

**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**

**КҮШ ТҮСЕТІН КОНСТРУКЦИЯЛАРҒА ӘСЕР ЕТУ.
1-5 БӨЛІМІ. ЖАЛПЫ ӘСЕР ЕТУ.
ТЕМПЕРАТУРАЛЫҚ ӘСЕР ЕТУ**

**ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НЕСУЩИЕ КОНСТРУКЦИИ.
ЧАСТЬ 1-5. ОБЩИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ.
ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ**

**ҚР НТҚ 01-01-5.1-2013
(ҚР ЕЖ EN 1991-1-5:2003/2011)
НТП РК 01-01-5.1-2013
(к СП РК EN 1991-1-5:2003/2011)**

**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 АТСЭ» 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 ҚАБЫЛДАНДЫ ЖӘНЕ ҚОЛДАНЫСҚА ЕНГІЗІЛДІ:** 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:** Алғаш енгізілген

ПРЕДИСЛОВИЕ

- 1 ПОДГОТОВЛЕН:** АО «КазНИИСА», ТОО «ЗЦ АТСЭ»
- 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:** Введено впервые

Осы мемлекеттік нормативті Қазақстан Республикасының сәулет, қала құрылысы және құрылыс істері жөніндегі уәкілетті мемлекеттік органының рұқсатынсыз 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 АЯСЫ	1
2 НОРМАТИВТІ СІЛТЕМЕЛЕЛЕР	1
3 ТЕРМИНДЕР ЖӘНЕ АНЫҚТАМАЛАР	2
4 БЕЛГІЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР	6
5 ӘСЕРЛЕР КЛАССИФИКАЦИЯСЫ	9
6 ЕСЕПТІК ЖАҒДАЯТТАР	13
7 ӘСЕРЛЕР СИПАТТАМАСЫ	13
8 ҒИМАРАТТАРДАҒЫ ТЕМПЕРАТУРАЛЫҚ ӨЗГЕРІСТЕР	15
8.1 Жалпы ережелер	15
8.2 Температураны анықтау	15
8.3 Температуралық пішіндерді анықтау	16
8.4 Ғимараттар мен басқа құрылыстардағы температура мен температуралық пішіндерді бөлу	18
8.5 Сыртқы беттің жылу қабылдауы мен жылу беруіне кедергі жасау	20
9 КӨПІРЛЕРДЕГІ ТЕМПЕРАТУРАЛЫҚ ӨЗГЕРІСТЕР	31
9.1 Көпірдің аралық құрылыстары	31
9.2 Біркелкі таралған температураны құраушы	33
9.3 Сыртқы ауаның температурасы	36
9.4 Көпірлердің біркелкі таралған температурасын құраушы өзгерістің ауқымы	39
9.5 Көпірлердің біркелкі емес таралған температурасын құраушы өзгерістің ауқымы	41
9.6 Тігінен сызықты температуралық айырманы құраушылар (1-әдіс)	41
9.7 Сызықты емес үлестіруде тік құрайтын температуралар (2- әдіс).	44
9.8 Көлденең құраушылар	52
9.9 Қораптық қиманың бетон арқалықтарының қабырғаларындағы температуралық айырма	52
9.10 Құраушы біркелкі таралған температура мен температуралық айырманы бір уақыттағы есептеу	52
9.11 Біркелкі таралған температураның әр түрлі құраушылармен бірге конструктивті элементтеріндегі айырмалары	53
9.12 Көпірдің аралық тіреулері	53
10 ӨНЕРКӘСП ТҮТІН ҚҰБЫРЛАРЫНДАҒЫ, ҚҰБЫРЛАРДАҒЫ, МҰНАРАЛАРДАҒЫ, РЕЗЕРВУАРЛАРДАҒЫ, ГРАДИРНЯЛАРДАҒЫ ТЕМПЕРАТУРА ӨЗГЕРІСТЕРІ	72
10.1 Сыртқы ауа температурасының құрамы	72
10.2 Ағын газдар, ыстық сұйықтықтар және ыстық материалдар	72
10.3 Конструктивті элемент температурасы	72
10.4 Температура құрамын есептеу	73
10.5 Температура құрамын анықтау	73
10.6 Температура құрамы мәні	84
10.7 Температураны құраушының бір уақыттағы есебі	85
А қосымшасы (ақпараттық) Құрылыс материалдарының жылу техникалық сипаттарын көрсеткіштердің мәні	112
Б қосымшасы (ақпараттық) Жергілікті жердің зәулім белгілері, жылдың суық және жылы кезеңінің климаттық параметрлері	116

ҚР НТҚ 01-01-5.1-2013

В қосымшасы (<i>ақпараттық</i>) Темір бетонды қабырға панельдері үшін температуралық өзгерістердің есептік талдауы	118
БИБЛИОГРАФИЯ.....	127

КІРІСПЕ

Бұл «Температуралық әсерлер» нормативті-техникалық құралы ҚР ҚН EN 1991-1-5:2003/2011 «Күш түсетін конструкцияларға әсер ету. 1-5 бөлім. Жалпы әсер ету Температуралық әсер ету» ережесін дамыту үшін құрастырылған.

Бұл Құралды құрастырудың мақсаты қолданушыларға ҚР ҚН EN 1991-1-5:2003/2011 есептік жағдаяттар белгілеу, сонымен қатар анықтау мен қолдану ережесі әдістемесін іс жүзінде меңгеруіне көмек көрсету болып табылады:

- ҚР ҚН EN 1991-1-5:2003/2011 бойынша конструкциялар, ғимараттар және құрылыстарға температуралық әсер етуді бағалау талаптары;
- ҚР ҚН EN 1991-1-5:2003/2011 көрсетілген талаптарды дамытатын ережелер, сонымен қатар, ғимараттардағы температуралық әсер етудің есептеу мысалдары, құрылыс материалдарының ұлттық климаттық қасиеттерін және құрамын ескере отырып, температуралық пішінін анықтау;
- әр түрлі бой көтерген құрылыстарда көпірлердегі температуралық өзгерістерді есептеудің қосымша талаптары; сонымен қатар, өндірістік түтін мұржаларындағы, құбырлардағы, қоймалардағы (резервуар), градирлі мекемелердегі және сүрлеу мұнараларындағы температуралық өзгерістерге байланысты талаптар.

Құралдаосы нормативті құжатқа сай келетін конструкциялардың беріктігі мен сенімділігі талаптарын қамтамасыз етуде ҚР ҚН EN 1991-1-5:2003/2011 нормативінің ережелеріне қарсы келмейтін температуралық әсерлерді есептеудің балама әдістері берілген.

Анықтамалық (ақпараттық) Қосымшаларда қосымша кестелермен материалдар берілген. Олар ғимараттар мен құрылыстардың күш түсетін конструкцияларының элементтерінетін температуралық әсерлерді есептеуде пайдалану үшін қажет.

Аталған нормативтік-техникалық құралдың ережесі Жәрдемақы жағдай нағыз қолданыстағы нормативтік құжаттардың талаптарымен өзара байланысты (2013 жылғы күйі бойынша):

- ҚР ҚН EN 1990:2002+A1:2005/2011 Құрылыс жобалау негіздері;
- ҚР ҚН EN 1991-4:2006/2011 Конструкцияларға әсер ету. 4- бөлім. Бункерлер және резервуарлар;
- ҚР ҚН EN 1991-1-6:2005/2011 Конструкцияларға әсер ету. 1-6 бөлім. Жалпы әсер ету. Құрылыс жұмыстарын жүргізу кезіндегі әсер ету.
- ҚР СТ ISO 3898-2008 Конструкцияларды жобалаудың негізгі ережелері. Шартты белгілер. Негізгі нышандар.

Аталған нормативті – техникалық құрал Қазақстан Республикасының нормативті құжаты ретінде ерікті түрде қолдану үшін іске қосылады.

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

**КҮШ ТҮСЕТІН КОНСТРУКЦИЯЛАРҒА ӘСЕР ЕТУ.
1-5 БӨЛІМІ. ЖАЛПЫ ӘСЕР ЕТУ. ТЕМПЕРАТУРАЛЫҚ ӘСЕР ЕТУ**

**ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НЕСУЩИЕ КОНСТРУКЦИИ. ЧАСТЬ 1-5. ОБЩИЕ
ВОЗДЕЙСТВИЯ. ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ**

Енгізу мерзімі - 2015-07-01

1 ҚОЛДАНУ АЯСЫ

1.1. ҚР ҚН EN 1991-1-5:2003/2011 «Күш түсетін конструкцияларға әсер ету. 1-5-бөлім. Жалпы әсер ету. Температуралық әсер ету» нормативті – техникалық Құралы (ары қарай - Құрал) ҚР ҚН EN 1991-1-5:2003/2011 ережелеріне сай құрастырылған және ғимараттар, құрылыстар, көп

1.2. ірлер, өндірістік түтін мұржаларындағы, құбырлардағы, сүрлеу мұнараларындағы, қоймалардағы (резервуар), градирлі мекемелердегі және басқа конструкциялардағы, сонымен қатар, олардың жеке элементтеріндегі температуралық әсерлерді бағалау үшін таратылады. Құрал конструкция элементтеріне тиісті температуралық әсерлерге деген талаптарды толықтырады, дамытады және температураның тәуліктік, жылдық ауытқуына ұшыраған конструкциялардың есептік параметрлерін анықтайтын, сипаттамалы белгілерін құрайды.

2 НОРМАТИВТІ СІЛТЕМЕЛЕЛЕР

Нормативті – техникалық Құралды пайдалану үшін келесі сілтемелі құжаттар қажет. Күні белгіленген сілтемелер үшін сілтемелі құжаттың тек көрсетілген басылымы ғана қолданылады, күні белгіленбеген сілтемелер үшін сілтемелі құжаттың соңғы басылымы (оның барлық өзгерістерімен бірге) қолданылады:

ҚРСТ EN 13084-1:2011 Еркін тұрған түтін мұржалары. 1-бөлім. Жалпы талаптар.

ҚР СТ EN 13084-2:2011 Еркін тұрған түтін мұржалары. 2-бөлім. Бетонды мұржалар.

ҚР СТ EN 13084-4:2011 Еркін тұрған түтін мұржалары. 4-бөлім. Ішінен кірпішпен қаланған мұржалар. Жобалау және монтаждау.

ҚР СТ EN 13084-5:2011 Еркін тұрған түтін мұржалары. 5-бөлім. Ішкі мұржаларды кірпішпен қалауға арналған материалдар. Өнімге деген техникалық шарттар.

ҚР СТ EN 13084-6:2011 Еркін тұрған түтін мұржалары. 6-бөлім. Болаттан жасалған ішкі мұржалар. Жобалау және монтаждау.

ҚР ҚН EN 1991-1-5:2003/2011 Тіреу конструкцияларына әсер ету. 1-5-бөлім. Жалпы әсер ету. Температуралық әсер ету

ҚР ҚН EN 1991-4:2006/2011 Конструкцияларға әсер ету. 4- бөлім. Бункерлер және резервуарлар.

ҚР ҚН EN 1990:2002+A1:2005/2011 Құрылыс жобалау негіздері.

Ресми басылым

ҚР ҚН EN 1991-1-1:2002/2011 Күш түсетін конструкцияларға әсер ету. 1-1 бөлім. Жалпы әсер ету. Дербес салмақ, тұрақты және қосымша күштер.

ҚР ҚН EN 1991-1-6:2005/2011 Күш түсетін конструкцияларға әсер ету. 1-6 бөлім. Жалпы әсер ету. Құрылыс жұмыстарын жүргізу кезіндегі әсер ету.

EN 572-1-2012 Құрылыстағы шыны. Натрийлі-кальцийлі силикатты шыныдан жасалған негізгі бұйымдар. 1-бөлім. Жалпы физикалық және механикалық қасиеттерін анықтау.

EN 1748-1-1-2004 Құрылыстағы шыны. Негізгі арнайы бұйымдар. Борлы-силикатты шыны. 1-1 бөлім. Жалпы физикалық және механикалық қасиеттерін анықтау.

EN 1748-2-1-2004 Құрылыстағы шыны. Негізгі арнайы бұйымдар. Шынылы керамика. 2-1 бөлім. Жалпы физикалық және механикалық қасиеттерін анықтау.

EN 14178-1-2005 Құрылыстағы шыны. Негізгі сілтілі силикатты шыныдан жасалған бұйымдар. 1- бөлім. Жылу қапталған шыны.

EN ISO 6946 Құрылыстағы қоршау конструкциялары және олардың элементтері. Термикалық кедергі және жылу алмасуға кедергі. Есептеу жолдары.

EN ISO 13370 Ғимараттың жылу бөлуі. Жер арқылы жылу алмасу. Есептеу жолдары.

ҚР СТ ISO 2394-2008 Конструкциялардың беріктілігінің жалпы принциптері.

ҚР СТ ISO 3898-2008 Конструкцияларды жобалау негіздері. Шартты белгілер.

Жалпы нышандар.

ҚР СТ ISO 8930-2008 Конструкциялардың беріктілігінің жалпы принциптері. Балама терминдердің тізімі.

DIN 1025-2-1995 Ыстық күйде соғылған болаттан жасалған IPB және IB қатарындағы қос таврлы кең пішіндер.

DIN 1025-5-1994 Ыстық күйде соғылған болаттан жасалған IPE қатарындағы қос таврлы орташа пішіндер.

ЕСКЕРТУ Аталған құрылыс нормаларын пайдаланған кезде сілтемелі стандарттар мен нормативті құжаттардың өз күшінде екенін жыл сайын шығып отырған «Қазақстан Республикасының стандарттау туралы нормативті құжаттарының **«Көрсеткіші»**, «Мемлекет аралық стандарттау туралы нормативті құжаттарының Көрсеткіші», Қазақстан Республикасы аумағында ағымдағы жылға дейін күші бар «Сәулет, қала құрылысы және құрылыс саласындағы нормативті құқықтық және нормативті-техникалық актілер **тізімі»**. көрсеткіштерімен тыңғылықты тексеріп отыру қажет. Егер де сілтемелі құжат ауыстырылған (өзгертілген) болса, аталған нормаларды қолданарда өзгертілген құжаттарды басшылыққа алу қажет. Егер де сілтемелі құжат өзгеріссіз ауыстырылса, сілтемеде көрсетілген ереженің бөлігі қолданылады.

3 ТЕРМИНДЕР ЖӘНЕ АНЫҚТАМАЛАР

Аталған құралда төмендегі терминдер мен тиісті анықтамалар қолданылады.

3.1 Ғимараттың немесе инженерлік құрылыстың типі: ғимараттың немесе құрылыстың функционалдық қызметімен анықталады. Мысалы, тұрғын үй, тіректі қабырға, өндірістік ғимарат, жол көпірі.

3.2 Әсер (F)

а) құрылысқа әсер ететін күштер (жүктемелер) тобы (тікелей әсер);

б) температураның өзгеруінен немесе ылғалдылықтан пайда болған қосымша деформациялар мен ауытқулар тобы (жанама әсер).

3.3 Әсерлер әффектісі (E): конструкция элементтеріне әсер етудің нәтижесі (мысалы : ішкі күштер, белгілі бір сәттер, күш салу және деформациялар) немесе барлық құрылыстың әсерлері (мысалы: майысулар, бұрылыстар).

3.4 Тұрақты әсер (G) (permanent action (G)): қолданудың барлық мерзімі кезіндегі әсер, орташа мәнімен салыстырғанда шамасының уақытша өзгеруі азырақ немесе сол әсер белгілі бір шектік белгісіне жеткенше әрқашан бірқалыпты және бір бағытта болады.

3.5 Ауыспалы әсерлер (Q) (variable action(Q)): шамасының уақытында өзгеруі не мардымсыз не бірқалыпты болмайтын әсер.

3.6 Апаттық әсер (A) (accidental action (A)): ережеге сай қысқа мерзімді, бірақ құрылысты пайдаланудың есептік мерзімі барысында біршама мүмкіндік туғызатын айтарлық шамасы бар әсер.

1 ЕСКЕРТУ Егер де тиісті шаралар қолданылмаса апаттық әсердің ауыр салдары болуы мүмкін.

2 ЕСКЕРТУ Соқпа, қар, жел және сейсмикалық әсерлер өздерінің статистикалық бөлінуіне байланысы бар ақпаратқа қатысты ауыспалы және апаттық бола алады.

3.7 Белгіленген әсер (fixed action): тұрақты таралуы және конструкцияға немесе конструктивті элементке қатысты ережесі бар әсер. Соның нәтижесінде осы әсердің шамасы мен бағыты конструкция мен конструктивті элемент үшін бір мағынада анықталады, егер оның шамасы мен бағыты конструкцияның бір нүктесі немесе конструктивті элементі үшін анықталса.

3.8 Еркін әсер (free action): конструкцияға қатысты әр-түрлі кеңістік таралуы бар әсер.

3.9 Жеке әсер (single action): конструкцияға кез-келген басқа әсерлер кеңістігінде және уақытында статистикалық тәуелсіз болып табылатын әсерлер.

3.10 Статикалық әсер (static action): конструкцияның немесе конструкциялық элементтің мағыналы ауытқуларын туғызбайтын әсер.

3.11 Динамикалық әсер (dynamic action): конструкцияның немесе конструкциялық элементтің мағыналы ауытқуларын туғызатын әсер.

3.12 Квазистатикалық әсер (quasi-static action): есепте эквивалентті статикалық әсер ретінде саналған динамикалық әсер.

3.13 Әсерлердің сипаттамалық белгісі (F_k) (characteristic value of an action (F_k)): әсердің репрезентативті белгісін анықтаушы

ЕСКЕРТУ: Егер сипаттамалық белгілер статистикалық түрде тіркелген болса, онда оны берілген мүмкіндікпен анықтайды. Бұл мүмкіндік кезде «уақыттың референтті кезеңі» барысында осы мән асырылмаған жағдайда құрылысты пайдалану есептік мерзімі мен есеп жағдаятының ұзақтығы ескеріледі.

3.14 [1.5.1] Температуралық әсерлер (thermal actions): уақыттың белгілі бір кезеңі барысында температуралық өрістердің өзгеруі салдарынан болатын конструктивті элементтерге тиетін әсерлер.

3.15 Уақыттың референтті кезеңі (reference period): ауыспалы және мүмкін болған жағдайда апаттық әсерлердің статистикалық бағалауға арналған бекітілген уақыт интервалы.

3.16 Ауыспалы әсерлердің комбинациялық маңызы ($\psi_0 Q_k$) (combination value of a variable action ($\psi_0 Q_k$)): статистикалық негізде мүмкіндік бойынша таңдалған ауыспалы әсерлердің мәні әсер комбинациясынан туған әсерлердің асыру мүмкіндігі жеке әсердің сипаттамалық мәнінің асыру мүмкіндігі сияқты болуы керек.

ЕСКЕРТУ Комбинациялық мән ауыспалы әсердің сипаттамалық мәнінің бөлігі болып табылады және $\psi_0 \leq 1$ коэффициентіне сипаттамалық мәнін көбейтумен анықталуы мүмкін.

3.17 Ауыспалы әсердің жиілік мәні ($\psi_0 Q_k$) (frequent value of a variable action ($\psi_0 Q_k$)): статистикалық негізде мүмкіндік бойынша таңдалған ауыспалы әсерлердің мәні

референтті кезең төңірегіндегі әрекетінің жалпы уақыты, бұл мән асырылған кезде референтті кезеңнің аз бөлігі болатындай немесе осы асырулардың жиілігі аталған мәнмен ғана шектелетіндей болуы керек.

ЕСКЕРТУ Жиілік мән ауыспалы әсердің сипаттамалы мәнінің бөлігі болып табылады және $\psi_0 \leq 1$ коэффициентіне сипаттамалы мәнін көбейтумен анықталуы мүмкін.

3.18 Ауыспалы әсердің квазитұрақты мәні ($\psi_0 Q_k$)(quasipermanent value of a variable action ($\psi_2 Q_k$)): уақыттың жалпы аралығы кезеңінде асырылатынын ескере отырып анықталаған ауыспалы әсердің мәні уақыттың референтті кезеңінің үлкен бір бөлігін құрайды.

ЕСКЕРТУ Квазитұрақты мән ауыспалы әсердің сипаттамалы мәнінің бөлігі болып табылады және $\psi_0 \leq 1$ коэффициентіне сипаттамалы мәнін көбейтумен анықталуы мүмкін.

3.19 Жалғаспалы ауыспалы әсердің мәні(ψQ_k) (accompanying value of a variable action (ψQ_k)): ауыспалы әсердің мәні әсерлер комбинациясында басты әсермен қоса жүреді.

ЕСКЕРТУ Жалғаспалы ауыспалы әсердің мәні оның комбинациялық, жеке немесе квазитұрақты мәні бола алады.

3.20 Әсерлердің репрезентативті мәні (F_{rep}) (representative value of an action (F_{rep})): шектік жағдай бойынша есептеу кезінде қолданылатын мән.

ЕСКЕРТУ Репрезентативті мән ретінде (F_k) сипаттамалы мәнді немесе (ψF_k) жалғаспалы мәнді алуға болады.

3.21 Әсерлердің есептік мәні F_d (design value of an action (F_d)): репрезентативті мәнінің жиілік коэффициентіне γ көбейту арқылы алынған әсердің мәні.

ЕСКЕРТУ Әсердің есептік мәні репрезентативті мәнінің және жиілік коэффициентінің $\gamma_F = \gamma_{sd} \times \gamma_I$ туындысы ретінде анықталуы мүмкін

3.22 Әсерлердің комбинациялары(combination of actions): әр түрлі әсерлердің бір уақыттағы әрекетінің кейбір шекті жай-күйіне бойынша құрылыстың сенімділігін тексеру кезінде қолданылған әсерлердің есептік мәнінің жиынтығы.

3.23 Есептік жағдаяттар (design situations): белгілі бір уақыт аралығында кездесетін шынайы шарттарды үлгілейтін физикалық шарттардың жиынтығы. Бұл үшін тиісті шекті жай-күйлер асырылмағаны туралы есептер көрсетілуі тиіс.

3.24 Ауыспалы есептік жағдаят (transient design situation): көрінудің жоғары мүмкіндігі бар және құрылыстың пайдалану кезеңінен жалғасына қарай айтарлықтай аз, уақыт аралығы барысында іске асырылатын жағдаят.

ЕСКЕРТУ Ауыспалы есептік жағдаят пайдаланудың уақытша шарттары немесе тіреуіш конструкциялардың әсеріне жатады. Мысалы: құрылыс кезінде немесе жөндеу жұмыстарын жүргізу кезінде.

3.25 Тұрақты есептік жағдаят (persistent design situation): құрылысты пайдаланудың барлық кезеңі барысында анықтайтын жағдаят болып саналады.

ЕСКЕРТУ Әдетте көрсетілген есептік жағдаят пайдаланудың бірқалыпты шарттарына жатады.

3.26 Апатты есептік жағдаят (accidental design situation): құрылыс үшін ерекше шарттар немесе әсерлерді ескеретін жағдаят. Мысалы: өрт, жарылыс, соққы немесе жергілікті қирау.

3.27 [1.5.2]Көлеңкедегі ауаның температурасы (shade air temperature): ағаш ғимаратында аспаптарға ауаның еркін кіруі үшін орнатылған жалюздермен бірге орналастырылған ақ түсті термометр арқылы өлшенетін температура.

3.28[1.5.3]Көлеңкедегі ауаның жоғарғы деңгейдегі температурасы T_{max} (maximum shade air temperature): сыртқы ауаның ең жоғарғы деңгейдегі температурасының мәні (50 жылда қайталанатын кезеңге сай болады) жылдық ықтималдылық арттыру 0,02ге тең

3.29[1.5.4]Көлеңкедегі ауаның төменгі деңгейдегі температурасы T_{min} (minimum shade air temperature): сыртқы ауаның ең төменгі деңгейдегі температурасының мәні (50 жылда қайталанатын кезеңге сай болады) жылдық ықтималдылық арттыру 0,02ге тең

3.29 [1.5.5]Бастапқы температура T_0 (initial temperature): конструкцияның немесе оның бөлігінің аяқталған жүйесінде тұйықталуына сәйкес келетін температура.

3.30 [1.5.6] Сыртқы қоршайтын конструкциялар (cladding): климаттық әсерлерге берік қабықты құрайтын ғимараттың элементі. Жалпы жағдайда, сыртқы қоршайтын конструкциялар тек өзінің салмағын және/немесе желдің әсерін қабылдайды.

3.31 [1.5.7] Температураның бірқалыпты таралуын құраушы компонент (uniform temperature component): сол конструкцияны немесе конструктивті элементтің ұзаруын немесе қысқыртуын тудыратын бүкіл қима бойы бірқалыпты таралатын температура (көпірлер үшін оны көбінесе «тиімді температура» ретінде анықтайды.)

3.32 [1.5.8] Температураның өзгеруін құраушы компонент (temperature difference component): элементтің ішінде орналасқан кезкелген нүкте мен конструкция элементінің сыртқы жағы арасындағы температуралар айырмашылығын көрсететін конструктивті элементтің ішінде таралған температураның бөлігі.

3.33 Термикалық біртекті қабат (thermally homogeneous layer): кез-келген жерде термикалық қасиеттері бірдей тұрақты қалыңдығы бар қабат.

3.34 Есептік жылу өткізгіштік (design thermal conductivity): құрылыс конструкциясының бөлігі болып табылатын берілген материал мен өнімге нормалатын болып саналатын, есептік жағдаяттарда қабылданған құрылыс материалы немесе өнімнің жылу өткізгіштігінің мәні.

3.35 Есептік термикалық қарсылылық (design thermal resistance):

құрылыс конструкциясының бөлігі болып табылатын берілген материал мен өнімге нормаланатын болып саналатын, есептік жағдаяттарда қабылданған құрылыс өнімінің термикалық қарсылығының мәні.

3.36 Желден сақтау қалқаны (wind shield): мұржаны желдің әсерінен сақтау және күшті қабылдауға арналған тіреуіш қабық.

ЕСКЕРТУ Мұржаның қызметін орындай алады.

3.37 Қаптама (liner): футеровка жүйесінің салмақ түсетін мембранасы.

3.38 Футеровка жүйесі (lining system): Бар болған жағдайда түтін газдарын желден сақтау қалқандарынан бөлетін барлық жүйе. Оның құрамына тіреуіші бар қаптама, қаптама мен желден сақтау қалқаны арасындағы саңлау кіреді.

3.39 Түтін мұржасының тиімді биіктігі (effective chimney height): жер деңгейіне дейінгі түтін жалынының көтерілетін биіктігі. Ол түтін мұржасының геометриялық биіктігінің және мұржа аузындағы динамикалық қысымның есебімен көтерілген түтін ағынының биіктігінің жиынтықтары ретінде анықталады.

4 БЕЛГІЛЕР ЖӘНЕ ҚЫСҚАРТУЛАР

Құралда келесі белгілер алынған:

Латын алфавитінің бас әріптері

A – түтін газдары жылжитын мұржаның жарыққа көлденең қимасы;

A_0 – түтін құбырының жарыққа көлденең қимасының ауданының номиналды мағынасы;

A_c – жылу қабылдаудың түзету параметрлері

A_m – түтін мұржасының сыртында газдар жылжитын түтін құбырының жарыққа көлденең қимасының ауданы;

B – көлем параметрі;

C – Сазерленд тұрақтысы;

D – түтін мұржасының диаметрі;

D_h – түтін мұржасының ішкі гидравликалық диаметрі;

D_{ha} – желден сақтау қалқанының сыртқы бетіне қарайтын гидравликалық диаметр;

$D_{h,n}$ – қабырғалық конструкцияның номиналды қабатының ішкі жағына қарайтын гидравликалық диаметр;

H – түтін мұржасының тиімді биіктігі;

H_{ch} – түтін мұржасының жобалық биіктігі;

K – салқындау коэффициенті;

K_{ch} – канал енінің параметрі;

M_i – түтін газдары қосындысының i – компонентінің молярлық массасы;

Nu – Нуссельт критерийі;

Pr – Прандтл критерийі;

R – конструктивті элементтің термикалық кедергісі;

Re – Рейнольдс критерийі;

R_i – түтін газдары қосындысының газды тұрақты компоненті;

R_{in} – ішкі беттегі термикалық кедергі;

R_L – тұрақты газды ауа;

R_{out} – сыртқы беттегі термикалық кедергі;

R_{sf} – түтін газдарының тұрақты газы;

S_H – температураның тұрақсыздығын ескеретін түзету коэффициенті;

T – түтін газдары қосындысының нақты температурасы;

T_e – түтін мұржасындағы түтін газдарының кіре берісіндегі газдар температурасы;

T_{hew} – түтін мұржасының жылу бөлгіш қабырғаларының температурасы;

T_{ki} – түтін газдары қосындысының i компонентінің аумалы күйдегі температурасы;

T_L – атмосфералық ауа температурасы;

T_m – түтін газдарының орташы температурасы;

- T_{max} – 0,02-ден асатын жылдық ықтималдықпен (50 жылда қайталанатын кезеңге сай) бірге берілетін сыртқы ауаның жоғарғы шекті температурасы;
- T_{min} – 0,02-ден асатын жылдық ықтималдықпен (50 жылда қайталанатын кезеңге сай) бірге берілетін сыртқы ауаның төменгі шекті температурасы;
- $T_{max,p}$ – p асырудың жылдық ықтималдығымен ($1/p$ орташа қайталану кезеңіне сай) бірге берілетін сыртқы ауаның жоғарғы шекті температурасы;
- $T_{min,p}$ – p асырудың жылдық ықтималдығымен ($1/p$ орташа қайталану кезеңіне сай) бірге берілетін сыртқы ауаның төменгі шекті температурасы;
- $T_{e,max}$ – көпірлер үшін бірдей бөлінген температураның жоғарғы шекті құраушысы;
- $T_{e,min}$ – көпірлер үшін бірдей бөлінген температураның төменгі шекті құраушысы;
- T_0 – шекті ауыстырушылық жағдайындағы конструктивті элементтің бастапқы температурасы;
- T_{in} – ішкі ауаның температурасы;
- T_{out} – сыртқы ауаның температурасы;
- $\Delta T_1, \Delta T_2, \Delta T_3, \Delta T_4$ – жылыту (суыту) кезіндегі температура айырмасының мәні;
- ΔT_{Base} – түтін газдарының 2 легінің температуралар айырмасының абсолюттік мәні;
- ΔT_{stuff} – айналадағы температура материалдарының сызықтық айырмасы;
- T_{top} – түтін мұржасының ұшындағы түтін газдар температурасы;
- ΔT_u – тең бөлінген температураны құраушы;
- $\Delta T_{N,exp}$ – көпірлер үшін ($T_{e,max} \geq T_0$) тең бөлінген температураны құрайтын жоғарғы шекті тура өзгеріс;
- $\Delta T_{N,con}$ – көпірлер үшін ($T_{e,min} \geq T_0$) тең бөлінген температураны құрайтын жоғарғы шекті кері өзгеріс;
- ΔT_N – көпірлер үшін тең бөлінген температураны құрайтын тербелістің жалпы диапазоны;
- ΔT_M – сызықтық температуралық айырмасын құраушы;
- $\Delta T_{M,heat}$ – сызықтық температуралық айырмасын құраушы (жылыту);
- $\Delta T_{M,cool}$ – сызықтық температуралық айырмасын құраушы; (суыту);
- ΔT_E – сызықсыз температуралық айырмасын құраушы;
- ΔT – сызықтық және сызықсыз температуралық айырмаларды құраушы қосындысы;
- ΔT_P – осы элементтердің әр түрлі орташа температураларды анықтайтын конструкциялардың әр түрлі элементтері арасындағы температура айырмашылығы.
- $\Delta T(z)$ – жағалата жүргізілген мұржаның биіктігі бойынша температураның айырмасы;
- T_1 – түтін газдарының 1-легінің температурасы;
- T_2 – түтін газдарының 2-легінің температурасы;
- U – түтін газдары тасымалданатын мұржаның ішкі шеңбері;
- X_i – түтін газдары қосындысы i компонентінің жаппай үлесі;
- Y_i – түтін газдары қосындысы i компонентінің көлемдік үлесі;

Латын алфавитінің кіші әріптері

- a – тікбұрышты қимамен бірге алынған түтін мұржасының (қаптамасы, оқшауы, желден қорғау қалқаны) көлденең қима ұзындығы

ҚР НТҚ 01-01-5.1-2013

- a_1 – эллиптикалық қимамен бірге алынған түтін мұржасының (қаптамасы, оқшауы, желден қорғау қалқаны) үлкен жарты осінің көлденең қима ұзындығы;
- b – тікбұрышты қимамен бірге алынған түтін мұржасының (қаптамасы, оқшауы, желден қорғау қалқаны) көлденең қимасының ені;
- b_1 – эллиптикалық қимамен бірге алынған түтін мұржасының (қаптамасы, оқшауы, желден қорғау қалқаны) кішкентай жарты осінің көлденең қима ұзындығы;
- c_p – түтін газдардың меншікті жылу сыйымдылығы;
- c_{pi} – түтін газдар қоспасының меншікті жылу сыйымдылығының i компоненті;
- d_n – түтін мұржасындағы жабық ауа қабатының қалыңдығы;
- e – экспонент;
- f_g – түтін газдардың төменгі шекті жылдамдықтың нақтылы мәні;
- g – еркін құлаудың үдеуі;
- h – қиманың биіктігі;
- k – материалдың нақты температура кезіндегі жылу беру коэффициенті ;
- k_1, k_2, k_3, k_4 – 0,02- ден ерекшеленетін p асырудың жылдық ықтималдығымен бірге берілетін сыртқы ауаның жоғарғы (төменгі) шекті температурасы есебіне арналған коэффициенттер ;
- k_{sur} – сызықтық температура айырмасының құраушысын анықтаудағы көпір төсемінің қалыңдығын ескеретін коэффициент;
- p – сыртқы ауаның жоғарғы (төменгі) шекті температурасын асырудың жылдық ықтималдығы (жылына 1рет қайталаудың орташа кезеңіне сәйкес);
- m – түтін газдарының жаппай шығыны;
- p – сыртқы ауаның жоғарғы (төменгі) шекті температурасын асырудың жылдық ықтималдығы (жылына 1рет қайталаудың орташа кезеңіне сәйкес);
- p_L – атмосфералық ауаның қысымы ;
- p_{L0} – теңіз деңгейіндегі атмосфералық ауаның қысымы;
- r – түтін газдар тасымалданатын мұржаның ішкі қабырғасының бұдырлығы;
- r_1 – шеңбер қимасымен бірге алынған түтін мұржасының (қаптамасы, оқшауы, желден қорғау қалқаны) көлденең қима радиусы ;
- u, c – сыртқы ауа температурасының жылдық жоғарғы шекті (төменгі) бөліну қызметі мен түрінің параметрлері ;
- w – түтін газдарының 2 легінің тасымалданатын түтін мұржасының диаметрі;
- w_m – түтін газдарының орташа жылдамдығы;
- w_{min} – түтін мұржасы ұшындағы түтін газдарының төменгі шекті жылдамдығы ;
- w_{top} – түтін мұржасы ұшындағы түтін газдарының жылдамдығы ;
- w_{wind} – мұржа аузы деңгейіндегі желдің жылдамдығы;
- y – түтін мұржасы формасының коэффициенті;
- z – теңіз деңгейіндегі биіктігі;
- z_{ch} – канал кіру саңылауының жоғарғы ернеуінен биіктігі.

