{1+0,60^2-2 \times 0,60 \times \cos 2,55}} \times \tan^{-1}\left(\frac{1,625}{\sqrt{1+0,60^2-2 \times 0,60 \times \cos 2,55}}\right) + \right. \\
 &+ \left. \frac{1,625 \times \cos 2,55}{\sqrt{1,625^2 + \sin^2 2,55}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(0,60-\cos 2,55)}{\sqrt{1,625^2 + \sin^2 2,55}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 2,55}{\sqrt{1,625^2 + \sin^2 2,55}}\right) \right] \right] = 0,005,
 \end{aligned}$$

где $a=h_{2-4}/s=1,3/0,8=1,625$;

$b=w_{2-7}/s=0,48/0,8=0,60$;

s – расстояние от точки P_2 до точки X_3 (рисунок 14.21);

h_{1-3} – высота зоны излучающей поверхности (рисунок 14.21);

w_{1-7} – ширина зоны излучающей поверхности (рисунок 14.21).

Сторона $A-D$ от пламени $E-F$ – прямоугольник 4- X_3 -8-6 (4)

Доля углового коэффициента облученности для стороны $A-D$ от прямоугольника 4- X_3 -8-6 стороны пламени $E-F$ определяется по формуле:

$$\begin{aligned}\Phi_{4-\bar{O}3-8-6}^{\bar{A}-\bar{A}} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(1,20) - \frac{(1-0,60 \times \cos 2,55)}{\sqrt{1+0,60^2-2 \times 0,60 \cos 2,55}} \times \tan^{-1}\left(\frac{1,20}{\sqrt{1+0,60^2-2 \times 0,60 \times \cos 2,55}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{1,20 \times \cos 2,55}{\sqrt{1,20^2 + \sin^2 2,55}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(0,60 - \cos 2,55)}{\sqrt{1,20^2 + \sin^2 2,55}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 2,55}{\sqrt{1,20^2 + \sin^2 2,55}}\right) \right] \right] = 0,005,\end{aligned}$$

где $a=h_{5-3}/s=0,96/0,8=0,105$;

$b=w_{1-7}/s=0,48/0,8=0,60$;

s – расстояние от точки P_2 до точки X_3 (рисунок 14.21);

h_{1-3} – высота зоны излучающей поверхности (рисунок 14.21);

w_{1-7} – ширина зоны излучающей поверхности (рисунок 14.21).

Общий угловой коэффициент облученности для стороны **A-D** от пламени **E-F** составит:

$$\Phi_{E-F}^{A-D} = \Phi_{1-3-X3-7}^{A-D} + \Phi_{3-X3-8-5}^{A-D} - \Phi_{2-3-X3-7}^{A-D} - \Phi_{4-X3-8-6}^{A-D} = 0,019 + 0,016 - 0,005 - 0,005 = 0,025.$$

Сторона **A-D** от пламени **F-G** – прямоугольник **1-3-X4-7** (1)

Схема определения углового коэффициента облученности для стороны **A-B** от прямоугольника **1-3-X4-7** стороны пламени **F-G** приведена на рисунке 14.22.

Доля углового коэффициента облученности определяется по формуле:

$$\begin{aligned}\Phi_{1-3-\bar{O}4-7}^{\bar{A}-\bar{A}} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(1,111) - \frac{(1-4,60 \times \cos 1,67)}{\sqrt{1+4,60^2-2 \times 4,60 \times \cos 1,67}} \times \tan^{-1}\left(\frac{1,111}{\sqrt{1+4,60^2-2 \times 4,60 \times \cos 1,67}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{1,111 \times \cos 1,67}{\sqrt{1,111^2 + \sin^2 1,67}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(4,60 - \cos 1,67)}{\sqrt{1,111^2 + \sin^2 1,67}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 1,67}{\sqrt{1,111^2 + \sin^2 1,67}}\right) \right] \right] = 0,108,\end{aligned}$$

где $a=h_{1-3}/s=1,3/1,17=1,111$;

$b=w_{1-7}/s=5,38/1,17=4,60$;

s – расстояние от точки P_2 до точки X_4 (рисунок 14.22);

h_{1-3} – высота зоны излучающей поверхности (рисунок 14.22);

w_{1-7} – ширина зоны излучающей поверхности (рисунок 14.22).

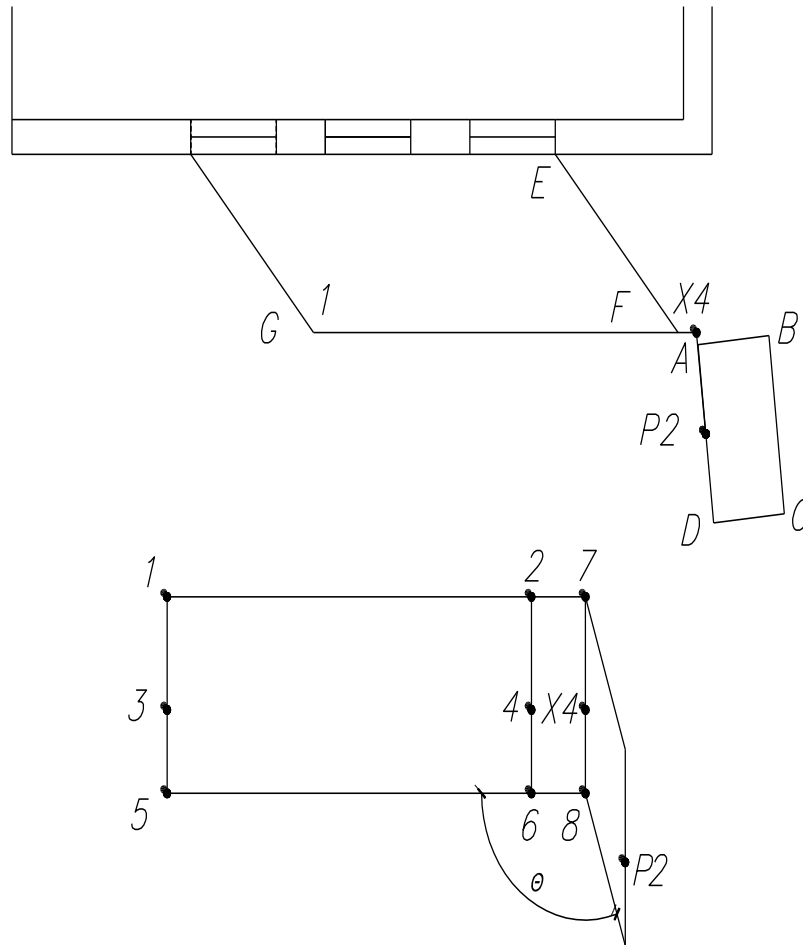


Рисунок 14.22 – Схема определения углового коэффициента облученности

Сторона $A-D$ от пламени $F-G$ – прямоугольник 3-Х4-8-5 (2)

Доля углового коэффициента облученности для стороны $A-D$ от прямоугольника 3-Х4-8-5 стороны пламени $F-G$ определяется по формуле:

$$\begin{aligned} \Phi_{3-04-8-5}^{A-A} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1 - b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1 + b^2 - 2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1 + b^2 - 2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b - \cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(0,820) - \frac{(1 - 4,60 \times \cos 1,67)}{\sqrt{1 + 4,60^2 - 2 \times 4,60 \times \cos 1,67}} \times \tan^{-1}\left(\frac{0,820}{\sqrt{1 + 4,60^2 - 2 \times 4,60 \times \cos 1,67}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{0,820 \times \cos 1,67}{\sqrt{0,820^2 + \sin^2 1,67}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(4,60 - \cos 1,67)}{\sqrt{0,820^2 + \sin^2 1,67}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 1,67}{\sqrt{0,820^2 + \sin^2 1,67}}\right) \right] \right] = 0,089, \end{aligned}$$

где $a=h_{1-3}/s=0,96/1,17=0,820$;

$b=w_{1-7}/s=5,38/1,17=4,60$;

s – расстояние от точки P_2 до точки X_4 (рисунок 14.22);

h_{5-3} – высота зоны излучающей поверхности (рисунок 14.22);
 w_{1-7} – ширина зоны излучающей поверхности (рисунок 14.22).

Сторона $A-D$ от пламени $F-G$ – прямоугольник 2-4- X_4 -7 (3)

Доля углового коэффициента облученности для стороны $A-D$ от прямоугольника 2-4- X_4 -7 стороны пламени $F-G$ определяется по формуле:

$$\begin{aligned} \Phi_{2-4-X_4-7}^{\dot{A}-\dot{A}} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(1,111) - \frac{(1-0,222 \times \cos 1,67)}{\sqrt{1+0,222^2-2 \times 0,222 \times \cos 1,67}} \times \tan^{-1}\left(\frac{1,111}{\sqrt{1+0,222^2-2 \times 0,222 \times \cos 1,67}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{1,111 \times \cos 1,67}{\sqrt{1,111^2 + \sin^2 1,67}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(0,222-\cos 1,67)}{\sqrt{1,111^2 + \sin^2 1,67}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 1,67}{\sqrt{1,111^2 + \sin^2 1,67}}\right) \right] \right] = 0,005, \end{aligned}$$

где $a=h_{2-4}/s=1,3/1,17=1,111$;
 $b=w_{2-7}/s=0,26/1,17=0,222$;
 s – расстояние от точки P_2 до точки X_4 (рисунок 14.22);
 h_{2-4} – высота зоны излучающей поверхности (рисунок 14.22);
 w_{2-7} – ширина зоны излучающей поверхности (рисунок 14.22).

Сторона $A-D$ от пламени $F-G$ – прямоугольник 4- X_4 -8-6 (4)

Доля углового коэффициента облученности для стороны $A-D$ от прямоугольника 4- X_4 -8-6 стороны пламени $F-G$ определяется по формуле:

$$\begin{aligned} \Phi_{4-X_4-8-6}^{\dot{A}-\dot{A}} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(0,820) - \frac{(1-0,222 \times \cos 1,67)}{\sqrt{1+0,222^2-2 \times 0,222 \times \cos 1,67}} \times \tan^{-1}\left(\frac{0,820}{\sqrt{1+0,222^2-2 \times 0,222 \times \cos 1,67}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{0,820 \times \cos 1,67}{\sqrt{0,820^2 + \sin^2 1,67}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(0,222-\cos 1,67)}{\sqrt{0,820^2 + \sin^2 1,67}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 1,67}{\sqrt{0,820^2 + \sin^2 1,67}}\right) \right] \right] = 0,009, \end{aligned}$$

где $a=h_{4-6}/s=0,96/1,17=0,820$;
 $b=w_{1-7}/s=0,26/1,17=0,222$;
 s – расстояние от точки P_2 до точки X_4 (рисунок 14.22);
 h_{5-3} – высота зоны излучающей поверхности (рисунок 14.22);
 w_{2-7} – ширина зоны излучающей поверхности (рисунок 14.22).

Общий угловой коэффициент облученности для стороны $A-D$ от пламени $F-G$ составит:

$$\Phi^{A-D}_{F-G} = \Phi^{A-D}_{1-3-X4-7} + \Phi^{A-D}_{3-X4-8-5} - \Phi^{A-D}_{2-3-X4-7} - \Phi^{A-D}_{4-X4-8-6} = 0,108 + 0,089 - 0,005 - 0,004 = 0,188.$$

Общий угловой коэффициент облученности для стороны $A-D$ от пламени $E-F-G$ составит:

$$\Phi^{A-D}_{E-F-G} = \Phi^{A-D}_{E-F} + \Phi^{A-D}_{F-G} = 0,025 + 0,188 = 0,213$$

2.3.4 Точка P_3 , находящаяся на кровле сооружения, от пламени $E-F$

Так как точка X_5 лежит вне излучающей поверхности, то эффективный угловой коэффициент облученности от стороны пламени $E-F$ определяется долей прямоугольника построенного от X_5 до удаленного края излучающей поверхности, и вычитанием доли прямоугольника, построенного от X_5 до близлежащего края излучающей поверхности (рисунок 14.23).

Точка P_3 , находящаяся на кровле сооружения, от пламени $E-F$ – прямоугольник 1-3- X_5 -5 (1)

Схема определения углового коэффициента облученности для точки P_3 от прямоугольника 1-3- X_5 -5 стороны пламени $E-F$ приведена на рисунке 14.23.

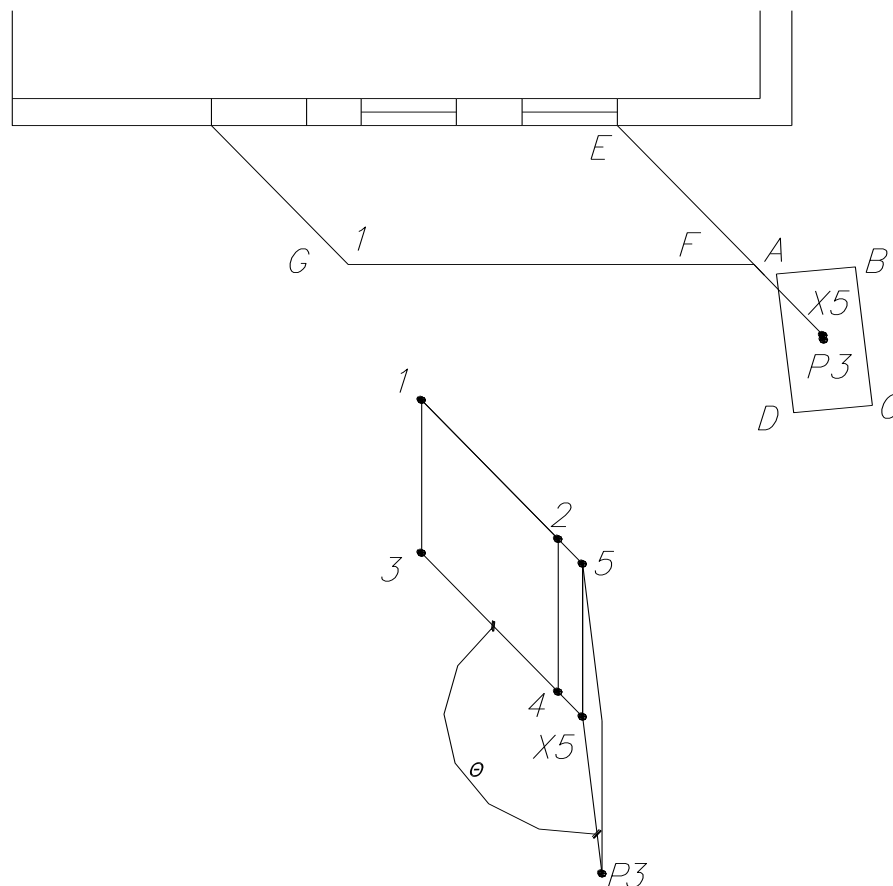


Рисунок 14.23 – Схема определения углового коэффициента облученности

Доля углового коэффициента облученности определяется по формуле:

$$\begin{aligned}\Phi_{1-3, \delta 5-5}^{D3} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(19,403) - \frac{(1-60,30 \times \cos 2,55)}{\sqrt{1+60,30^2-2 \times 60,30 \times \cos 2,55}} \times \tan^{-1}\left(\frac{19,403}{\sqrt{1+60,30^2-2 \times 60,30 \times \cos 2,55}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{19,403 \times \cos 2,55}{\sqrt{19,403^2 + \sin^2 2,55}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(60,30 - \cos 2,55)}{\sqrt{19,403^2 + \sin^2 2,55}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 2,55}{\sqrt{19,403^2 + \sin^2 2,55}}\right) \right] \right] = 0,04,\end{aligned}$$

где $a=h_{1-3}/s=1,3/0,067=19,403$;

$b=w_{1-5}/s=4,04/0,067=60,30$;

s – расстояние от точки P_3 до точки X_5 (рисунок 14.23);

h_{1-3} – высота зоны излучающей поверхности (рисунок 14.23);

w_{1-5} – ширина зоны излучающей поверхности (рисунок 14.23).

Точка P_3 , находящаяся на кровле сооружения, от пламени $E-F$ – прямоугольник 2-4- X_5 -5 (2)

Доля углового коэффициента облученности для точки P_3 от прямоугольника 2-4- X_5 -5 стороны пламени $E-F$ определяется по формуле:

$$\begin{aligned}\Phi_{2-4, \delta 5-5}^{D3} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(19,403) - \frac{(1-20,30 \times \cos 2,55)}{\sqrt{1+20,30^2-2 \times 20,30 \times \cos 2,55}} \times \tan^{-1}\left(\frac{19,403}{\sqrt{1+20,30^2-2 \times 20,30 \times \cos 2,55}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{19,403 \times \cos 2,55}{\sqrt{19,403^2 + \sin^2 2,55}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(20,30 - \cos 2,55)}{\sqrt{19,403^2 + \sin^2 2,55}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 2,55}{\sqrt{19,403^2 + \sin^2 2,55}}\right) \right] \right] = 0,038,\end{aligned}$$

где $a=h_{2-4}/s=1,3/0,067=19,403$;

$b=w_{2-5}/s=1,36/0,067=20,30$;

s – расстояние от точки P_3 до точки X_5 (рисунок 14.23);

h_{1-3} – высота зоны излучающей поверхности (рисунок 14.23);

w_{1-5} – ширина зоны излучающей поверхности (рисунок 14.23).

Общий угловой коэффициент облученности для точки P_3 , находящейся на кровле сооружения, от пламени $E-F$ составит:

$$\Phi_{E-F}^{P_3} = \Phi_{1-3-X_6-5}^{P_3} - \Phi_{2-4-X_6-5}^{P_3} = 0,04 - 0,038 = 0,002.$$

2.3.5 Точка P_3 , находящаяся на кровле, сооружения от пламени $F-G$

Так как точка X_6 лежит вне излучающей поверхности, то эффективный угловой коэффициент облученности от стороны пламени $F-G$ определяется долей прямоугольника построенного от X_6 до удаленного края излучающей поверхности, и вычитанием доли прямоугольника, построенного от X_6 до близлежащего края излучающей поверхности (рисунок 14.24).

Точка P_3 , находящаяся на кровле сооружения, от пламени $F-G$ – прямоугольник 1-3- X_6 -5 (1)

Схема определения углового коэффициента облученности для точки P_3 от прямоугольника 1-3- X_6 -5 стороны пламени $F-G$ приведена на рисунке 14.24.

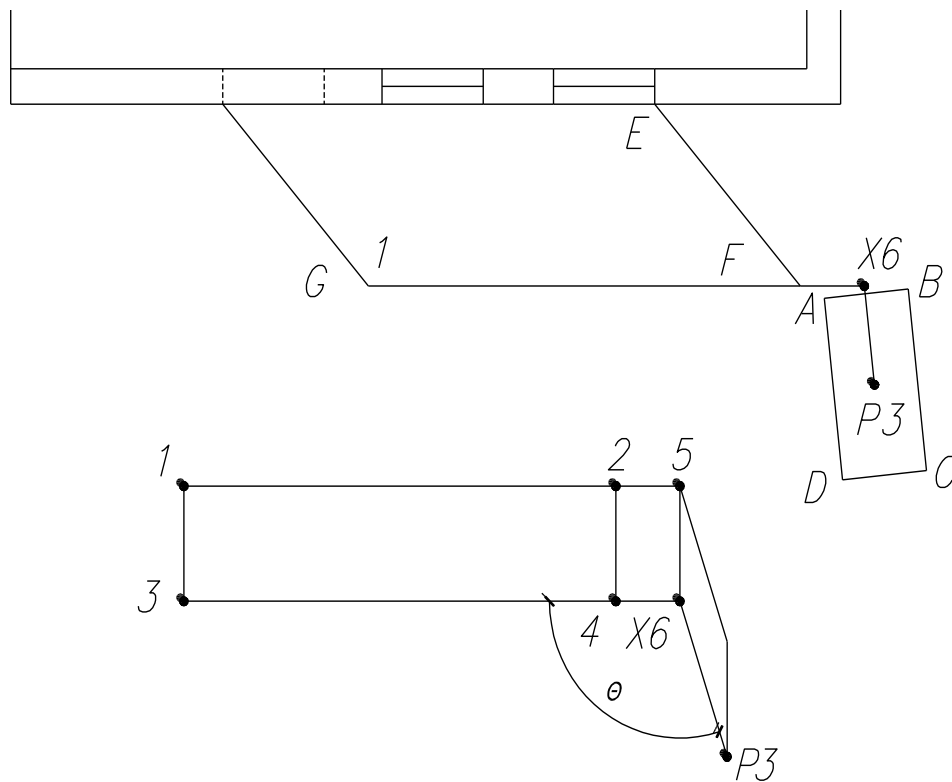


Рисунок 14.24 – Схема определения углового коэффициента облученности

Доля углового коэффициента облученности определяется по формуле:

$$\begin{aligned}\Phi_{1-3-\delta 6-5}^{P3} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(1,161) - \frac{(1-5,241 \times \cos 1,67)}{\sqrt{1+5,241^2-2 \times 5,241 \times \cos 1,67}} \times \tan^{-1}\left(\frac{1,161}{\sqrt{1+5,241^2-2 \times 5,241 \times \cos 1,67}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{1,161 \times \cos 1,67}{\sqrt{1,161^2 + \sin^2 1,67}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(5,241 - \cos 1,67)}{\sqrt{1,161^2 + \sin^2 1,67}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 1,67}{\sqrt{1,161^2 + \sin^2 1,67}}\right) \right] \right] = 0,113,\end{aligned}$$

где $a=h_{1-3}/s=1,3/1,12=1,161$;

$b=w_{1-5}/s=5,87/1,12=5,241$;

s – расстояние от точки P_3 до точки X_6 (рисунок 14.24);

h_{1-3} – высота зоны излучающей поверхности (рисунок 14.24);

w_{1-5} – ширина зоны излучающей поверхности (рисунок 14.24).