Грек алфавитінің бас әріптері

- α_a – желден сақтау қалқанының сыртқы бетіне жылу берудің сыртқы коэффициенті;
- α_i – түтін газдарымен байланысатын ішкі бетіне берілетін жылу коэффициенті;

- α_T – сызықтық температуралық ұлғаюдың ($1/^\circ\text{C}$);
- $1/\Lambda$ – жылуға төзімділік;
- η – түтін газдарының динамикалық тұтқырлығы;
- η_i – нақты температура кезіндегі түтін газдары қосындысы i – компонентінің динамикалық тұтқырлығы;
- η_{0i} – температура кезіндегі түтін газдары қосындысы i – компонентінің динамикалық тұтқырлығы; 0°C ;
- λ – жылуөткізгіштік коэффициенті;
- λ_a – түтін газдарының жылуөткізгіштігі;
- λ_n – жұмыс температурасы кезіндегі қабырға конструкциясы n -ді қабаты материалының жылуөткізгіштігі;
- ρ_L – атмосфералық ауаның тығыздығы;
- ρ_m – түтін газдарының орташа тығыздығы;
- ψ – гидравликалық бұдырлы лекке арналған түтін мұржасының үйкеліс коэффициенті;
- ψ_{smooth} – гидравликалық тегіс лекке арналған түтін мұржасының үйкеліс коэффициенті;
- ω_N – температуралық айырма құрамымен тіркескен бірқалыпты бөлінетін құрамның төмендеу коэффициенті;
- ω_M – температураның бірқалыпты бөліну құрамымен тіркескен температура айырмасы құрамның төмендеу коэффициенті;

5 ӘСЕРЛЕР КЛАССИФИКАЦИЯСЫ

5.1 ҚР ҚН EN 1990:2002 (п.п.4.1.1(1)Р и 4.1.1(4)Р)-де енгізілген әсердің классификациясы олардың үлгілеу негіздері мен құрылыс беріктігін қамтамасыз етеді. Аталған классификацияның түпкі міндеті әр түрлі сипаттағы әсердің әр текті жіне ұқсас сипаттамаларын сәйкестендіру және анықтау, сонымен қатар жобалау кезінде құрылыстың беріктігі мен әсерді бейнелеуге арналған тиісті теориялық үлгілерді қолдану мүмкіндігі болып табылады. Әсер етудің ықпалын көрсететін суреттеудің толық үлгісі ұзақтық, бағыт, үдемелі қарқындылық сияқты сипаттамалардың толық құрамын қамтиды.

5.2 ҚР ҚН EN 1990:2002 (п.п.4.1.1(1)Р и 4.1.1(4)Р)-де енгізілген классификация табиғи қоршаған ортаға әсер мен ықпал етудің мынадай аспектілерін ескереді;

- әсердің уақытша формалары (тұрақты немесе ауыспалы әсерлер)
- табиғат (тура және жанама әсер)
- кеңістік факторлары (тіркелген стационарлық немесе еркін әсер)
- күш табиғаты және немесе құрылыстың конструктивті бағасы (статикалық және динамикалық)

5.3 Температуралық әсерлер ауыспалы және жанама деп екіге бөлінеді. Аталған әсерлер температура мен ылғалдылық өзгерістерін тудырған жылдамдату мен шарасыз деформациялардың жиынтығы ретінде сонымен бірге орта есеппегі уақыттан ауытқудағы маңызды және монотонды болмайтын әсерлерді қарайды.

5.4. Тікелей әсер мен жанама әсерді қарастырғанда тікелей тіреуіш конструкцияға ықпал еткен әсер болады, ал оның моделі конструктивті қасиеттері немесе

конструкцияның реакциясы арқылы анықталады. Темір бетонды конструкциялар тікелей емес әсердің мысалы болады; бұл құбылыс басылған кезде конструкциялық әсерді туғызады. Тегіс емес шөгуде де конструкция статикалық түрде тікелей емес әсер болып қарастырылады, жалпы жағдайда кездейсоқ байқаусыз жасалған деформацияларды жатқызуға болады, себебі ол конструкция статикалық түрде анықталмаған орындарда теріс артық тиеудің пайда болуына әкеледі. Аталған конструкцияның осы түрі үшін әсердің салдары олардың реакцияларын есепке алғанда ғана анықталуы мүмкін. Жинақталған деформацияларды әсердің тұрақты немесе уақытша түрі деп қарауға рұқсат етіледі(мысалы температуралық әсерде). Қоршаған ортаның әсері материалдық сипаттамалары уақытқа байланысты нашарлауды тудырады және конструкциялар мен құрылыстың беріктілігіне бірте бірте төмендеуіне алып келеді.

5.5 Температуралық әсердің нәтижесінде пайда болатын деформацияның көлемі және кернеудің көрсеткіші элементтің геометриялық формасы мен конструкция дайындауда қолданатын материалдың физикалық қасиеттеріне тәуелді болады. Егер конструкция жылу кеңейту коэффициентінің әр түрлі мәні бар материал қамтыса, онда есептеулерде осы температуралық әсерді ескеру қажет.

5.6 Жылу әсердің магнитудасы және оның конструкциясының жеке элементтеріне таралуы бойынша көптеген параметрлер функциясы бар, олар климат жағдайларына , географиялық орнына, сонымен қоса температуралық мөлшерінің маусымдық өзгерістерімен белгілі байланыста болады, олар мысалы ауа температурасына әсер ететін шағын ауытқулар күні бойы теңселетін немесе созылмайтын уақытша аралық кезіндегі күн сәулесін бөлу болып табылады. Одан басқа параметрлер қатары ғимаратты пайдаланудың ерекше жағдайларымен қатал түрде байланыста болады, күн сәулесін бөлетін экран ретінде көрінетін жақын жердегі ғимараттар мен құрылыстың болуы, ғимараттың орын алуы , оның жалпы массасы (және кейінгі жылу энергиясы) Өңдеу материалдарының қасиеттері (яғни күн энергиясын сіңіру деңгейі мен жылу изоляциясы, жылу жүйесінің сипаттамасы, кондициялау мен желдету).

5.7 Уақытша әсердің көбірек бөлінуіне арналған қолайлы статистикалық жиынтығы олардың ықтималдық тұрғының негізінде сипаттамалы Q_k шамасын бағалауға мүмкіндік береді. Кейбір жағдайда сипаттамалы шама көрсетілген нақты шама болуы мүмкін. Мысалы көптеген еуропалық елдерде климаттық мәліметтер көп дегенде 40 жылға жуық кезеңіне қол жетерліктей болады, бұл әсерін құрылыс пен конструкцияларына температураның әсерін ғылыми талдау жасауына мүмкіндік береді. Егерде статистикалық өңдеу мүмкіндігі болса, онда Q_k сипаттамалы шамасы көрсетілген шаманың асырмау мүмкіндігі мен берілген жоғарғы мәніне (көп таралған жағдайда) не болмаса берілген мүмкіндіктің төменгі мәніне сай болады., берілген шама осы бақылауларға сай болатын белгілі бекітілген уақыт кезеңіндегі төменгі мәнінен төмен болмауы тиіс (бастапқы кезең). Тиісінше сипаттамалы шаманы анықтау үшін екі жеке тәуелсіз көрсеткіштер қолданылады: тіркелген уақыт аралығы (бастапқы кезең) бұл кезде экстремум (жоғарғы немесе төменгі шектер) және сипаттамалы шама не төмен не жоғары болмайтын экстремалды шаманың берілгендерін көрсету алдын-ала берілген ықтималдық жеткізіледі. Жалпы жағдайда температуралық әсердің Q_k сипаттамалы шамасы және есептік жағдаяттарында бірге берілген жүктемелер шамасын асырмау 0,98 алдын ала

тағайындалған ықтималға негізделеді, бастапқы кезең 1 жылды құрайды, сипаттамалы шаманың асырылмаған ықтималы және бастапқы кезең арасындағы өзара байланыс келесі теңдеу арқылы беріледі.

$$T = -\frac{\tau}{\ln(1-p)} = \frac{\tau}{p}, (5.1)$$

Т бұл жерде қайталау мерзімі, (сипаттамалы шаманы асырудың бірізді екі оқиғаның арасындағы күтетін екі уақыт аралығы.) p тиісті ықтималдыққа сай. (5.1) теңдеуінің нәтижесінде $p=0,02$ ықтималдық және и бастапқы сипаттамалы шаманың қайталау кезеңінің 1 жыл үшін $T = 1/0,02 = 50$ жылды құрайды.

5.8 Осылай осы құралда келтірілген температуралық әсердің сипаттамалы мәндері 0,02 жылдық асыру ықтималдығының мәндері болып табылады, бұл 50 жылдағы уақыт қатарының кезеңіне тең, егер басқа берілгендер белгіленбесе (мысалы, ауыспалы есептік жағдаяттар үшін). Осы құралдың В қосымшасында жоғарғыда белгіленген жерлерге байланысты жылдың суық және жылы кезеңінің климаттық параметрлері келтірілген.

5.9 [A2(1)] Егер сыртқы ауа температурасының жоғарғы (немесе төменгі) $T_{\max,p}$ (немесе $T_{\min,p}$) легінің мәні 0,02тен ерекшеленетін p жылдық асыру ықтималдығына негізделсе онда олардың қатынасы $T_{\max,p}/T_{\max}$ ($T_{\min,p}/T_{\min}$) 5.1.[A1] Суреттегідей анықталуы мүмкін.

5.9 [A2(2)] Жалпы жағдайда, $T_{\max,p}$ (немесе $T_{\min,p}$) I типті экстремальды мәндердің бөлуіне негізделген келесі формуладан алынуы мүмкін:

$$\text{— жоғарғы лек үшін} \quad T_{\max,p} = T_{\max} \{k_1 - k_2 \ln[-\ln(1-p)]\}; \quad (5.2)[A1]$$

$$\text{— төменгі лек үшін} \quad T_{\min,p} = T_{\min} \{k_3 + k_4 \ln[-\ln(1-p)]\}, \quad (5.3)[A2]$$

Бұл жерде $T_{\max}(T_{\min})$ – сыртқы ауа температурасының жоғарғы (немесе төменгі) $T_{\max,p}$ (немесе $T_{\min,p}$) легінің мәні 0,02тен ерекшеленетін жылдық асыру ықтималдығымен қоса

$$k_1 = \frac{u \cdot c}{u \cdot c + 3,902}; \quad (5.4)[A3]$$

$$k_2 = \frac{1}{u \cdot c + 3,902}, \quad (5.5)[A4]$$

Бұл жерде u, c – сыртқы ауа температурасының жоғарғы легінің жылдық бөлу параметрлерінің түрі мен функциясы;

$$k_3 = \frac{u \cdot c}{u \cdot c - 3,902}; \quad (5.6)[A5]$$

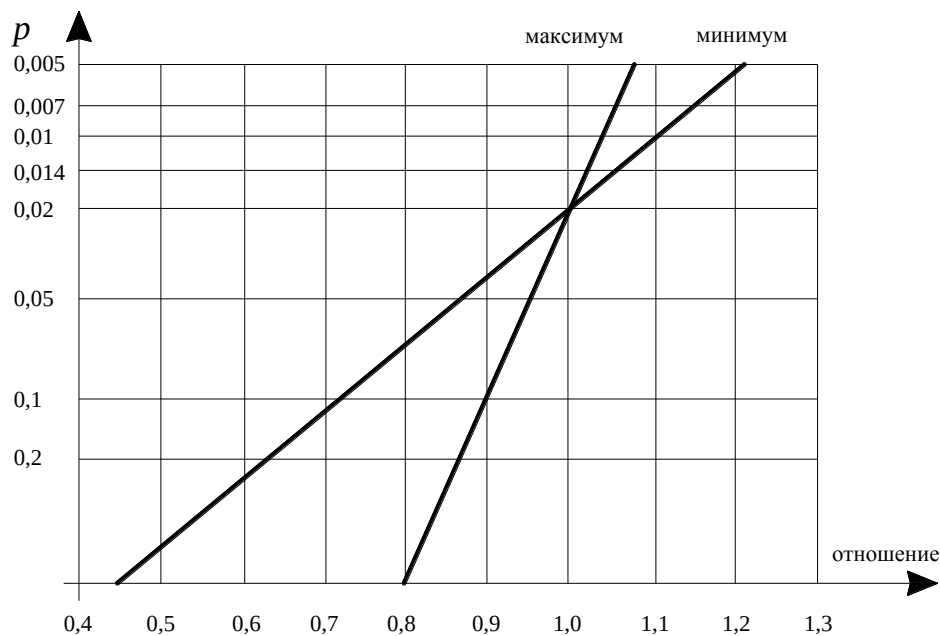
$$k_4 = \frac{1}{u \cdot c - 3,902}, \quad (5.7)[A6]$$

5.10 именс параметрлері m орта мәні мен I типті экстремальды мәндердің σ стандартты ауытқуына тәуелді болады:

— жоғарғы лек үшін: $u = m - \frac{0,57722}{c}; \quad c = \frac{1,2825}{\sigma};$ (5.8)[A7]

— төменгі лек үшін: $u = m + \frac{0,57722}{c}; \quad c = \frac{1,2825}{\sigma};$ (5.9)[A8]

$T_{\max,p}/T_{\max}$ және $T_{\min,p}/T_{\min}$ 5.1.[A1] Суретінен алуға болады



5.1[A1]сурет - $T_{\max,p}/T_{\max}$ және $T_{\min,p}/T_{\min}$ қатынастары

5.11 k_1 , k_2 , k_3 и k_4 коэффициенттерінің мәндері именс мәндерінің параметрлеріне негізделіп, СН РК EN 1991-1-5:2003/2011 ұлттық қосымша деңгейінде белгіленеді. Келесі қатынасты қабылдауға болады: $k_1 = 0,781$; $k_2 = 0,056$; $k_3 = 0,393$; $k_4 = -0,156$.

(5.3)[(A2)] Формуласы мен 5.1[A1] Суреті ($T_{\min}$) сыртқы ауаның теріс температурасы кезінде ғана қолдануға болады.

6 ЕСЕПТІК ЖАҒДАЯТТАР

6.1 Әсерлердің әр түрлі нұсқаларын жобалау кезінде конструкция қызметінің жобалау мерзіміқауіптің белгілі бір түрлері және шарттарымен байланысты, белгілі бір уақыт аралығын көрсететін нақты жағдаяттарды жинау жолымен қарастырған жөн.

-ауыспалы есептік жағдаяттар шарттарға сай, уақыты шектеулі, мысалы; құрылыс немесе жөндеу үрдісінде. Мысалы көпірді жөндеу үшін бір сызық көліктердің жүруін жабу үшін керек, бұл қызметтің жобаланған мерзіміне қарағанда аз уақытта көпірді пайдалану шарттарының өзгеруіне әкеп соғады.

6.2 СН РК EN 1990:2002 п.3.2(2)Р-іне сай есептік жағдаяттар бөлінеді:

– құрылысты пайдаланудың дұрыс шарттарына тиісті тұрақты есептік жағдаяттарға.Тұрақты есептік жағдаяттар әдеттегідей конструкция қызметінің жобалау мерзімімен байланысты болады. Пайдаланудың дұрыс шарттары деп қардан, желден, сыртқы және басқалардан түсетін мүмкін болатын экстремальды күштерді атайды;

-уақыт жағынан шектеулі, мысалы құрылыс немесе жөндеу барысындағы ауыспалы есептік жағдаяттарға. Мысалы, Мысалы көпірді жөндеу үшін бір сызық көліктердің жүруін жабу үшін керек, бұл қызметтің жобаланған мерзіміне қарағанда аз уақытта көпірді пайдалану шарттарының өзгеруіне әкеп соғады.

- Мысалы, өрт, атылыс, соққы немесе жергілікті қирау салдарына құрылысты алып келетін төтенше жағдайлар мен оқиғаларға жататын апаттық есептік жағдаяттарға. Бұл қысқа мерзімді көрсетеді, бірақ жергілікті қирау көрінетін жағдаяттарды жоққа шығармайды.

- құрылысқа сейсмикалық әсер түсуіне тиісті сейсмикалық есептік жағдаяттарға.

Аталған есептік жағдаяттар конструкцияны салу және пайдалану мерзімінің барысында болжалданатын немесе болатын барлық шарттарды қамтуы жағынан таңданылуы тиіс.

6.3 Қолданылатын есептік жағдаяттардың әрқайсысы үшін температуралық әсерлер анықталуы тиіс, сонымен бірге температуралық әсерлерді елемейтін кездерді де қарау керек (мысалы, егер конструкция не құрылыс тәуліктік және маусымдық климаттық температураның пайдалану өзгерістеріне түспесе).

6.4 [3(2)Р] Конструкцияда қатты күштеністі тудырмайтын температуралық деформацияны растау үшін тіреуіш конструкциялардың элементтерін температуралық әсерді есепке ала отырып тексеру керек немесетораптар мен бірігудің еркін қозғалуды қамтамасыз ететін конструктивті іс-шараларды қолдану тиіс.

7 ӘСЕРЛЕР СИПАТТАМАСЫ

7.1 Температураның өзгеруі деформацияның пайда болуына себеп болады, құрылыс конструкцияның жеке құраушылары сияқты жалпы салу құрылысы үшін де. Егер де конструкция гиперстаттық болса температуралық әсерлердің кейінгі салдары сыни мәніне дейін элементке жеке күштің ұлғайында көрінеді. Сол себепті температураның ұлғаюы нәтижесінде конструкциялардың функцияналдық сипаттамалары өзгереді. Бұл олардың қауіпсіздігіне әсер етеді. Аталған құралда температуралық әсерлерді бағалау әдістемесі

тек құрылыс конструкцияларына емес, сонымен қатар өндірістік түтін мұржалары, құбырлар, градирни және басқада құрылыстарға берілген.

7.2 Құрылыс конструкциялар реакцияларын анықтау мәселесі жылу әсерлерінің нәтижесінде тиісті жылу моделін анықтау жолымен шешілуі тиіс. Бұл тәсіл белгілі бір анықтық деңгеймен тиімді өндіруге қабілетті және конструкциядағы жылу өрістерін өзгеру сипаты болуы мүмкін. Сөзсіз, жылу әсерінің шамасы нақты анықталуы тиіс, себебі жылу әсерінің шамасы туралы мәліметтер жетіспеген жағдайда ең нақты моделді қолдану мағынасыз болады. Бұл шамалар статистикалық талдау жолымен анықталады.

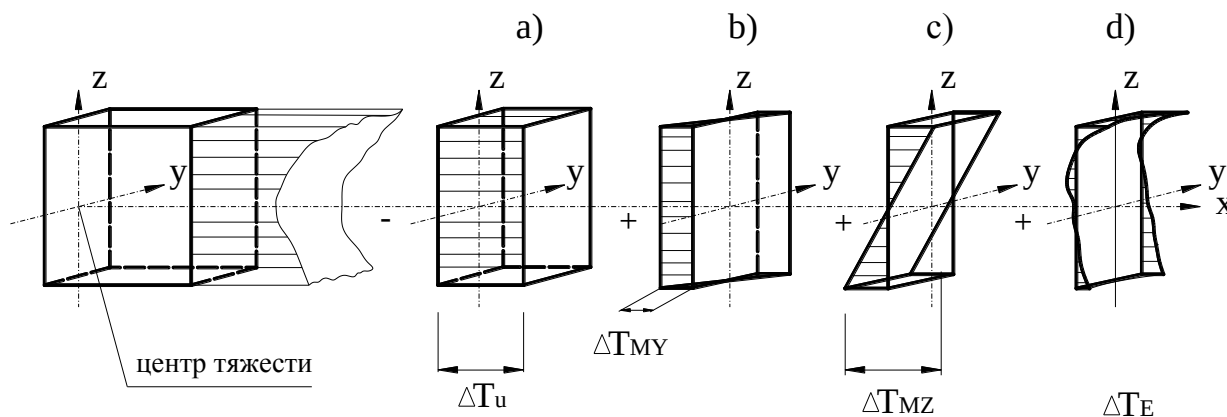
7.3[4(3)] Жеке элементтер аясында әсер ететін жылу өрістерін бөлу 7.1 суретінде[4.1]көрсетілгендей төрт негізгі құраушыларға бөлуге келеді:

а[а)]тең бөлінген температураны құраушы, ΔT_u ;

б[b)] $z - z$, ΔT_{My} осі бойынша сызықтық температуралық айырманы құраушы ;

в[c)] $y - y$, ΔT_{Mz} осі бойынша сызықтық температуралық айырмасын құраушы;

г[d)]сызықсыз температуралық айырмасын құраушы ΔT_E . Бұл элементке жүк түсірмейтін өзара тең ішкі күштер жүйесін құрайды



ауырлық орталығы

7.1 сурет[4.1]—температуралық пішінін жеке құраушылар диаграммасы

7.4 сызықтық температуралық айырманы құраушы ΔT_E берілген төрт элементің ішінен конструкцияға ең аз әсер береді.

7.5 Уақыт кезеңіндегі жылу әсерінің элементтері t қазіргі және бастапқы кезеңдегі мәндердің арасындағы айырмашылық ретінде беріледі, яғни конструкцияға түскен бастапқы әсердің кезеңі беріледі (мысалы, конструкцияны орнатуға, бекітуге, тіреуге қолданатын қалыптарды алу).

T_0 бастапқы температураны конструкцияның тұйықталуына немесе оның аяқталған жүйесіндегі бөліктеріне тиісті температура ретінде қабылдау керек. Егер бұл болжанбаса, онда құрылысты салу кезеңі барысындағы болған орта температураны алу керек. Сонымен, T_0 мәнін ұлттық қосымшада белгілеуге жіберіледі. Ақпарат болмаған жағдайда $T_0 = 10^\circ\text{C}$ қабылданады.

7.6 [4(4)] Сонымен нәтиже болып саналатын деформация, әрбір күш геометрияға және конструкция элементінің сүйеу шарттарына, сонымен қатар пайдаланылған материалдың

физикалық сипатына тәуелді. Сызықтық температураның ұлғаюының әр түрлі коэффициенттерімен бірге материалдарды қолдануда есепте температуралық әсерлерді ескеру қажет.

7.7 Материалдардың сызықтық температуралық ұлғаюының коэффициенттер мәні бұл жылу әсерінің ықпалын анықтау үшін және конструктивті талдау жүргізу үшін басты ақпарат. Құрылыс материалдарының кеңейтілген тізімі және оларға тиісті температуралық ұлғаюдың коэффициенттері осы Құралдың А қосымшасында А (таблица А.1) көрсетілген.

8 ҒИМАРАТТАРДАҒЫ ТЕМПЕРАТУРАЛЫҚ ӨЗГЕРІСТЕР

8.1 Жалпы ережелер

8.1.1 [5.1(1)P] Егер көтеру қабілеттілігі және салдарынан температуралық жылжуларды қолдану кезіндегі жарамдылық бойымен шекті күйлерді асып кетудің мүмкіндігі бар болса және / немесе кернеу болса температураның климаттық және қолдану кезіндегі өзгеріс пайда болған ғимаратта температуралық әсер ғимараттың есепті параметрлерін анықтауда ескеру керек.

8.1.2 [5.1(1)P, ЕСКЕРТУ 1] Температуралық өзгерістен туындаған көлемді өзгерулерге және/немесе кернеуге, әсер ете алады:

- а) көрші ғимараттармен көлеңкелеу;
- б) кеңейтудің әр түрлі температуралық коэффициенттермен әр түрлі материалдарын қолдану және жылуөткізумен;
- в) әр түрлі біркелкі таралған температурамен бірге көлденең қиманың әр түрлі пішіндерін қолдану.

8.2 Температураны анықтау

8.2.1 [5.2(2)P] Климаттық әсерлер сыртқы ауаны температураның тербелісі және күн сәулеленудің есебімен анықталу керек. Мысалы, жеке жағдайларда, нақты жоба үшін жылыту, технологиялық және өндірістік процестер қолдану кезіндегі жүктемелер орнатады).

8.2.2 Егер температураның түбегейлі күн сайынғы немесе маусымды өзгерістері, немесе өзгерістер ғимарат ішінде немесе құрылыстағы іс әрекеттерде болады, қысқа мерзімді жылулық әсерді белсенділікте конструктивтік талдауды өткізуде менсінбеуге болады деген құрылыс болған жағдайда. Шын мәнінде, бәрі жылулық әсерлер бойымен ғимарат әртүрлі климаттық әсер немесе белсенділіктің тәртібі үшін ішінде, қорыта келгенде есептеліне алады. Бірінші нұсқаға қатысты климаттық әсер сыртқы ауа және күн сәулеленудің қарқындылығын өзгерудің температураларының аралығын есеппен анықталады. Екінші нұсқаға байланысты (технологиялық немесе өнеркәсіптік процестер) ғимарат ішінде тән конструктивтік ерекшеліктері бар сәйкестікте бағалануы керек болуға және техникалық жағдай іске асатын белсенділікпен әсер.

8.2.3 [5.2(3)P] Құрайтын температуралардан сәйкестікте құралым элементіне, келесі параметрлер қолданыла әсер ететін температура климаттық және қолдану кезіндегі тербелістер орнатады:

а) біркелкі таралған температура құраушы T элементінің температура ΔT_u және оның бастапқы температурасымен орташа мәнінің аралығында айырым ретінде T_0 анықталады;

б) бөлек қабаттардың сырттары аралығында және қиманың сыртқы және ішкі жақтары аралығында сызықты температуралық айырма құраушы ΔT_M температураның айырымы анықталатыны

с) осы бөлік температураларының орташа мәнін анықтаушы конструкцияның әр түрлі бөлігі үшін ΔT_P температураның айырымы

ΔT_M и ΔT_P мәндері нақты жоба үшін көрсетуге рұқсат етіледі.

8.3 Температуралық пішіндерді анықтау

8.3.1 [5.2(4)] ΔT_u , ΔT_M и ΔT_P тен басқа қажеттілік болған жағдайда тиісті жобаларда (мысалы, ТР, конструкциялардың тіреуіш элементтері және фасад элементтерінің бекіту және тіреулеріне) температуралық әсерлерді жергілікті әсерлер ескеру керек. Бұл үшін ғимараттың жағдайының есебімен және оныңның (бөлшектер) конструктивтік ерекшеліктерінің температуралық әсерлерді тиісті жазбасы орнатады.

8.3.2 Біркелкі таралған температура құраушы ΔT_u кейбір келтірілген құрылымдық элемент маусымда орташа температура T айырымы сияқты есеп айырысады және бастапқы кезеңде температура T_0 :

$$\Delta T_u = T - T_0 \quad (8.1) [(5.1)]$$

Мұнда T - климаттық температуралармен қыстығүні немесе жаздығүні және қолдану кезіндегі температура шақырған құрастырымдық элементтің температурасының орташа мәні.

ΔT_u , ΔT_M , ΔT_P және T мәндері аймақтық мәліметтер негізінде анықталады.

8.3.3 Бірінші кезекте T мөлшерді анықтау керек. Ол (температуралық пішін) элементтің тығыздығы бойымен температуралық таратуды анықтаған ерекше тәуелділікті таңдаудың есебімен құрылымдық элементті қысқы немесе жазғы температура орташа мәннен тәуелділікте таңдайды. Көп қабатты элементтер, T жағдайда орташа температура жеке қабаттай болып табылады. Егер элемент екі жақтарда қоршаған ортаның жік және жағдайы жалаң ие бол бірдей болса, онда T ауа T_{in} және T_{out} ішкі және сыртқы температурасымен орташа мәнді сияқты анықтауға рұқсат етіледі:

$$T = \frac{T_{out} + T_{in}}{2}, \quad (8.2)$$

8.3.4 8.1 [5.1] Кестесі бойынша T_{in} ішкі ауаның температурасы. T_{out} сыртқы ауаның температурасы төмендегідей анықталады:

- а) 8.2[5.2] Кестесі бойынша — жер деңгейінен жоғары орналасқан элементтер үшін;
- б) 8.3 [5.3] Кестесі бойынша — жер деңгейінен төмен орналасқан элементтер үшін.

.1[5.1] кесте— T_{in} ішкі ауаның температурасы

Жыл мезгілі	T_{in} Температура
Жаз	T_1
Қыс	T_2
ЕСКЕРТУАрнайы талаптар болмаған жағдайда T_1 және T_2 мәндерін мынадай үлгімен қабылдауға болады: $T_1 = 20^\circ\text{C}$ и $T_2 = 25^\circ\text{C}$.	

8.2[5.2]кесте— T_{out} жер деңгейінен жоғары орналасқан элементтер үшін

Жыл мезгілі	Негізгі факторлар		Температура $T_{out}, ^\circ\text{C}$
Жаз	Түс пен бетке байланысты сіңірмелік	0,5 сәулелі ашық қабат	$T_{max}+T_3$
		0,7 түрлі түсті ашық қабат	$T_{max}+T_4$
		0,9 Қараңғы қабат	$T_{max}+T_5$
Қыс			T_{min}

8.3.5 Сыртқы ауа температураның мәні үстінде алаңның орналастыруын биіктік байланысты түзетуді теңіз деңгей болуы керек. Теңіз деңгейінен жоғары биіктік байланысты түзетуді ауаның температурасын мағына осы бағыт бойымен ақпараттың жеткіліксіздігінің жағдайында: жоғары теңіз деңгейінің үстінде әр 100 метрлері үшін температура минималь мәннен 0, 5°C шегерген төмендегіше бола алады және 1, 0°C максималь мәннен. 45°N кеңдігімен аралығында облыстар үшін жоқ болғанда мағына және 55°N мағыналарды қолдану ұсынылады

$$T_3 = 0^\circ\text{C}$$

$$T_4 = 2^\circ\text{C} \quad \text{солтүстік - шығыс бағытындағы элементтер үшін}$$

$$T_5 = 4^\circ\text{C}$$

$$T_3 = 18^\circ\text{C}$$

$$T_4 = 30^\circ\text{C} \quad \text{оңтүстік - батыс бағытындағы немесе көлденең}$$

$$T_5 = 42^\circ\text{C} \quad \text{орналасқан элементтер үшін}$$

8.3.6 [5.3(2)P] Жаз мезгілі үшін 8.2[5.2] Кестеде көрсетілген T_{out} температура құрылыстың сыртқы беті немесе конструкция элементінің бағдары мен жылу тартқыш қабілетіне төмендегідей тәуелді болады:

– температуралық жоғарғы шек әдетте оңтүстік батысқа бағытталған көлденең беттерде жетеді,

- температуралық төменгі шек (шамамен жоғарғы шектің жартылай мәні, °C) солтүстікке бағытталған беттерде жетеді,

8.3[5.3]кесте—Жер деңгейінен төмен элементтер үшін температура T_{out}

Жыл мезгілі	Жер деңгейінен төмен тереңдік	Температура T_{out} , °C
Жаз	1 м азырақ	T_6
	1 м көбірек	T_7
Қыс	1 м азырақ	T_8
	1 м көбірек	T_9
ЕСКЕРТУ Ені аралығындағыаудандар үшін 45°N и 55°N арнайы талаптардың жоқтығы кезінде T_6 , T_7 , T_8 и T_9 мәндерін мына үлгімен қабылдауға болады: $T_6 = 8\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_7 = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_8 = -5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_9 = -3\text{ }^{\circ}\text{C}$.		

8.4 Ғимараттар мен басқа құрылыстардағы температураны (температуралық пішін) бөлу.

8.4.1 [D(1)] Температураның бөлінуі (температуралық пішін) жылу өткізгіштік теориясын қолдануымен анықталуы мүмкін. Жай қабатты элементтері (мысалы, тас, қабырға, қабық) кезінде, жергілікті жылу «көпірлерінің» болмаған кезінде көлденең қиманың ішкі жағынан хқашықтықтағы температура тұрақты температура ереженің негізінде төмендегідей анықталады:

$$T(x) = T_{in} - \frac{R(x)}{R_{tot}}(T_{in} - T_{out}), \quad (8.3) [(D1)]$$

мұнда T_{in} – ішкі ауаның температурасы;

T_{out} – сыртқы ауаның температурасы;

R_{tot} – екі сыртқы беттің кедергісін қамтитын элементтің толық термикалық кедергісі;

$R(x)$ – ішкі бетіндегі термикалық кедергі және ішкі бетінен x нүктесіне дейінгі кедергі (8.1 Сурет).

8.4.2 [D(2)] R_{tot} и $R(x)$, $\text{m}^2\text{K/Вт}$ кедергінің мәндері EN ISO 6946 (1996) и EN ISO 13370 (1998) сәйкес кедергі мен жылуөткізгіштікті қолданумен төмендегідей белгіленуі мүмкін:

$$R_{tot} = R_{in} + \sum_i \frac{h_i}{\lambda_i} + R_{out}, \quad (8.4) [(D2)]$$

мұнда R_{in} – ішкі бетке түсетін термикалық кедергі, $\text{m}^2\text{K/Вт}$;

R_{out} – сыртқы бетке түсетін термикалық кедергі, $\text{m}^2\text{K/Вт}$;

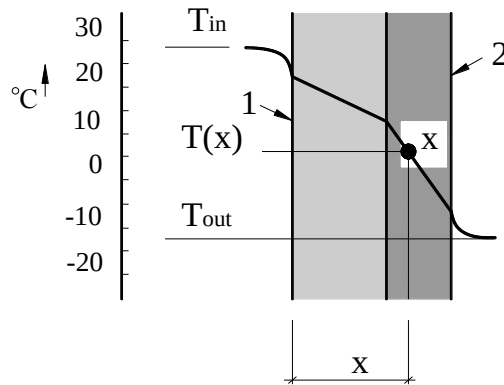
λ_i – жылуөткізгіштіктің коэффициенті, Вт/мК ;

h_i – қабаттың жуандығы, м ;

$$R(x) = R_{in} + \sum_i \frac{h_i}{\lambda_i}, \quad (8.5) [(D3)]$$

Сонымен, ішкі беттен x нүктесіне дейінгі қабаттар ғана ескеріледі (8.1 Суретті қара [D(1)]).

Ғимарат үшін R_{in} термикалық кедергісі 0,1 ден 0,17 м²К/Вт-ге дейін (жылу легінің бағытына байланысты) және $R_{out} = 0,04$ м²К/Вт (барлық бағыттар үшін) құрайды. Бетон үшін жылуөткізгіштік коэффициенті λ_i (21-ден до 25 кН/м³-ге дейін көлемді салмағымен) 1,16-дан 1,71 Вт/мК дейін өзгереді.



1 – ішкі бет; 2 – сыртқы бет

8.1[D(1)]сурет–екі қабатты элементі үшін температураның бөлінуі (температуралық пішін)

8.4.3 Біркелкі қабаттарды қыздыру кедергісі. Қыздыру кедергісінің мағынасы жылу өткізгіштіктің есептік мәндердің негіздеуінде үміт артады немесе қыздыру кедергісі. Егер белгілі жылу өткізгіштіктің мағына болса, онда қыздыру кедергісінің мағынасы біркелкі, R қабаттай формула бойымен анықтайды:

$$R = \frac{h}{\lambda}, \quad (8.6)$$

h – жуандық, қоршаушы құрылыс жылу оқшаулағыш материалы қабаттай, м;

λ – материалдың жылу өткізгіштігінің еселігі, А2 нағыз құжатты кесте бойымен қабылдайды, Вт/мК.

ЕСКЕРТПЕ: Мысалы, егер бұйым қысылған күйінде қолданылса, (h – жуандық ескерту номиналды жуандықтан мүмкін ерекшелену, онда h кем номиналды жуандық). Мысалы, h анықтамада рұқсаттардың теріс мағыналарының жағдайларындағы жуандыққа рұқсатты ескеруге ұсынылады.

8.4.4 Бет жағының қыздыру кедергісі. Жазық беттер үшін, қажетке жарату шарттарды шектеу бойымен мәліметтің жоқтығының жағдайында, мағынаны пайдалан кестеде 8.4 әкелінген. Көлденең бағытталған жылу ағындары үшін мағына кем әкелінген жылу ағыны бағыттарында көлбеу жазықтыққа $\pm 30^\circ$ -ші бұрышымен қолданылады.