Точка P_3 , находящаяся на кровле сооружения, от пламени $F-G$ – прямоугольник 2-4- X_6 -5 (2)

Доля углового коэффициента облученности для точки P_3 от прямоугольника 2-4- X_6 -5 стороны пламени $F-G$ определяется по формуле:

$$\begin{aligned}\Phi_{2-4-\delta 6-5}^{P3} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(1,161) - \frac{(1-0,68 \times \cos 1,67)}{\sqrt{1+0,68^2-2 \times 0,68 \times \cos 1,67}} \times \tan^{-1}\left(\frac{1,161}{\sqrt{1+0,68^2-2 \times 0,68 \times \cos 1,67}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{1,161 \times \cos 1,67}{\sqrt{1,161^2 + \sin^2 1,67}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(0,68 - \cos 1,67)}{\sqrt{1,161^2 + \sin^2 1,67}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 1,67}{\sqrt{1,161^2 + \sin^2 1,67}}\right) \right] \right] = 0,032,\end{aligned}$$

где $a=h_{2-4}/s=1,3/1,12=1,161$;

$b=w_{2-5}/s=0,76/1,12=0,68$;

s – расстояние от точки P_3 до точки X_6 (рисунок 14.24);

h_{1-3} – высота зоны излучающей поверхности (рисунок 14.24);

w_{1-5} – ширина зоны излучающей поверхности (рисунок 14.24).

Общий угловой коэффициент облученности для точки P_3 , находящейся на кровле сооружения, от пламени $F-G$ составит:

$$\Phi_{F-G}^{P3} = \Phi_{1-3-X_6-5}^{P3} - \Phi_{2-4-X_6-5}^{P3} = 0,113 + 0,032 = 0,081.$$

Общий угловой коэффициент облученности для точки P_3 , находящейся на кровле сооружения, от пламени $E-F-G$ составит:

$$\Phi^{P_3}_{E-F-G} = \Phi^{P_3}_{E-F} + \Phi^{P_3}_{F-G} = 0,002 + 0,081 = 0,083$$

Общий угловой коэффициент облученности сооружения для теплопередачи излучением от пламени Φ_{E-F-G} определяется по формуле:

$$\begin{aligned} \Phi_z &= \frac{(C_1 \cdot \Phi_{z,1} + C_2 \cdot \Phi_{z,2}) \cdot d_1 + (C_3 \cdot \Phi_{z,3} + C_4 \cdot \Phi_{z,4}) \cdot d_2}{(C_1 + C_2) \cdot d_1 + (C_3 + C_4) \cdot d_2} = \\ &= \frac{(1 \times 0,137 + 1 \times 0,213) \times 1 + (1 \times 0,083 + 1 \times 0) \times 2}{(1 + 1) \times 1 + (1 + 1) \times 2} = 0,086. \end{aligned}$$

где $\Phi_{z,i}$ – угловой коэффициент облученности i -той конструкции для теплопередачи излучением от пламени.

d_i – размер поперечного сечения i -той поверхности конструкции;

C_i – коэффициент защиты (экранирования) i -той поверхности конструкции; $C_i = 0$ – для защищенной поверхности элемента; $C_i = 1$ – для незащищенной поверхности элемента.

Результирующий удельный тепловой поток от теплопередачи излучением определяется по формуле (6.3) настоящего Пособия:

$$\begin{aligned} \dot{h}_{net,r} &= \Phi \cdot \varepsilon_m \cdot \varepsilon_f \cdot \sigma \cdot ((\Theta_r + 273)^4 - (\Theta_m + 273)^4) = \\ &= 0,086 \times 0,8 \times 1,0 \times 5,67 \cdot 10^{-8} \times ((557 + 273)^4 - (230 + 273)^4) = 1601,6 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}, \end{aligned}$$

где Φ – угловой коэффициент облученности между излучающей и облучаемой поверхностями;

$\varepsilon_m = 0,8$ – степень черноты поверхности конструкции;

$\varepsilon_f = 1,0$ – степень черноты пламени (пожара);

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-4}$ – постоянная Стефана–Больцмана;

Θ_r – эффективная температура излучения пожара, °C;

Θ_m – температура поверхности конструкции, °C.

Согласно исходным данным окна имеются и на мансардном этаже, при наиболее неблагоприятном варианте пожара, когда пожар происходит как на первом, так и на втором этаже и пламя выходит за пределы помещений, то будет так же происходить теплообмен между горящим зданием и рассматриваемым сооружением, в результате чего общий тепловой поток на сооружение составит:

$$q_{E-F-G}^{c\ddot{a}l\ddot{e}y} = 2 \cdot q_{E-F-G}^{1\ddot{y}d\ddot{a}e} = 2 \times 1601,6 = 3203,2 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2},$$

2.3.6 Вывод

При продолжительности облучения 30 мин, критическая плотность теплового потока для древесины равна $12\,500 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$. Критическая плотность теплового потока от пожара в торговом

здании равна $3203,2 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$, что менее критической плотности теплового потока для древесины за период времени 30 мин. Значение 30 мин принято в качестве времени подачи первого ствола на охлаждение хозяйственной постройки, на основании чего можно сделать вывод о том, что при расчетном пожаре в торговом здании, возгорание хозяйственной постройки не произойдет.

3. Общий вывод

В результате расчета установлены следующие параметры пламени:

- мощность теплового потока – $10,88 \text{ МВт}$;
- высоту пламени – $0,43 \text{ м}$;
- горизонтальную проекцию пламени – $2,68 \text{ м}$;
- ширину пламени – $4,67 \text{ м}$;
- длину пламени вдоль оси – $2,72 \text{ м}$;
- температуру пламени в окне – 996 К ;
- температуру пламени вдоль оси – 830 К ;
- интенсивность теплового излучения расчетного пожара в торговом здании без учета ветра – $3426,8 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$;
- интенсивность теплового излучения расчетного пожара в торговом здании с учетом ветра – $3203,2 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$.

При продолжительности облучения 30 мин критическая плотность теплового потока для древесины равна $12\,500 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$. Критическая плотность теплового потока от пожара в торговом здании с учетом ветра равна $3426,8 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ и без учета ветра равна $3203,2 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$, значение которых менее критической плотности теплового потока для древесины за период времени 30 мин. На основании проведенного расчета можно сделать вывод о том, что при расчетных пожарах в торговом здании, возгорание хозяйственной постройки не произойдет.

Комплексный пример расчета 3

Определение возможности возгорания хозяйственной постройки от расчетного пожара в производственном здании (здании по производству бумажной продукции)

1. Общие положения

Здание по производству бумажной продукции двухэтажное, в котором на каждом этаже располагается по одному производственному помещению, а остальные помещения технические.

Непосредственно со стороны близлежащей хозяйственной постройки в производственном здании предусматривается противопожарная стена 1-го типа с пределом огнестойкости не ниже REI 150. Следовательно, при возможном пожаре в указанном здании единственным возможным путем возгорания хозяйственной постройки является выход пламени через оконные проемы, расположенные в наружной стене. Наиболее неблагоприятным вариантом является пожар на первом этаже в производственном помещении, поскольку в данном случае распространение фронта пламени будет происходить с большим угловым коэффициентом облученности, чем в остальных помещениях и на остальных этажах.

2. Определение возможности возгорания хозяйственной постройки от расчетного пожара в производственном здании

2.1 Определение удельной пожарной нагрузки

Расчетная удельная пожарная нагрузка $q_{f,d}$, МДж·м⁻², принимается из примера 1 (раздел 8) настоящего Пособия для помещения по производству бумажной продукции и составляет $q_{f,d}=160,7$ МДж·м⁻².

2.2 Расчет параметров пламени

Расчет параметров пожара и пламени выполнен в соответствии с разделом 14 настоящего Пособия и позволяет определить:

- размеры и температуру пламени из проемов;
- параметры излучения.

2.2.1 Общие положения расчета

Так как в рассматриваемой пожарной секции более одного проема, то далее в расчете используются приведенная по площади высота проемов h_{eq} , суммарная площадь вертикальных проемов A_v и суммарная ширина проемов на всех стенах.

Части наружной стены, которые не соответствуют требуемой огнестойкости (REI) отсутствуют, поэтому в качестве проемов, через которые будет выходить пламя наружу, рассматриваются только окна.

Суммарная площадь проемов в наружной стене принята равной общей площади проемов, поскольку их сумма меньше 50 % площади наружной стены пожарной секции.

Расчет выполняется с учетом принудительной вентиляции, поскольку на противоположной стороне рассматриваемых помещений, имеется, возможность дополнительного проникновения воздуха к пожару.

2.2.2 Определение расчетных параметров пожара и пламени с учетом принудительной вентиляции

Мощность теплового потока пожара, определяется по формуле:

$$Q = \frac{A_f \cdot q_{f,d}}{\tau_F} = \frac{149,5 \times 160,7}{1200} = 20,0 \text{ МВт},$$

где A_f – площадь пола пожарной секции, м²;

$q_{f,d}$ – расчетная удельная пожарная нагрузка, отнесенная к площади пола A_f , МДж·м⁻²;

τ_F – продолжительность свободного развития пожара, принимается 1200 с.

Суммарная площадь вертикальных проемов во всех стенах равна:

$$A_v = \sum A_{v,i} = A_{ок} \cdot N_{ок} = 5 \times (1,8 + 1,5) = 15,5 \text{ м}^2,$$

где $A_{v,i}$ – площадь i -го проема, м²;

$N_{v,i}$ – количество проемов, шт.

Приведенная по площади высота проемов на всех стенах определяется по формуле:

$$h_{eq} = \sum(A_{v,i} \cdot h_i) / A_v = A_{ок} \cdot h_{ок} \cdot N_{ок} / A_v = 5 \times (2,7 \times 1,5) / 15,5 = 1,53 \text{ м},$$

где h_i – высота i -го проема, м.

Принимая скорость ветра $u = 6 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, высота пламени (рисунок 9.4) определяется по формуле:

$$L_L \approx 0,628 \cdot Q / A_v^{1/2} - h_{eq} = 0,628 \times 20,0 / 15,5^{1/2} - 1,30 = 1,66 \text{ м}$$

Вертикальная проекция пламени определяется с учетом приведенной по площади высоты проемов:

$$h_{пл} = h_{eq} + L_L = 1,53 + 1,66 = 3,19 \text{ м}.$$

Горизонтальная проекция пламени определяется по формуле:

$$L_H = 1,33 \cdot (L_L + h_{eq}) / h_{eq}^{0,22} = 1,33 \times (1,66 + 1,53) / 1,53^{0,22} = 3,87 \text{ м}.$$

Ширина пламени определяется по формуле:

$$w_f = w_t + 0,4 \cdot L_H = 3,6 + 0,4 \times 3,87 = 5,14 \text{ м},$$

где w_t – суммарная ширина проемов на всех стенах, определяется следующим образом:

$$w_t = \sum w_i = w_{ок} \cdot N_{ок} + w_{дв} \cdot N_{дв} = 2 \times 1,8 = 3,6 \text{ м}.$$

Длина пламени вдоль оси определяется по формуле:

$$L_f = (L_L^2 + L_H^2)^{1/2} = (1,66^2 + 3,87^2)^{1/2} = 4,21 \text{ м}.$$

Температура пламени в окне определяется по формуле:

$$T_w = 520 / (1 - 0,3325 \cdot L_f \cdot (A_v)^{1/2} / Q) + T_0 = 520 / (1 - 0,3325 \times 4,21 \times (15,5)^{1/2} / 20,0) + 308 = 1025 \text{ К}.$$

Проводится проверка выполнение условия:

$$\begin{aligned} L_f \cdot (A_v)^{1/2} / Q &< 1; \\ 4,21 \times (15,5)^{1/2} / 20,1 &< 1; \\ 0,827 &< 1. \end{aligned}$$

Поскольку условие выполняется, то далее для расчета принимается температура пламени в окне равная 1025 К.

Температура пламени вдоль оси определяется по формуле:

$$T_z = \left(1 - 0,3325 \cdot \frac{L_x \cdot \sqrt{A_v}}{Q} \right) \cdot (T_w - T_0) + T_0 = \left(1 - 0,3325 \times \frac{4,21 \times \sqrt{15,5}}{20,0} \right) \times (1025 - 308) + 308 = 844 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

где L_x – осевое расстояние от окна до точки, для которой производится расчет (в качестве указанного расстояния принимается величина L_f так как необходимо определить температуру на поверхности пламени), м.

2.3 Расчет углового коэффициента облученности для хозяйственной постройки от расчетного пожара в производственном здании

2.3.1 Общие положения расчета

При расчете углового коэффициента облученности предполагается, что все поверхности имеют прямоугольную форму. Указанное положение относится для окон и других проемов в стенах пожарной секции, а также эквивалентных прямоугольников пламени.

Угловой коэффициент облученности каждой обогреваемой поверхности сооружения определяется как сумма долей от каждой из зон излучающей поверхности, которые видимы из точки P на обогреваемой поверхности. Эти зоны определяются относительно точки X_1 , находящейся в месте пересечения горизонтальной линии, перпендикулярной к обогреваемой поверхности. При определении углового коэффициента облученности не учитываются доли от зон, которые не видимы из точки.

Для определения углового коэффициента между пламенем и единичной площадкой на смежном объекте приведенная площадь пламени разбивается на четыре прямоугольника и рассматривается теплообмен излучением между каждым прямоугольником и единичной площадкой.

Горизонтальная проекция расчетных параметров фронта пламени при возможном пожаре в производственном помещении (поз.2 план на отм. 0.000) приведена на рисунке 14.25.

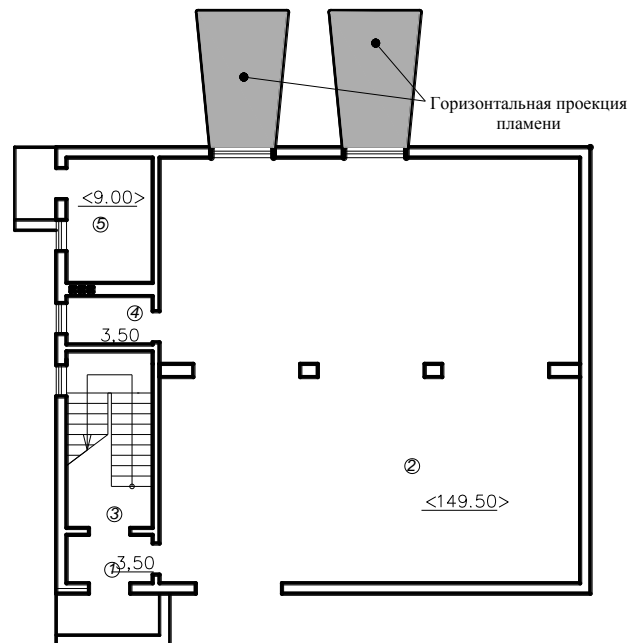


Рисунок 14.25 – Горизонтальная проекция фронта пламени из проемов производственного помещения (поз.2 план на отм. 0.000)

2.3.2 Расчет углового коэффициента облученности оконного проема от пламени расчетного пожара

Так как точка X_1 лежит вне излучающей поверхности, то эффективный угловой коэффициент облученности от стороны пламени $E-F$ определяется суммированием долей двух прямоугольников, построенных от X_1 до удаленного края излучающей поверхности, и вычитанием долей двух прямоугольников, построенных от X_1 до близлежащего края излучающей поверхности (см. рисунки 14.26–14.27).

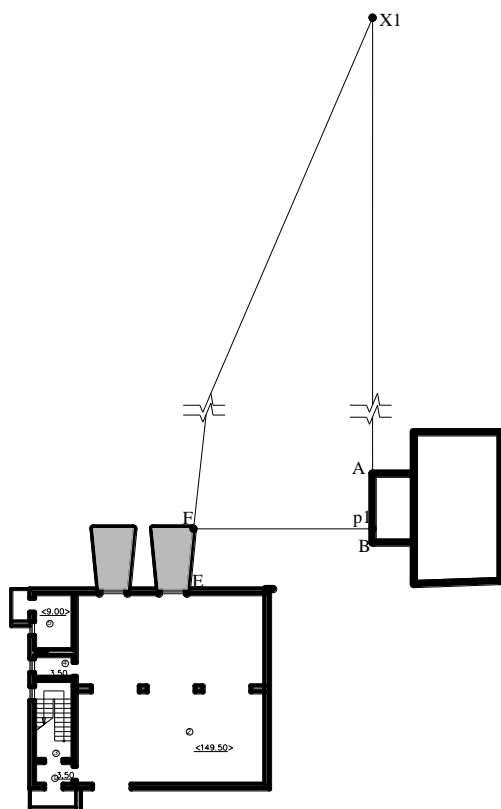


Рисунок 14.26 – Схема определения углового коэффициента облученности от возможного пожара в производственном здании

Сторона $A-B$ от пламени $E-F$ – прямоугольник $1-4-X_2-X_1$

Укрупненная схема определения углового коэффициента облученности фронта пламени 1-7-9-2 приведена на рисунке 14.27.

Схема определения углового коэффициента облученности для стороны $A-B$ от прямоугольника $1-4-X_2-X_1$ стороны пламени $E-F$ приведена на рисунке 14.28.

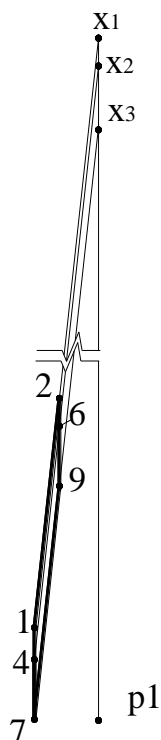


Рисунок 14.27 – Схема определения углового коэффициента облученности для стороны *A-B* от прямоугольника 1-7-9-2 стороны пламени *E-F*

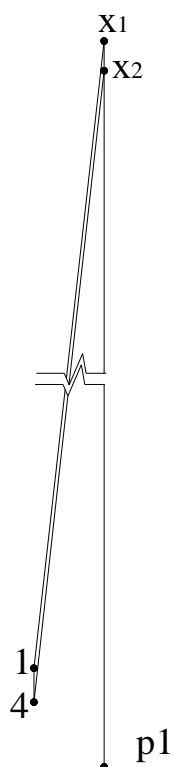


Рисунок 14.28 – Схема определения углового коэффициента облученности для стороны *A-B* от прямоугольника 1-4- X_2 - X_1 стороны пламени *E-F*

Доля углового коэффициента облученности определяется по формуле:

$$\begin{aligned} \Phi_{1-4-02-X1}^{\dot{A}-\dot{A}} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(0,004) - \frac{(1-0,978 \times \cos 0,104)}{\sqrt{1+0,978^2-2 \times 0,978 \times \cos 0,104}} \times \tan^{-1}\left(\frac{0,004}{\sqrt{1+0,978^2-2 \times 0,978 \times \cos 0,104}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{0,004 \times \cos 0,104}{\sqrt{0,004^2 + \sin^2 0,104}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(0,978-\cos 0,104)}{\sqrt{0,004^2 + \sin^2 0,104}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 0,104}{\sqrt{0,004^2 + \sin^2 0,104}}\right) \right] \right] = 0,008, \end{aligned}$$

где $a=h_{1-4}/s=0,53/111,3=0,004$;

$b=w_{1-X1}/s=108,9/111,3=0,978$;

s – расстояние от точки P_1 до точки X_1 (рисунок 14.28);

h_{1-4} – высота зоны излучающей поверхности (рисунок 14.28);

w_{1-7} – ширина зоны излучающей поверхности (рисунок 14.28).

Сторона $A-B$ от пламени $E-F$ – прямоугольник $4-7-X_3-X_2$

Схема определения углового коэффициента облученности для стороны $A-B$ от прямоугольника $4-7-X_3-X_2$ стороны пламени $E-F$ приведена на рисунке 14.29.