8.4 кесте Сыртқы беттің жылу қабылдау мен жылу өткізгіштігінің кедергісінің жалпы бекітілген мәндері

Көрсеткіштің белгісі	Бет жағының қыздыру кедергісінің мағынасы, м ² •К/кВт жылу ағынының бағытында		
	Жоғары	горизонтальды	төмен
$R_{si} (in)$	0,10	0,13	0,17
$R_{se} (out)$	0,04	0,04	0,04

ЕСКЕРТПЕ 1 әкелінген мағыналар ескерту есеп айырысу болып көрінеді. Қоршаушы құралымдарды жылу беру коэффициентінің анықтамасын мақсатпен және өзге жағдайда, қашан мағына қажетті, жылу ағыны бағытқа байланысты емес, немесе егер жылу ағынының бағыты көлбеу жылу ағыны үшін мағынаны өзгертіп, қолданылуға ұсынылады.

ЕСКЕРТПЕ 2 Бет жағының қыздыру кедергісінің мәні ескерту сыртқы қоршаушы құралымдар үшін ғана ескереді. Басқа орталармен түйіспе табатын бет жақтары үшін немесе материалмен, бет жағының қыздыру кедергісінің мәні ескермейді.

ЕСКЕРТПЕ 3 Жылу қабылдауға кедергінің мәні ескерту, $v = 4$ м/с. үшін есептейді.

8.5 Сыртқы беттің жылу қабылдауы мен жылу беруіне кедергі жасау

8.5.1 Жазық беттер. Жазық қоршаушы конструкцияның жылу қабылдау мен жылу беру кедергісі формуласы (8.7)¹ бойынша анықталады:

$$R_s = \frac{1}{h_c + h_r}, \quad (8.7)$$

мұнда h_c – конвекция жылу беру коэффициенті

h_r – сәуле шығару жылу беру коэффициенті ;

$$h_r = \varepsilon h_{r0}; \quad (8.8)$$

$$h_{r0} = 4\sigma T_m^3, \quad (8.9)$$

где ε – жарты шар бет жағы сәуле шығару қабілеттілігі;

h_{r0} – абсолютті қара дененің бет жағының сәуле шығаруы Вт/(м²•К) коэффициенті, (таблица 8.5);

σ – тұрақты Стефано - Больцман $5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м²·К⁴)тең;
 T_m – қоршаған ортаның орташа термодинамикалық температурсы.

Әдеттегідей, $\varepsilon = 0,9$ бет жақтары қабылданған мағына ішкі және сыртқы үшін болып көрінеді. Қартаюдың әсерлері және күн өткен сайын шаң қорлануды басқа мағыналарды пайдалануда ескеруге керек.

8.5 кесте— абсолютті қара дененің сәуле шығарудың жылу беру коэффициентінің h_{r0} мәні

орташа температура, °C	h_{r0} , мәні Вт/(м ² ·К)
-10	4,1
0	4,6
10	5,1
20	5,7
30	6,3

Ішкі немесе әуе қабатына жақсы желдетілетін жабысып тұратын сыртқы бет жақтары:

$$h_c = h_{ci}, \quad (8.10)$$

Мұнда $h_{ci} = 5,0$ Вт/(м²·К) –үстіне бағытталған жылу ағыны үшін;

$h_{ci} = 2,5$ Вт/(м²·К) – көлбеу жылу ағыны үшін;

$h_{ci} = 0,7$ Вт/(м²·К) –төмен бағытталған жылу ағыны үшін

ЕСКЕРТУ 1 Әкелінген формула бойымен қоршаушы құрылыс жылу беру коэффициентіне жуық мән үміт артады. Жылу берудің дәл есептері, (сәуле шығарудың температурасын бұл ретте және ауаның температурасын сәуле шығару салыстырмалы жылу беру коэффициенттерімен сәйкес бағалауға керек және конвекция, сонымен бірге ауа жайдың өлшемдері, температура айырымдарын ескеру және ықтиярсыз конвекцияның температурасы) қоршаған орта температура ішкі және сыртқы мәнді пайдалануы мүмкін. Дегенмен егер сәуле шығарудың ішкі температурасы және сыртқы ауаны температура азын-аулақ бір-бірінен ерекшеленсе, онда жұмыс температураның мәні ауаның тең өлшенген температурасына сәуле шығаруда қолданылуға рұқсат береді. Сыртқы бет жақтарына ауаның сыртқы температурасын сыртқы ауаны температура жорамал негізінде қолданылу қабылданған, және сәуле шығарудың температурасы іс жүзінде тең. Бұл ретте құрылым, терлеу, сәуле шығару сыртқы қорғаушы беттерге қысқа толқынды күн сәуле шығарудың әсері түнде ескерілмейді және таяудағы бет жақтарының әсері. Егер мұндай әсерлер ескеруге керексе сыртқы температураның басқа көрсеткіштерін қолдану рұқсат береді, ауаның температурасы сондай сәуле шығарудың есептеуімен немесе күн сәуле ауаның температурасы шығарудың есептеуімен керек.

ЕСКЕРТУ 2 Егер оның аралығында және болса қоршаушы құралымда сыртқы қоршаған орта (көлбеу бағытта) тік әуе аралық қабатша үшін —, немесе көлбеу әуе аралық қабатша үшін 1500 мм² бет жағының 1 м² ауданында —) бет жағының ұзындығының 1 моларына кемінде 1500 мм²-ші жиынтық ауданымен саңылау ие болса, желдетілетін әуе аралық қабатшамен әуе есептейді.

Сыртқы бет жақтарының конвекциясына жылу беру коэффициенті:

$$h_c = h_{ce}, \quad (8.11)$$

мұнда:
$$h_{ce} = 4 + 4v, \quad (8.12)$$

Бұл жерде v – бет жағындағы жел жылдамдығы, м/с.

Желінің әр түрлі жылдамдықтары үшін сыртқы бет жағының жылу беруіне кедергісінің мәні 8.6 осы Құралдың кестесінде берілген.

8.6 кестесі — желдің әр түрлі жылдамдығы R_{out} мәні

Жел жылдамдығы, м/с	R_{out} мәні, $m^2 \cdot K / W$
1	0,08
2	0,06
3	0,05
4	0,04
5	0,04
7	0,03
10	0,02

8.5.2 Жазық емес бет жақтарымен қоршаушы құралым. Мысалы, егер жылу өткізгіштікпен жасалған материалы олар болса, 2ден аса емес, 5 Вт/(м•К)ден бағана бет жағының сыртына ескермеуге сөйлеуші құрылымдарды жазық емес қорғаушы беттерді жылу беруге кедергінің есептеуінде. Егер 2ірек, 5 Вт/(м•К)-ші жылу өткізгіштігімен жасалған материалы сөйлеуші құралым элементтері және болса олар жылудан қорғамаса, бірақ жылу қабылдауға кедергінің мағыналарын есептеумен және формула бойымен(8.2, сурет) сөйлеуші бөлікті бет жағының нақты ауданына сөйлеуші элементтерін есеп айырысу ауданын қарым-қатынас көбейтілген тиісті аудандарға жылу беруге кедергі, онда есептеу қоршаушы құралымның сөйлеуші элементтерін есептеусіз жүзеге асырады:

$$R_{sp} = R_s \cdot \frac{A_p}{A}, \quad (8.13)$$

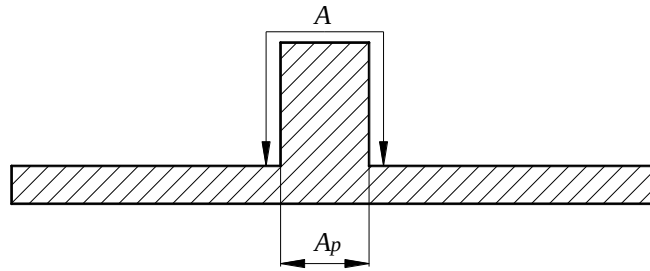
Бұл жерде R_{sp} – сөйлеуші бөлікті есеп айырысу ауданында (жылу қабылдауға) жылу беруге кедергі;

R_s – жазық қоршаушы конструкция (жылу қабылдауға) жылу беруге кедергі ;

A_p – сөйлеуші элементті есеп айырысу ауданы;

A – сөйлеуші элементті бет жағының нақты ауданы

Формула (8.13) жылу беруге кедергі және жылу қабылдауға кедергіні анықтамау үшін қолданылады.



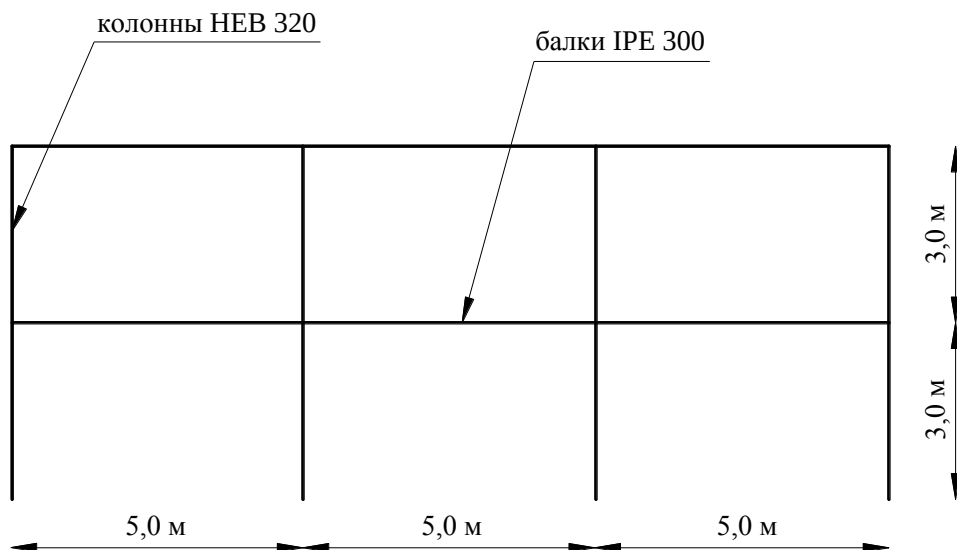
A_p – сөйлеуші элементті есеп айырысу ауданы;

A – сөйлеуші элементті бет жағының нақты ауданы

8.2 сурет –Конструкцияның шығып тұрған элементінің сызбалық суреті

1 МЫСАЛ Симметриялық болат қаңқаға тиетін температуралық әсерлер

8.3 суретте көрсетілген (жалпы ұзындығы - 15м) үш 5мбөлімдерден және 3м биіктігі екі қабаттан құрылған (жалпы биіктігі - 6м) симметриялық болаттан жасалған қаңқаны қарап шығамыз.



Колонны НЕВ 320 –бағаналар балки -арқалықтар

8.3 сурет. Құрыштан жасалған қаңқаның бейнесі

Құрыштан жасалған қаңқа келесі құрастырымдық элементтер құрайды:

– Бағана НЕВ 320

– Арқалық ІРЕ 300

Жылулық жүктемелердің үш үйреншікті нұсқаларын қарап шығамыз:

–1 нұсқа (жаздық уақыты) құрылымды (бағана және арқалықтар) әр құрылымдық элементті қыздыру

– 2 нұсқа (қыс маусымы) құрылымды (бағана және арқалықтар) әр құрылымдық элементті салқындау

– 3 нұсқа сыртқы арқалықтардың және бағандар қыздыруы (8.4-ші сурет)

8.4 сурет — жылулық жүктеме ұшыраған элементтер (3-ші нұсқа)

$$\Delta T_v = T - T_0 = T - 10 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

мұнда T – зерттейтін жыл мезгілі үшін элементтің орташа температурасы

$$T = \frac{T_{\text{out}} + T_{\text{in}}}{2}.$$

Температураның мәні қабылдайды T_{in} :

Жаздық уақыты үшін: $T_1 = 20^{\circ}\text{C}$:

Қыс маусымы үшін: $T_2 = 25^{\circ}\text{C}$

Температураның мәні қабылдайды:

T_{out} температура мәні үшін қабылдайды:

(бет жағының ашық немесе түрлі түсті) жаздық уақыты:

$$T_{\text{max}} + T_4 = 40 \text{ }^{\circ}\text{C} + 30 \text{ }^{\circ}\text{C} = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Қысқы уақыт: $T_{\text{min}} = -9 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

$$T_{\text{лето}} = \frac{T_{\text{out(лето)}} + T_{\text{in(лето)}}}{2} = \frac{70 \text{ }^{\circ}\text{C} + 20 \text{ }^{\circ}\text{C}}{2} = 45 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$T_{\text{зима}} = \frac{T_{\text{out(зима)}} + T_{\text{in(зима)}}}{2} = \frac{-9 \text{ }^{\circ}\text{C} + 25 \text{ }^{\circ}\text{C}}{2} = 7 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

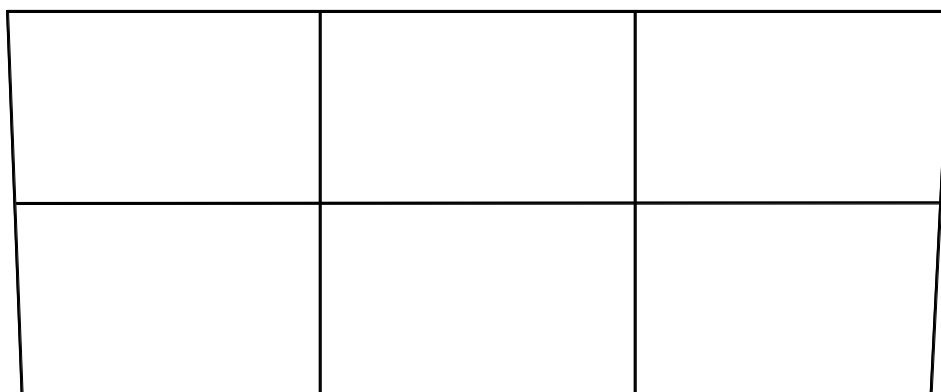
1 мен 3 нұсқалары үшін:

$$\Delta T_{v(\text{лето})} = T_{\text{лето}} - T_0 = 45 \text{ }^{\circ}\text{C} - 10 \text{ }^{\circ}\text{C} = 35 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

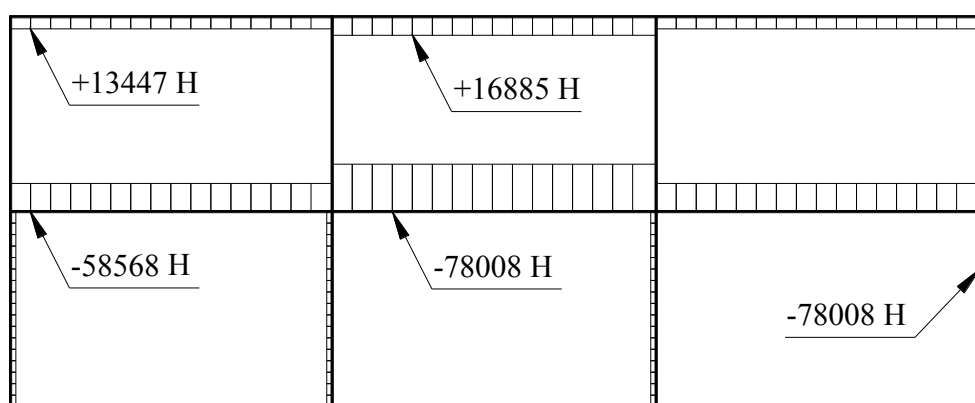
2 нұсқа үшін:

$$\Delta T_{v(\text{зима})} = T_{\text{зима}} - T_0 = 7 \text{ }^{\circ}\text{C} - 10 \text{ }^{\circ}\text{C} = -3 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

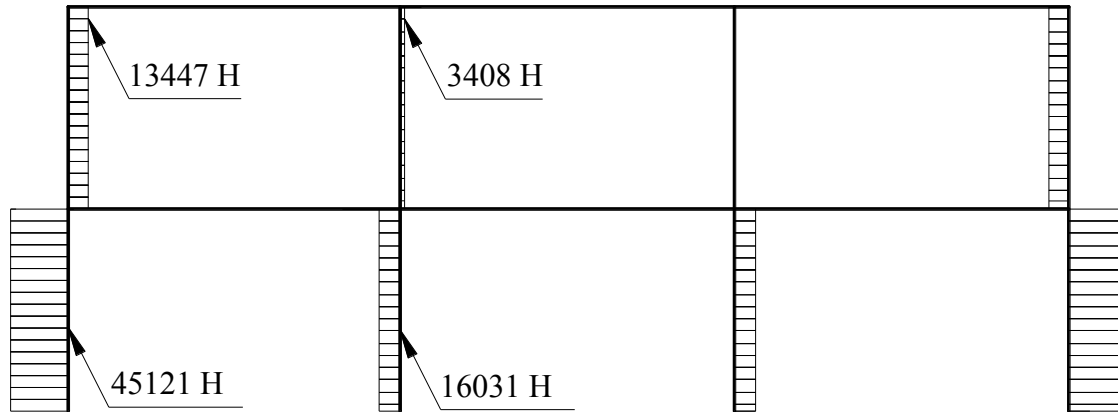
8.5 – 8.15 суреттерінде температуралық әсерлердің қаралатын 3 нұсқалары үшін бейнеленген эпюра.



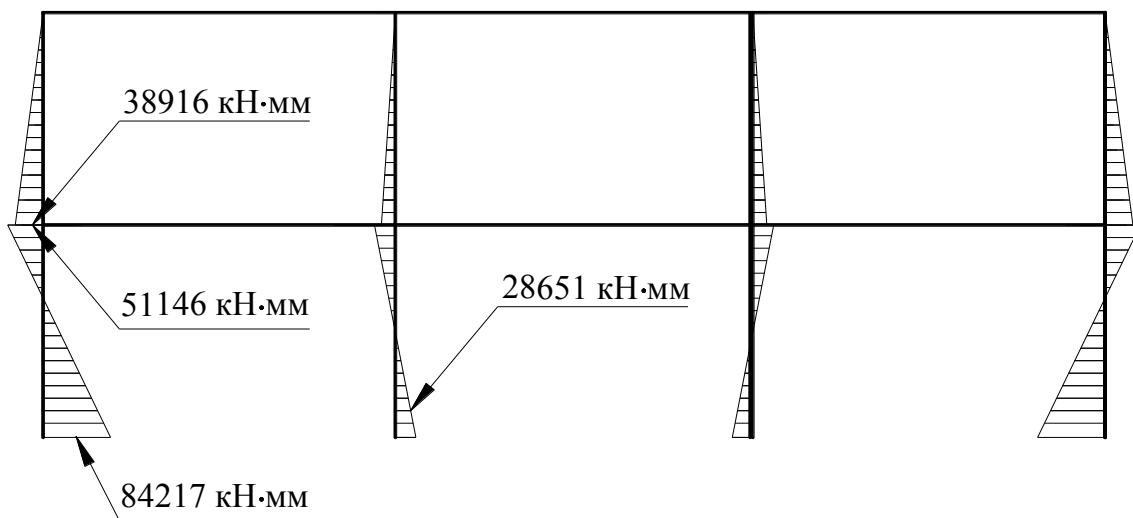
8.5 сурет — жылу күшінің 1 нұсқасы үшін көрсетілген деформациялар



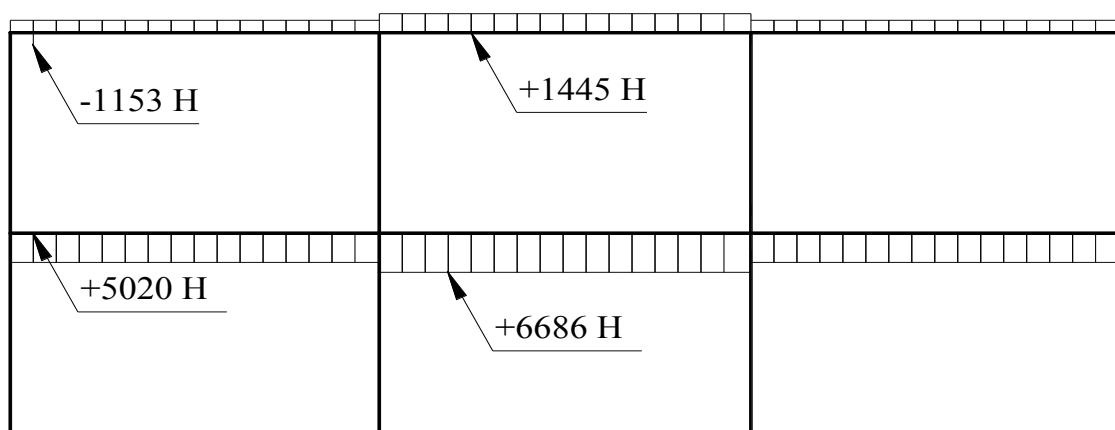
8.6 сурет— Жылулық жүктеменің 1 нұсқасы үшін қысу кернеу эпюрасы



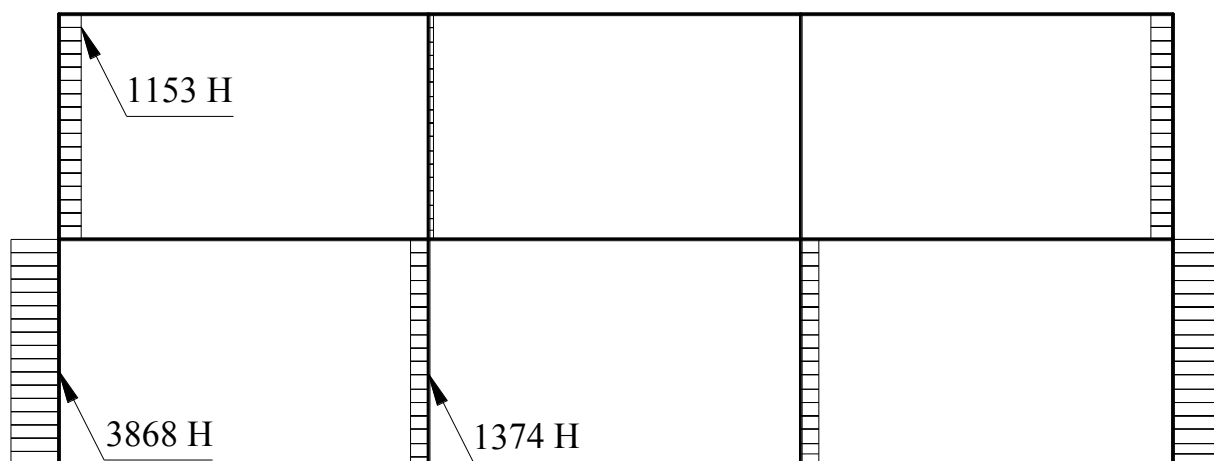
8.7 сурет — жылу жүктемесінің 1 нұсқасына арналған көлденең күштер эпюрасы



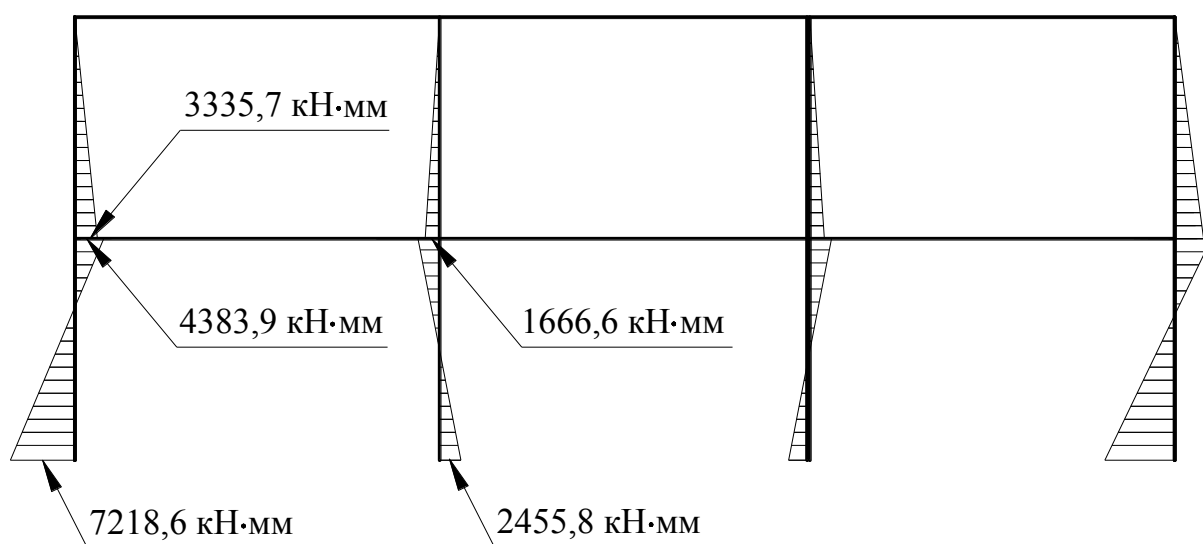
8.8 сурет — жылу жүктемесінің 1 нұсқасына арналған июші момент эпюрасы



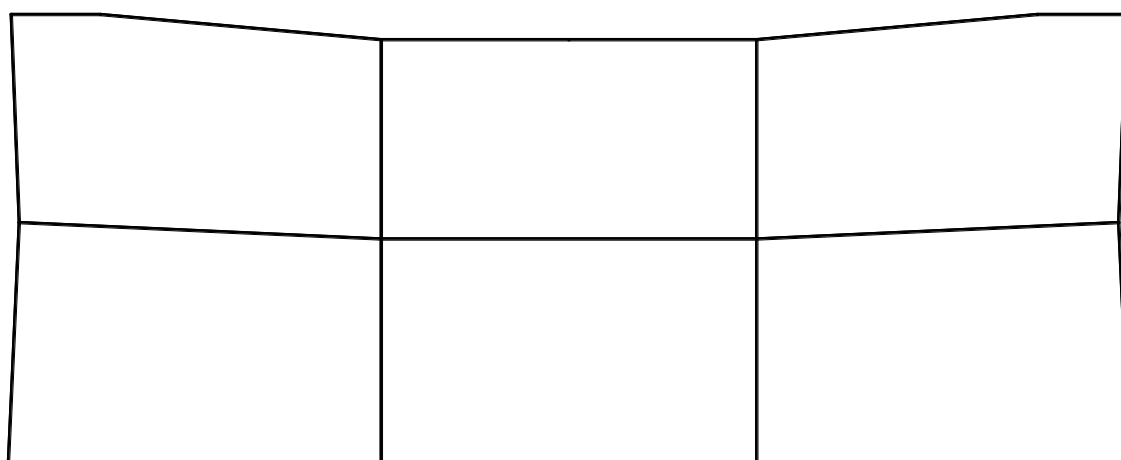
8.9 сурет — жылу жүктемесінің 2 нұсқасына арналған бойлық күштер эпюрасы



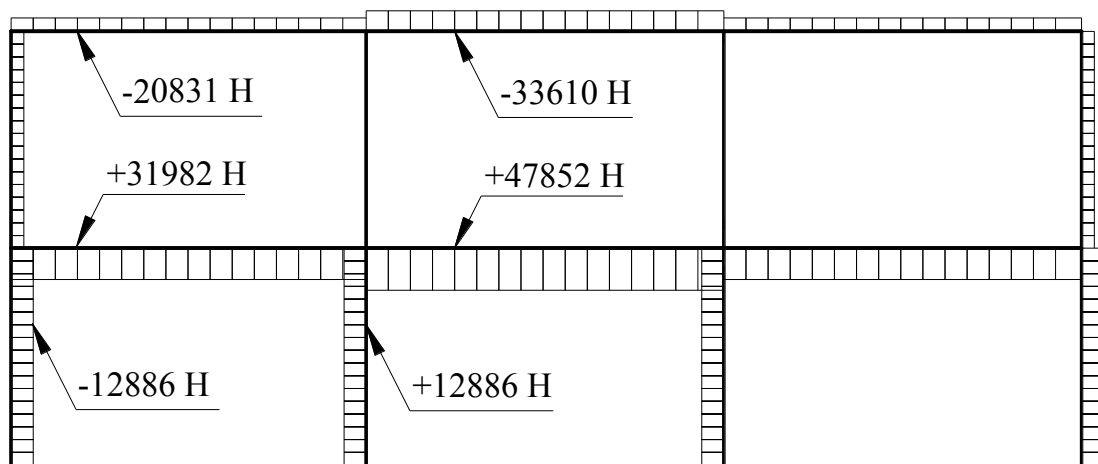
8.10 сурет — жылу жүктемесінің 2 нұсқасына арналған көлденең күштер эпюрасы



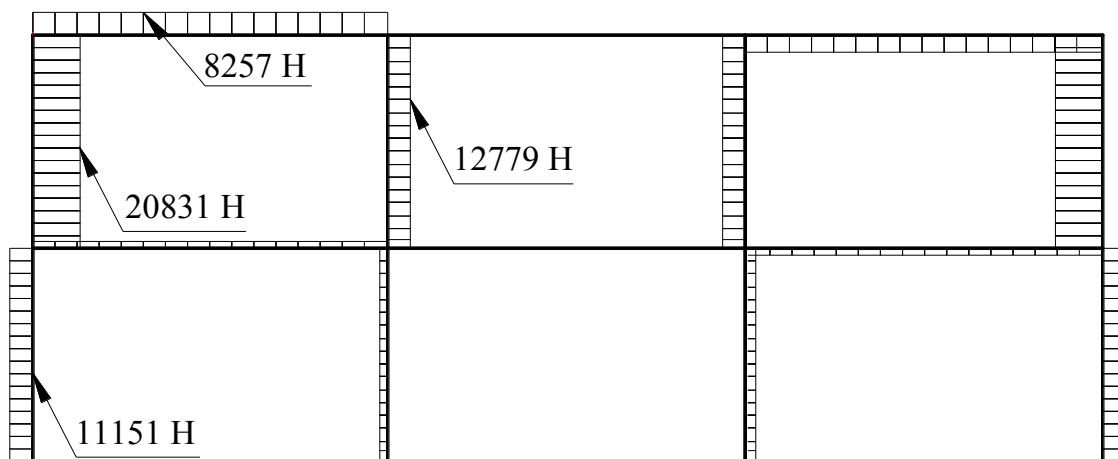
8.11 сурет -жылу жүктемесінің 2 нұсқасына арналған июші момент эпюрасы



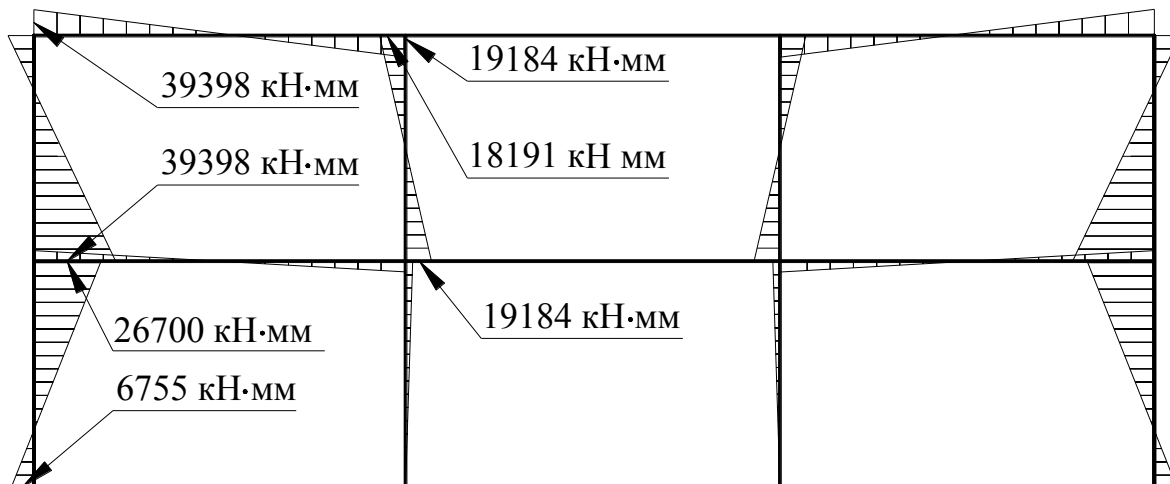
8.12 сурет -жылу жүктемесінің 3 нұсқасына арналған деформацияның түрлері



8.13 сурет — жылу жүктемесінің 3 нұсқасына арналған бойлық күштер эпюрасы



8.14 сурет — жылу жүктемесінің 3 нұсқасына арналған көлденең күштер эпюрасы



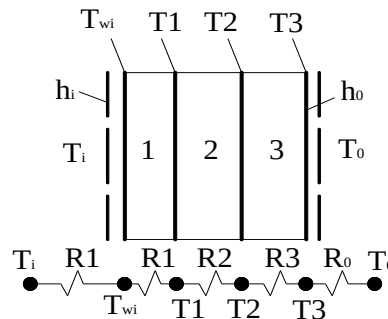
8.15 сурет -жылу жүктемесінің 3 нұсқасына арналған июші кезең эпюрасы

Мысал 2

Конструктивті элементті шегінде температураны үлестіру.

Ғибраттанушы қыздыру кедергісінің есептеуін және қабырғада температураның үлестірімі бір өлшемді тұрақты айырбастың шартында көрсетеді. Бағана басқа мәнде әр түрлі құрылымдар әр түрліше иемдене алады, (көп қабатты элементтер) қабаттаған сондай

немесе қамтамасыз ететін қаңқа, жылу изоляция баған және (8.16-шы сурет) қаптауды белгілеу керек. Мұндай құрылымдар үшін жылулық кедергінің мәні дұрыс анықтама үшін кедергінің дұрыс мағынасына әр қабаттай және әр бөлікті салыстырмалы ауданды негізде ортақ мәнді анықтауды есептеп шығаруға керек.



8.16 сурет— Бет жағымен үш қабатты қабырғада температуралық әсерлерді үлестірудің ішкі және сыртқы схемасы

Әр қабат үшін қыздыру кедергісінің есептеуі

- ішкі(0 ішкі бет жағы қабат) қабаттай және сыртқы қабаттай қыздыру кедергісі үшін 8.4.2 осы Құрал мәні талаптарына сәйкес (4 сыртқы бет жағы қабат) $R_{in}=0,111 \text{ м}^2\text{K/Вт}$ и $R_{out}=0,04 \text{ м}^2\text{K/Вт}$ сәйкесінше қабылданған
- қыздыру кедергісінің (700 кг/м³ мәні тығыздықпен гипсті картон жапырағы) 1-ші қабат (8.6) осы Құрал формула бойымен анықталды:

$$R = \frac{h}{\lambda} = \frac{0,013}{0,21} = 0,061 \text{ м}^2\text{K/Вт},$$

- 2-ші қабат(жылу изоляция)қыздыру кедергісінің мәні (8.6) осы Құрал формуласы бойымен анықталды:

$$R = \frac{h}{\lambda} = \frac{0,05}{0,025} = 2,0 \text{ м}^2\text{K/Вт},$$

- (кірпіш) 3-ші қабат, қыздыру кедергісінің мағынасы (8.6) осы Құралдың формуласы бойымен анықталды:

$$R = \frac{h}{\lambda} = \frac{0,1}{0,7} = 0,143 \text{ м}^2\text{K/Вт},$$

Қорыта келгенде, құрылымның толық қыздыру кедергісін жасайды:

$$R_{tot} = 0,111 + 0,061 + 2,0 + 0,143 + 0,04 = 2,355 \text{ м}^2\text{K/Вт}.$$

Әр құрылыстың бетіндегі температураны анықтау:

- ішкі температура осы Құралдағы 8.1 кестеге сәйкес қабылданды және $T_{in} = 20 \text{ °C}$ құрады, 4 қабат үшін (сыртқы бет) жобалық мәліметтерге сәйкес қабылданған температура $T_{out} = -20 \text{ °C}$ құрады.