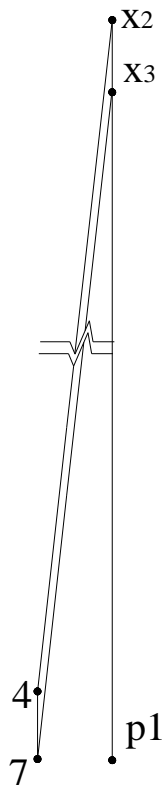


Рисунок 14.29 – Схема определения углового коэффициента облученности от прямоугольника $4-7-X_3-X_2$ стороны пламени $E-F$

Доля углового коэффициента облученности определяется по формуле:

$$\begin{aligned} \Phi_{4-7-X3-X2}^{\dot{A}-\dot{A}} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b - \cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(0,008) - \frac{(1 - 0,978 \times \cos 0,104)}{\sqrt{1 + 0,978^2 - 2 \times 0,978 \times \cos 0,104}} \times \tan^{-1}\left(\frac{0,008}{\sqrt{1 + 0,978^2 - 2 \times 0,978 \times \cos 0,104}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{0,008 \times \cos 0,104}{\sqrt{0,008^2 + \sin^2 0,104}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(0,978 - \cos 0,104)}{\sqrt{0,008^2 + \sin^2 0,104}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 0,104}{\sqrt{0,008^2 + \sin^2 0,104}}\right) \right] \right] = 0,016, \end{aligned}$$

где $a = h_{4-7}/s = 1,0/111,3 = 0,008$;

$b = w_{4-X2}/s = 108,9/111,3 = 0,978$;

s – расстояние от точки P_1 до точки X_1 (рисунок 14.29);

h_{4-7} – высота зоны излучающей поверхности (рисунок 14.29);

w_{4-X2} – ширина зоны излучающей поверхности (рисунок 14.29).

Сторона $A-B$ от пламени $E-F$ – прямоугольник 2-6- X_2 - X_1

Схема определения углового коэффициента облученности для стороны $A-B$ от прямоугольника 2-6- X_2 - X_1 стороны пламени $E-F$ приведена на рисунке 14.30.

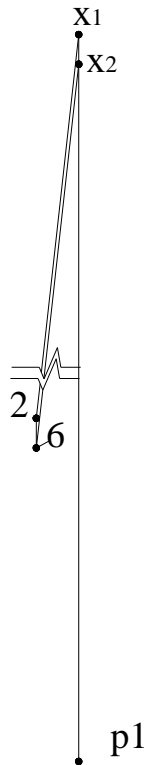


Рисунок 14.30 – Схема определения углового коэффициента облученности от прямоугольника 2-6- X_2 - X_1 стороны пламени $E-F$

Доля углового коэффициента облученности определяется по формуле:

$$\begin{aligned} \Phi^{\lambda-\lambda}_{2-6-X_2-X_1} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b-\cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(0,004) - \frac{(1-0,944 \times \cos 0,104)}{\sqrt{1+0,944^2-2 \times 0,944 \times \cos 0,104}} \times \tan^{-1}\left(\frac{0,004}{\sqrt{1+0,944^2-2 \times 0,944 \times \cos 0,104}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{0,004 \times \cos 0,104}{\sqrt{0,004^2 + \sin^2 0,104}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(0,944-\cos 0,104)}{\sqrt{0,004^2 + \sin^2 0,104}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 0,104}{\sqrt{0,004^2 + \sin^2 0,104}}\right) \right] \right] = 0,005, \end{aligned}$$

где $a=h_{2-6}/s=0,53/111,3=0,004$;

$b= w_{2-X_1}/s=105,1/111,3=0,944$;

s – расстояние от точки P_1 до точки X_1 (рисунок 14.30);

h_{2-6} – высота зоны излучающей поверхности (рисунок 14.30);

w_{2-X_1} – ширина зоны излучающей поверхности (рисунок 14.30).

Сторона $A-B$ от пламени $E-F$ – прямоугольник $6-9-X_3-X_2$

Схема определения углового коэффициента облученности для стороны $A-B$ от прямоугольника $6-9-X_3-X_2$ стороны пламени $E-F$ приведена на рисунке 14.31.

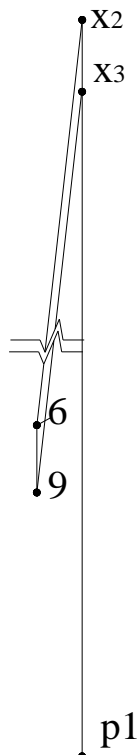


Рисунок 14.31 – Схема определения углового коэффициента облученности от прямоугольника $6-9-X_3-X_2$ стороны пламени $E-F$

Доля углового коэффициента облученности определяется по формуле:

$$\begin{aligned}\Phi_{6-9-X3-X2}^{\dot{A}-\dot{A}} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1}(\dot{a}) - \frac{(1-b \cdot \cos\theta)}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\dot{a}}{\sqrt{1+b^2-2 \cdot b \cdot \cos\theta}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{\dot{a} \cdot \cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}} \cdot \left[\tan^{-1}\left(\frac{(b - \cos\theta)}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{\dot{a}^2 + \sin^2\theta}}\right) \right] \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}(0,008) - \frac{(1 - 0,944 \times \cos 0,104)}{\sqrt{1 + 0,944^2 - 2 \times 0,944 \times \cos 0,104}} \times \tan^{-1}\left(\frac{0,008}{\sqrt{1 + 0,944^2 - 2 \times 0,944 \times \cos 0,104}}\right) + \right. \\ &+ \left. \frac{0,008 \times \cos 0,104}{\sqrt{0,008^2 + \sin^2 0,104}} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{(0,944 - \cos 0,104)}{\sqrt{0,008^2 + \sin^2 0,104}}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos 0,104}{\sqrt{0,008^2 + \sin^2 0,104}}\right) \right] \right] = 0,009,\end{aligned}$$

где $a=h_{6-9}/s=1,0/111,3=0,008$;

$b= w_{6-X2}/s=105,1/111,3=0,944$;

s – расстояние от точки P_1 до точки X_1 (рисунок 14.31);

h_{6-9} – высота зоны излучающей поверхности (рисунок 14.31);

w_{6-X2} – ширина зоны излучающей поверхности (рисунок 14.31).

Общий угловой коэффициент облученности для стороны **A-B** от пламени **E-F** составит:

$$\Phi_{1-7-9-2}^{A-B} = \Phi_{1-4-X2-X1}^{A-B} + \Phi_{4-7-X3-X2}^{A-B} - (\Phi_{2-6-X2-X1}^{A-B} + \Phi_{6-9-X3-X2}^{A-B}) = 0,008 + 0,016 - (0,005 + 0,009) = 0,01.$$

Результирующий удельный тепловой поток от теплопередачи излучением определяется по формуле (6.3) настоящего Пособия:

$$\begin{aligned}\dot{h}_{net,r} &= \Phi \cdot \varepsilon_m \cdot \varepsilon_f \cdot \sigma \cdot ((\Theta_r + 273)^4 - (\Theta_m + 273)^4) = \\ &0,01 \times 0,8 \times 1,0 \times 5,67 \cdot 10^{-8} \times ((571+273)^4 - (230+273)^4) = 201,13 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2},\end{aligned}$$

где Φ – угловой коэффициент облученности;

$\varepsilon_m = 0,8$ – степень черноты поверхности конструкции;

$\varepsilon_f = 1,0$ – степень черноты пламени (пожара);

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{К}^{-4}$ – постоянная Стефана–Больцмана;

Θ_r – эффективная температура излучения пожара, °C;

Θ_m – температура поверхности конструкции, °C.

$\Phi_{1-3-8-6}$ – коэффициент облученности между излучающей и облучаемой поверхностями.

Вывод

Таким образом, при продолжительности облучения в 20 мин, критическая плотность теплового потока для древесины равна $13\,500 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$. Расчетная плотность теплового потока от расчетного пожара в производственном здании равна $201,13 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$, что менее критической плотности теплового потока. Таким образом, можно сделать вывод о том, что при расчетном пожаре в производственном здании в течение указанного периода времени возгорание ограждающих строительных конструкций близлежащей хозяйственной постройки не произойдет.

Приложение А
(информационное)

Удельная пожарная нагрузка

Таблица А.1 -Характеристические значения удельной пожарной нагрузки для помещений различного функционального назначения [12]

Тип помещения, вещества и материалы (характеристики процесса)	Производство, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²	Склад, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²
Авиационный ангар	200	
Авиационный завод	200	
Автоаксессуары (продажа)	300	
Автозавод (сборка)	300	
Автоматазин (лакокрасочные изделия)	500	
Автоматазин (чехлы для сидений)	700	
Автомастерская	300	
Автомастерская (кузовной ремонт)	150	
Автомобили (сборка, производство)	400	
Администрация	800	
Адсорбенты горючих паров (завод)	> 1700	
Академия	300	
Аккумуляторы (производство)	400	800
Аккумуляторы (транспортировка)	800	
Алюминий (обработка)	200	
Алюминий (производство)	40	
Антикварный магазин	700	
Аппаратное оборудование (магазин)	300	
Аппаратное оборудование (производство)	200	
Аптека	1000	
Аптека (со складом)	800	
Архив (документы)	4200	
Асфальт (производство)	800	3400
Ацетиленовые баллоны (склад)	700	
Банк (кассы)	300	
Банк (офисы)	800	
Безалкогольные напитки (производство)	80	
Бетонные изделия (производство)	100	
Библиотека	2000	2000
Бинты (производство)	400	
Бисквит (производство)	200	
Бисквитная фабрика	200	

Таблица А.1 (продолжение)

Тип помещения, вещества и материалы (характеристики процесса)	Производство, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²	Склад, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²
Больница	300	
Боеприпасы (производство)	рассчитывается отдельно	
Бочарное дело	600	
Бочки деревянные (производство)	1000	800
Булочная	200	
Булочная (продажа)	300	
Бумага (обработка)	800	1100
Бумага (производство)	200	10000
Бытовая техника (продажа)	300	
Бытовая техника (производство)	300	200
Вата (производство)	300	
Вафли (производство)	300	1700
Велосипеды (сборка)	200	400
Веники (производство)	700	400
Весы (производство)	400	
Взрывоопасное производство	4000	
Винный магазин	200	
Винный погреб	20	
Волочение проволоки	80	
Восковые изделия (производство)	1300	2100
Восковые изделия (транспортировка)	2100	
Врачебный кабинет	200	
Вулканизационная (без складского помещения)	1000	
Выделка искусственной кожи (цех)	300	
Высокообжиговый гипс (производство)	600	
Высокоточные приборы без пластиковых деталей (производство)	100	
Высокоточные приборы с пластиковыми деталями (производство)	200	
Высотное офисное здание	800	
Выставка (художественная с оформлением)	200	
Выставка мебели	500	
Выставочный зал (автомобили с оформлением)	200	
Выставочный зал (мебель с оформлением)	500	
Выставочный зал (оборудование с оформлением)	80	
Вышивание	300	
Газетный киоск	1300	
Галетная сухая батарея	400	600
Гальваническая станция	200	

Таблица А.1 (продолжение)

Тип помещения, вещества и материалы (характеристики процесса)	Производство, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²	Склад, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²
Глажение	500	
Гардероб (с деревянными шкафами)	400	
Гардероб (с металлическими шкафами)	80	
Гастроном	700	
Глина (обработка)	50	
Головные уборы (магазин)	500	
Головные уборы (производство)	500	
Гостиница	300	
Государственное учреждение	800	
Гравировальный цех (стекло/металл)	200	
Гудрон (подготовка)	800	
Гудронированный картон (производство)	1700	
Двери (деревянные, производство)	800	1800
Декоративная отделка, мастерская	1200	2000
Декоративный камень	40	
Деревянные изделия (небольшие, транспортировка)	600	
Деревянные модели (изготовление, цех)	600	
Детдом	400	
Детские коляски (магазин)	300	
Детские коляски (производство)	300	800
Детский сад	300	
Деформирование (цех)	250	
Джутоткачество	400	1300
Дом отдыха	500	
Дома	500	
Дома престарелых	400	
ДСП (обработка)	800	
ДСП (прессование)	100	
Жалюзи (производство)	800	300
Железнодорожная станция	800	
Железнодорожные вагоны (производство)	200	
Железнодорожный цех	800	
Жестяные изделия (производство)	120	
Задвижки (производство)	1000	
Зеркала (производство)	100	
Зерновая мельница (без складского помещения)	400	
Зернохранилище	600	
Золочение металла	800	
Зонты (магазин)	300	

Таблица А.1 (продолжение)

Тип помещения, вещества и материалы (характеристики процесса)	Производство, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²	Склад, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²
Институт (здание)	500	
Зонты (производство)	300	400
Игровая зона	150	
Игрушки (из горючих материалов, производство)	100	
Игрушки (из негорючих материалов, производство)	200	
Игрушки (магазин)	500	
Инструменты (производство)	200	
Искусственная кожа (обработка)	300	
Искусственная кожа (производство)	1000	1700
Искусственные цветы (производство)	300	200
Искусственный шелк (обработка)	210	
Искусственный шелк (производство)	300	1100
Испытательная лаборатория (машинное оборудование)	100	
Испытательная лаборатория (текстиль)	300	
Испытательная лаборатория (электроприборы)	200	
Кабель (производство)	300	600
Какао (обработка)	800	
Каменная кладка	40	
Канатно-веревочные изделия (завод)	300	600
Канатно-веревочные изделия (склад)	500	
Канцелярский магазин	700	
Каретная мастерская	500	
Картон (производство)	300	4200
Картонные изделия (производство)	800	2500
Картонные изделия (транспортировка)	600	
Картонные коробки (производство)	800	2500
Картофель (производство)	200	
Кафе	400	
Квартира	300	
Керамический завод	200	
Киностудия	300	
Кинотеатр	300	
Кирпичный цех (обжиг)	40	
Кирпичный цех (подготовка глины)	40	
Кирпичный цех (прессование)	200	
Кирпичный цех (сушильная камера с деревянными решетками)	400	
Кирпичный цех (сушильная камера с металлическими решетками)	40	

Таблица А.1 (продолжение)

Тип помещения, вещества и материалы (характеристики процесса)	Производство, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²	Склад, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²
Ковры (производство)	600	1700
Ковры (магазин)	800	
Кирпичный цех (сушильная печь с деревянными решетками)	1000	
Кирпичный цех (сушильная печь с металлическими решетками)	40	
Кислоты (завод)	80	
Клей (производство)	1000	3400
Книжный магазин	1000	
Ковры (окраска)	500	
Кожа (дубление, отделка и т.д.)	400	
Кожаные изделия (продажа)	700	
Кожаные изделия (производство)	500	
Конгресс-холл	600	
Кондитерская фабрика (другие сферы деятельности)	500	
Кондитерская фабрика (кантование)	1000	
Кондитерская фабрика (промежуточный склад)	6000	
Кондитерская фабрика (упаковка)	500	
Кондитерский магазин	400	
Консервированные продукты (производство)	400	200
Консервированные продукты (производство)	40	
Консервные банки (производство)	100	
Конфетная упаковка	800	
Конфеты (производство)	400	1500
Копицентр	400	
Корма для животных (производство)	2000	3300
Коробки (производство)	1000	600
Косметика (производство)	300	500
Котельная	200	
Красильный цех	500	
Крем для обуви (производство)	800	2100
Крупные металлические конструкции	80	
Крутильный цех	250	
Кузнечный цех	80	
Кухонная плита (производство)	600	
Лаборатория бактериологическая	200	
Лаборатория металлургическая	200	
Лаборатория стоматолога-хирурга	300	
Лаборатория физическая	200	

Таблица А.1 (продолжение)

Тип помещения, вещества и материалы (характеристики процесса)	Производство, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²	Склад, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²
Лакокрасочные изделия (производство)	4200	
Лаборатория химическая	500	
Лаборатория электрическая, электронная	200	
Лак (производство)	500	2500
Лак (транспортировка)	1000	
Лак и полировка (транспортировка)	1300	
Лакированная бумага	80	
Лакировочное оборудование	80	
Лакокрасочные изделия (магазин)	1000	
Лакокрасочные изделия (смесительная установка)	2000	
Лампы накаливания (завод)	40	
Лесопильный завод (без дровяного склада)	400	
Ликер (производство)	400	800
Линолеум (обработка)	700	2100
Линолеум (производство)	700	1300
Листовой материал (производство)	100	
Литейный цех (металл)	40	
Литейный цех (чугун)	400	800
Литые детали (из металла, производство)	80	
Литые детали (из пластика, производство)	500	
Лодки (производство)	600	
Льжи (производство)	400	1700
Магазин одежды	600	
Малярная мастерская (автомобили, оборудование и т.д.)	200	
Малярная мастерская (мебель и т.д.)	400	
Малярный цех	500	
Масло (производство)	700	4000
Мастерская водопроводчика	100	
Мастика (производство)	1700	
Матрасы (производство)	500	500
Машинное оборудование (производство)	200	
Мебель (деревянная, производство)	600	
Мебель (полировка)	500	
Мебель (транспортировка)	600	
Мебельный магазин	400	
Метал (шлифовка)	80	
Металлические изделия (производство)	200	
Металлообработка (общая)	200	
Механическая мастерская	200	

Таблица А.1 (продолжение)

Тип помещения, вещества и материалы (характеристики процесса)	Производство, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²	Склад, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²
Мучные изделия	800	
Меховая мастерская	500	
Меховой магазин	200	
Молоко порошковое (производство)	200	10500
Молоко сгущенное (производство)	200	9000
Молочный магазин	200	
Мороженое (с упаковкой, завод)	100	
Мотоциклы (сборка)	300	
Моющие средства (производство)	300	200
Музей	300	
Музыкальные инструменты (продажа)	281	
Мыло (производство)	200	4200
Мясная лавка	50	
Наборный цех	400	
Навесы (производство)	300	
Надгробные плиты (гравировка)	50	
Наматывание (помещение)	400	
Наматывание (текстиля, волокна)	600	
Напитки (транспортировка)	300	
Напольная плитка (из пластика, производство)	800	
Нитроцеллюлоза (производство)	рассчитывается отдельно	
Обивка мебели (мастерская)	500	
Оборудование	600	
Оборудование (испытания)	200	
Оборудование (производство)	400	
Оборудование (транспортировка)	700	
Обработка информации	400	
Обработка тканей, мастерская	500	
Обувная и ремонтная мастерская	700	
Обувная фабрика (производство)	500	
Обувная фабрика (транспортировка)	600	
Обувной магазин	500	
Овощи сушеные	1000	400
Овощной магазин	200	
Одежда (производство)	400	
Одежда, бумага	700	
Одежда, текстиль	200	
Окна (деревянные, производство)	800	
Оконные стекла (производство)	700	

Таблица А.1 (продолжение)

Тип помещения, вещества и материалы (характеристики процесса)	Производство, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²	Склад, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²
Офисная мебель	700	
Окрашивание распылением (деревянные изделия)	500	
Оловянная посуда (транспортировка)	200	
Оптические приборы (производство)	200	200
Оружие (продажа)	300	
Оружие (производство)	300	
Отдел ретуширования	300	
Отделочный цех (бумага)	500	
Отделочный цех (текстиль)	300	
Отопительное оборудование (сжигание древесного угля, помещение)	300	
Офис (бизнес)	800	
Офис(проектирование)	600	
Офисное машинное оборудование (производство)	300	
Пакеты джутовые, бумажные, полиэтиленовые (производство)	500	
Парикмахерская	300	
Паркет (производство)	2000	1200
Парковка (помещение)	200	
Парфюмерный магазин (продажа)	400	
Пенопласт (обработка)	600	800
Пенопласт (производство)	3000	2500
Переключатели (производство)	400	
Переpletная мастерская	1000	
Печатная продукция (транспортировка)	1700	
Печатный, машинный цех	400	
Печатный, наборный цех	300	
Пиво (производство), пивоваренный завод	80	
Пищевая продукция (транспортировка)	1000	
Пищевой жир (производство)	1000	18900
Пищевой жир (транспортировка)	900	
Пластик (обработка)	600	
Пластик (производство)	2000	5900
Пластиковые изделия (производство)	600	
Пластиковые изделия (транспортировка)	1000	
Погрузочная платформа (с товарами, среднее приближенное)	800	
Подвал жилого помещения	900	
Подземный гараж (государственный)	< 200	

Таблица А.1 (продолжение)