- 0 қабат үшін (ішкі бет) температура осы Құралдағы 8.1 кестеге сәйкес анықталды:

$$T(x) = T_{in} - \frac{R(x)}{R_{tot}}(T_{in} - T_{out}) = 20 - \frac{0,111}{2,355}(20 - (-20)) = 18,117 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

– 1 қабат үшін (гипсокартон) температура осы Құралдағы 8.3 формула бойынша анықталды:

$$T(x) = T_{in} - \frac{R(x)}{R_{tot}}(T_{in} - T_{out}) = 20 - \frac{(0,111 + 0,061)}{2,355}(20 - (-20)) = 17,079 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

– 2 қабат үшін (жылу оқшаулау) температура осы Құралдағы 8.3 формула бойынша анықталды:

$$T(x) = T_{in} - \frac{R(x)}{R_{tot}}(T_{in} - T_{out}) = 20 - \frac{(0,111 + 0,061 + 2,000)}{2,355}(20 - (-20)) = -16,892 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

– 3 қабат үшін (кірпіш) температура осы Құралдағы 8.3 формуласы бойынша анықталды:

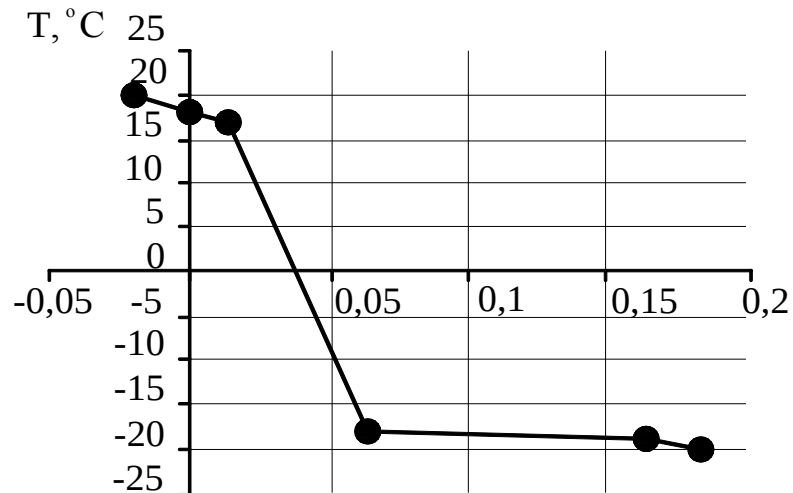
$$T(x) = T_{in} - \frac{R(x)}{R_{tot}}(T_{in} - T_{out}) = 20 - \frac{(0,111 + 0,061 + 2,000 + 0,143)}{2,355}(20 - (-20)) = -19,320 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

8.6. кестеде аралық және соңғы нәтижелер берілген

8.6. кесте – Температуралық үйкелісті есептеудің нәтижелері

Қабат	Ішкі бет материалы	Жылу беру коэффициенті Вт/м ² /°С	Жылуөткізгіштік коэффициенті Вт/м/°С	Қалыңдығы м	Термикалық кедергі м ² К/Вт	Температура, °С
–	Бөлме	–	–	–	–	20
0	Ішкі бет	9	–	–	0,111	18,117
1	Гипсокартон	–	0,21	0,013	0,061	17,079
2	Жылуоқшаулау	–	0,025	0,05	2	-16,892
3	Кірпіш	–	0,7	0,1	0,143	-19,32
4	Сыртқы бет	20	–	–	0,04	-20

– Қорыта келгенде, өткізілген есептеу негізінде температуралық профиль 8.17 суретте таныстырылған.



8.17 сурет—үш қабатты элемент үшін температураны бөлу
(температуралық пішін)

9 КӨПІРЛЕРДЕГІ ТЕМПЕРАТУРАЛЫҚ ӨЗГЕРІСТЕР

9.1 Көпірдің аралық құрылыстары

9.1.1 Көпірдің аралық құрылысы стандарттың конструктивтік ерекшеліктеріне қараймынадай түрлерге бөлінеді:

1 – түрболат конструкциянынаралық құрылысы (9.1 Сурет):

- болаттан жасалған қораптық қима арқалығы;
- торлы арқалық немесе парақтық металл арқалығы
- бетонды тақта
- бетонды арқалық
- қорапты қима арқалығы.





9.1 сурет — 1 түрдегі аралық құрылысы бар көпір
2 түр – Құраушы конструкциялардан жасалған аралық құрылыс (9.2 сурет).



9.2 сурет — 2 түрдегі аралық құрылысы бар көпір
(болат формадағы бетонды жапқыш)

ЕСКЕРТУ ҚР ҚН EN 1991-1-5:2003/2011 ұлттық қосымшада көпірлердің басқа түрлері үшін температуралық айырма мен біркелкі таралған құраушы мәндері белгілене алады.

3 түр – Бетонды конструкциялардан жасалған аралық құрылыс (9.3 Сурет).



9.3 сурет — 3 түрдегі аралық құрылысы бар көпір

9.1.2 Көпірлерін жобалауда температураның әсерін анықтау үшін температуралық әсерлерді талдаудың келесі тәсілдерді пайдалану арқылы жүргізіледі:

- температуралық әсер біркелкі таралған температура түріндегі мәндерімен бекітіледі
- температуралық әсер әрқалай жазық және (немесе) көлденең таралған температура түріндегі мәндерімен бекітіледі

Сонымен бірге тік бойынша температура таралуының біркелкі еместігі (1- әдіс) сызықты сияқты, (2- әдіс) сызықты емес те бола алады. Бірақ ереже бойынша тігінен түскен температуралық айырма құраушы сызықты емес құраушыдан тұрады.

Мәліметтер жоқ болған жағдайда, тігінен құрылыс температурасын бөлудің біркелкі еместігін есептеу үшін құраушы сызықты температураның үлестірімі бар температуралық айырманы пайдалануға рұқсат беріледі.

ЕСКЕРТУ Пайдаланатын әдісті таңдау ҚР ҚН EN 1991-1-5:2003/2011 қосымшасына сәйкес жүзеге асырылады

9.2 Біркелкі таралған температураны құраушы

9.2.1 [6.1.3.1(1)] Біркелкі таралған температураны құраушы ең төменгіден бағынышты болады және көпірге жеткен ең жоғары температура. Нәтижесінде элементтердің ұзындықтарын өзгерістің бекітілмеген құрылыс шақыратын бір қалыпты температуралық өзгерістер қалыптасады.

9.2.2 [6.1.3.1(2)] Есепке алынатын әсерлер:

- құрылыс түріне қарай қысқарту және ұзартуға байланысты шектеу (мысалы, портал рамасы, арка, серпімділік өлшегіш тірек);
- аунақшалы тіректердегі үйкеліс немесе сырғанау тіректері

- (2 түрдегі әсерлер) сызықты емес геометриялық әсерлер

- рельс ізінің аралығында өзара іс-әрекеттегі әсерлері, теміржол көпірлеріндегі және көпірмен, температураның шақырылған тербелістерімен және қабілетті аралық құрылыста шақырсын және (және рельстердегі қосымша күштер) тіректердегі қосымша көлбеу күштер рельстердегі.

9.2.3 [6.1.3.1(3)] Сыртқы ауа T_{min} ең төменгі температура және құрылым көтерген алаң үшін сыртқы ауа T_{max} ең жоғары температура, 9.3 нағыз жәрдемақыға сәйкес анықтау керек.

9.2.4 Ең төменгі және көпір $T_{e, min}$ температурасы ең жоғары құрайтын біркелкі таралған және $T_{e, max}$ тағайындауы керек. Ең төменгі және ауаның температурасы туралы 9.4-Сурет [6.1]) көпір $T_{e, (T_{e, max}) min}$ температурасы (тиімді) ең жоғары біркелкі таралған мәліметтерлер негізінде (T_{max}) T_{min} анықталынған көлеңке түсірген кестелердің көмегімен анықталына алады. 9.4[6.1]) Суретте әкелінген тең $10^{\circ}C$ температур тәуліктік температуралық тербелістер ауқым негізделген кеңес берілетін мағыналар берілген.

9.2.5 Температура $T_{e, max}$ анықтаманы графикалық тәсілмен дәлдіктің жоғарылауы үшін салыстырғанда ең жоғары біркелкі таралған және көпірдің аралық құрылымының үш түрлері үшін температура $T_{e, min}$ ең төменгі біркелкі таралған әкелінген ара қатынас негізделген келесі тәуелділіктер 9.4 Суретте жұмсала алады:

$$\begin{aligned} 30^{\circ}C \leq T_{max} \leq 50^{\circ}C \text{ ауқым үшін} \\ 1 \text{ түр} \quad T_{e, max} = T_{max} + 16^{\circ}C \end{aligned} \quad (9.1)$$

(жылу қайтарғыштың салдарынан жақсартылған $T_{e, max}$ шарттары құрыштан жасалған торлы конструкциялар үшін кішірейтуге $3^{\circ}C$ рұқсат береді)

$$2 \text{ түр} \quad T_{e, max} = T_{max} + 4,5^{\circ}C \quad (9.2)$$

$$3 \text{ түр} \quad T_{e, max} = T_{max} + 1,5^{\circ}C \quad (9.3)$$

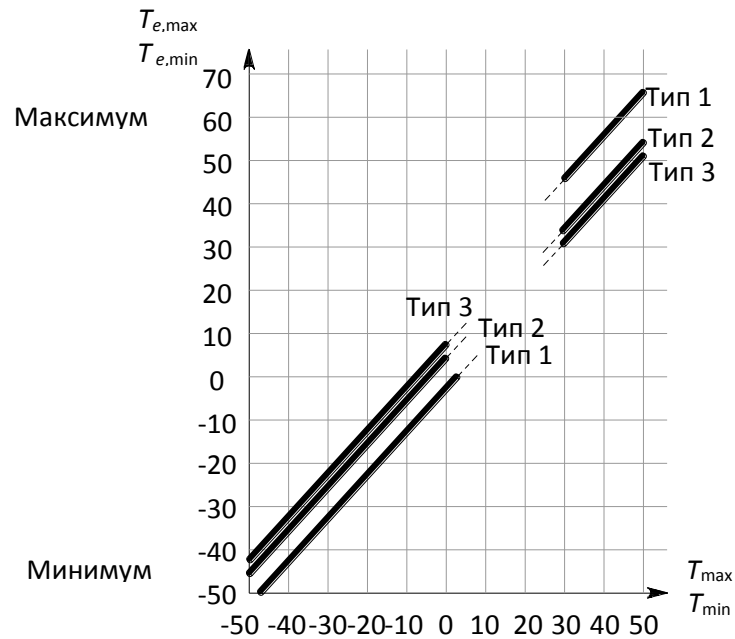
ауқымы үшін $-50^{\circ}C \leq T_{min} \leq 0^{\circ}C$:

$$1 \text{ түр} \quad T_{e, min} = T_{min} - 3^{\circ}C \quad (9.4)$$

$$2 \text{ түр} \quad T_{e, min} = T_{min} + 4,5^{\circ}C \quad (9.5)$$

$$3 \text{ түр} \quad T_{e, min} = T_{min} + 8^{\circ}C \quad (9.6)$$

ЕСКЕРТУ: бірқалыпты таралған жоғарғы және төменгі лекті $T_{e, min}$ и $T_{e, max}$ температураны құраушылар ҚР ҚН EN 1991-1-5:2003/2011-ге ұлттық қосымша деңгейінде қосымша белгіленуі мүмкін.



9.4[6.1]сурет — Сыртқы ауаны ең жоғары температураның ($T_{\min}/T_{\max}$) және ($T_{e,\min}/T_{e,\max}$) көпірлер үшін біркелкі таралған температураның жоғарғы және төменгі лекті құраушылар аралығындағы өзара байланыс

МЫСАЛ 3 Көпірдің аралық құрылымдарының үш түрлері үшін біркелкі таралған температура сипаттамалық мән тиімді шарт ауаның ең жоғары температурасының сипаттамалық мәні көлеңке түсірілген 30°C -қа тең кезінде анықтау

ШЕШУІ

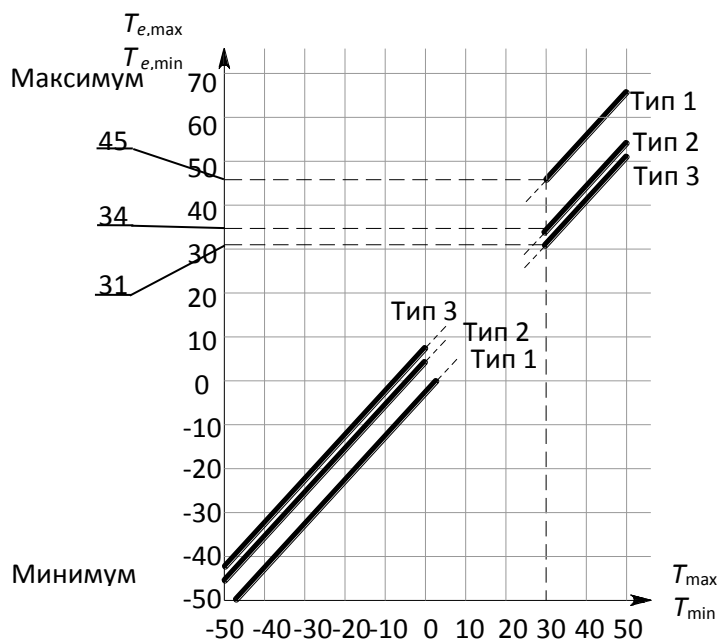
(9.5-Сурет) температура $T_{\max}=30^{\circ}\text{C}$ сипаттамалық мәнін анықтау үшін графикалық тәсілді жолмен сипаттамалық мән тиімді біркелкі таралған жаса көпір үшін түріндегі 31°C шақты ; көпір үшін 34°C түріндегі 2 және көпір үшін 45°C – (құрыштан жасалған торлы құралымды түр атқарылған көпір үшін $45^{\circ}\text{C} - 3^{\circ}\text{C} = 42^{\circ}\text{C}$ – түріндегі 1) түріндегі 1.

(9.1)-(9.3) тендеудің көмегімен анықтау кезінде:

1түр $T_{e,\max}=30 + 16=46^{\circ}\text{C}$ ($46^{\circ}\text{C} - 3^{\circ}\text{C} = 43^{\circ}\text{C}$ құрыштан жасалған торлы конструкциясы түрінде атқарылған көпір үшін);

2түр $T_{e,\max}=30 + 4,5=34,5^{\circ}\text{C}$;

3түр $T_{e,\max}= 30 + 1,5=31,5^{\circ}\text{C}$.



9.5 сурет — Көпірлер үшін ең жоғары құрайтын біркелкі таралған $T_{e, \max}$ температура анықтау

Графикалық тәсіл бөктерме, салыстырмалы қателік 1,5%-тен 2ге дейін 2,3%-ке құрайды, дегенмен мүмкін осы жағдайда шағын қателік шамасы ұзындық олардың өзгерісі құрылымдарын жұмысын сұлбасын өзгерісінде салдарынан әр нақты жағдайда сондықтан әр түрлі әдіс алынған нәтижелерді түсіндіру мұқият қарау керек.

9.3 Сыртқы ауаның температурасы

9.3.1 Сипаттамалық мән ең төменгі және сыртқы ауаны ең жоғары температура изотерм ұлттық карталар бойымен құрылым географиялық орын үшін анықтайды. Бұл сипаттамалық мәндер ауаның температурасы болатын жылғы $p=0,02$ асып кету ықтималдығы бар теңіз, жыл сайын болатын минимумдардың орташа деңгейдегі ашылған жерінде көлеңке түсірілген және (50 жыл қайталау кезеңінде негізделенуі керек) сәйкесінше максимумдар.

9.3.2 Бастапқы мәліметтерлерді сапада 0, 98-ші қамтамасыздығымен жылдың кезең ауаның $T_{\max}$ температурасының мәнін және 0,98-ші қамтамасыздығымен ең салқын тәуліктерді $T_{\min}$ ауаның температурасын пайдалану рұқсат береді, олар ҚНЖЕ 2.04-01-2010 «Құрылыс климатологиясы» қосымшасында келтірілген.

ЕСКЕРТУ: жоғарғы және төменгі лекті температурасы туралы ақпараттар ҚР ҚН EN 1991-1-5:2003/2011-ге ұлттық қосымша деңгейінде қосымша белгіленген.

9.3.3. Мәні ($p = 0,02$ деңгейі ерекшеленеді) теңіз деңгейінің үстінде жердің биіктігін есептеу және (мысалы ойпаттардағы салқын ауаны жиналып қалудың) жергілікті

шарттары басқалар үшін жылғы асып кету ықтималдықтары Осы құралдың п.8.3.4 сәйкес түзетуге рұқсат береді

Осы Құралдың 8-бөлімде әкелінген формулалар Қайталанғыштықтың әр түрлі кезеңін негіздеудегі температур экстремальды мәндерді әсердің бағасы үшін (түріндегі I температур экстремаль мән тарату заңы) Гумбельдің үлестіру негізінде алынған. Нәтижелері осы Құралдың 5.1 Суреттегі бұл формулдар ыңғайлы болу үшін пайдалану (ең төменгі) ең жоғары мағынасын бір жылдықрасып кету ықтималдық үшін 0, 02 айырмашылығы болатын (ең төменгі) ең жоғары мағынасының аралығында ара қатынастарын схемалық түрінде келтірілген.

4 МЫСАЛ

Сипаттамалық мән ең төменгі анықтамасын және 1 жылғы асып кету ықтималдықтары үшін Түркістан қаласы үшін сыртқы ауаның ең жоғары температурасы $p=0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2$.

ШЕШУІ

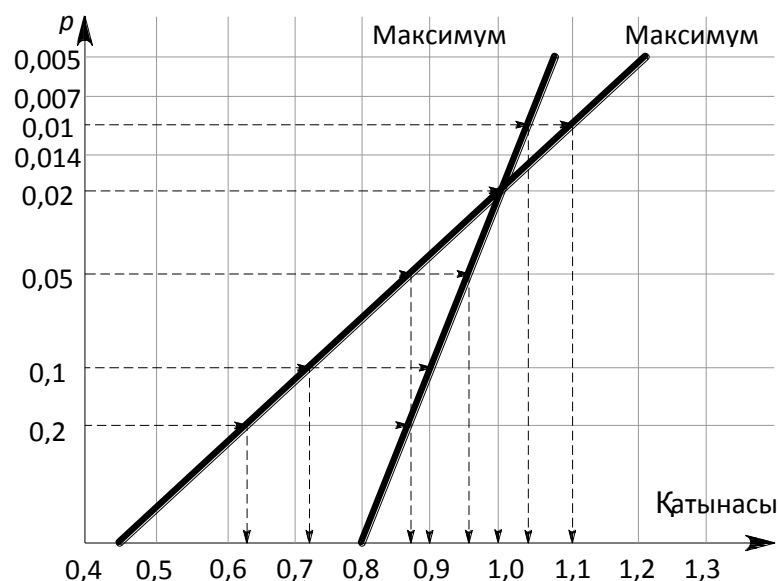
Графикалық әдіспен шешуі

ҚР ҚНЖЕ2.04-01-2010 «Құрылыс климатологиясы» А қосымшасы бойынша Түркістан қаласы үшін анықтаймыз:

$T_{\min} = -29^{\circ}\text{C}$ (қамтамасыздық 0,98, жылдық асып кету ықтималдығы $p=1-0,98=0,02$ - көрсетілген температураны асып кетудің мүмкіндігін 50 жылда 1рет құрайтынын білдіреді;

$T_{\max} = 37,1^{\circ}\text{C}$ (қамтамасыздық 0,98, жылдық асып кету ықтималдығы $p=1-0,98=0,02$, көрсетілген температураны асып кетудің мүмкіндігін 50 жылда 1рет құрайтынын білдіреді;

Осы Құралдың 5.1 суретін қолданумен бірге $T_{\min}$ теріс мәнді болғандықтан, оны графикалық әдіспен анықтаймыз (9.6 сурет):



9.6 сурет— $T_{\max,p}$ и $T_{\min,p}$ графикалық әдіспен анықтау методом (4мысалға)

$p=0,01$:

$$T_{\max,0,01}/T_{\max} = 1,03, T_{\max,0,01} = 1,03 \cdot T_{\max} = 1,03 \cdot 37,1 = 38,2^{\circ}\text{C};$$

$$T_{\min,0,01}/T_{\min} = 1,1, T_{\min,0,01} = 1,1 \cdot T_{\min} = 1,1 \cdot (-29) = -31,9^{\circ}\text{C};$$

$p=0,05$:

$$T_{\max,0,05}/T_{\max} = 0,96, T_{\max,0,05} = 0,96 \cdot T_{\max} = 0,96 \cdot 37,1 = 35,6^{\circ}\text{C};$$

$$T_{\min,0,05}/T_{\min} = 0,87, T_{\min,0,05} = 0,87 \cdot T_{\min} = 0,87 \cdot (-29) = -25,2^{\circ}\text{C};$$

$p=0,1$:

$$T_{\max,0,1}/T_{\max} = 0,9, T_{\max,0,1} = 0,9 \cdot T_{\max} = 0,9 \cdot 37,1 = 33,4^{\circ}\text{C};$$

$$T_{\min,0,1}/T_{\min} = 0,72, T_{\min,0,1} = 0,72 \cdot T_{\min} = 0,72 \cdot (-29) = -20,9^{\circ}\text{C};$$

$p=0,2$:

$$T_{\max,0,2}/T_{\max} = 0,87, T_{\max,0,2} = 0,87 \cdot T_{\max} = 0,87 \cdot 37,1 = 32,3^{\circ}\text{C};$$

$$T_{\min,0,2}/T_{\min} = 0,63, T_{\min,0,2} = 0,63 \cdot T_{\min} = 0,63 \cdot (-29) = -18,3^{\circ}\text{C}.$$

Есептік шешу

M орта мәні үшін мәліметтердің және I түрдегі σ экстремальды мәннің стандартты ауытқушылықтың болмауынан, $T_{\min}$ теріс мәнді болады, сыртқы ауаның жоғарғы және төменгі лекті температураның мәнін 0,02ден ерекшеленетін p жылдық асыру ықтималдықпен бірге осы Құралдың (5.2) и (5.3) формулаларға келесі коэффициенттердің мәндерін $k_1 = 0,781$; $k_2 = 0,056$; $k_3 = 0,393$; $k_4 = -0,156$ қойып анықтаймыз:

$p=0,01$:

$$T_{\max,0,01} = T_{\max} \cdot \{k_1 - k_2 \cdot \ln[-\ln(1-p)]\} = 37,1 \cdot \{0,781 - 0,056 \cdot \ln[-\ln(1-0,01)]\} = 38,5^{\circ}\text{C};$$

$$T_{\min,0,01} = T_{\min} \cdot \{k_3 + k_4 \cdot \ln[-\ln(1-p)]\} = -29 \cdot \{0,393 - 0,156 \cdot \ln[-\ln(1-0,01)]\} = -32,2^{\circ}\text{C};$$

$p=0,05$:

$$T_{\max,0,05} = 37,1 \cdot \{0,781 - 0,056 \cdot \ln[-\ln(0,95)]\} = 35,1^{\circ}\text{C};$$

$$T_{\min,0,05} = -29 \cdot \{0,393 - 0,156 \cdot \ln[-\ln(0,95)]\} = -24,8^{\circ}\text{C};$$

$p=0,1$:

$$T_{\max,0,1} = 37,1 \cdot \{0,781 - 0,056 \cdot \ln[-\ln(0,9)]\} = 33,7^{\circ}\text{C};$$

$$T_{\min,0,1} = -29 \cdot \{0,393 - 0,156 \cdot \ln[-\ln(0,9)]\} = -21,6^{\circ}\text{C};$$

$p=0,2$:

$$T_{\max,0,2} = 37,1 \cdot \{0,781 - 0,056 \cdot \ln[-\ln(0,8)]\} = 32,1^{\circ}\text{C};$$

$$T_{\min,0,2} = -29 \cdot \{0,393 - 0,156 \cdot \ln[-\ln(0,8)]\} = -18,2^{\circ}\text{C}.$$

Осылай шешудің нәтижелері көрінеді (9.1 кестесі, қателік графикалық әдістің толық еместігіне байланысты).

9.1 кесте – Түркістан қаласы үшін сыртқы ауаның жоғары және төменгі лекті температурасы сипаттамалы мәндерінің анықтаудың салыстырмалы нәтижелері (4 мысалға)

Жылдық асыру ықтималдығы	$T_{\max}, ^\circ\text{C}$		$T_{\min}, ^\circ\text{C}$	
	Графикалық әдіс (ауытқу %)	Формула бойынша	Графикалық әдіс (ауытқу %)	Формула бойынша
$p=0,01$	38,2 (-0,7%)	38,5	-31,9 (+0,9%)	-32,2
$p=0,02$	37,1		-29	
$p=0,05$	35,6 (+1,4%)	35,1	-25,2 (-1,6%)	-24,8
$p=0,1$	33,4 (-1,5%)	33,7	-20,9 (+3,2%)	-21,6
$p=0,2$	32,3 (+0,6%)	32,1	-18,3 (-0,6%)	-18,2

9.3.4 Төменгі мән және көпірлерді температура ең жоғары құрайтын біркелкі таралған, тиісті олардың мәжбүр күштерін анықтама үшін, ең төменгі $T_{\min}$ байланысты анықталады және сыртқы ауа (п.9.2.3қараңыз) температураның ең жоғары $T_{\max}$. Көпір T_0 бастапқы температурасы, уақыт кезде, құралым элементтерінің тұйықталуы кезінде болады, осы Құралдың п.7.5 арналған қабылдайды: ең төменгі біркелкі таралған температуранегізде— элементтерді ұзындықтың қысқартуын есептеу үшін құраушы және ең жоғары біркелкі таралған температура негізде құраушы.

9.4 Көпірлердің біркелкі таралған температурасын құраушы өзгерістің ауқымы

9.4.1 [6.1.3.3(3)] Көпірдің біркелкі таралған температурасы $\Delta T_{N,\text{con}}$ ең жоғары теріс өзгеріс сипаттамалық мән құрайтын формула бойымен есеп айырысады:

$$\Delta T_{N,\text{con}} = T_0 - T_{e,\min}, \quad (9.7)$$

9.4.2[6.1.3.3(3)] Көпірдің біркелкі таралған температурасы ең жоғары оң өзгеріс сипаттамалық мән құрайтын формула бойымен есеп айырысады:

$$\Delta T_{N,\text{exp}} = T_{e,\max} - T_0. \quad (9.8) [6.2]$$

9.4.3 Көпірдің біркелкі таралған температурасы құраушының ортақ жиынтық тербелістер ауқымы құрайды:

$$\Delta T_N = \Delta T_{N,\text{exp}} + \Delta T_{N,\text{con}} = T_{e,\max} - T_{e,\min}. \quad (9.9)$$

9.4.4 Тігістерді термокомпенсациондық жобалау үшін және тірек, температураның өзгерісі науқым үшін $T_{e,\min} / T_{e,\max}$ мінездемелік қатынасқа тысты T_0 . қабылдайды. Жеке жоба үшін жоқ болғанда қосымша мәліметтерлер, толық ашылған қосындыларды жобалауда және тірек (9.7 сурет): температураның экстремаль мәндерінің келесі ауқым жұмсалуды мүмкін:

$$T_{e,\max} - T_{e,\min} + 2 \cdot S \quad (9.10)$$

9.4.5 Егер тіректердің монтаж немесе термокомпенсациондық тігістерді T_0 температураның жанында өндірісе, онда S кеңес берілетін мағына мүмкін тең 10°C қабылдануы мүмкін. Егер T_0 температура алдын ала белгісіз болса, S кеңес берілетін мағына 20°C тең қабылдануы мүмкін. ҚР ҚН EN 1991-1-5:2003/2011 ұлттық қосымшасымен түзетілген және ерекшеленген бола алады және бірнеше термокомпенсациондық тігістермен тіректердің). үшін ауысуы мүмкін.

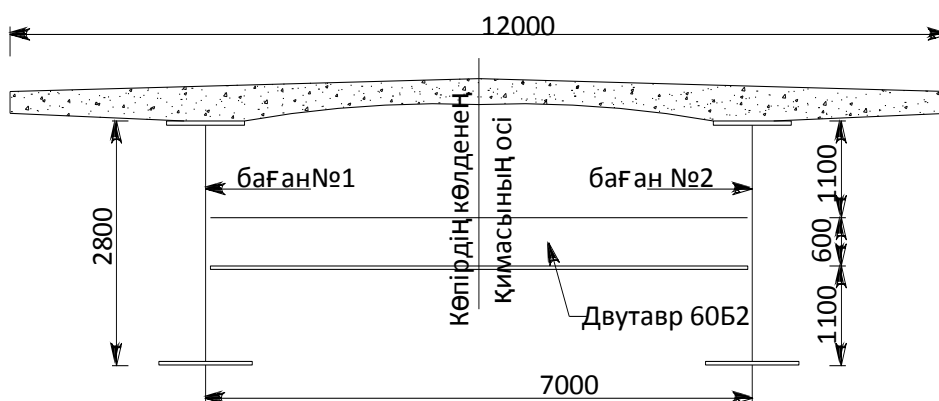
9.4.6 Тіректерді ауысудың шамасын есептеу үшін және қосымшада (тігіс саңылау) термокомпенсациондық саңылаудың ал әр түрлі материалдарды сызықты температуралық кеңейтудің еселіктерінің мәндері осы Құралда әкелінген. Егер оларды сынақ растаса және талап етілетін анықтықты қамтамасыз етумен қосымша анықтайтын зерттеу болса мәндерді осы құралдың А.1дің кестесінде (түзетілген) баламалы әкелінген пайдалануға рұқсат береді.

МЫСАЛ 5 9.8.суретінде келтірілгендей аралық бөлімінің көлденең қимасымен Астана қаласында көпір жобаланады. Көпірдің біркелкі таралған температурасының ауқымын анықтау.

ШЕШУІ

ҚР ҚНЖЕ РК 2.04-01-2010 А қосымшасы бойынша Алматы қаласы үшін (қауталаушылықтың орта кезеңі – 50 жыл) қоршаған ортаның $T_{\min} = -30^\circ\text{C}$ тең төменгі температураның шамасын табамыз, оның әсеріне көпір түседі. Қоршаған ортаның $T_{\max} = +31,5^\circ\text{C}$ тең жоғары температураның шамасын табамыз, оның әсеріне көпір түседі. $T_0 = +10^\circ\text{C}$ тең бастапқы температура қабылданады.

$T_{\min}$ және $T_{\max}$ біркелкі таралған температура құрайтын $T_{e,\min}$ және $T_{e,\max}$ осы құралдың теңдеулерді қолданып (9.2) және (9.5), көпірдің 2 түріндегі аралық құрылымы үшін (яғни құрамды конструкция) есеп айырысады.



9.8 сурет — (5 мысалға) аралық құрылыс бойымен жобаланатын көпірдің көлденең қимасы

Көпірдің біркелкі таралған температураның ауытқуы тең:

Ауытқудың жоғары қысуы: себебі $T_{\min} = -30^{\circ}\text{C}$ ауытқуына түседі
 $-50^{\circ}\text{C} \leq T_{\min} \leq 0^{\circ}\text{C}$, (9.7) формула бойынша:

$$\Delta T_{N,\text{con}} = T_0 - T_{e,\min} = 10^{\circ}\text{C} - (-30^{\circ}\text{C} + 4,5^{\circ}\text{C}) = 35,5^{\circ}\text{C}.$$

Ауытқудың жоғары кеңеуі: себебі $T_{\max} = -30^{\circ}\text{C}$ ауытқуына түседі
 $30^{\circ}\text{C} \leq T_{\max} \leq 50^{\circ}\text{C}$, (9.8) формуласы бойынша:

$$\Delta T_{N,\text{exp}} = T_{e,\max} - T_0 = (+31,5^{\circ}\text{C} + 4,5^{\circ}\text{C}) - 10^{\circ}\text{C} = 26^{\circ}\text{C}$$

Осы құралдың п.9.4.5 сәйкес, тігістерді жобалау термокомпенсационных үшін және температур тіректердің ауқымдарына үлкейеді:

Тіреулер үшін ауытқудың жоғары қысуы $= \Delta T_{N,\text{con}} + 20^{\circ}\text{C} = 35,5^{\circ}\text{C} + 20^{\circ}\text{C} = 55,5^{\circ}\text{C}$;

Тіреулер үшін ауытқудың жоғары кеңеуі $= \Delta T_{N,\text{exp}} + 20^{\circ}\text{C} = 26^{\circ}\text{C} + 20^{\circ}\text{C} = 46^{\circ}\text{C}$.

9.5 Көпірлердің біркелкі емес таралған температурасын құраушы өзгерістің ауқымы

9.5.1[6.1.4(1)] Қыздыру ағымында орнатылған уақыт кезеңі және көпірдің аралық құрылымының жоғарғы бет жағының салқындауы (жоғарғы жақ жылылау) қыздыру температура салдарынан ең жоғары өзгеріс және (төменгі жақ жылылау) салқындау температураның ең жоғары өзгерісі салдарынан туындайды.

9.5.2 [6.1.4(2)] Температуралық айырма тігінен жанында ықпалы тию мүмкін:

- мысалы, портал рамасы, кесілмейтін арқалық құрылымның пішіні артынан еркін бүгілісті шектеу және тағы басқалар)

- аунақшалы тіректердегі үйкеліс немесе сырғанау тіректері

- (2 түрдің әсерлері) сызықты емес геометриялық әсерлердің бар болу.

9.5.3 [6.1.4(3)] Олардың біріктіруде консолды құрылымдары жағдайда температураның бастапқы айырманы ескеру керектігін талап ету мүмкін.

Айырма температураның бастапқы мәндері ҚР СН EN 1991-1-5:2003/2011 орнатылған ұлттық қосымшасында бола алады.

9.6 Тігінен сызықты температуралық айырманы құраушылар (1 - әдіс)

9.6.1[6.1.4.1(1)] Температуралық айырмасының әсері эквивалентті құрайтын тігінен сызықты температуралық айырманың пайдалануымен қаралады. Бұл мәндер арасында температураның үлестірімі туралы жоғарғы мәліметтерлер негізінде және көпірдің аралық құрылымының қимасының төменгі қырларымен анықталады.

9.6.2 [6.1] Кестеде қосымша мәліметтер жоқ болғанда пайдалануға рұқсат болатын кеңес берілетін $\Delta T_{M,\text{heat}}$ и $\Delta T_{M,\text{cool}}$ мәндері әкелінген.

ЕСКЕРТУ: $\Delta T_{M,heat}$ и $\Delta T_{M,cool}$ мәндері ҚР ҚН ЕН 1991-1-5:2003/2011-ге ұлттық қосымшада белгіленген.

9.6.2 9.2 [6.1] Кестесінде мән құрайтын сызықты температуралық айырма жоғарғы шектік мәндерімен және мәліметтер талдау негізінде жол алынған және 50 мм көпір төсемінің жуандығы бар геометриясы кең таралған теміржол көпірлері болып көрінеді. Бұл мәндерді көпір төсемінің басқа жуандығының жанында k_{sur} түзету коэффициентіне көбейтуге керек. Еселік k_{sur} кеңес берілетін мәндер 9.3 [6.2] Кестеде әкелінген.