Тип помещения, вещества и материалы (характеристики процесса)	Производство, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²	Склад, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²
Приборы с частичным содержанием пластика (транспортировка)	700	
Подземный гараж (частный)	> 200	
Подрядная организация	500	
Покрытие пола (магазин)	1000	
Покрытие пола (производство)	500	6000
Полировка дерева	200	
Полотняные изделия (производство)	400	800
Постельное белье (завод)	600	
Постельное белье (магазин)	500	
Почта	400	
Пошив меховой одежды	400	
Пошив одежды	300	
Прачечная	200	
Прессованный кирпич (завод)	1600	
Приют	400	
Пробковые изделия (производство)	500	800
Проволочный завод	800	
Продуктовые корзины (производство)	300	200
Проигрыватель (производство)	300	
Пространство для складирования смешанных товаров	500	
Простыни (производство)	500	1000
Прядильная фабрика (без разволокнения)	300	
Радио и телеаппаратура (продажа)	500	
Радио и телеаппаратура (производство)	400	
Радиостудия	300	
Рамки для картин (производство)	300	
Растворитель (очищение)	200	
Растительное масло (транспортировка)	900	
Резина (обработка)	600	5000
Резинотехнические изделия (магазин)	800	
Резинотехнические изделия (производство)	600	5000
Резьба по дереву (цех)	700	
Резьба по дереву	700	
Ремонтная мастерская (общая)	400	
Ресторан	300	
Санузлы	~ 0	
Сварка	300	
Сварочный цех (металл)	80	

Таблица А.1 (продолжение)

Тип помещения, вещества и материалы (характеристики процесса)	Производство, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²	Склад, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²
Спорттовары (магазин)	800	
Свечи (производство)	1300	22400
Сейфы (производство)	80	
Сидр (без склада тары, производство)	200	
Синтетическая пластмасса (производство)	3400	4200
Синтетическое волокно (обработка)	400	
Синтетическое волокно (производство)	400	
Склад (складские помещения при цехе и т.д.)	1200	
Скотобойня	40	
Сода (производство)	40	
Специи (производство)	50	
Спиртные напитки (магазин)	700	
Спиртные напитки (производство)	500	
Спиртовой завод (горючие материалы)	200	
Спиртовой завод (негорючие материалы)	50	
Спичечный завод	300	800
Стальная мебель (производство)	300	
Стекло (обработка)	200	
Стекло (производство)	100	
Стекло (роспись)	300	
Стеклодувный завод	200	
Стеклянная посуда (магазин)	200	
Стеклянные изделия (производство)	200	
Стеклянные изделия (транспортировка)	700	
Стекольный завод	100	
Стекольный цех	700	
Стереотипные печатные формы (производство)	200	
Стиральная машина (производство)	300	40
Столовая	300	
Столовое серебро	400	
Столовые приборы (бытовые, производство)	200	
Столярная мастерская	700	
Столярная мастерская (верстак)	700	
Столярное дело (без дровяного склада)	600	
Столярные станки (машинное помещение)	500	
Столярный цех	700	
Стоматологический кабинет	200	
Сушильная камера (для дерева)	800	
Сыр (в упаковке, производство)	170	

Таблица А.1 (продолжение)

Тип помещения, вещества и материалы (характеристики процесса)	Производство, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²	Склад, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²
Сырный подвал	100	
Сыродельный завод	120	
Табачная фабрика	3000	
Табачные изделия (производство)	200	2100
Табачный киоск	500	
Театр	300	
Текстиль (транспортировка)	600	
Текстильная фабрика	1200	
Телестудия	300	
Телефонные аппараты (производство)	400	200
Телефонные коммутаторы	80	
Телефонные коммутаторы (производство)	100	
Термический цех	400	
Термосклеивание пластмассы	800	
Типография	1000	
Типографская краска (производство)	700	3000
Ткацкая фабрика (без ковров)	300	
Токарные станки	200	
Токарный цех	600	
Токарный цех (деревообработка)	500	
Тракторы (производство)	300	
Трансформаторы (обмотка)	600	
Трансформаторы (производство)	300	
Трикотажная мастерская (производство)	300	1000
Турагентство	400	
Турбаза молодежная	300	
Угольная яма	10500	
Угольный бункер	2500	
Удобрения (производство)	200	200
Уксус (производство)	80	100
Универмаг	400	
Упаковка (других негорючих товаров)	600	
Упаковка (негорючих материалов)	400	
Упаковка (печатной продукции)	1700	
Упаковка (производство)	500	
Упаковка (текстиля)	600	
Упаковочный материал (промышленность)	1600	3000
Установка для затаривания (бочки с жидкостью и/или горючие бочки I - IV класса опасности)	> 3400	

Таблица А.1 (продолжение)

Тип помещения, вещества и материалы (характеристики процесса)	Производство, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²	Склад, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²
Установка для затаривания (бочки с жидкостью и/или горючие бочки V класса опасности)	> 1700	
Установка для затаривания (бочки с жидкостью и/или негорючие бочки)	< 200	
Установка для затаривания (небольшие бочки с жидкостью и негорючие бочки)	< 200	
Установка для затаривания (небольшие бочки с жидкостью и негорючие бочки I - IV класса опасности)	< 500	
Утилизация отходов производства	800	
Фабрика одежды	500	
Фанера (производство)	800	2900
Фанера (производство)	800	4200
Фанеровка	500	2900
Фармацевтическая продукция (производство)	300	800
Фармацевтическая продукция (упаковка)	300	800
Фарфор (производство)	200	
Фейерверки (производство)	рассчитывается отдельно	
Флуоресцентные трубки (производство)	300	
Фотоаппараты (производство)	300	
Фотоателье	300	
Фотолаборатория	100	
Фотомагазин	300	
Фрезерные работы (по металлу)	200	
Химические заводы (среднее приближенное)	300	100
Химчистка	300	
Холодильники (производство)	1000	300
Холодильное хранение	2000	
Художественная мастерская	1000	
Цветы (продажа)	80	
Целлулоид (производство)	800	3400
Цемент (производство)	1000	
Цементные изделия (производство)	80	
Цементный завод	40	
Церковь	200	
Цех заготовки дерева	3000	
Часовая мастерская	300	
Часовые механизмы (производство)	40	
Часы (продажа)	300	
Часы (сборка)	300	40

Таблица А.1 (окончание)

Тип помещения, вещества и материалы (характеристики процесса)	Производство, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²	Склад, $q_{t,k}$, МДж·м ⁻²
Шарикоподшипники (производство)	200	
Швейные машины (магазин)	300	
Швейные машины (производство)	300	
Шелкопрядение (из натурального шелка)	300	
Шелкоткачество (из натурального шелка)	300	
Шины (производство)	700	1800
Школа	300	
Школа-интернат	300	
Шорная мастерская (производство)	300	
Штукатурка (производство)	80	
Щетки (производство)	700	800
Электрическая промышленность	600	
Электродвигатели (производство)	300	
Электронные приборы (производство)	400	
Электронные приборы (ремонт)	500	
Электроприборы (производство)	400	
Электроприборы (ремонт)	500	
Электроремонтная мастерская	600	
Электроснабжение (установка Н < 3 м)	1200	
Электростанция	600	
Ювелирная мастерская	200	
Ювелирные изделия (производство)	200	
Ювелирный магазин	300	1300
Ядерные исследования	2100	

Приложение Б
(информационное)

Теплофизические характеристики для определения тепловой инерции некоторых строительных материалов

Таблица Б.1 – Теплофизические свойства некоторых материалов [13]

Материал	Температура, °C	Коэффициент теплопроводности λ , Вт·(м·°C) ⁻¹	Плотность ρ , кг·м ⁻³	Удельная теплоемкость c , кДж·(кг·°C) ⁻¹	Коэффициент температуропроводности $a \times 10^7$, м ² ·с ⁻¹
Изоляционные материалы					
Асбест неплотно упакованный	-45	0,149	470-570	0,816	3,3-4
	0	0,154			
	100	0,161			
Асбестоцементные плиты	20	0,74	470-570	0,816	3,3-4
Асбестоцементные листы	51	0,166	470-570	0,816	3,3-4
Асбестоцементный войлок (40 слоев на дюйм)	38	0,057	470-570	0,816	3,3-4
	150	0,069	470-570	0,816	3,3-4
	260	0,083	470-570	0,816	3,3-4
Асбестоцементный войлок (20 слоев на дюйм)	38	0,078	470-570	0,816	3,3-4
	150	0,095	470-570	0,816	3,3-4
	260	0,112	470-570	0,816	3,3-4
Асбест рифленый (4 изгиба на дюйм)	38	0,087	470-570	0,816	3,3-4
	93	0,100	470-570	0,816	3,3-4
	150	0,119	470-570	0,816	3,3-4
Асбестоцемент	—	2,08	470-570	0,816	3,3-4
Гранулированная пробка	32	0,045	45-120	1,88	2-5,3
Стекловолокно	23	0,038	24	0,7	22,6
Конструкционные и теплостойкие материалы					
Асфальт	20-55	0,74-0,76			—
Бетон		1,40	2100	0,88	—
Строительный кирпич (общий случай)	20	0,69	1600	0,84	5,2
Хромистый кирпич	200	2,32	3000	0,84	9,2
	550	2,47	3000	0,84	9,8
	900	1,99	3000	0,84	7,9
Шамотный кирпич (обжиг при 1330°C)	500	1,04	2000	0,96	5,4
	800	1,07	2000	0,96	5,4
	1100	1,09	2000	0,96	5,4

Таблица Б.1 (продолжение)

Материал	Температура, °С	Коэффициент теплопроводности λ , Вт·(м·°С) ⁻¹	Плотность ρ , кг·м ⁻³	Удельная теплоемкость c кДж·(кг·°С) ⁻¹	Коэффициент температуропроводности $a \times 10^7$, м ² ·с ⁻¹
Шамотный кирпич (обжиг при 1450°С)	500	1,28	2300	0,96	5,8
	800	1,37	2300	0,96	5,8
	1100	1,40	2300	0,96	5,8
Бутовый камень (смесь 1-2-4)	20	1,37	1900-2300	0,88	8,2-6,8
Оконное стекло	20	0,78 (средн.)	2700	0,84	3,4
Гипсовая штукатурка	20	0,48	1440	0,84	4,0
Гранит		1,73-3,98	2640	0,82	8-18
Известняк	100-300	1,26-1,33	2500	0,90	5,6-5,9
Мрамор		2,07-2,94	2500-2700	0,80	10-13,6
Песчаник	40	1,83	2160-2300	0,71	11,2-11,9
Кипарис	30	0,097	460	2,7	—
Ель	23	0,11	420	2,72	0,96
Клен, дуб	30	0,166	540	2,4	1,28
Желтая сосна	23	0,147	640	2,8	0,82