9.2[6.1] кесте - теміржол көпірлері, айырма жол, жаяу құрайтын аралық құрылыстың әр түрлі түрлері үшін сызықты температуралық кеңес берілетін мәндер

Аралық құрылыстың түрі	Жоғарғы жақ (қыздырудың процесі) жылылау төменгіТөменгі жақ (салқындаудың процесі)	Жоғарғы жақ (қыздырудың процесі) жылылау төменгіТөменгі жақ (салқындаудың процесі) жылылау
	$\Delta T_{M,heat}, ^\circ C$	$\Delta T_{M,cool}, ^\circ C$
1-ші түр: болат құралым	18	13
2-ші түр: құрамды конструкция	15	18
3-ші түр: бетон құрылым: қима қорап арқалық арқалық тақта	10	5
	15	8
	15	8

9.3 [6.2]кесте— көпір төсемінің әр түрлі жуандығын есептеуі үшін кеңес берілетін k_{sur} коэффициенттің мәндері (жол, жаяу және теміржол көпірлері)

Көпір төсемінің жуандығы, мм	1 Түр		2 Түр		3 Түр	
	Жоғарғы жақ төменнен жылырақ	Төменгі жақ жоғарыдан жылырақ	Жоғарғы жақ төменнен жылырақ	Төменгі жақ жоғарыдан жылырақ	Жоғарғы жақ төменнен жылырақ	Төменгі жақ жоғарыдан жылырақ
	k_{sur}	k_{sur}	k_{sur}	k_{sur}	k_{sur}	k_{sur}
Матасыз	0,7	0,9	0,9	1,0	0,8	1,1
Суөткізбейтін	1,6	0,6	1,1	0,9	1,5	1,1
50	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
100	0,7	1,2	1,0	1,0	0,7	1,0
150	0,7	1,2	1,0	1,0	0,5	1,0
Төгінді (750 мм)	0,6	1,4	0,8	1,2	0,6	1,0
¹⁾ Қара түстері үшін жоғарғы шектік мәндер болып табылады.						

6-МЫСАЛ (9.8-ші сурет) 5мысал бойынша жобаланатын көпір үшін сызықты температуралық айырмалары құраушыларын $\Delta T_{M,heat}$, $\Delta T_{M,cool}$ жамылғының келесі түрлері анықтау

- жамылғысыз

- 50 мм жуандығымен мата
- қараңғы түсті су өткізбейтін мата
- 750 мм жуандықты төсейтін жамылғы

ШЕШУІ

Осы құралдың 5 мысалында алынған шешулердің нәтижелерін ескеріп, 2 түріндегі көпірді аламыз.

$$\Delta T_{M,heat}^{\delta} = k_{sur} \cdot \Delta T_{M,heat};$$

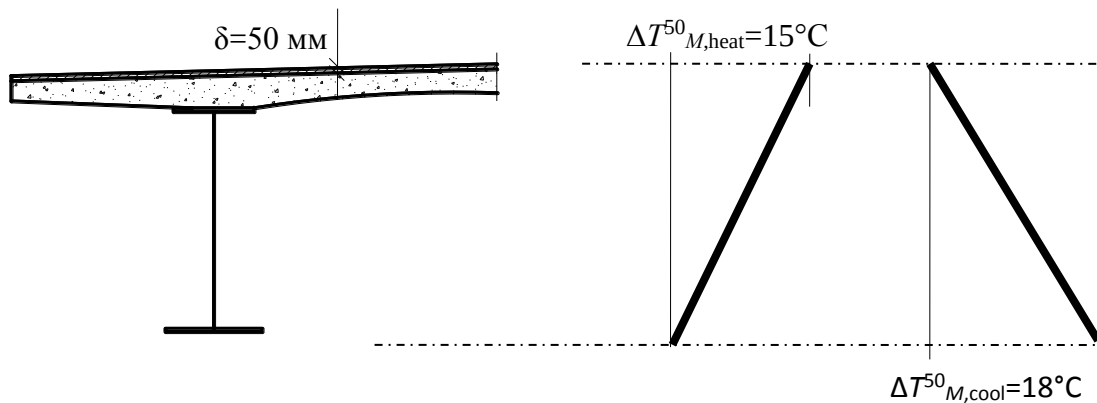
$$\Delta T_{M,cool}^{\delta} = k_{sur} \cdot \Delta T_{M,cool},$$

мұнда $\Delta T_{M,heat}^{\delta}$, $\Delta T_{M,cool}^{\delta}$ —жамылғының жуандығын ескеріп алынған сызықты температуралық айырмаларын құраушыларының мәндері

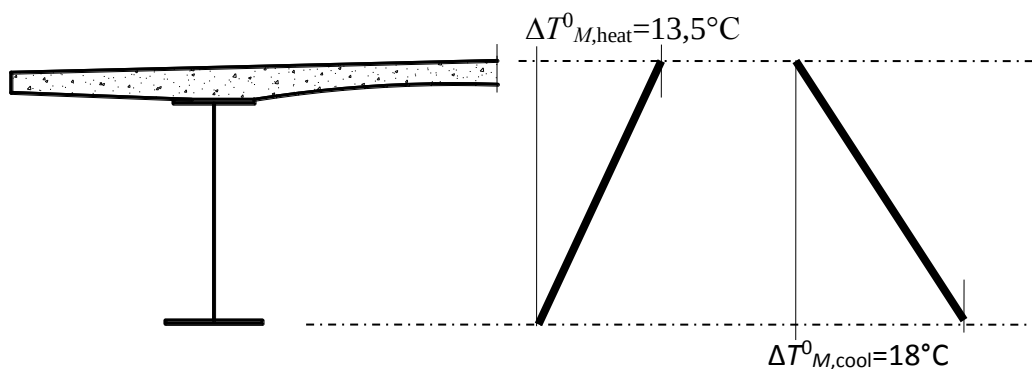
9.2 Кесте бойымен 50 мм жуандығын матадан жамылғысымен көпірі үшін анықтаймыз

$$\Delta T_{M,heat}^{50} = \Delta T_{M,heat} = 15^{\circ}\text{C};$$

$$\Delta T_{M,cool}^{50} = \Delta T_{M,cool} = 18^{\circ}\text{C} \text{ (по таблице 9.3 } k_{sur}=1,0\text{)}.$$



9.9сурет - (мысалға 6) 50 мм жуандықты жабулаумен жобаланатын көпірдің сызықты температуралық айырмасы



9.10сурет– Аралық құрылыс бойымен жобаланатын жамылғысыз көпірдің сызықты температуралық айырмасы (мысалға 6)

Жағдай үшін егер 9.3 кесте бойымен құрайтын сызықты температуралық айырмалардың анықтамасы үшін көпірдің төсеніші жамылғысыз k_{sur} түзету коэффициентілерін анықтайды:

$$\Delta T_{M,heat}^0 = k_{sur} \cdot \Delta T_{M,heat} = 0,9 \cdot 15 = 13,5^\circ\text{C};$$

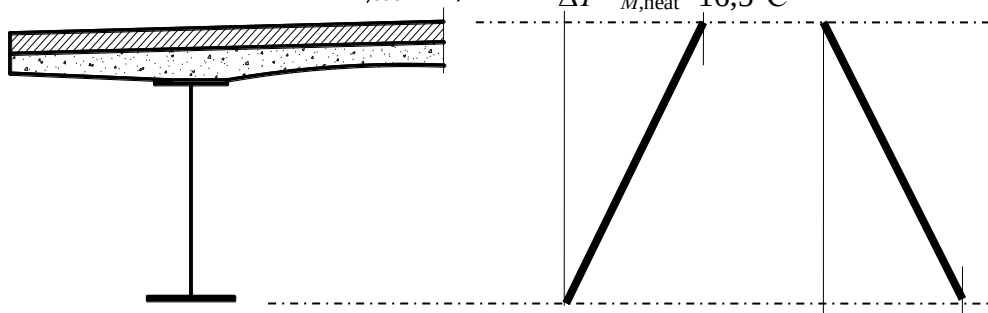
$$\Delta T_{M,cool}^0 = k_{sur} \cdot \Delta T_{M,cool} = 1,0 \cdot 18 = 18^\circ\text{C}.$$

Қараңғы түсті су өткізбейтін жамылғысымен көпір үшін:

$$\Delta T_{M,heat}^{wp} = k_{sur} \cdot \Delta T_{M,heat} = 1,1 \cdot 15 = 16,5^\circ\text{C};$$

$$\Delta T_{M,cool}^{wp} = k_{sur} \cdot \Delta T_{M,cool} = 0,9 \cdot 18 = 16,2^\circ\text{C}.$$

$$\Delta T_{M,cool}^{wp} = 16,2^\circ\text{C} \quad \Delta T_{M,heat}^{wp} = 16,5^\circ\text{C}$$

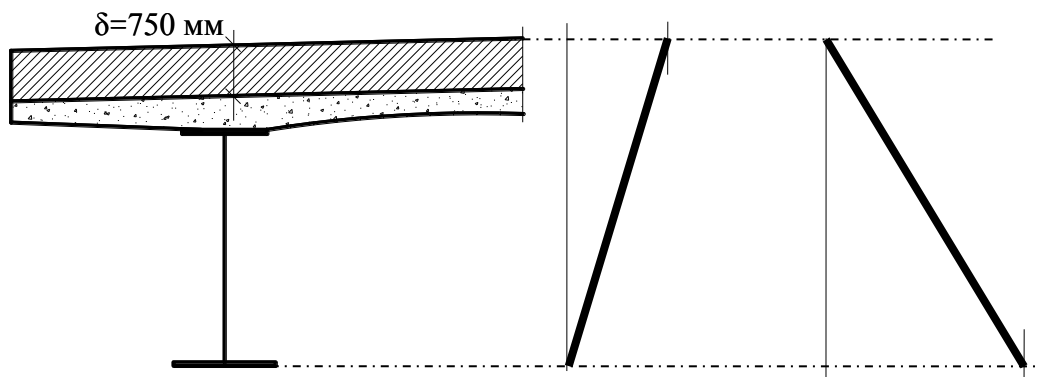


9.11 сурет – (мысалға 6) қараңғы түсті су өткізбейтін жамылғымен жобаланатын көпірді сызықты температуралық айырмасы

750 мм жуандығы бар көму жамылғы көпір үшін:

$$\Delta T_{M,heat}^{750} = k_{sur} \cdot \Delta T_{M,heat} = 0,8 \cdot 15 = 12^\circ\text{C},$$

$$\Delta T_{M,cool}^{750} = k_{sur} \cdot \Delta T_{M,cool} = 1,2 \cdot 18 = 21,6^\circ\text{C}.$$



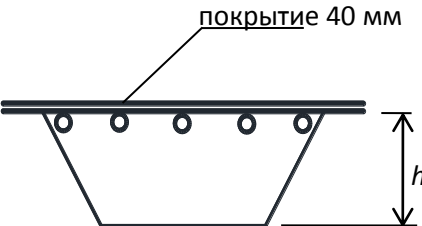
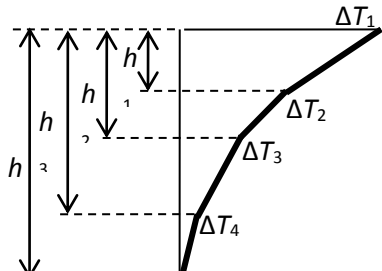
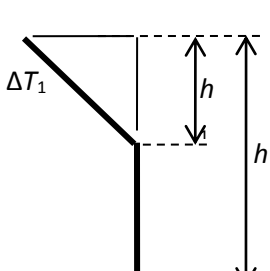
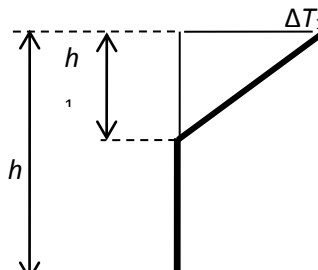
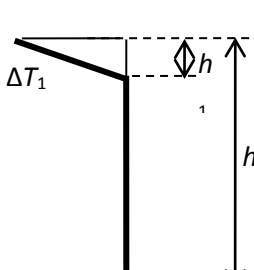
9.12 сурет –(мысалға 6) 750 мм жуандықты көму жамылғысымен жобаланатын көпір үшін сызықты температуралық айырма сурет

9.7 сызықты емес үлестіруде тік құрайтын температуралар

9.7.1 [6.1.4.2(1)] Температуралық айырмасының әсері тігінен сызықты емес температуралық айырма (құрайтын есептеуіне қосумен 9.1.2 қарау) жобалауында ескеріледі.

9.7.2 Көпірдің аралық құрылымдары үшін температуралық айырманың мағынасы тігінен ұлттық қосымшада орнатуға рұқсат береді. Кеңес берілетін мағыналар Кестелердегі 9.4 [6.2a] – 9.6 [6.2c] көрсетілген және аралық құрылыстар үшін түріндегі 1, 100 мм аралық құрылыстары үшін 40 мм жамылғысын жуандық –2 және 3 түріндегі жатады .

9.4 Кесте[6.2a]—Көпірдің аралық құрылымдары үшін температуралық айырма (1-ші түр: болат құралым)

Конструктивті жүйенің түрі	Температуралық түсім ΔT	
	(а) нагрев	(б) охлаждение
	 $\Delta T_1 = 24^\circ\text{C}$ $h_1 = 0,1 \text{ м}$ $\Delta T_2 = 14^\circ\text{C}$ $h_2 = 0,2 \text{ м}$ $\Delta T_3 = 8^\circ\text{C}$ $h_3 = 0,3 \text{ м}$ $\Delta T_4 = 4^\circ\text{C}$	 $\Delta T_1 = -6^\circ\text{C}$ $h_1 = 0,5 \text{ м}$
	 $h_1 = 0,5 \text{ м}$ $\Delta T_1 = 21^\circ\text{C}$	 $\Delta T_1 = -5^\circ\text{C}$ $h_1 = 0,1 \text{ м}$

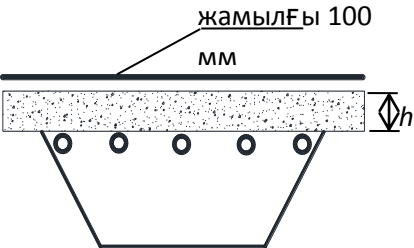
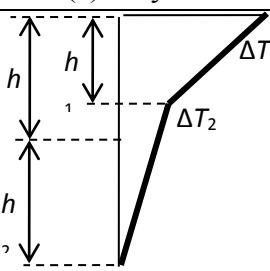
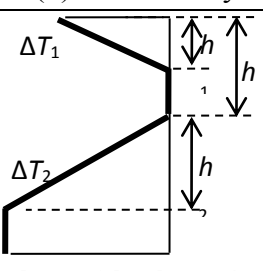
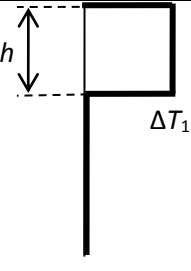
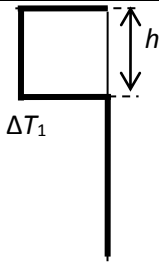
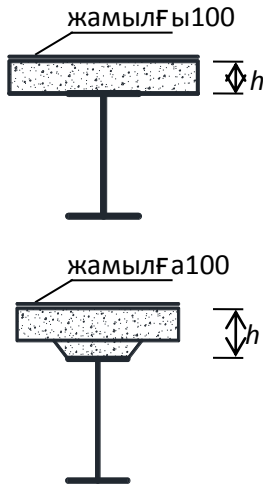
9.4 [6.2a] – 9.6 [6.2c] Кестелердегі мәліметтер үшін «қыздыру» тағы басқа факторлар күн сәуле шығаруға аралық құрылыс жылулықтың құйылуы көпір төсемі арқылы қамтамасыз ететін шарттарына жатады. Керісінше, «салқындау» жылулыққа (айырбастың тағы басқа түрлерді сәуле шығаруы арқылы) қоршаған ортамен аралық құрылыс көпір төсемі арқылы айырбастың нәтижесінде сасқалақтататын шарт жатады.

ΔT температуралық айырмасы $z - z$ остері бойымен құрайтын сызықты температуралық айырмасын қосады және $y - y$ көлденең қимасы ΔT_M қара түнектері және құрайтын сызықты емес температуралық айырмасын ΔT_E (қараңыз п.7(3)), ΔT_N , аз бөлігімен көпірлер үшін біркелкі таралған температураға (9.2 қараңыз) құрайды

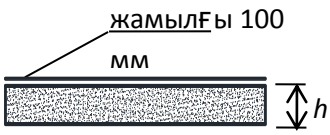
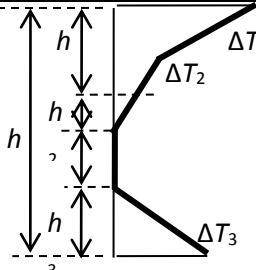
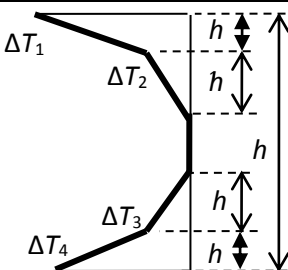
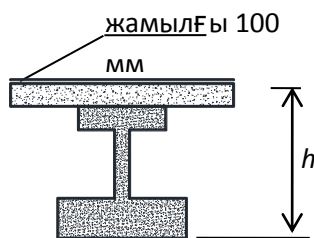
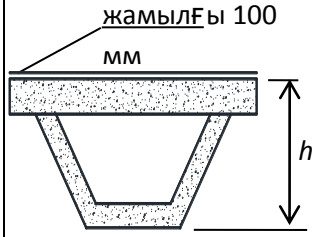
Температуралық айырма $z - z$ остері бойымен құрайтын сызықты температуралық айырмасын қосады және $y - y$ көлденең қимасы және сызықты емес температуралық

айырма (см. п.7(3)), құрайтын бірге аз енші қай көпірлер үшін температура құрайтын біркелкі таралған (9.2қараңыз) қосылған.

**9.5[6.2b] кесте— Көпірдің аралық құрылымдары үшін температуралық айырма
(2 түр: құрамды конструкция)**

Конструктивті жүйенің түрі	Температуралық айырма ΔT																			
	(а) қызу	(б) салқындату																		
	Стандартты әдіс  $h_1 = 0,6 \cdot h$; $h_2 = 0,4 \text{ м}$ <table border="1"> <thead> <tr> <th>h, м</th><th>ΔT_1, °C</th><th>ΔT_2, °C</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,2</td><td>13</td><td>4</td></tr> <tr> <td>0,3</td><td>16</td><td>4</td></tr> </tbody> </table>	h , м	ΔT_1 , °C	ΔT_2 , °C	0,2	13	4	0,3	16	4	Стандартты әдіс  $h_1 = 0,6 \cdot h$; $h_2 = 0,4 \text{ м}$ <table border="1"> <thead> <tr> <th>h, м</th><th>ΔT_1, °C</th><th>ΔT_2, °C</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,2</td><td>-3,5</td><td>-8</td></tr> <tr> <td>0,3</td><td>-5</td><td>-8</td></tr> </tbody> </table>	h , м	ΔT_1 , °C	ΔT_2 , °C	0,2	-3,5	-8	0,3	-5	-8
h , м	ΔT_1 , °C	ΔT_2 , °C																		
0,2	13	4																		
0,3	16	4																		
h , м	ΔT_1 , °C	ΔT_2 , °C																		
0,2	-3,5	-8																		
0,3	-5	-8																		
	Ықшамдалған әдіс  $\Delta T_1 = 10^\circ\text{C}$	Ықшамдалған әдіс  $\Delta T_1 = -10^\circ\text{C}$																		
	ЕСКЕРТУҚұрамды конструкциялардан көпірлері үшін көмегімен температураның әсер жоғарғы шектік мәндер алған ықшамдалған әдіс қолданылуға болады. Егер орнатылмаған арнаулы мағыналар ұлттық қосымша болса бұл әдіс алынған ΔT мәні сипаттамалық мәндерді болып көрінеді және қолданылыла алады																			

9.6 кесте— Көпірдің аралық құрылымдары үшін температуралық айырма
(3-ші түр: бетон құрылым)

Конструктивті жүйенің түрі	Температуралық айырма ΔT																																																								
	(а) қызу	(б) салқындату																																																							
																																																									
	$h_1=0,3 \cdot h \leq 0,15 \text{ м};$ $0,25 \text{ м} \geq h_2=0,3 \cdot h \geq 0,10 \text{ м};$ $h_3=0,3 \cdot h \leq (0,10 \text{ м} +$ жамылғының жуандығым- де); жұқа плита үшін h_3 шектеледі $h_3 - h_1 - h_2$	$h_1=h_4=0,2 \cdot h \leq 0,25 \text{ м};$ $h_2=h_3=0,25 \cdot h \leq 0,2 \text{ м};$																																																							
	<table><tr><th>$h,$ м</th><th>$\Delta T_1,$ °C</th><th>$\Delta T_2,$ °C</th><th>$\Delta T_3,$ °C</th></tr><tr><td>$\leq 0,2$</td><td>8,5</td><td>3,5</td><td>0,5</td></tr><tr><td>0,4</td><td>12</td><td>3</td><td>1,5</td></tr><tr><td>0,6</td><td>13</td><td>3</td><td>2</td></tr><tr><td>$\geq 0,8$</td><td>13</td><td></td><td>2,5</td></tr></table>	$h,$ м	$\Delta T_1,$ °C	$\Delta T_2,$ °C	$\Delta T_3,$ °C	$\leq 0,2$	8,5	3,5	0,5	0,4	12	3	1,5	0,6	13	3	2	$\geq 0,8$	13		2,5	<table><tr><th>$h,$ м</th><th>$\Delta T_1,$ °C</th><th>$\Delta T_2,$ °C</th><th>$\Delta T_3,$ °C</th><th>$\Delta T_4,$ °C</th></tr><tr><td>$\leq 0,2$</td><td>-2,5</td><td>-0,5</td><td>-0,5</td><td>-1,5</td></tr><tr><td>0,4</td><td>-4,5</td><td>-1,4</td><td>-1,0</td><td>-3,5</td></tr><tr><td>0,6</td><td>-6,5</td><td>-1,8</td><td>-1,5</td><td>-5,0</td></tr><tr><td>0,8</td><td>-7,6</td><td>-1,7</td><td>-1,5</td><td>-6,0</td></tr><tr><td>1,0</td><td>-8,0</td><td>-1,5</td><td>-1,5</td><td>-6,3</td></tr><tr><td>$\geq 1,5$</td><td>-8,4</td><td>-0,5</td><td>-1,0</td><td>-6,5</td></tr></table>	$h,$ м	$\Delta T_1,$ °C	$\Delta T_2,$ °C	$\Delta T_3,$ °C	$\Delta T_4,$ °C	$\leq 0,2$	-2,5	-0,5	-0,5	-1,5	0,4	-4,5	-1,4	-1,0	-3,5	0,6	-6,5	-1,8	-1,5	-5,0	0,8	-7,6	-1,7	-1,5	-6,0	1,0	-8,0	-1,5	-1,5	-6,3	$\geq 1,5$	-8,4	-0,5	-1,0	-6,5
$h,$ м	$\Delta T_1,$ °C	$\Delta T_2,$ °C	$\Delta T_3,$ °C																																																						
$\leq 0,2$	8,5	3,5	0,5																																																						
0,4	12	3	1,5																																																						
0,6	13	3	2																																																						
$\geq 0,8$	13		2,5																																																						
$h,$ м	$\Delta T_1,$ °C	$\Delta T_2,$ °C	$\Delta T_3,$ °C	$\Delta T_4,$ °C																																																					
$\leq 0,2$	-2,5	-0,5	-0,5	-1,5																																																					
0,4	-4,5	-1,4	-1,0	-3,5																																																					
0,6	-6,5	-1,8	-1,5	-5,0																																																					
0,8	-7,6	-1,7	-1,5	-6,0																																																					
1,0	-8,0	-1,5	-1,5	-6,3																																																					
$\geq 1,5$	-8,4	-0,5	-1,0	-6,5																																																					

Мысал 7

Көлденең қимамен 9.13 суретте әкелінген темірбетон көпір аралық құрылыстың құрайтын әркім температуралық айырмаларын есептеу керек.

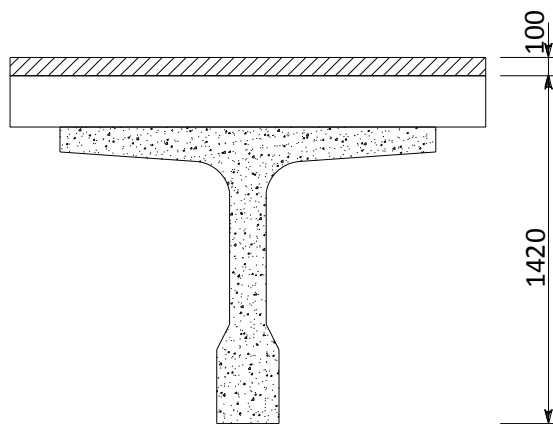


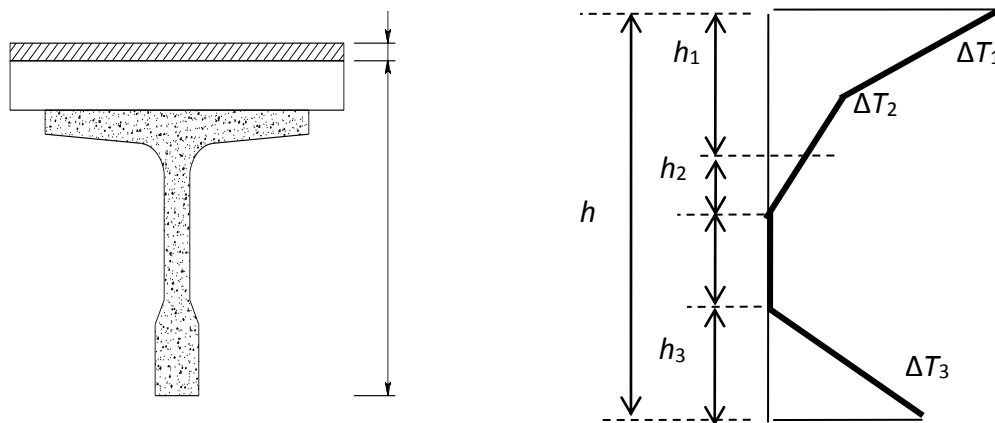
Рисунок 9.13 — (7мысалға) темірбетон көпірдің көлденең қиманың схемасы

Шешуі

Есептеуді 9.6 осы құралдағы кестеге сәйкес әкелінген байланыстылықпен біргеөндіреміз.

Көпір конструкцисының қыздыру кезеңі.

Температуралық профиль көпір төсенішінің құрылымдарын қыздыруда келесі түрі болады:



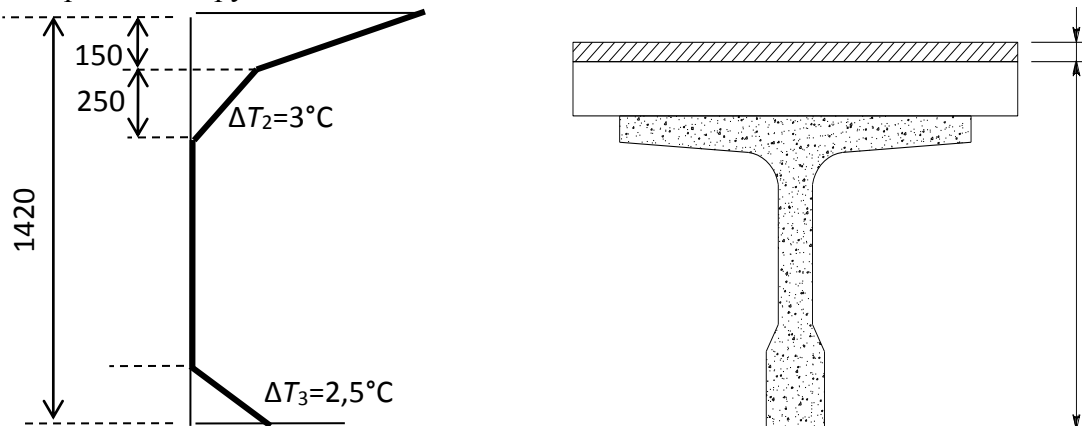
Мында $h = 1420$ мм, себебі $h \geq 0,8$ м Осы құралдың 9.6 кестесіне тиісті демек табамыз $\Delta T_1 = 13^\circ\text{C}$, $\Delta T_2 = 3^\circ\text{C}$, $\Delta T_3 = 2,5^\circ\text{C}$.

$$h_1 = 0,3 \cdot 1420 = 426 \text{ мм} = 0,426 \text{ м} > 0,15 \text{ м, қабылдаймыз } h_1 = 0,15 \text{ м;}$$

$$h_2 = 0,3 \cdot h = 0,3 \cdot 1420 = 426 \text{ мм} = 0,426 \text{ м} > 0,25 \text{ м, қабылдаймыз } h_2 = 0,25 \text{ м;}$$

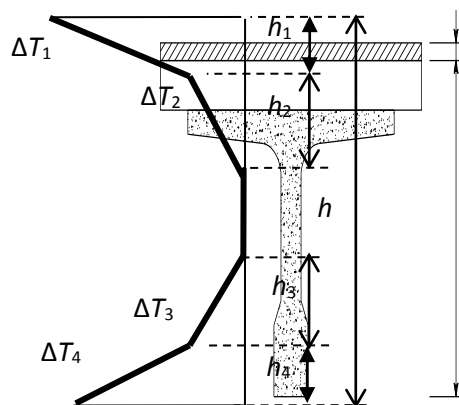
$$h_3 = 0,3 \cdot h = 0,3 \cdot 1420 = 426 \text{ мм} = 0,426 \text{ м} > 0,1 + 0,1 \text{ м} = 0,2 \text{ м, қабылдаймыз } h_3 = 0,2 \text{ м.}$$

Қорыта келгенде, температуралық профиль келесі түр көпірдің төсенішінің құрылымдарын қыздыруда қабылдайды



Көпірдің құрылымдарын салқындаудың кезеңі.

Температуралық профиль көпірдің төсенішінің құрылымдарын салқындауда келесі түрі болады:

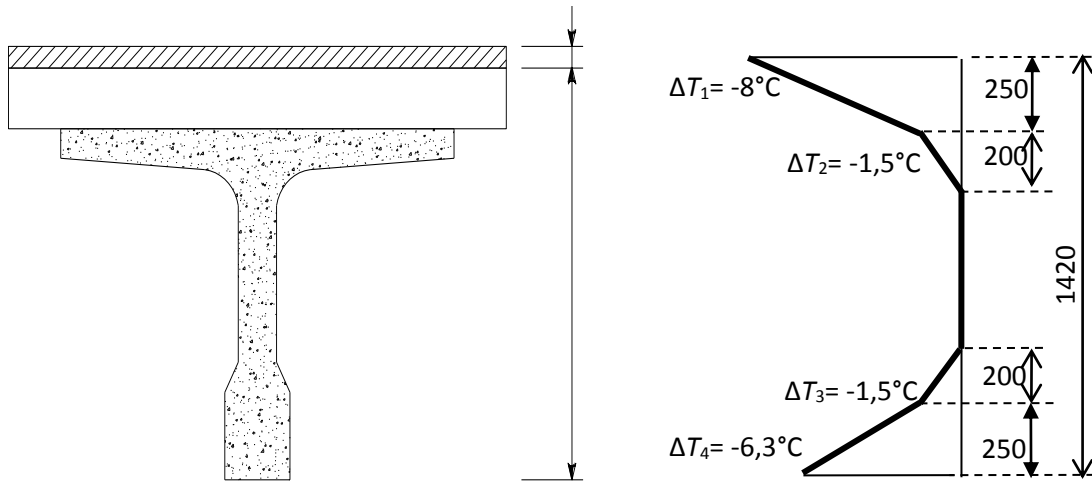


Мында $h=1420$ мм $< 1,5$ м, осы Құралдың 9.6 кестесі бойынша келесіндегілерді табамыз $\Delta T_1 = -8^\circ\text{C}$, $\Delta T_2 = -1,5^\circ\text{C}$, $\Delta T_3 = -1,5^\circ\text{C}$, $\Delta T_4 = -6,3^\circ\text{C}$.

$h_1=h_4=0,2 \cdot h=0,2 \cdot 1420=284$ мм $=0,284$ м $> 0,25$ м, қабылдаймыз $h_1=h_4=0,25$ м;

$h_2=h_3=0,25 \cdot h=0,25 \cdot 1420=355$ мм $=0,355$ м $> 0,2$ м, қабылдаймыз $h_2=h_3=0,2$ м.

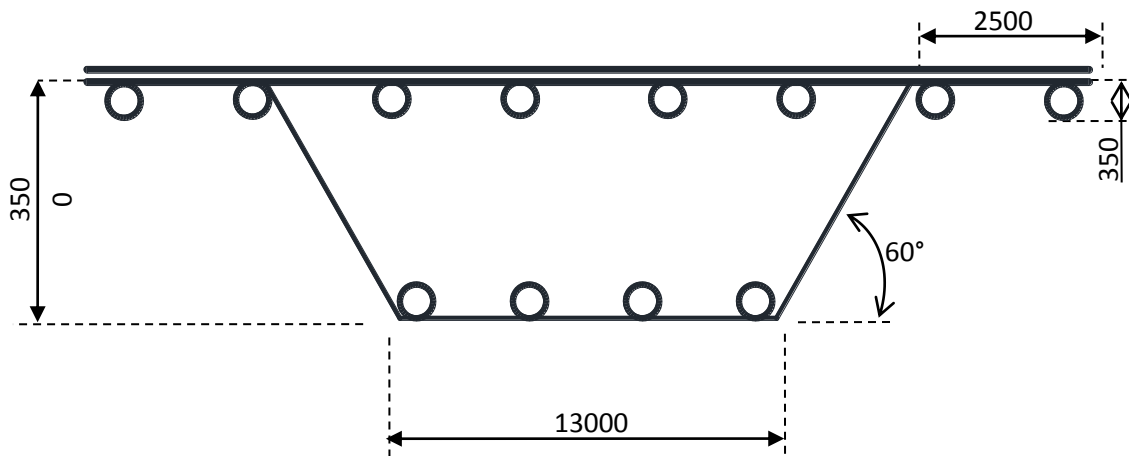
Қорыта келгенде, көпірдің төсенішінің құрылымдарын салқындауда қтемпературалық профильдің келесі түрін қабылдаймыз:



Кейінде көпір жобалауында алынған мәндер конструкцияны тексерісінің мақсатында пайда болатын температуралық өзгерістерінде шекті жағдайлар бойынша кернеулер мен деформацияларды анықтау үшін пайдалануы керек.

МЫСАЛ 8

Көлденең қимасы бар металлдық көпірдің аралық құрылымын құрайтын әрқелкі температуралық айырмаларды 9.14 суреттегі дейесептеу керек. Көпірдің төсеніші 40 мм жуандықты жабулау ие болады.



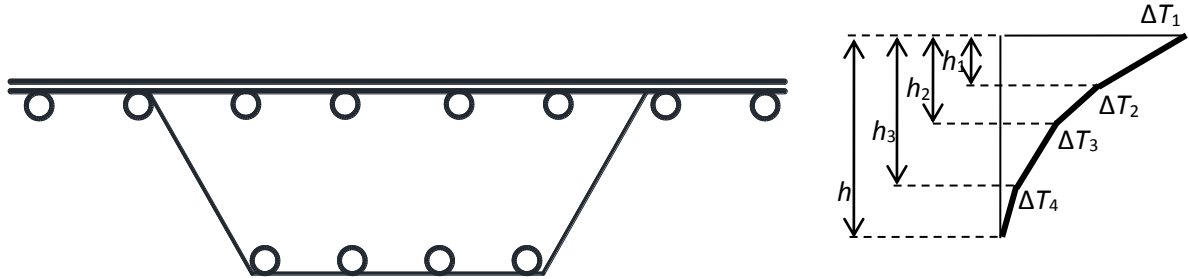
**9.14 сурет—Болаттан жасалған көпірдің көлденең қимасының сызбасы
(8мысалға)**

ШЕШУІ

Осы құралдың 9.4 кесте әкелінген байланыстылықтар бойынша есептеу өндіреміз.