Таблица Б.2 -Характеристические значения тепловой инерции некоторых строительных материалов [14]

Материал	Тепловая инерция b , Дж·м ⁻² ·с ^{-1/2} ·К ⁻¹
Акриловое ковровое покрытие	648
Волокнистая термоизоляционная плита	678
Гипсокартон строительный (S142M)	755
Гипсокартон (в общем) (толщина 1,27 мм)	671
Гипсокартон FR (толщина 1,27 см)	632
ДВП (толщина 6,35 мм)	1367
ДВП (толщина 3,175 мм)	938
ДВП окрашенная глянцевой краской (толщина (3,4 мм)	1105
ДВП окрашенная нитроцеллюлозной краской)	889
ДСП огнестойкая Douglas (толщина 1,27 см)	970
ДСП в штабелях (1,27 см)	964
Клееная фанера FR (1,27 см)	872
Ковровое изделие (смесь нейлона и шерсти)	825
Ковровое изделие (необработанная шерсть)	500
Ковровое изделие в упаковке (шерсть)	332
Пена жесткая (толщина 2,54 см)	173
Пена эластичная (толщина 2,54 см)	566
Пластмасса, армированная стекловолокном (толщина 1,14 мм)	849
Пластмасса, армированная стекловолокном (толщина 2,24 мм)	566

Таблица Б.2 (продолжение)

Материал	Тепловая инерция b , $\text{Дж}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1/2}\cdot\text{K}^{-1}$
Поликарбонат (толщина 1,52 мм)	1077
Полиметилметакрилат кусковой (толщина 1,59 мм)	854
Полиметилметакрилат тип G (толщина 1,27 см)	1010
Полистирол (толщина 5,08 см)	616
Рубероидная кровельная плитка	837
Фанера обработанная клееная (толщина 1,27 см)	735
Фанера обработанная клееная (толщина 0,635 см)	678
Черепица из стекловолокна	707
Эпоксифиберитовые панели для самолетов	490

Приложение В
(информационное)

Критическая плотность теплового потока

Таблица В.1 – Характеристические значения критической плотности теплового потока [14]

Материал	Критическая плотность теплового потока для воспламенения материала $q_{кр}$, кВт·м ⁻²
Акриловое ковровое покрытие	10,0
Волокнистая термоизоляционная плита	14,0
Гипсокартон строительный (S142M)	18,0
Гипсокартон FR (толщина 1,27 см)	28,0
Гипсокартон (в общем) (толщина 1,27 мм)	35,0
ДВП	8,1
ДВП, окрашенная глянцевой краской	8,1
ДВП (толщина 3,175 мм)	14,0
ДВП (толщина 6,35 мм)	10,0
ДВП окрашенная глянцевой краской (толщина 3,4 мм)	17,0
ДВП окрашенная нитроцеллюлозной краской	17,0
ДСП	6,4
ДСП (вертикальная) (толщина 15 мм)	9,0
ДСП (горизонтальная) (толщина 15 мм)	10,0
ДСП огнестойкая Douglas (толщина 1,27 см)	16,0
ДСП в штабелях (толщина 1,27 см)	18,0
Клееная фанера (горизонтально) (толщина 12 мм)	8,5
Клееная фанера (вертикально) (толщина 12 мм)	10,0
Клееная фанера, окрашенная глянцевой краской	11,4
Клееная фанера	10,6
Клееная фанера FR (толщина 1,27 см)	44,0
Ковровое изделие (смесь нейлона и шерсти)	18,0
Ковровое изделие (необработанная шерсть)	20,0
Ковровое изделие (обработанная шерсть)	22,0
Ковровое изделие в упаковке (шерсть)	23,0
ПВХ экструдированный (серый) (толщина 3 мм)	15,0
ПВХ прессованный (белый) (толщина 3 мм)	8,0
Пена эластичная (толщина 2,54 см)	16,0
Пена жесткая (толщина 2,54 см)	20,0
Пластмасса, армированная стекловолокном (толщина 1,14 мм)	17,0
Пластмасса, армированная стекловолокном (толщина 2,24 мм)	16,0
Полиметилметакрилат тип G (толщина 1,27 см)	15,0
Полиметилметакрилат (толщина 1,59 мм)	9,0

Таблица В.1 (продолжение)

Материал	Критическая плотность теплового потока для воспламенения материала $q_{кр}$, кВт·м ⁻²
Полиметилметакрилат (литые куски) (толщина 3 мм)	5,0
Полиметилметакрилат экструдированный (толщина 2 мм)	9,0
Полипропилен (толщина 3.3 мм)	6,5
Полистирол (толщина 5,08 см)	46,0
Полиэтилен (толщина 2 мм)	12,5
Рубероидная кровельная плитка	15,0
Фанера обработанная клееная (толщина 1,27 см)	16,0
Фанера обработанная клееная (толщина 0,635 см)	16,0
Хвойная древесина	13,7
Хвойная древесина (вдоль волокон) (толщина 20 мм)	10,0
Хвойная древесина (поперек волокон) (толщина 20 мм)	12,0
Хвойная древесина, покрытая вспучивающейся огнестойкой краской	13,0
Черепица из стекловолокна	21,0
Эпоксифиберитовые панели для самолетов	28,0
Ящичный картон	8,3
Силовые электрические кабели	
ПВХ/ПВХ	19,0
Полиэтилен/ПВХ	15,0
ПВХ / Полиэтилен	15,0
Силикон/ ПВХ	19,0
Силикон /полимер на основе прошитого полиолефина (XLPO)	27,5
Этиленпропиленовый каучук (EPR)	21,5
XLPE/XLPE	22,5
XLPE/этилвинил ацетат (EVA)	17,0
XLPE/неопрен	15,0
XLPO/XLPO	20,5
XLPO, поливинилиден фторид (PVF)/XLPO	15,5
EPR/ хлорсульфинированный полиэтилен	16,5
EPR/ FR	21,0
Электрические кабели связи	
ПВХ/ПВХ	15,0
Полиэтилен/ПВХ	20,0
XLPE/XLPO	20,0
Кремний/XLPO	20,0
EPR/FR	19,0
Хлорированный полиэтилен	12,0
ETFE/EVA	22,0
ПВХ/PVF	30,0
FEP/FEP	36,0

Таблица В.1 (продолжение)

Материал	Критическая плотность теплового потока для воспламенения материала $q_{кр}$, кВт·м ⁻²
Синтетические материалы	
Полипропилен (в общем)	15,0
Нейлон	15,0
Полиметилметакрилат (в общем)	11,0
Поликарбонат	15,0
Поликарбонат (панели)	16,0
Естественные материалы	
Древесина (красный дуб)	10,0
Древесина (дугласовая пихта)	10,0
Древесина (дугласовая пихта, огнезащищенная)	10,0
Гофрокартон (светлый)	10,0

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] СН РК EN 1991-1-2:2002/2011 Воздействия на несущие конструкции. Часть 1-2. Общие воздействия. Воздействия на конструкции при пожарах.
- [2] СН РК EN 1990:2002+A1:2005/2011 Основы проектирования несущих конструкций.
- [3] ISO 834 Fire resistance tests. Elements of building construction. Part 1: General requirements.
- [4] EN 1363-2 Fire resistance tests. Part 2: Alternative and additional procedures..
- [5] СН РК EN 1991-1-1:2002/2011 Воздействия на несущие конструкции. Часть 1-1. Собственный вес, постоянные и приложенные нагрузки на здания.
- [6] CEN 2001b. Background Document CEN/TC250/SC1/ N300-A-Valorisation project on natural fire safety concept. ECSC Project 7215-042 & 7215-057, D-E-F-I-L-NL, 1999-2001, Final Reports in 6 Languages. Brussels: CEN Central Secretariat.
- [7] Yung, D. Principles of Fire Risk Assessment in Building / D.Yung.– Wiley. – 227 p.
- [8] Patrick M. Kennedy, Kathryn C. Kennedy, Flashover and fire analysis a discussion of the practical use of flashover analysis in fire investigations. Sarasota, Florida. – 2003. P.1–24.
- [9] СН РК EN 1993-1-2:2005/2011 Проектирование стальных конструкций. Часть 1-2. Общие правила определения огнестойкости.
- [10] Collier, P.C.R. STUDY REPORT Car Parks – Fires Involving Modern Cars and Stacking Systems SR 255 (2011) / P.C.R.Collier. – Branz, 2011– 101 p.
- [11] СН РК EN 1993-1-1:2005/2011 Проектирование стальных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий.
- [12] International Fire Engineering Guidelines [Canberra, A.C.T.] : ABCB for the Australian Government, State and Territories of Australia, 2005.
- [13] SFPE Handbook of Fire Protection Engineering Third Edition / Philip J. DiNenno, P.E. [et.al.]. –3rd edition.– SFPE, NFPA, 2002. – 1604 p.
- [14] SFPE Engineering Guide: Piloted Ignition of Solid Materials Under Radiant Exposure. – SFPE Task Group on Engineering Practices, 2002. – 74 p.

НТП РК 01-01.2.1-2012

Ресми басылым

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҰЛТТЫҚ ЭКОНОМИКА МИНИСТРЛІГІНІҢ
ҚҰРЫЛЫС, ТҰРҒЫН ҮЙ-КОММУНАЛДЫҚ ШАРУАШЫЛЫҚ ІСТЕРІ ЖӘНЕ
ЖЕР РЕСУРСТАРЫН БАСҚАРУ КОМИТЕТІ**

**Қазақстан Республикасының
НОРМАТИВТІК-ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРАЛЫ**

КР НТҚ 01-01.2.1-2012

**ЖҮКТЕМЕЛЕР МЕН ӘСЕР ЕТУ.
КОНСТРУКЦИЯҒА ОРТ КЕЗІНДЕ ӘСЕР ЕТУ**

Басылымға жауаптылар: «ҚазҚСҒЗИ» АҚ

050046, Алматы қаласы, Солодовников көшесі, 21
Тел./факс: +7 (727) 392-76-16 – қабылдау бөлмесі

Издание официальное

**КОМИТЕТ ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА, ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО
ХОЗЯЙСТВА И УПРАВЛЕНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ МИНИСТЕРСТВА
НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
Республики Казахстан**

НТП РК 01-01.2.1-2012

**НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ.
ВОЗДЕЙСТВИЯ НА КОНСТРУКЦИИ ПРИ ПОЖАРЕ**

Ответственные за выпуск: АО «КазНИИСА»

050046, г. Алматы, ул. Солодовникова, 21
Тел./факс: +7 (727) 392-76-16 – приемная