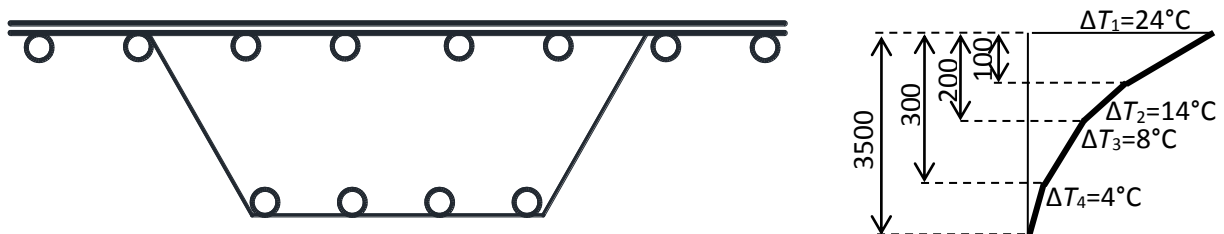
Көпірдің құрылымдарын қыздырудың кезеңі.

Температуралық профиль көпір төсенішінің құрылымдарын қыздыруда келесі түрі болады(9.4 кесте):



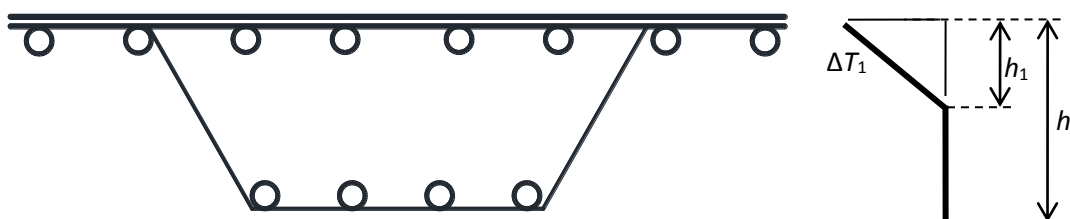
9.4 кесте бойынша анықтаймыз $\Delta T_1=24^\circ\text{C}$, $h_1=0,1$ м, $\Delta T_2=14^\circ\text{C}$, $h_2=0,2$ м, $\Delta T_3=8^\circ\text{C}$, $h_3=0,3$ м, $\Delta T_4=4^\circ\text{C}$ (биік жылу сыйымдылықтың және көпірдің элементтерін жылу өткізгіштік салдарынан белгіленген мәндер).

Қорыта келгенде, температуралық профиль келесі түр көпірдің төсенішінің құрылымдарын қыздыруда қабылдайды (9.4 кесте):



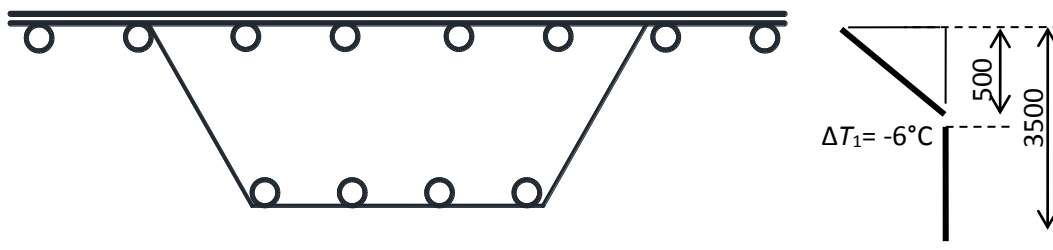
Көпірдің құрылымдарын салқындаудың кезеңі.

Температуралық профиль көпірдің төсенішінің құрылымдарын салқындауда келесі түрі болады (9.4 кесте):



9.4 кестесі бойынша анықтаймыз $\Delta T_1=-6^\circ\text{C}$ $h_1=0,5$ м.

Қорыта келгенде, температуралық профиль келесі түр көпірдің төсенішінің құрылымдарын салқындауда қабылдайды (9.4: кесте)



Кейінде көпір жобалауында алынған мәндер конструкцияны тексерісінің мақсатында пайда болатын температуралық өзгерістерінде шекті жағдайлар бойынша кернеулер мен деформацияларды анықтау үшін пайдалануы керек.

9.8 Көлденең құраушылар

9.8.1[6.1.4.3(1)] Жалпы алғанда, құраушы температуралық айырманы тек тік бағытта ғана ескеру керек.

9.8.2 Белгілі жағдайларда (мысалы, бағыт артынан қашан немесе көпірдің бір жағы құрылымның пішіні салдарынан күн сәуле шығару басқамен салыстырғанда мықты қыздырудан астам болса), температуралық айырманы көлденең бағытта да ескеру керек.

ЕСКЕРТУ Температуралық айырманың сандық мәндері EN 1991-1-5:2003/2011 ҚР ұлттық қосымшада орнатылған бола алады. Жоқ болғанда басқа ақпарат және биігірек мағыналардың қолдануға жөн-жобалары көпірдің енінен тәуелсіздің көпір көлденең қима сыртқы қырлардың арасындағы 5°C сызықты температуралық айырма қабылдауға ұсынылады.

9.9 Қораптық қиманың бетон арқалықтарының қабырғаларындағы температуралық айырма

9.9.1[6.1.4.4(1)] Көпірді жобалауда аралық қима конструкцияларында жаппай қорапты қималары бар көпірлерді есептеу параметрлерін анықтауға ерекше көңіл бөліну керек. Себебі, көпір конструкциясының қызу (салқындау) кезіндегі инерциясының салдарынан конструкцияның ішкі және сыртқы қабырғаларының арасында маңызды температуралық айырма пайда болуы мүмкін.

ЕСКЕРТУ Температуралық айырманың санмен көрсетілген мәндері ҚР ҚН EN 1991-1-5:2003/2011 ұлттық қосымшасында көрсетілуі мүмкін. Ұсынылатын сызықты температуралық айырманың мәні 15°C құрайды.

9.10 Құраушы біркелкі таралған температурамен температуралық айырманы бір уақыттағы есептеу

9.10.1[6.1.5(1)] Егер бір уақытта $\Delta T_{M, \text{heat}}$ (или $\Delta T_{M, \text{cool}}$) екі құраушы температураны және көпірдің біркелкі таралған температураның $\Delta T_{N, \text{exp}}$ (не $\Delta T_{N, \text{con}}$) (мысалы, конструкцияның қаңқа тіреуі) құраушысын ескеру керек болса, онда келесі қатынасты пайдалануға рұқсат беріледі (оны жүктемелердің қатынасы ретінде қарауға болады) :

$$\Delta T_{M,heat}(\text{немесе } \Delta T_{M,cool}) + \omega_N \Delta T_{N,exp}(\text{немесе } \Delta T_{N,con}) \quad (9.11) [6.3]$$

немесе

$$\omega_M \Delta T_{M,heat}(\text{немесе } \Delta T_{M,cool}) + \Delta T_{N,exp}(\text{немесе } \Delta T_{N,con}), \quad (9.12) [6.4]$$

Осында ең қолайсыз әсермен бірге қатынасты таңдай отырып

ЕСКЕРТПЕ 1 ω_N и ω_M мәндері ҚР ҚН EN 1991-1-5:2003/2011 ұлттық қосымшасында көрсетілуі мүмкін. Ақпарат болмаған жағдайда төмендегі мәндерді ω_N и ω_M : $\omega_N = 0,35$; $\omega_M = 0,75$ қолдануды ұсыныс етеді.

ЕСКЕРТПЕ 2 Сызықтық және сызықтық емес екі температуралық тігінен айырмасын құраушыларды (осы құралдың 9.7 қараңыз) қолданғанда ΔT_M , ΔT_M және ΔT_E қамтитын ΔT ауыстырады.

9.11 Біркелкі таралған температураның әр түрлі құраушылармен бірге конструктивті элементтеріндегі айырмалары

9.11.1 [6.1.6(1)] Біркелкі таралған температураның әр түрлі құраушылармен бірге конструкцияларда элементтеріндегі айырмалары элементтердің жеке түрлерінде қолайсыз жүктеме әсерлері пайда болуы мүмкін, оларды есептеуде ескеру керек.

ЕСКЕРТПЕ ҚР ҚН EN 1991-1-5:2003/2011 ұлттық қосымшасында біркелкі таралған температураны құраушылардың мәндері көрсетілуі мүмкін. Ұсынылатын мәндер: 15°C басты конструктивті элементтері арасында (мысалы, созылу мен арка); 10°C және 20°C ашық және қара түстері үшін тірегіш/тұрақтандырғыш арқан мен көпір төсемімен арасында (немесе пилонмен).

9.11.2 [6.1.6(2)] Бұл әсерлерді осы құралдың 9.2 сай анықталатын элементтерінде біркелкі таралған температураны құраушылар әрекетінің нәтижесі болып табылатын әсерлерді қосымша ретінде ескеру қажет

9.12 Көпірдің аралық тіреулері

9.12.1 [6.2.1(1)P] Есеп айырысу параметрлерін анықтауда (ашылған) сыртқы бет жақтарының менкөпірдің қуысты немесешомбал аралық тіреулер арасындағы температуралық айырманы ескеру керек

ЕСКЕРТУ Есеп айырысу параметрлерін анықтау әдісі ҚР ҚН EN 1991-1-5:2003/2011 ұлттық қосымшасына орнатылған болуы мүмкін. Бұл әдіс жоқ болған жағдайдасыздықты температуралық айырманың эквивалентті құраушысын қолдануға болады.

9.12.2 [6.2.1(2)] Егер температура жанасушы конструкцияларда байланыс немесе ауысу реакциясын тудырса, онда жалпы аралық тіреулерге әсер етуші оны ескеріп отыру керек.

9.12.3[6.2.2(1)] Бетонды аралық тіреулер(қуыс немесе шомбал) үшін қарама-қарсы сыртқы бет жақтарының арасындағы сызықты температуралық айырманы есептеуде ескеру керек.

ЕСКЕРТУ Сызықты температуралық айырманың мәні ұлттық қосымшада бекітіле алады. Жоқ болған жағдайда 5 °С қолдану ұсынылады.

9.12.4 [6.2.2(2)] Қабырғалар үшін ішкі және сыртқы жақтар арасындағы сызықты температуралық айырманы ескеру керек.

1ЕСКЕРТУ. Сызықты температуралық айырманың мәні ҚР ҚН EN 1991-1-5:2003/2011 ұлттық қосымшасында бекітіле алады. Мәні жоқ болған жағдайда 15°С қолдану ұсынылады.

2ЕСКЕРТУ. Болаттан жасалған тіректер үшін температуралық айырманы есепке алу қажет болған жағдайда арнайы мамандар тартылу керек.

9 - мысал

Тегістейтін тіректерге тірелген, төсенішпен құралған, құраушы конструкцияларында аралық құрылыстары бар көпір норматив талаптарымен сәйкестігіне тексерілу керек. Қосымша тіркелген жүктемелер ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 және ҚР ҚН EN 1991-1-4:2005/2011 ұлттық қосымшаларына сәйкес келеді. Аталған мысал сол, қандай жүктемелеріске асатынын, құраушы конструкциялардың аралық құрылыстары бар көпірлердің ішкі күштерінің қалай анықталатынын анықтау үшін берілген.

Жүйені анықтау.

Жүйенің конструкциясы.

Құраушы конструкциялардан тұратын аралық құрылыстары бар зерттелетін көпір көшенің төбесінде орналасқан және бетон төсеніштен және дәнекерленген екі болатарқалықтаран тұрады. Желдік жүктемені анықтау үшін келесі параметрлер қолданылады: көшенің бет жағы мен болат арқалықтың төменгі сөресі арасындағы арақашықтық 4,5м және көпір тегіс ашылған жерде орналасқан.

беріктік шегіне әсер етпеген, дегенмен де кернеудің үлестіруіне және өзгеруіне әсер ететіндігін белгілеу керек.

1. Нағыз мысалдың мақсаттары үшін құрылымның тұрғызуын келесі тәсіл қабылдайды:
2. Құрыштан жасалған арқалық еркін тірелген арқалықты құрай отырып, тұрақты тіректерге жатқызылады.
3. Болат конструкциясының өз салмағын алып жүретін кесілген арқалықты қалыптастыра отырып, екі уақытша тіректерді бекітеді және алдын ала салмақ түсіреді,.
4. Көлік жүретін көпірдің бір бөлігінің құйматасымен құюды өндіреді.
5. Уақытша тіректер және қалыпты бетон төсенішті мұздап кетуден кейін алып тастайды.
6. Қосымша жүктемелерді (жол матасы және тағы басқалар) салғаннан кейін көпір көлік жүктемесі мен басқа айнымалылар әсерін қабылдауға дайын.

Құрылыстың кезеңін тексеру үшін сондықтан келесі жүктемелерді қарап шығуы керек:

1. Болаттан жасалған арқалық еркін тірелген жүктемемен өз салмағынан және желдік жүктемелерді қалай қабылдайды
2. Болаттан жасалған арқалық кесілмейтін арқалық ретінде өз салмағынан жүктемені, алдын ала кернеуден туған жүктемені және желдік жүктемелерді қабылдайды.
3. Болаттан жасалған арқалық кесілмейтін арқалық ретінде өз салмағының жүктемесін, алдын ала кернеуден туған жүктемені, кеппеген құйматаның салмақ жүктемесі және желдік жүктемелерді қабылдайды.
4. Болаттан жасалған арқалық кесілмейтін арқалық ретінде өз салмағының жүктемесін, алдын ала кернеуден туған жүктемені, кепкен құйматаның салмақ жүктемесі және желдік жүктемелерді қабылдайды.

Қорытынды кезеңде құрамды конструкция өз салмағынан туған жүктемені, уақытша жүктеме, көлік және желдік жүктемелерді қабылдайтын еркін тірелген арқалық ретінде тексерілуі керек.

Қиманың сипаттамасы.

Бүгіліске беріктік

Құрылыс кезеңде болаттан жасалған арқалықтың бүгілісіне есеп айырысу кедергісін тексеру жұмысын жүргізуіне мүмкіндікпен қамтамасыз ету үшін белгілі және тең қатынасты қабылдайды.

(Бетон төсеніште бейтарап ось) құрама қиманың бүгілісіне майысқақ кедергі есептік мән тең $M_{el,a,Rd}=32346 \text{ кН}\cdot\text{м}$ қабылдайды.

Инерция кезеңі

Пайдалану жарамдылығы бойынша тексеру көрсеткіштері ретінде өзгеріс есептері үшін инерция кезеңдері керек. Өрмелеушілік әсерлерін есептеуде ескеру үшін қима сипаттамаларының уақытша байланыстылығы есепке алынады. Бұл инерция кезеңдерінің тиісті мәндерінің арасындағы айырмашылыққа алып келеді:

9.7 кесте—Құраушы қиманың инерция кезеңдері (9 мысалға)

Әсерлер сипаттамасы	Инерция кезеңі мм ⁴	Инерция кезеңі, см ⁴
Қысқа уақыттық әсер	$3,040758 \cdot 10^{11}$	30 407 580
Ұзақ әсер	$2,5323208 \cdot 10^{11}$	25 323 208
Қысу	$2,7573969 \cdot 10^{11}$	27 573 969

Арқалықтың кедергісі және қатаңдық қырлары.

Арқалық үшін жаймалау құрыштан жасалған HE 200A профилін S355 таңбасы пайдаланады. Қорыта келгенде, одан әрі есептеу үшін кедергінің келесі мәндері қабылдаймыз:

M - N - ең жоғары кедергі өстерінің өзара іс-әрекеті:

$$N_{Rd} = \chi_y \cdot N_{pl,Rd} = 710 \text{ кН}; M_{pl,y,Rd} = 152,7 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

ең төменгі кедергінің өстерін жағалай бойлық иілудегі беріктіктің жоғалуы:

$$N_{Rd} = \chi_z \cdot N_{pl,Rd} = 649 \text{ кН}.$$

Қатаңдық қыры HE 360B профильдың жартысын, S 355 таңбалы болатын көрсетеді. Негізгі арқалықтың тиісті қабырғаның бір бөлігімен тіркесте кедергінің келесі есептік мәндерін аламыз:

$$N_{pl,Rd} = 5491,85 \text{ кН}; M_{pl,Rd} = 400 \text{ кН}.$$

Жүктемелердің анықтамасы.

Конструкциялық болаттарға әсер ететін тұрақты жүктемелер.

Бір дәнекерленген болаттан жасалған профильдың өз салмақтан жүктемесі ($\gamma_a = 78,5 \text{ кН/м}^3$):

$$g_a = 7,0 \text{ кН/м}.$$

$$(\gamma_c = 25 \text{ кН/м}^3):$$

бетон төсенішті өз салмақтан жүктемесі
көлбеу қима ауданы:

$$g_c = 5,62 \cdot 25 = 140,50 \text{ кН/м}.$$

Кеппеген бетонның өз салмағының жүктемесі ($\gamma_c = 26 \text{ кН/м}^3$):

$$Q_f = 5,62 \cdot 26 = 146,12 \text{ кН/м}.$$

Уақытша әрбір бағанаға түсетін алдын ала кернеудің күші:

$$P = 1280 \text{ кН.}$$

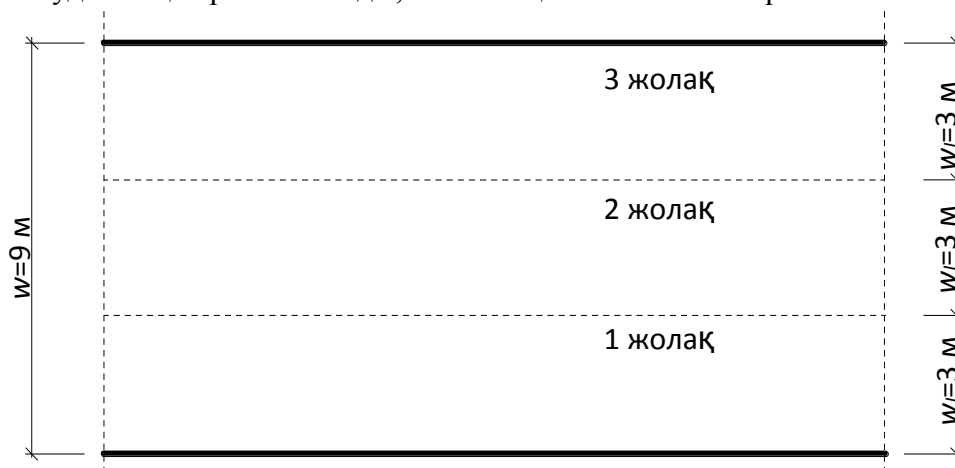
Құрама арқалыққа түсетін тұрақты жүктемелер.

Тұтастырғыдан, таяныштан, қоршаудан және көпір төсенішінің бір жарты бойлығына жасалатын асфальт жабынынан түсетін жүктеме:

$$g_{add} = 30 \text{ кН·м.}$$

Көлік жүктемелері.

W ҚР ҚНЖЕ EN 1991-2:2003/2011сәйкес көлік жүретін w бөлігі қауіпсіздіктің қоршауы, жиектері және т.б. ретінде кеңістіктің шектеу жүйелерісияқты ішкі шекарамен анықталады. Есептеуде пайдаланылатын көлік жүретін бөлік енікөлік қозғалысы үшін жұмсалатын ауданның бәрі бола алады, мысалы қатты жабыны бар жол жағасы.



9.17сурет — Жол жүру бөлігі қозғалысының жолақтар ені (9мысалға)

Жол жүру бөлігі бірнеше қозғалыс жолақтарына бөлінуі тиіс. В ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 сай егер w ені кем дегенде $6,0 \text{ м}$ тең болған жағдай үшін қозғалыс жолақтарының санын анықтауға арналған келесі байланыстылықты келтіреді:

$$n_i = \text{Int}\left(\frac{w}{3}\right) = \text{Int}\left(\frac{9}{3}\right) = 3.$$

Сонымен жол жүру бөлігінің әр қозғалыс жолағының ені $w_l = 3,0 \text{ м.тең}$

ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 құжатында төрт түрлі жүктелу үлгісі беріледі, олардың ішінен жалпы тексеруде қарастырылатын мысалға 1 (LM1) жүктемелі Үлгісі қолданбалы болады.Қалған үлгілер тексерістердің бөлінділері үшін арнаулы есеп айырысу жағдайлары орнатады, аномалды және қаралатын мысалда жүктемелері тобын аномалды жүктеме қозғалысында менсінбеуге рұқсат береді.

Біздің жағдай үшін жоғарыда анықталып атап өткендей үш болжалмалы қозғалыс жолақтары бар (9.8кесте).

9.8 кесте - Жол жүру бөлігінің үш жолағы жағдайы үшін көлік жүктемесі

Жолақ	көлік құралдарының бірінің артынан бірі(жақын) тұратын кезіндегі жүктеме	Бөлінетін жүктеме
1	300 кН	9,0 кН/м ²
2	200 кН	2,5 кН/м ²
3	100 кН	2,5 кН/м ²

Көпір бойлық осьтерге көлік құралдарының осьтерімен аралық кеңістік перпендикуляр тең 2м қабылдайды және қатар жүктемесі әр қозғалыс жолақтары ортасында орналасады.

Көліктің күтілетін әсерін алдын ала ескеру үшін шоғырланған күштерге және біркелкі таралған жүктемелерге арналған α_Q және α_{Qk} түзету коэффициентісін пайдаланады. Бұл есептеулердің мәндері ұлттық қосымшаның негіздеуінде немесе қозғалатын көліктің масса бойымен шектеудің қондыруысыз көпірлерді жобалау үшін жасалған келесі жалпы ұсынымдарға сай қабылданады:

Бірінші жолақ: $\alpha_{Q1} = 0,8$ басқа жолақтар: $\alpha_{Q>1} = 1,0$.

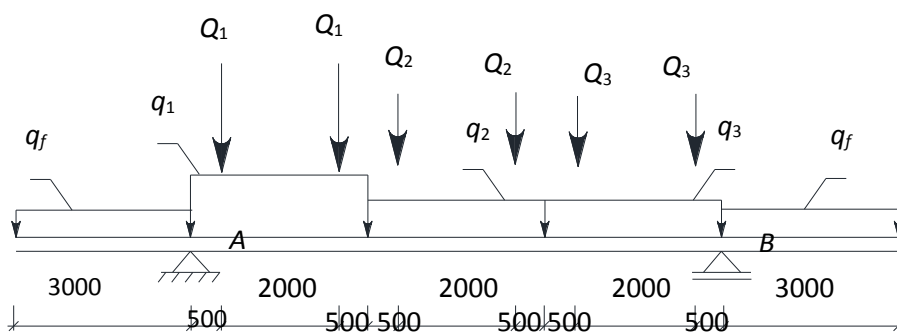
Осындай негізгі мәліметтерде келесі жүктемелер қабылданады:

Бірінші жолақ: $Q_{1k} = 0,8 \cdot 300 = 240$ кН; $q_{1k} = 0,8 \cdot 9,0 = 7,2$ кН/м²;

екінші жолақ: $Q_{2k} = 1,0 \cdot 200 = 200$ кН; $q_{2k} = 1,0 \cdot 2,5 = 2,5$ кН/м²;

үшінші жолақ: $Q_{3k} = 1,0 \cdot 100 = 100$ кН; $q_{3k} = 1,0 \cdot 2,5 = 2,5$ кН/м².

Бір қатар жүктеме доңғалақтар сызық бойымен қоса берілген екі остен тұрғандықтан, жүктеме $0,5 \cdot Q_k$ сәйкес келеді. Өйткені көпірдің ұзақ бойындағы бір қатар жүктемесі остерінің арасындағы қашықтық көлденең қиманың ортақ конструктивті талдауы үшін маңызды рөл болмайды, бір қатар жүктеме жүйесінің жеңілдетуін пайдаланамыз, себебі бір ості доңғалақ жұп доңғалақтардың әрқайсысына Q_k шоғырланған жүктеме күш қоса тіркеледі:



9.18 сурет— Көпірге түсірілетін көлік жүктемелері (9 мысалға)

Қозғалатын жаяуларынан жүктемесі тротуардың L ұзындығына байланысты біркелкі таралған q_k жүктемесімен келтірілген. ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 тротуарларға әсерін анықтау бойынша келесі талаптарды қамтиды:

$$2,5 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2} \leq 2,0 + \frac{120}{L+30} \leq 5,0 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$$

Демек, жаяулардың қозғалысынан жүктемені есептеуі үшін $L = 42$ есеп шартында $q_k = 3,67 \text{ кН/м}^2$ сипаттамалық мәнін ескеруге керек.

Егер жаяулардан жүктеменің және көлік жүретін бөлікке жүктеменің бір уақыттағы қосымшасын ескеру керек болса, онда q_k қиыстырылған мәнді пайдалану керек. ҚР ҚЖ EN 1991-2:2003/2011 $q_k = 3,00 \text{ кН/м}^2$ қиыстырылған мәнін ұсынады..

Жел жүктемелері

Жел екпініндегі қысымды анықтау

$v_b = 25 \text{ м/с}$ тең желдің басты жылдамдығын аламыз.

Көпір дөңсізжәне тағы басқа бөгеттерсіз ашықаумақта орналастқан және көше мен көпір аралығындағы саңылау $4,5\text{м}$ құрайды. Мұндай бастапқы мәліметтерде жер деңгейінен жоғары биіктікке тиісті жел екпініндегі қысымға сәйкес келетін негізгі қысымды өзгертуге арналған әсер коэффициенті v_b былай анықталуы мүмкін:

$$c_e(z) = c_r^2(z) \cdot c_0^2(z) \cdot [1 + 7 \cdot I_v(z)],$$

бұл жерде $c_r^2(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$ – жылдамдықтың логарифмикалық профилі;

k_r – жергілікті жердің коэффициенті;

z_0 – бұдырлық (тегіс еместік) биіктігі;

$c_0(z)$ – рельефкоэффициенті (жергілікті жердің биіктігінің өзгеруі кезінде ескеріледі, мына мысалда $c_0(z)=1,0$);

$$I_v(z) = \frac{1}{c_0(z) \cdot \ln(z/z_0)} - \text{турбуленттілік.}$$

ҚР ҚН EN 1991-1-4:2005/2011 нормасына сәйкес жеке ағаштарымен бірге ашықжазық бет II санатты жерге жатқандықтан, $k_r = 0,19$ и $z_0 = 0,05\text{м}$ мәнді пайдаланғанжөн. Көпірдің төсеніші үшін тиісті биіктік - қосымша элементтерсіз көпір құрылысының ортасы (мысалы, жақтау сияқтылар) төмендегі мәнге ие болады;

$$z = 4,5 + \frac{1}{2} \cdot (2,325 + 0,5) = 5,9\text{м}$$

Әсерлер коэффициентітең:

$$c_e(5,9) = \left[0,19 \cdot \ln\left(\frac{5,9}{0,05}\right) \right]^2 \cdot 1,0 \cdot \left[1 + 7 \cdot \frac{1}{1,0 \cdot \ln(5,9/0,05)} \right] = 2,03.$$

Демек, тиісті биіктіктегі жел екпініндегі қысымның келесі мәнін аламыз:

$$q_p(z_e) = c_e(z_e) \cdot \frac{\rho \cdot v_b^2}{2} = 2,03 \cdot \frac{1,25 \cdot 25^2}{2} = 793 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = 0,793 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}.$$

Желдің әсерінен шыққан көлбеу күштер.

ҚР ҚН EN 1991-1-4:2005/2011-да көпірдің төсенішіне көлденең c_{fx} , сонымен қатар, көпірдің ұзына бойы бағыты c_{fy} үшін де берілген көлбеу күштерге арналған күш коэффициенттері келтірілген. Осы мысал үшін көпірдің ұзына бойымен бағытындағы көлбеу күштердің әсерін ескермеуге болатындығын қабылдаймыз. Желдің әсерінен қалыптасқан көлбеу күш мына формуламен анықталады:

$$F_{w,x} = q_p(z) \cdot c_{fx} \cdot A_{ref,x}$$

Күш коэффициенттері c_{fx} көпір төсенішінің b ені мен d биіктігінің орналасуы арасындағы қатынастарға байланысты келтірілген. Мына мысалда:

$$\frac{d}{b} = \frac{15,0}{2,825} = 5,31,$$

бұл үшін ҚР ҚН EN 1991-1-4:2005/2011 күш коэффициентінің $c_{fx}=1,3$ мәнін ұсынады.

Көпірдің төсенішіне тиісті сырт пішіні үшін есеп айырысу ауданы $A_{ref,x}$ арқалықтың беткі қабаттары және жел жақтағы төсеніш тақтасы аудандарының жалпы саны ретінде анықталады. Аталған мән құрылған кездегі өзгеріске ұшырамаған күй үшін анықталуы мүмкін. Түпкі күй үшін (мысалы, ойықтары бар жақтаулы қоршау үшін 0,3 м биіктік ұсынылады) (қанаттар) жақтаудың ауданын ескеру қажеттілігін немесе көлік құралдары жүру бөлігінің үстінде 2 м және одан көбірек биіктіктегі қосымша ауданды көрсете алатындығын шешу керек. Мысалы, екінші нұсқа үшін 2,0 м қосымша тиісті биіктікті қабылдаймыз, мұндай жорамал төмендегі есеп айырысу биіктігіне тең:

$$A_{ref,x} = (2,825 + 2,0) \cdot L = 4,825 \cdot L.$$

Желдік жүктеменің көлбеу құраушысы біркелкі таралған жүктеме ретінде берілуі мүмкін:

$$F_{w,x} = 0,79 \cdot 1,3 \cdot 4,825 = 4,96 \text{ кН/м}.$$

Желдік жүктеменің көлбеу құраушысы негізгі болат арқалықтарының арасындағы көлденең арқалықты тексеру үшін қолданылады.

Жел әсерінен туындайтын тік күштер.

Күш коэффициенті $c_{fz} = \pm 0,9$ ҚР ҚН EN 1991-1-4:2005/2011 бойынша аэродинамикалық зерттеулердің нәтижелері болмаған жағдайда қабылданады. Есептік аудан $A_{ref,z}$ көпір төсенішінің тік проекциясына сай болады:

$$A_{ref,y} = 15,0 \cdot L.$$

Бұл бастапқы мәліметтер көпір төсенішіне біркелкі таралған келесітік жүктемені береді:

$$F_{w,y} = \pm 0,79 \cdot 0,9 \cdot 15,0 = \pm 10,7 \text{ кН/м.}$$

Бұл жүктеме эксцентриситетпен қоса беріледі $E = \frac{b}{4} = 3,75 \text{ м.}$

Температуралық әсерлер.

Температуралық айырманың шамасын қолданамыз $\Delta T = \pm 15 \text{ К.}$

Құраушы қима үшін температуралық ұлғаюкоэффициенті тең болады:
 $\alpha_T = 12 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$ (осы Құралдың А.1 кестесі).

Қысу кезіндегі әсерлер.

Қысу салдарынан иілу кезеңін анықтауға қажетті бетон төсенішіне әсер ететін қысу кезіндегі осьтік күш тең болады:

$$N = 15523,4 \text{ кН.}$$

Құрылыс кезіндегі уақытша жүктемелер.

Құрылыстағы қалыптық және басқа да жабдықтардан түсетін жүктемелер көпірдің жалпы ұзындығына әсер ететін біркелкі таралған жүктеме ретінде қоса беріледі:

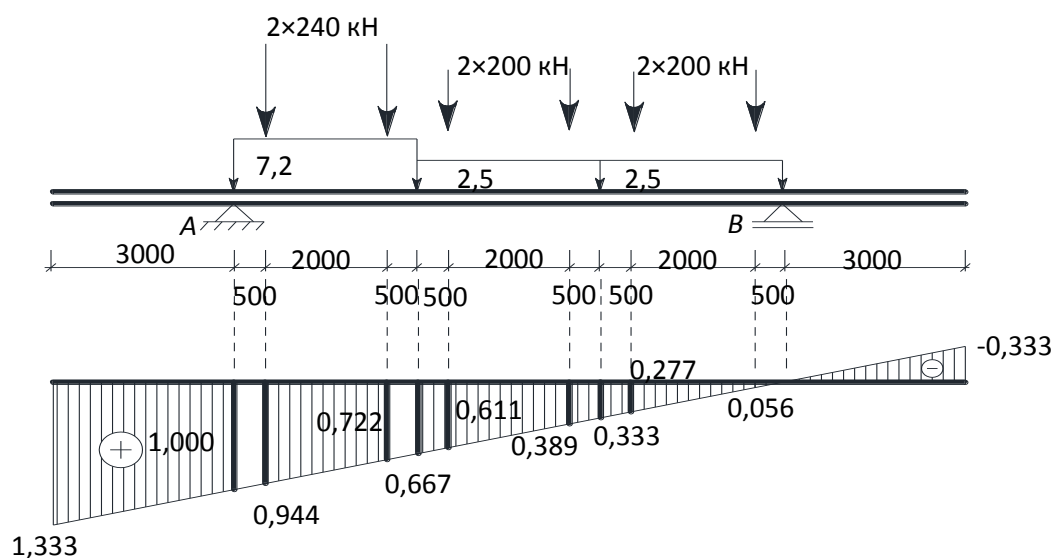
$$p_{temp} = 10,0 \text{ кН·м.}$$

Ішкі күштердіңесебі.

Көпір төсенішіне түсетін нормативті жүктемелерді бөлу.

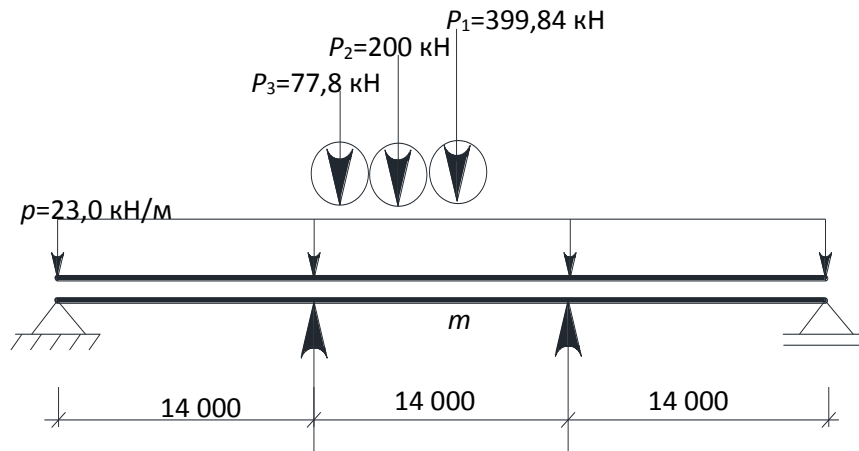
Есепті жеңілдету үшін көпір төсеніші көлденең қиманың тік осі бойынша екі бөлікке бөлінеді. Содан кейін ең қолайсыз нұсқа үшін жартысына талдау өткізіледі. Алғашқы қадамда жүктемелер бір болат арқалыққа әсер ететін жүктемеге айналдырылады.

9.19 суретте жол жүру бөлігіне деген жүктеме бір болат арқалығына әсер етумен бірге қосылады және ол тірек сызбада берілген:



9.19 сурет—Көпір төсеніші мен А арқалығы үшін әсер ету сызығына деген көлік жүктемелерінің сипаттамалық мәндері (9 мысалға)

Содан соң көпір төсенішінің бір жартысына үшін шоғырланған және біркелкі бөлінген жүктемелерді аламыз:

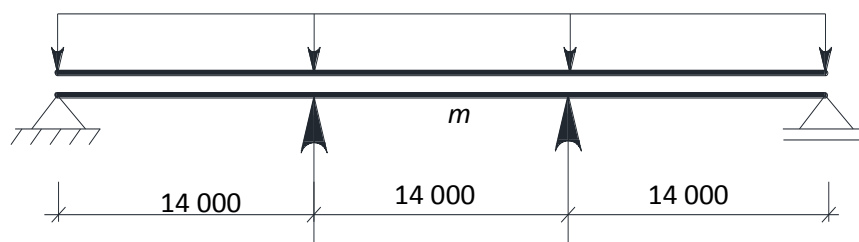


9.20 сурет—Көпірдің бір жартысына әсер ететін көлік жүктемелерінің сипаттамалық мәндері (9 мысалға)

Жаяу жүргіншілер бөлігіне түсетін жүктемелерді анықтау үшін ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 $3,67 \text{ кН/м}^2$ -тең сипаттамалық мәнді және көлік жүктемелерінің бірлескен әрекеті кезінде жүктеме ретінде қарастырылса, тіркестердің есептеуімен $3,67 \text{ кН/м}^2$ мәнін ұсынады. 9.19суретте берілген әсерлер сызығын қолдана отырып, қолайсыз әсерлерді қоса отырып, келесі біркелкі таралған жүктемені аламыз:

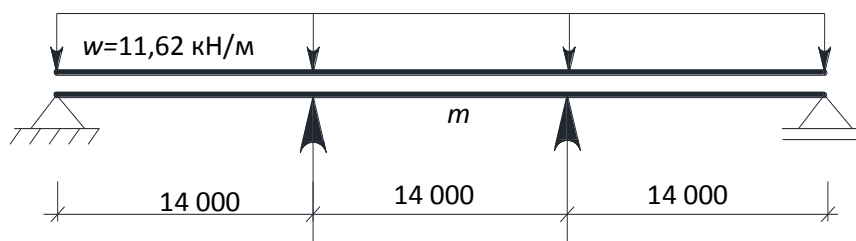
Сипаттамалық мән: $p_{\text{foot}} = 12,85 \text{ кН/м}$;

Тіркесу мәні: $p_{\text{foot}} = 10,50 \text{ кН/м}$.



9.21 сурет—Жаяу жүргіншілер бөлігіне түсетін жүктеменің сипаттамалық мәні және тіркесу мәні (9 мысалға)

Мұндай рәсім желдің әсер кезінде пайда болатын тік күштер үшін өткізілуі керек. ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 ұсынғандай $3,75 \text{ м-ге}$ тең күш жұмсаудың эксцентриситеті арқалыққа келесі жүктемені береді:



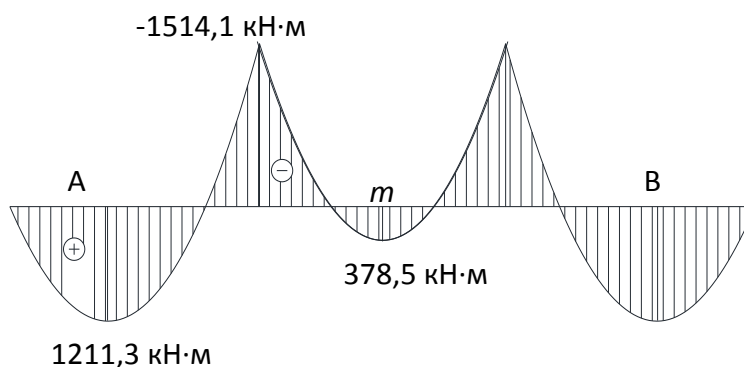
9.22 сурет—Жер әсерінен туындайтын тік күштің сипаттамалық мәні (9 мысалға)

Құрылыс барысындағы иілу кезеңдері (кесілмейтін арқалық).

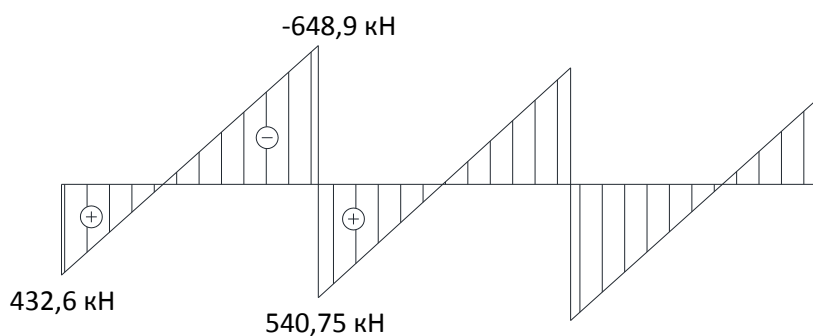
Уақытша бағаналарды қондыру кезіндегі құрылыс үрдісінде кесілмейтін арқалыққа сәйкес статикалық жүйе құрылады. Бұл жағдайда болат арқалықтары мен бетон төсенішінің өз салмағына тексеру жүргізіледі. Бұдан басқа, құрылыс барысына тексеріс жүргізу кезеңінде құрылыс құрал – жабдығынан түсетін қосымша жүктеме мен желдің әрекетінен түскен тік жүктемелерді ескеру керек.

Конструкция құру кезіндегі тұрақты жүктемелердің салдарынан болатын кезеңдер.

Арқалықтың жартысының біреуіне түсетін сипаттамалы жүктемелер үшін келесі кезеңдердің бөлінуін аламыз:

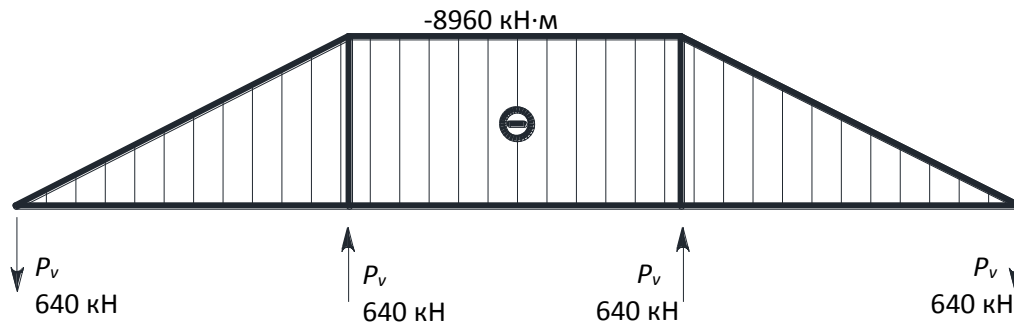


9.23 сурет—Өз салмағының сипаттамалық жүктемесінің әрекетіндегі кезеңдер эпюрасы (9 мысалға)



9.24 сурет —Өз салмағының сипаттамалық жүктемесінің әрекетіндегі көлденең күштер эпюрасы (9 мысалға)

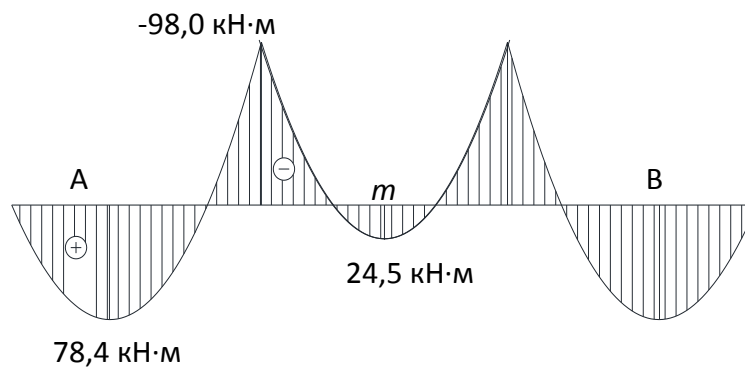
Бағаналардың алдын-ала кернеулерінің нәтижесіндегі кезеңдер эпюрасы төмендегідей түрге ие болады:



9.25 сурет—уақытша бағаналардың алдын ала кернеуінен болған кезеңдер эпюрасы(9 мысалға)

Конструкция құру кезіндегі уақытша жүктемелер салдарынан болатын кезеңдер.

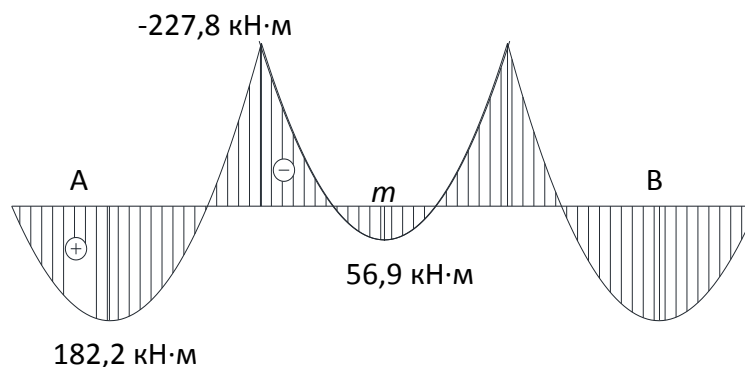
Көпірдің бір жарты бөлігіне құрылыс құрал жабыдығынан біркелкі бөлінген жүктемесі 5,0 кН/м-ге тең қабылданады, ол эпюраға береді:



9.26 сурет—Құрылыс барысындағы уақытша жүктемелерден болатын кезеңдер эпюрасы (9 мысалға)

Конструкция құру кезіндегі желдің әсерінен туындайтын тік жүктемелердің салдарынан болатын кезеңдер.

Желдің әсерінен туындайтын тік жүктеме құрылыс барысындағы конструкцияның жай-күйін тексеру кезінде қолданылады:



9.27 сурет —Құрылыс барысындағы желдің әсерінен туындайтын тік жүктемеден болатын кезеңдер эпюрасы(9 мысалға)

Қорытынды сатыдағы иілу кезеңдері.

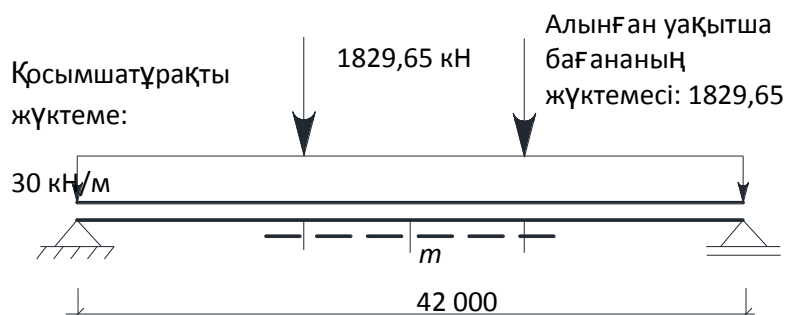
Тұрақты жүктемелерден болатын кезеңдер.

Бетон төсеніштердің қатаюы аяқталғанда уақытша бағаналарды алғаннан кейін бағаналардың тиісті күштерінен басқа канат, тартпадан түсетін қосымша тұрақты жүктемелер, сонымен қатар көлік жүктемелері қоса тіркеледі.

Осы әсерлерден пайда болатын кезеңдер эпюрасыкөпір төсенішіндегі алдын ала кернеудің күштерімен бірге уақытша бағаналардыңкүштерін салу жолымен құрылады.

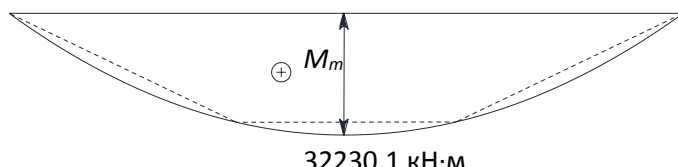
Демек, әр уақытша бағана үшін қорытынды сипаттамалық күштердің мәні тірек реакциясы(9.24 сурет)үшін 1189,65 кН оған қоса 640 кН, алдын ала кернеудің күштері үшін құрайды.

Жиналған уақытша бағаналардан туындаған жоғарыда көрсетілген күштермен біргебір мезгілде қосымша тұрақты жүктемені қоса тіркей, жүктеудің келесі сызбасын аламыз:



9.28 сурет - Құраушы арқалыққа әсер ететін тұрақты жүктемелер (9 мысалға)

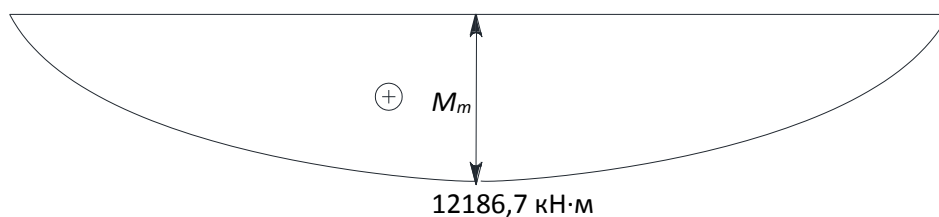
Тұрақты жүктемелер келесі иілу кезеңдерінің эпюрасын береді:



9.29 сурет— Тұрақты жүктеменің сипатты мәнінің әсерінен иілу кезеңі (мысалы 9)

Көлік жүктемесінің әсер ету кезеңі

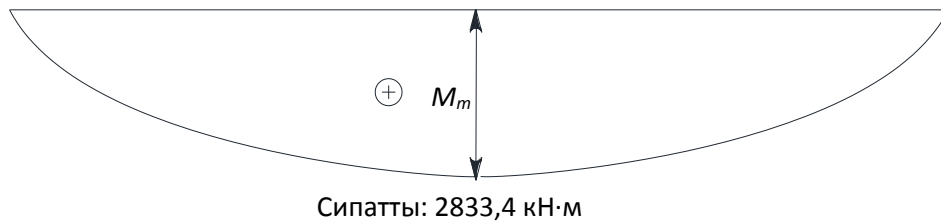
Барлық көлік салмағының құрама өзектің ортасына қарай түсуі нағыз тиімсіз жағдай туындатады, мысалы барынша иілу кезіне алып келеді.



9.30 сурет — Көлік жүктемесінің сипатты мәнін қосу кезіндегі иілу кезеңі (мысалы 9)

Тротуарға жүктеменің түсу кезеңі.

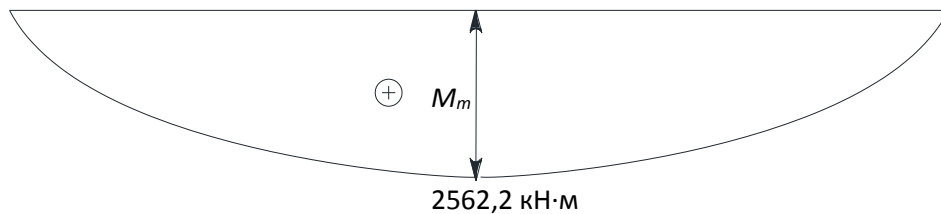
Сипатты мән мен тіркес мән үшін келесі иілу кезі алынады



9.31 сурет — Көлік жүктемесінің сипатты мәнін қосқаннан кейінгі иілу кезеңі (тротуар) (мысалы 9)

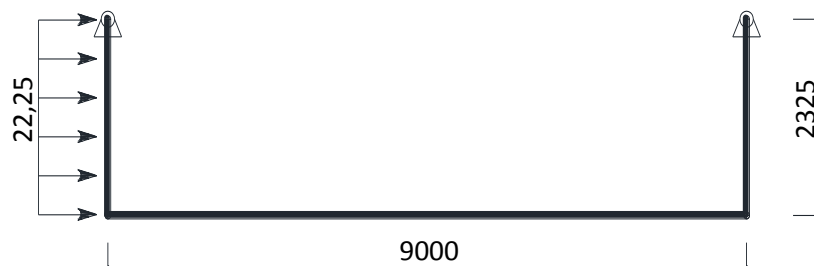
Жел әсерінен тік күш түсу жағдайы

Желдің тігінен әсер етуі ғана қолайсыз әсер болады, төмен қарай басқа күштермен қосыла әсер етеді.



9.32 сурет — Жел әсерінен түсетінтік жүктеменің қосу кезіндегі иілу (мысалы 9)

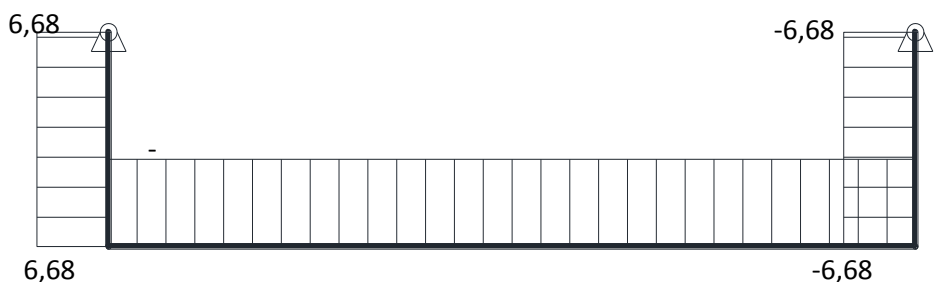
Көлденең өзекке және қатайту қабырғаларына әсер ететін ішкі жүктемелер
Көлденең өзек стержень жүйесін құрайды және де ол желдің көлденең әсерін қабылдайды. Жүйенің тораптары уақытша бағаналар сияқты қосылу орындарында орналасқан. Келесі статикалық жүйе және жүк күш көбірек түсетін ішкі тораптарды тексеру үшін пайдаланылады:



9.33 сурет — Қанқаға түсетін жел жүктемесі [кН/м] (мысалы 9)



9.34 сурет—Стержень жүйесіндегі эпюра кезеңі [кН·м] (мысалы 9)



9.35 сурет — Стержень жүйесіндегі көлденең жүктеменің эпюрасы [кН](мысалы 9)

Ішкі күштер туралы жиынтық деректер.

Көпір өзегіндегі иілу кезі.

9.9 кестеде өзектің иілуі туралы жиынтық деректер берілген.

9.9 Кесте —Көпір өзегінің бір жартысының иілу кезеңі

Параметр	Құрылыс кезеңі			Соңғы кезең
Күш	Анүктесі	Внүктесі	т нүктесі	т нүктесі
Көпірдің өзінің салмағы	1211,3 кН·м	-1514,1 кН·м	378,5 кН·м	378,5 кН·м
Алдыңғы күш	-480,0 кН·м	-8960,0 кН·м	-8960,0 кН·м	-8960,0 кН·м
Уақытша күштер (құрылыс)	78,4 кН·м	-98,0 кН·м	24,5 кН·м	—
Жел күшінің тік әсері (тұрғызу)	182,2 кН·м	-227,8 кН·м	56,9 кН·м	—
Жел күшінің тік әсері (барлығы)	—	—	—	2 562,2 кН·м
Қосымша күштер*:	—	—	—	32 230,1 кН·м
Көлік күштері	—	—	—	12 186,7 кН·м
Тротуарға түсетін күш (сипаты)	—	—	—	2 833,4 кН·м
Тротуарға түсетін күш (комб.)	—	—	—	2 315,3 кН·м

ЕСКЕРТУ *қосымша элементтерден және бағананы демонтаж жасағаннан кейін

Көлденең өзекке және қатайту қабырғаларына әсер ететін ішкі жүктемелер Стержень құрылымындағы максималды иілу кезеңі:

$$M = 30,48 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Көлденең өзектегі көлденең жүктеме

$$N = -13,11 \text{ кН}.$$

ТЕКСЕРУ ЕСЕБІ

Уақытша кедергі жүктеменің шегін тексеру.

6.10 ҚР ҚН EN 1990:2002+A1:2005/2011 теңдеуін қолдана отырып беріктік шегін тексеру қажет:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

G болса – тұрақты күштер ;

P – алдыңғы кернеу күштері;

Q_k – ауыспалы әсердің сипатты мәні;

γ_G – тұрақты күштің жеке коэффициенті, мұнда: 1,35 (қолайсыз әсер бойынша) немесе 1,0 (қолайлы әсер бойынша);

γ_P – алдыңғы кернеу бойынша жеке коэффициент, мұнда: 1,1 (қолайсыз әсер бойынша) немесе 1,0 (қолайлы әсер бойынша);

γ_Q – ауыспалы әсердің жеке коэффициенті, мұнда: 1,5 (қолайсыз әсер бойынша) және 0,0 (қолайлы әсер бойынша);

ψ_0 – қосынды коэффициент; жел күші бойынша: 0,6.

Жеке коэффициенттер мен қосынды коэффициенттер әсерлер нәтижелерін бағалау үшін қолданыла алады (мысалы, иілу кезіне байланысты).

Болат өзекті тұрғызу кезіндегі тексеру.

Құрылыс кезеңінде дәнекерленген болат капталдың беріктігінің жеткіліктілігі тексерілуі қажет.

9.9 кестеде келтірілген иілу мәнін сәйкес келетін жеке коэффициенттермен бірге қолданмыз, бұл иілу мәнінің мынадай есеп мәнін береді:

A нүктесі:

$$M_{Ed} = 1,35 \cdot 1211,3 - 1,0 \cdot 480,0 + 1,35 \cdot 78,4 + 1,5 \cdot 182,2 = 1534,4 \text{ кН} \cdot \text{м} < M_{Rd} = 32346 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

B нүктесі:

$$M_{Ed} = -1,35 \cdot 1514,1 - 1,1 \cdot 8960,0 - 1,35 \cdot 98,0 - 1,5 \cdot 227,8 = -12374,0 \text{ кН} \cdot \text{м} < -M_{Rd} = -32346 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

m нүктесі:

$$M_{Ed} = 1,0 \cdot 378,5 - 1,1 \cdot 8960,0 + 1,0 \cdot 24,5 + 0,0 \cdot 56,9 = -9453,0 \text{ кН} \cdot \text{м} < -M_{Rd} = -32346 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Мұнда құрылыс кезеңінде барлық әсерлердің есептік мәні болат блоктардың қарсылық күшінен біршама төмен. Айта кетерлік жағдай СН РК EN 1991-1-4:2005/2011 сәйкес уақытша есеп жағдаяты кезінде жел күшін төмендетуге болады. Қауіпсіздік жағын қамтамасыз етуге келгенде есеп барысында бұл ереже қолданылмайды.,

Соңғы кезеңде құрама өзекті тексеру.

Соңғы кезеңде жүйе тұрақты қиманың еркін тірек өзегіне айналды, осылайша, тексеруді жол ортасында ғана өткізу жеткілікті болады. Уақытша бағаналар демонтажынан кейін қосымша тұрақты күш басым әсер етеді:

$$M_{Ed} = 1,35 \cdot 378,5 - 1,0 \cdot 8960,0 + 0,6 \cdot 1,5 \cdot 2562,2 + 1,35 \cdot 32230,1 + 1,50 \cdot 12186,7 + 1,50 \cdot 2315,3 = 59120 \text{ кН} \cdot \text{м} < M_{plmd} = 60000 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Көлденең өзек және қатайту қабырғаларын тексеру.

Максималды қарсылық күшімен ось бойында $M-N$ өзара әсері, ось бойында минималды қарсылық күшімен тұрақтылық жойылуын тексеру қажет.

Ось бойында максималды қарсылықпен:

$$\frac{N_{E,d}}{\chi_y \cdot N_{pl,Rd}} + \frac{k_y \cdot M_{Ed}}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{13,11}{1909,6} + \frac{1,122 \cdot 30,48}{152,7} = 0,23 < 1,0,$$

k_y – бұл иілу кезі коэффициентін бөлу

Ось бойында минималды қарсылықпен : $N_{Ed} = 13,11 \text{ кН} < \chi_z \cdot N_{pl,Rd} = 649,3 \text{ кН}.$

Қолдануға толық дайын болуын тексеру.

w максималды деформациясын тексеру қажет, мысалы орта тұсындағы деформация $L/w = 250$ минималды ықтимал мәніне сәйкес келуі/төмен болмауы/ тиіс.

Жеке есеп жағдаяттарында тексеру 6.15b СН РК EN 1990: 2002 A1: 2005/2011 теңдеуін қолдана отырып жүргізілуі тиіс, бұл әсіресе СН РК EN 1991-2:2003/2011 қайтымды әрекеттерді 1 күш үлгісін қолдана отыра тексеру ұсынылады:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,1} \cdot Q_{k,i},$$

ψ_1 – бұл жеке есеп жағдаяттарының қосынды коэффициенті (0,5 транспорт күші бойынша; 0,2 жел күші; 0,5 температура әсері);

ψ_2 – квазиауыспалы есеп жағдаяттарының қосынды коэффициенті (0,3 көлік күші бойынша ; 0,0 жел күші; 0,0 температура әсері).

Тұрақты жүктемемен уақытша бағаналарды демонтаждау әсерінен болған деформация:

Екі жақты күш нәтижесінде өзектің орта тұсындағы деформация

$$w = 0,0355 \cdot \frac{P \cdot L^3}{E \cdot I} = 0,0355 \cdot \frac{1829,7 \cdot 42000^3}{210 \cdot 2,5323208 \cdot 10^{11}} = 90,5 \text{ мм.}$$

тең болады.

Орта тұста уақытша колонналар демонтажынан кейін қосымша тұрақты күштер әсерінен деформация:

$$w = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_{add} \cdot L^4}{E \cdot I} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,3 \cdot 42000^4}{210 \cdot 2,5323208 \cdot 10^{11}} = 22,9 \text{ мм.}$$

Көлік күшінен туындаған деформация:

$$w = \frac{5}{384} \cdot \frac{p \cdot L^4}{E \cdot I} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,23 \cdot 42000^4}{210 \cdot 3,0407580 \cdot 10^{11}} = 14,6 \text{ мм.}$$

Температура әсерінен туындаған деформация.

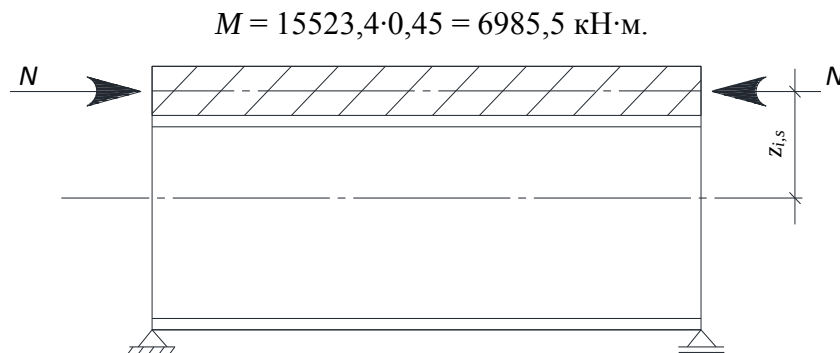
Бетон мен болаттан құралған конструкцияның температуралық коэффициенті $\alpha_T = 12 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$.

Еркін тірелген өзектің орта тұсындағы деформация:

$$w = \frac{\alpha_T \cdot \Delta T}{d} \cdot \frac{L^2}{8} = \frac{12 \cdot 10^{-6} \cdot 15}{2825} \cdot \frac{42000^2}{8} = 14,05 \text{ мм.}$$

Жылжу нәтижесінде болған деформация:

Ось күшін қосу арқылы жылжу жағдайы анықталады, бұл бетон төсемнің жылжуы нәтижесінде пайда болады. Төсемнің нейтралды осі мен құрама қима арасы $z_{i,s} = 0,45 \text{ м}$ (9.15 сурет) болғанда мынадай иілу кезін көреміз:



9.36 сурет—Бетон төсемнің жылжу нәтижесінде пайда болған ось жүктемесі (мысалы9)

Тұрақты иілу кезінде пайда болған еркін тірек өзегінің деформациясы:

$$w = \frac{M \cdot L^2}{8 \cdot E \cdot I} = \frac{6985,5 \cdot 10^3 \cdot 42000^2}{8 \cdot 210 \cdot 2,7573696 \cdot 10^{11}} = 26,6 \text{ мм.}$$

Желдің тік әсерінен пайда болатын деформацияны есепке алмау себебіміз, мұндай квазитұрақты басым емес әсер $\psi_2 = 0,0$ тең болады. .

СН РК EN 1991-2:2003/2011 ережесіне сәйкес, қызметке жарамдылықтың соңғы шегін тексеру кезінде тротуарға түсетін күш есептелмейді.

6.15b СН РК EN 1990:2002+A1:2005/2011 теңдеуіне сәйкес мынадай максималды деформация алынады:

$$w = 90,5 + 22,9 + 0,3 \cdot 14,6 + 26,6 = 144,4 \text{ мм};$$

$$\frac{L}{w} = \frac{42000}{144,4} = 291 > 250,$$

Яғни тексерілетін қима норма талаптарына сай.

10 ӨНЕРКӘСІП ТҮТІН ҚҰБЫРЛАРЫНДАҒЫ, ҚҰБЫРЛАРДАҒЫ, МҰНАРАЛАРДАҒЫ, РЕЗЕРВУАРЛАРДАҒЫ, ГРАДИРНИЯЛАРДАҒЫ ТЕМПЕРАТУРА ӨЗГЕРІСТЕРІ

10.1 Сыртқы ауа температурасының құрамы

10.1.1.[7.1(1)P] Өртүрлі температурадағы газдармен, сұйықтықтармен, материалдармен бірге тұратын конструкциялар (мысалы, өнеркәсіптегі түтін құбырлары, құбырлар, мұнаралар, резервуарлар, градирнялар) мынадай жағдайларды есепке ала отырып пайдаланылулары тиіс:

- климатқа байланысты, сыртқы температура ауысуына байланысты, күн қызуына байланысты температура әсерлерін;

- қолданыс кезіндегі қалыпты және қалыпсыз жағдайларға байланысты температураны;

- температура ауысуына байланысты конструкция мен оның қаптамасы арасындағы өзара әрекеттесуден пайда болған әсерлерді (мысалы, қатты массивті қаптамадан конструкцияның отыруы немесе қызу немесе суу нәтижесінде массивті қаптаманың кенейуі).

10.1.2[7.2.1(1)P] Орнына қатысты сыртқы ауаның минималды және максималды температурсы мысалы ұлттық изотерм картасында көрсетілген

10.1.3[7.2.1(2)] Теңіз деңгейінен орташа биіктіктегі сыртқы ауа температурасын ашық жерде жылына 0,02 °C көтерілу мүмкіншілігін есепке ала отырып есептейді.

10.2 Ағын газдар, ыстық сұйықтықтар және ыстық материалдар

10.2.1 [7.2.2(1)]Өртүрлі температурадағы ағын газдар, ыстық сұйықтықтар және ыстық материалдардың, басқа да материалдардың температурасының максималды және минималды мәндері жобада көрсетіледі.

10.3 Конструктивті элемент температурасы

10.3.1 [7.2.3(1)] Жеке конструктивті элементтің температуры мәні материал құрамына, бағдарына, элемент жағдайына байланысты болады, сыртқы ауаның

максималды және минималды температурасына, күн қызуына, ішкі қолданыс температурасына қатысты болады.

10.3.2 Температура түрлерін анықтаудың жалпы ережелері осы Құралдың 8.4 бөлімінде көрсетілген.

10.4 Температура құрамын есептеу

10.4.1[7.3(1)P] Әр қабат бойынша біркелкі бөлінген температураның таралуын (10.2(a) [7.1(a)] Суретін қараңыз), сондай-ақ желілік температуралық ауыса таралуын есепке алу қажет (10.2(б)[7.1(b)]Суретін қараңыз).

10.4.2 [7.3(2)P] Есептеуде есеп параметрлерін анықтауда күн қызуын есепке алу қажет.

10.4.3 [7.3(3)] бұл әсер конструкция периметрі бойынша температураның сатылы берілуіне ұқсас болады.

10.4.4 [7.3(4)P] Біркелкі бөлінген температура мен қолданыс температурасына байланысты желілі температура ауысуы әр қабатта есепке алынып отырады.

10.5 Температура құрамын анықтау

10.5.1 [7.4(1)P] Біркелкі бөлінген температура және желілі ауыспалы температура құрамы климатты және қолданыс жағдайларын есепке ала отырып анықталады.

10.5.2 [7.4(2)]Құрылыс элементінің күн сәулесі мен сыртқы ауа температурасына сәйкес температура корреляциясы туралы арнайы мағлұматтар болса оларды элементтердің температурасын есептеуде қолдануға болады.

10.5.3Ыстық газдар, сұйықтықтар және материалдардың, басқа да ыстық материалдардың біркелкі тараған температурасының құрамының мәні нақты жобада көрсетіледі. Түтін құбырлары үшін, әртүрлі температуралы түтін газдарымен қоршай орналасқан құбырларды алып тастағанда, ҚР ҚН EN13804-1 талаптары негізінде мынадай есеп алгоритмі қолданылады:

1. есептер үшін жоба құжатынан бастапқы мағлұматтар алынады (түтін құбырының қолданылу режимі; құбыр, қаптама, оқшаулау, жел қалқаны материалдары; түтін газдарының массалық есебі; түтін газдарының нақты температурасы; каналдан түтін құбырына шығу кезіндегі түтін газдарының температурасы);
2. түтін құбырының, қаптаманың, оқшаулау, жел қалқаны материалдарының көлденең қима түрі, көлемі;
3. түтін құбырының коэффициент түрі анықталады;
4. түтін құбырының ішкі гидравликалық диаметрі және түтін құбырының әр қабатының жылу өткізгіштігі анықталады;
5. түтін құбырының әр қабатының жылу өткізгіштігі анықталады;
6. сыртқы ауаның минималды және максималды температурасы жылына 0,02 °C көтерілу мүмкіншілігі есепке алына отырып есептелінеді;
7. алынған түтін құбырының жылу ұстауы анықталады;

8. жанармай түрі, оның құрамы, түтін газдары қосындысының тұрақты және меншікті жылу өткізгіштігі анықталады;
9. түтін газдарының динамикалық тұтқырлығы анықталады;
10. жобадағы түтін құбыры үшін Рейнольдс өлшемі мәні анықталады;
11. атмосфералық қысымы анықталады;
12. гидравликалық кедір-бұдыр және гидравликалық тегіс ағындар үшін түтін құбырының үйкеліс коэффициенті анықталады;
13. есеп жұмыстарының дәлдігі анықталады;
14. түтін құбырындағы түтін газдарының шамамен орта температурасы анықталады;
15. түтін газдарының орташа тығыздығы анықталады;
16. түтін газдарының орташа жылдамдығы анықталады;
17. берілген орташа температура кезіндегі түтін газдарының жылу өткізгіштігі анықталады;
18. Прандтль өлшемі анықталады;
19. Нуссельт өлшемі анықталады;
20. түтін газдары тиетін ішкі орындардың жылу беру коэффициенті анықталады;
21. материалдың нақты температурадағы жылу беру коэффициенті анықталады;
22. суу коэффициенті анықталады;
23. берілген жағдайдағы түтін газдарының орта температурасы анықталады;
24. берілген жағдайдағы түтін газдарының орта температурасы мен түтін газдарының түтін құбырындағы орта температурасы арасындағы айырмашылық анықталады.

14-24 әрекеттері берілген жағдайдағы түтін газдарының орта температурасы мен түтін газдарының түтін құбырындағы орта температурасы арасындағы айырмашылық есеп дәлдігінің берілген деңгейіне жеткенше орындалады. Бұл жағдайда түтін газдарының түтін құбырындағы орта температурасы түтін газдарының бастапқы орта температурасына тең болады.

Төменде берілген әдістемені қолдану мына шарттарға байланысты болады:

$$2\,300 < Re < 10\,000\,000 ;$$

$$\left(\frac{\psi}{\psi_{smooth}} \right) < 3 ;$$

$$0,6 < Pr < 1,5 ;$$

$$w_{top} \geq 0,5 \cdot \sqrt{\frac{A_M}{0,01}} .$$

10.5.3.1 А.3.7 б. EN 13804-1 талаптарына сәйкес түтін құбырының жұмыс режиміне байланысты /кезеңді немесе тұрақсыз, үздіксіз жұмыс/ тұрақсыз температураның түзету коэффициентінің мәні анықталады: кезеңді немесе тұрақсыз жұмыс істейтін жылу агрегаттары үшін бұл коэффициент $S_H = 1,0$ үздіксіз жұмыс кезінде 0,5 тең болады.

Құбырдың, қаптаманың, оқшаулау, жел қалқаны материалдары; түтін газдарының нақты температурасы; каналдан түтін құбырына шығу кезіндегі түтін газдарының

температурасы жоба, типтік жоба негізінде қабылданады немесе түтін құбырларын жобалау жұмыстарымен айналысатын жоба ұйымының қызметкері анықтайды.

10.5.3.2 Түтін құбырының, қаптаманың, оқшаулау, жел қалқанының көлденең қима түріне байланысты түтін құбырлары дөңгелек, эллипс және тік бұрыш арақатынасы 1:1,5 түрлеріндегі құбырлар болып бөлінеді.

Дөңгелек қима түріндегі құбырлар үшін түтін құбырының, қаптаманың, оқшаулау, жел қалқанының көлденең қима радиусын(r_1) анықтау қажет.

Тік бұрыш көлденең қима құбырлары үшін түтін құбырының, қаптаманың, оқшаулау, жел қалқанының көлденең қима ұзындығын(a) және енін(b) анықтау қажет.

Эллипс қима құбырлары үшін түтін құбырының, қаптаманың, оқшаулау, жел қалқанының көлденең қимасының үлкен(a_1) және кіші(b_1) жарты осьтерінің көлемін анықтау қажет.

10.5.3.3 Түтін құбыры түрінің коэффициент мәні А.2.2 ҚР ҚН EN 13804-1 бойынша құбырдың көлденең қимасы түріне байланысты анықталады және де 1,0 тең алынады (дөңгелек және эллипстік көлденең қималар үшін) немесе 1,1 (төртбұрыш және тік бұрыш көлденең қималар үшін, арақатынасы 1:1,5)

10.5.3.4 Түтін құбырының ішкі гидравликалық диаметрі және түтін құбырының әр қабатының гидравликалық диаметрі түтін құбырының түріне қарай мына формулалардың бірімен анықталады(10.1) – (10.3):

— дөңгелек көлденең қима түтін құбыры үшін:

$$D_h = 2 \cdot r_1 ; \quad (10.1)$$

— тік бұрыш көлденең қима түтін құбыры үшін:

$$D_h = \frac{2 \cdot a \cdot b}{a + b} ; \quad (10.2)$$

— эллипс көлденең қима түтін құбыры үшін:

$$D_h = \frac{4 \cdot a_1 \cdot b_1}{3 \cdot (a_1 + b_1) - \sqrt{(3 \cdot a_1 + b_1) \cdot (a_1 + 3 \cdot b_1)}} . \quad (10.3)$$

10.5.3.5 Түтін құбырының, қаптаманың, оқшаулау, жел қалқанының материалдарына байланысты құбырдың әр қабатының жылу өткізгіштігі (λ_n) анықталады. Кең таралған құрылыс материалдарының жылу өткізгіштік мәні осы Құралдың А қосымшасында /А.2 кестесінде/ берілген. Бұл кестеде көрсетілмеген материалдардың немесе берілген материалдардан өзгеше материалдардың жылу өткізгіштік мәні егер мағлұмат көзі көрсетілсе ғана есепке алынады.

10.5.3.6 EN 13804-1 талаптарына сәйкес әртүрлі қабырғалардағы ішкі және сыртқы температура ауыспалы болуы нәтижесінде қаптама мен жел қалқанындағы жылу күші алаңдағы түтін газдарының максималды температурасы кезінде және қоршаған ауаның

төменгі температурасы (T_{min}) кезінде анықталады, 50 жылда қайталанатын санақ кезеңі есепке алынады.

10.5.3.7 EN 13804-1 талаптарына сәйкес түтін құбыры дайындалатын құрылыс материалдарының термотұрақтылығы қоршаған ауаның максималды температурасы (T_{max}) үшін өткізілуі тиіс, 50 жылда қайталанатын санақ кезеңі есепке алынады.

Сыртқы ауаның минималды және максималды температурасы жылына 0,02 °C көтерілу мүмкіншілігі есепке алына отырып осы Құралдың 5 бөлімі талаптарына сәйкес анықталады.

10.5.3.7 Қарастырылып отырған түтін құбырының термотұрақтылығы мына формула бойынша анықталады (10.4):

$$\left(\frac{1}{\Lambda}\right) = y \cdot \sum_n \left[\frac{D_h}{2 \cdot \lambda_n} \cdot \ln \left(\frac{D_{h,n+1}}{D_{h,n}} \right) \right]. \quad (10.4)$$

Құбыр конструкциясында жабық ауа саңылаулары болса (қабырға конструкциясының соңғы қабаты, концентрлі радиалды саңылау, тік орналасқан) жұмыс температурсында бұл саңылаудың жылу өткізгіштігі (λ_n) осы Құралдың 10,1 кестесін қолдана отырып анықталады.

10.1 кестесі – жабық ауа саңылауларының $(1/\Lambda)_n$, м²·К/Вт термотұрақтылығы, (қабырға конструкциясының соңғы қабаты, концентрлі радиалды саңылау, тік орналасқан) ауа қабатының d_n қалыңдығына және жылу бөлуші қабырғаның температурасына T_{hew} байланысты

$T_{hew}, ^\circ\text{C}$	$d_n, \text{м}$				
	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
40	0,123	0,147	0,153	0,152	0,15
100	0,087	0,101	0,101	0,1	0,099
150	0,065	0,075	0,075	0,074	0,074
200	0,05	0,055	0,055	0,055	0,054

ЕСКЕРТУ: Жабық ауа саңылауының тиімді жылу өткізгіштігі λ_n (қабырға конструкциясының соңғы қабаты), Вт/м·К, мәні мына формула бойынша анықталады:

$$\lambda_n = y \cdot \frac{D_{h,n}}{2 \cdot \left(\frac{1}{\Lambda}\right)_n} \cdot \ln \left(\frac{D_{h,n} + 2 \cdot d_n}{D_{h,n}} \right),$$

y – түр коэффициенті, осы Құралдың 10.5.3.3 бөлімінде анықталады;

$D_{h,n}$ – қабаттың ішкі жағының гидравликалық диаметрі, осы Құралдың мына формулаларының бірімен анықталады (10.1) – (10.3);

$(1/\Lambda)_n$ – ауа саңылауының термотұрақтылығы, м²·К/Вт; кестеде берілген мәндерді қараңыз;

d_n – ауа саңылауының қалыңдығы, м.

10.5.3.8 Жанармай түрі және оның жану өнімдерінің құрамы жоба, типтік жоба негізінде қабылданады немесе түтін құбырларын жобалау жұмыстарымен айналысатын жоба ұйымының қызметкері анықтайды. Конденсат түземей түтін құбырларын қолданатын кейбір маңызды жанармай түрлері үшін (А.3.4 ҚР ҚН EN 13804-1) сипаттама 10.2 кестесінде берілген.

10.2 кестесі – Әртүрлі жанармай үшін газ сипаттамалары

Жанармай	Көміртек қос тотығы (CO ₂), % көлемі бойынша	Су (H ₂ O), % көлемі бойынша	Газ тұрақтыR, Дж/(кг·К)	Меншікті жылу сыйымдылығы с _p , Дж/(кг·К)	Судағы шық T _{WDP} , °C
H табиғи газы	12,0	18,5	299,4	1101	58,7
L табиғи газы	11,8	18,3	299,2	1099	58,4
EL жағу мазуты	15,4	13,3	287,6	1060	51,8

Жану өнімдерінің құрамы % түрінде көлеміне қарай, массасына қарай анықталады. Көлем үлесін массада және масса үлесін көлемде есептеу үшін (10.5), (10.6) формулалары қолданылады:

— көлем үлесін массаға айналдыру:

$$X_i = \frac{Y_i \cdot M_i}{\sum_{i=1}^n Y_i \cdot M_i}; \quad (10.5)$$

— масса үлесін көлемге айналдыру:

$$Y_i = \frac{X_i / M_i}{\sum_{i=1}^n X_i / M_i}. \quad (10.6)$$

Осы Құралдың 10.3 Кестесінде көрсетілген жанармай түрлерінен басқа жанармай қолданылған жағдайда тұрақты газ (R_{sf}) және түтін құбырларының салыстырмалы жылу сыйымдылығы (с_p) (10.7), (10.8) формулалары бойынша анықталады:

$$R_{sf} = \sum_{i=1}^n X_i \cdot R_i;$$

$$c_p = \sum_{i=1}^n X_i \cdot c_{pi}.$$

10.5.3.9 Түтін газдарының динамикалық тұтқырлығы (10.9), (10.10) формулалары бойынша анықталады:

$$\eta = \frac{Y_1 \cdot \eta_1 \cdot \sqrt{M_1 \cdot T_{k1}} + Y_2 \cdot \eta_2 \cdot \sqrt{M_2 \cdot T_{k2}} + \dots +}{Y_1 \cdot \sqrt{M_1 \cdot T_{k1}} + Y_2 \cdot \sqrt{M_2 \cdot T_{k2}} + \dots +}; \quad (10.9)$$

$$\eta_i = \eta_{0i} \cdot \sqrt{\frac{T}{273} \cdot \frac{1 + \frac{C}{273}}{1 + \frac{C}{T}}} \quad (10.10)$$

Түтін газдарының динамикалық тұтқырлығын анықтауға қажетті ауыспалы мәндер (қараңыз А.3.3 ҚР ҚН EN 13804-1) бойынша 10.3 кестесінде келтірілген.

10.3 Кестесі – Газ түрлерінің сипаттамалары

Газ	Азот (N ₂)	Көміртек қос тотығы (CO ₂)	Оттегі (O ₂)	Су (H ₂ O)	Күкірт қос тотығы (SO ₂)	Құрғақ ауа
М Молярлық масса кг/кмоль	28,0134	44,0098	31,9988	18,0153	64,059	28,9627
Стандартты моль көлемі, V _{mn} , м ³ /кмоль	22,403	22,261	22,392	22,414	21,856	22,4
Стандартты тығыздық ρ, кг/м ³	1,2504	1,977	1,429	0,8038	2,931	1,293
Тұрақты газ R, Дж/(кг·К)	296,66	187,63	259,58	461,5	125,56	287,1
Динамикалық тұтқырлық η, 10 ⁻⁵ Па·с	1,667	1,37	1,926	0,922	1,17	1,724
Сазерленд С тұрақтысы	102	270	126	641	462	-
T _k , К аумалы температурасы	126,2	304,2	154,6	647,3	430,8	132,5
Салыстырмалы жылу сыйымдылығы c _p , Дж/(кг·К)	1038,7	816,5	914,8	1492	1740	1004
Жылу өткізгіштік λ, Вт/(м·К)	0,024	0,015	0,024	0,033	0,212 сұйықтық	0,024

10.5.3.10 б. Рейнольдс өлшемі 10.11 формуласы бойынша анықталады:

$$\left. \begin{aligned} Re &= \frac{w_m \cdot D_h \cdot \rho_m}{\eta} \\ w_m &= \frac{m}{A \cdot \rho_m} \end{aligned} \right\} \Rightarrow Re = \frac{m \cdot D_h \cdot \rho_m}{A \cdot \rho_m \cdot \eta} \Rightarrow Re = \frac{m \cdot D_h}{A \cdot \eta}, \quad (10.11)$$

— дөңгелек үшін $A = \pi \cdot r_1^2$, (10.12)

— төртбұрыш үшін $A = a \cdot b$, (10.13)

— эллипс үшін $A = \pi \cdot a_1 \cdot b_1$, (10.14)

10.5.3.11 Атмосфералық ауа қысымы (10.15) формуласы бойынша анықталады:

$$p_L = p_{L0} \cdot e^{(-g \cdot z)/(R_L \cdot T_L)} = 101325 \cdot e^{(-9,81 \cdot z)/(287,1 \cdot T_L)} \quad (10.15)$$

10.5.3.12 гидравликалық кедір-бұдыр және гидравликалық тегіс ағындар үшін түтін құбырының үйкеліс коэффициенті (10.16)(10.17) формулалары бойынша анықталады:

$$\frac{1}{\sqrt{\Psi}} = -2 \cdot \log \left(\frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\Psi}} + \frac{r}{D_h} \cdot 0,269 \right); \quad (10.16)$$

$$\frac{1}{\sqrt{\Psi_{smooth}}} = -2 \cdot \log \left(\frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\Psi_{smooth}}} \right). \quad (10.17)$$

Түтін газдары өтетін құбырдың ішкі қабырғасының кедір-бұдырлығы (г) түтін құбырының материалына байланысты және де осы Құралдың 10,4 кестесінде анықталған.

10.4 кестесі – Қаптама материалдарының орташа кедір-бұдырлығы

Қаптама материалы	кедір-бұдырлық ¹ , м
Дәнекерленген болат	0,001
Алюминий	0,001
Әйнек, пластик	0,001
Металл табағы, шпунтталған	0,002
Құрама бетон блоктары	0,002
Кірпіш қалау	0,005
Металл табағы, кедір-бұдыр	0,005
ЕСКЕРТУ1 Бұл есеп мәндері таза бетке арналған ЕСКЕРТУ2 Жалғау тұсы 5 мм қалың фасонды радиалды кірпіштерді қалау үшін 0,002 м кедір-бұдырлықты пайдалануға болады.	

Гидравликалық кедір-бұдыр және тегіс ағындар үшін үйкеліс коэффициенттері мәнін анықтауда Ламберттің W-функция мәнін анықтау қажет, ол элементарлы функцияларда берілмейді (дәрежелілік, рационалды, көрсеткіштік, логарифмдік, тригонометриялық, кері тригонометриялық), бұл коэффициенттердің мәндері математикалық бағдарлама өнімдері арқылы анықталулары мүмкін, (мысалы, Maple, Mathcad, Mathematica).

10.5.3.13 б. Түтін құбырында түтін газдарының орта температура есебін үтірден кейін қандай белгіге дейін жүргізу керек екендігі есепте дәл көрсетілген.

10.5.3.14 Түтін құбырындағы түтін газдарының орта температурасы (T_m) бірізді итерация әдісі бойынша анықталады, құбырды жобалау кезеңінде шамамен орта температура мәні беріледі (T_{iter}). Әрі қарайғы есептер түтін газдарының орта температурасының шамалы мәнін анықтау үшін жасалады.

10.5.3.15 Түтін газдарының орташа тығыздығы (10.18) формуласы бойынша анықталады:

$$\rho_m = \frac{P_L}{R \cdot T_m} . \quad (10.18)$$

10.5.3.16 Түтін газдарының орташа жылдамдығы (10.19) формуласы бойынша анықталады:

$$w_m = \frac{m}{A \cdot \rho_m} . \quad (10.19)$$

10.5.3.17 Берілген орташа температурада түтін газдарының жылу өткізгіштігі (10.20) формуласы бойынша анықталады:

$$\lambda_a = 0,00455 + 0,000065 \cdot T_m . \quad (10.20)$$

10.5.3.18 Прандтль өлшемі (10.21) формуласы бойынша анықталады:

$$Pr = \frac{\eta \cdot c_p}{\lambda_a} . \quad (10.21)$$

10.5.3.19 Нуссельт өлшемі (10.22) формуласы бойынша анықталады:

$$Nu = \left(\frac{\Psi}{\Psi_{smooth}} \right)^{0,67} \cdot 0,0214 \cdot (Re^{0,8} - 100) \cdot Pr^{0,4} \cdot \left[1 + \left(\frac{D_h}{H} \right)^{0,67} \right] . \quad (10.22)$$

10.5.3.20 Түтін газдары тиетін ішкі жақтардың жылу өткізгіштік коэффициенті (10.23) формуласы бойынша анықталады:

$$\alpha_i = \frac{\lambda_a \cdot Nu}{D_h} . \quad (10.23)$$

10.5.3.21 Материалдың нақты температурасы кезінде жылу беру коэффициенті (10.24): формуласы бойынша анықталады:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + S_H \cdot \left[\left(\frac{1}{\Lambda} \right) + \frac{D_h}{D_{ha} \cdot \alpha_a} \right]} . \quad (10.24)$$

10.5.3.22 Суу коэффициенті (10.25) – (10.29) формулалары бойынша анықталады:

$$K = \frac{U \cdot k \cdot H}{m \cdot c_p}, \quad (10.25)$$

— дөңгелек үшін $U = 2 \cdot \pi \cdot r_1$, (10.26)

— төртбұрыш үшін $U = 2 \cdot a + 2 \cdot b$, (10.27)

— эллипс үшін $U = \pi \cdot \left[3 \cdot (a_1 + b_1) - \sqrt{(3 \cdot a_1 + b_1) \cdot (a_1 + 3 \cdot b_1)} \right]$, (10.28)

$$H = H_{ch} + 4,25 \cdot \frac{D \cdot w_m}{w_{wind}} + 0,0377 \cdot \frac{m \cdot (T_m - T_{min})}{\rho_m \cdot w_{wind}}. \quad (10.29)$$

Жел жылдамдығы (w_{wind}) ЕН 1991-1-4 ережесіне байланысты анықталады.

10.5.3.23 Берілген жағдаяттарда түтін газдарының орта температурасы (10.30) формуласы бойынша анықталады:

$$T_m = T_L + \frac{T_e - T_L}{K} \cdot (1 - e^{-K}). \quad (10.30)$$

10.5.3.24 берілген жағдайдағы түтін газдарының орта температурасы мен түтін газдарының түтін құбырындағы шамамен орта температурасы арасындағы айырмашылық (10.31) формуласы бойынша анықталады:

$$T' = T_m - T_{iter}. \quad (10.31)$$

Айырмашылықтағы оң мән бастапқы қабылданған температура (T_{iter}) келесі итерацияда температура айырмашылығы мәніне тең градусқа көбейтіле алатынын көрсетеді, ал егер теріс мән болса – азайтылады. Есеп жұмыстары үтірден кейінгі белгілер бойынша айырмашылық нөлге жеткенше жүргізіледі, 10.5.3.13 берілген есеп дәл орындалады.

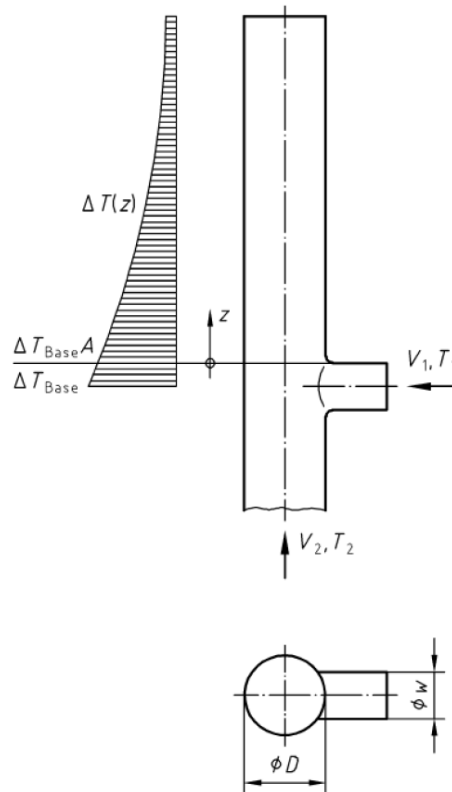
10.5.3.25 Түтін құбыры басындағы түтін газдарының орта температурасы (T_{top}) (10.32) формуласы бойынша анықталады:

$$T_{top} = T_L + (T_e - T_L) \cdot e^{-K}. \quad (10.32)$$

10.5.4 Айналма құбыр жылдамдығы мен шеңбері бойынша ауыспалы температура өзгерістерін анықтау өте қиын міндет. Дәл есеп әдістері болмаса, жуықталған есеп түрін қолдануға болады (10.1 суреті), EN 13084-6 және мынадай жұмыс алгоритмі беріледі:

1. шеңбер бойынша материалдың желілік температура ауысуы анықталады;
2. температура ауысуының абсолютті мәні 2 ағында анықталады;;
3. жылу тасымалдаудың түзету параметрі анықталады;;

4. көлем параметрі анықталады;;
5. канал ені параметрі анықталады;;
6. канал аузының жоғарғы жағының биіктігі анықталады;
7. айналма құбыр биіктігі бойынша ауыспалы температура анықталады;.



10.1 суреті – Айналма құбыр биіктігі бойынша ауыспалы температура өзгерісі

10.5.4.1 Айналма бойынша материал температурасының желілік ауысуы(ΔT_{stuff}) (10.33) және (10.34) формулалары бойынша анықталады:

:

$$\Delta T_{stuff} = 0,1 \cdot T_{stuff}, \text{ бірақ } 15 \text{ K аз емес;} \quad (10.33)$$

$$\Delta T_{stuff} = \Delta T' \cdot \frac{\pi}{2} \cdot D \quad (10.34)$$

$$\Delta T' = 4 \cdot \frac{T_{stuff}}{150}, \text{ бірақ } 4,0 \text{ K/м.аз емес}$$

Есеп мәні ретінде ең төмен мән алынады (10.33), (10.34) формулалары бойынша анықталады.

8. 10.5.4.2 Температура ауысуының абсолютті мәні 2 ағында (ΔT_{Base}) (10.35) формуласы бойынша анықталады.

$$\Delta T_{Base} = |T_1 - T_2|. \quad (10.35)$$

Айналма материал температурасының желілік ауысуынан (ΔT_{stuff}) ағын температурасы ауысуының есептелген абсолютті мәні төмен болса, әрі қарайғы есептер үшін $\Delta T_{\text{Base}} = \Delta T_{\text{stuff}}$ алынады.

Айналма құбыр бойымен бір газ ағыны өтсе $\Delta T_{\text{Base}} = \Delta T_{\text{stuff}}$ алынады.

10.5.4.3 (A_c) жылу тасымалдаудың түзету параметрі (10.36) формуласы арқылы немесе осы Құралдың 10.5 кестесіне сәйкес анықталады.

$$A_c = 1 - 5,792 \cdot 10^{-4} \cdot \Delta T_{\text{Base}} - 3,392 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta T_{\text{Base}}^2 + 6,195 \cdot 10^{-9} \cdot \Delta T_{\text{Base}}^3. \quad (10.36)$$

10.5 кесте – A жылу тасымалдаудың түзету параметрі

$\Delta T_{\text{Base}}, \text{K}$	A_c жылу тасымалдаудың түзету параметрі
0	1,00
50	0,96
100	0,92
150	0,86
200	0,79
250	0,74
300	0,69
350	0,65
400	0,62

10.5.4.4 (B) көлемінің параметрі (10.37) формуласы арқылы немесе осы Құралдың 10.6 кестесіне сәйкес анықталады.

$$B = 0,82 - 0,42 \cdot \frac{V_1}{V_2}. \quad (10.37)$$

10.6 кесте – B көлемі параметрі

V_1/V_2 көлем есептерінің қатынасы	B көлемі параметрі
1,0	0,40
0,8	0,48
0,6	0,57
0,4	0,65

Түтін құбырында түтін газының бір ағыны өткен жағдайда көлем параметрі 1,0 тең көлем есебі қатынасы мәні үшін анықталады.

10.5.4.5 (K_{ch}) канал кеңдігі параметрі (10.38) формуласы арқылы немесе осы Құралдың 10.7 кестесіне сәйкес анықталады.

$$K_{ch} = 0,832 + 0,168 \cdot \frac{D}{w} . \quad (10.38)$$

10.7 кесте – K_{ch} канал кеңдігінің параметрі

D/w канал кеңдігінің коэффициенті	K_{ch} канал кеңдігінің параметрі
1,0	1,00
1,2	1,03
1,4	1,07
1,6	1,10
1,8	1,13
2,0	1,17
2,2	1,20

Түтін құбырында түтін газының бір ағыны өткен жағдайда канал кеңдігі параметрі 1,0 тең канал кеңдігі коэффициент мәні үшін анықталады.

10.5.4.6 канал аузының жоғарғы жағының биіктігі(z_{ch}) айналма түтін құбырының сызбалары бойынша, типтік жоба бойынша немесе осы нысанда өлшеу жүргізу арқылы анықталады.

10.5.4.7 Айналма құбыр биіктігі бойынша температура ауысуы ($\Delta T(z)$) формуласы бойынша анықталады(10.39):

$$\Delta T(z) = \Delta T_{Base} \cdot A_c \cdot e^{(-B \cdot K_{ch} \cdot z_{ch} / D)} . \quad (10.39)$$

10.5.5 Қабырғалардағы немесе қабырға қабаттарындағы желілік температура ауысу құрамы сыртқы жақтағы минималдық /немесе максималдық/ температура және оқшаулауды ескере отырып ішкі жақтағы сұйықтық немесе газдың температура мәні арасындағы ауысу бойынша анықталады. Температура таралуы осы Құралдың 8,4 бөліміне сәйкес анықталады.

10.6 Температура құрамы мәні

10.6.1 [7.5(1)] Конструктивті элементтің температура мәні сипаттары туралы арнайы мағлұматтар болмаған кезде мынадай бағдарлы мәндер қолданылады. Бұл мәндер қарастырылып отырған аймақ үшін және құрылыс элементі үшін ең жоғарғы мәндер екенін тексеру мақсатында бар мағлұматтарды қодануға болады.

10.6.2 [7.5(2)] Біркелкі тараған температура минималды және максималды құрам мәні ретінде сыртқы ауаның минималды және максималды мәні алынады.

10.6.3 [7.5(3)] Бетоннан жасалған құбыр өткізгіш үшін ішкі және сыртқы жақтар арасындағы желілі температура ауысуы құрамы ескерілуі тиіс, ұсынылатын мән 15 °C болады. Түтін құбырлары үшін EN 13084-1 қоланылады.

10.6.4 [7.5(4)] Периметр шаршысында қалған периметрге қарағанда орта температура жоғары болады, осы негізде жалпы және локалды температура нәтижесінде

бетоннан жасалған құбыр өткізгіш үшін периметр бойынша температураның сатылы құрамын ескеру қажет, ұсынылатын мән 15°C болады.

10.6.5 [7.5(5)] Бетоннан жасалған құбыр өткізгіш үшін желілі температура ауысуы құрамы мен сатылы тараған температура құрамы осы жобада көрсетілген қолдану жағдайын ескере отырып құрылыс элементі периметрі бойынша есептеледі.

10.7 Температура құрамын бір уақытта есептеу

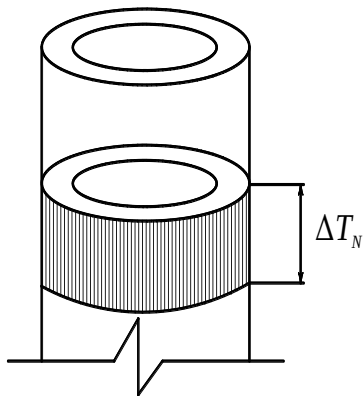
10.7.1 [7.6(1)] Климат әсерлеріне байланысты температура нәтижесі қарастырылса, бұл жағдайда мына құрамды да ескеру қажет:

- а) біркелкі тараған температура құрамы (10.2(а) [7.1(а)]) Суретін қараңыз);
- б) сатылы тараған температураның [б)] құраушысы 10.2(б) [7.1(б)])Суретін қараңыз);
- с) ішкі және сыртқы қабырғалар арасындағы желілі тараған температураны [в)] құраушысы 10.2(в) [7.1(с)] Суретін қараңыз).

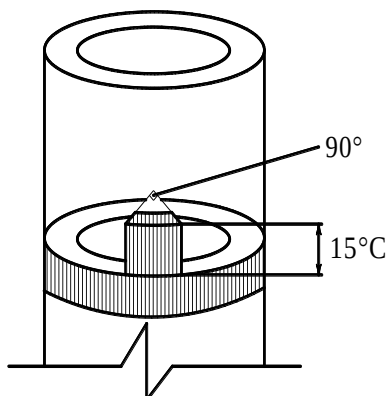
10.7.2 [7.6(2)] Температураның климаттық және қолданыс әсерлерінің қосындысы қарастырылса/ыстық газдар, сұйықтықтар немесе материалдар/, мына құрам да қарастырылуы тиіс:

- біркелкі тараған температура құрамы;
- сатылы тараған температура ауысуы;
- желілі тараған температура құрамы.

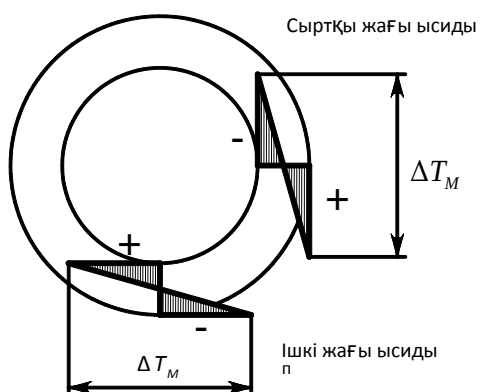
10.7.3 [7.6(3)] Сатылы тараған температура құрамы жел әсерімен бірге есептелуі тиіс.



(а) біркелкі тараған температура құраушысы;



(б) сатылы тараған температура құраушысы;



(в) ішкі және сыртқы қабырғалар арасындағы желілі тараған температура құраушысы.

10.2 [7.1] суреті – Құбыр өткізгіштердің, мұнаралардың, құбырлардың, градирлердің температурасының басты құрамы

10 МЫСАЛ Монолит түтін құбырының термотұрақтылығы мен температурасын анықтау.

Түтін газдарының орта температурасын, термотұрақтылығын және үздіксіз қолданыстағы көлем тығыздығы 2400 кг/м^3 және беріктігі $C^{25}/_{30}$ бетоннан жасалған монолит түтін құбырының басындағы түтін газдарының температурасын анықтау. Түтін құбырының көлденең қимасы ішкі радиусы $1,5 \text{ м}$ және сыртқы радиусы 2 м болатын дөңгелек болып табылады. Түтін құбырымен масса есебі (m), 20 кг/с тең N табиғи газ өнімдері тасылады. Түтін газдарының температурасы 450°C (723 К) тең, каналдан түтін құбырына шығар тұста – 180°C (453 К). Түтін құбырының биіктігі $37,5 \text{ м}$. Түтін құбыры алаңы Алматы қаласында, теңіз деңгейінен 851 м жоғары орналасқан. Құбыр аузы деңгейіндегі жел жылдамдығы – $1,52 \text{ м/с}$, жерден 10 м биіктікте – $1,3 \text{ м/с}$. Температураны өлшеу дәлдігі – үтірден кейінгі екінші белгіге дейін. Түтін құбырының термотұрақтылығы осы Құралдың (10.4) формуласы бойынша анықталады.

$$\left(\frac{1}{\Lambda}\right) = y \cdot \sum_n \left[\frac{D_h}{2 \cdot \lambda_n} \cdot \ln \left(\frac{D_{h,n+1}}{D_{h,n}} \right) \right].$$

Түтін құбыры қимасы дөңгелек түрде болғандықтан (y) түр коэффициенті осы Құралдың 10.5.3.3 бөліміне сәйкес 1 тең болады. (D_h) ішкі гидравликалық диаметрі және ($D_{h,n}$), қабырға конструкциясының соңғы қабатының ішкі жағына қатысты гидравликалық диаметр осы Құралдың (10.1) формуласы бойынша анықталады және де түтін құбырының ішкі және сыртқы диаметріне тең болады, яғни 3 және 4 м. Көлем тығыздығы 2400 кг/м^3 бетоннан жасалғандықтан түтін құбырының қабырға конструкциясының соңғы қабатының жылу өткізгіштігі (λ_n) жұмыс температурасында осы Құралдың А қосымшасына байланысты (А.2 кесте) қабылданады, $2,1 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ болып табылады және температураға тәуелді емес.

Қарастырылып отырған түтін құбырының термотұрақтылығы:

$$\left(\frac{1}{\Lambda}\right) = y \cdot \sum_n \left[\frac{D_h}{2 \cdot \lambda_n} \cdot \ln \left(\frac{D_{h,n+1}}{D_{h,n}} \right) \right] = 1,0 \cdot \left[\frac{3}{2 \cdot 2,1} \cdot \ln \left(\frac{4}{3} \right) \right] = 0,21 \frac{\text{Å} \cdot \text{m}}{\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{Вт}}.$$

Осы Құралдың В қосымшасына сәйкес сыртқы ауаның минималды және максималды температурасы жылына 0,02 °С көтерілу мүмкіншілігі есепке алына отырып есептелінеді, бұл Алматы қаласы бойынша 30°C (243 K) и 31,5°C (304,5 K)

Жанармай ретінде Н табиғи газы қолданылған кезде түтін газдарының динамикалық тұтқырлығы (10.9), (10.10) формулалары бойынша және осы Құралдың 10,3 кестесіне сәйкес анықталады:

$$\eta_{\text{CO}_2} = \eta_{0\text{CO}_2} \cdot \sqrt{\frac{T}{273} \cdot \frac{1 + \frac{C}{273}}{1 + \frac{C}{C}}} = 1,37 \cdot 10^{-5} \cdot \sqrt{\frac{723}{273} \cdot \frac{1 + \frac{270}{273}}{1 + \frac{270}{270}}} = 2,22 \cdot 10^{-5} \text{ ĩ à ħ};$$

$$\eta_{\text{H}_2\text{O}} = \eta_{0\text{H}_2\text{O}} \cdot \sqrt{\frac{T}{273} \cdot \frac{1 + \frac{C}{273}}{1 + \frac{C}{C}}} = 9,22 \cdot 10^{-6} \cdot \sqrt{\frac{723}{273} \cdot \frac{1 + \frac{270}{273}}{1 + \frac{270}{270}}} = 2,3 \cdot 10^{-5} \text{ ĩ à ħ};$$

$$\eta_{\text{N}_2} = \eta_{0\text{N}_2} \cdot \sqrt{\frac{T}{273} \cdot \frac{1 + \frac{C}{273}}{1 + \frac{C}{C}}} = 1,667 \cdot 10^{-5} \cdot \sqrt{\frac{623}{273} \cdot \frac{1 + \frac{270}{273}}{1 + \frac{270}{270}}} = 1,66 \cdot 10^{-5} \text{ ĩ à ħ};$$

$$\eta = \frac{0,12 \cdot 2,22 \cdot 10^{-5} \cdot \sqrt{44,0098 \cdot 304,2} + 0,185 \cdot 2,3 \cdot 10^{-5} \cdot \sqrt{18,0153 \cdot 647,3}}{0,12 \cdot \sqrt{44,0098 \cdot 304,2} + 0,185 \cdot \sqrt{18,0153 \cdot 647,3} + 0,695 \cdot \sqrt{28,0134 \cdot 126,2}} + \frac{0,695 \cdot 1,66 \cdot 10^{-5} \cdot \sqrt{28,0134 \cdot 126,2}}{0,12 \cdot \sqrt{44,0098 \cdot 304,2} + 0,185 \cdot \sqrt{18,0153 \cdot 647,3} + 0,695 \cdot \sqrt{28,0134 \cdot 126,2}} = 1,93 \cdot 10^{-5} \text{ ĩ à ħ}.$$

Рейнольдс өлшемі түтін газдары тасымалданатын құбырдың көлденең қимасы алаңын есепке ала отырып осы Құралдың (10.12) формуласы бойынша анықталады:

$$Re = \frac{m \cdot D_h}{A \cdot \eta} = \frac{20 \cdot 3}{3,14 \cdot 1,5^2 \cdot 1,932 \cdot 10^{-5}} = 439407,49.$$

2300 < 439407,49 < 10 000 000 шарты орындалғандықтан, EN 13084-1 берілген әдістемені қолдану мүмкін болады.

(p_L) атмосфералық ауа қысымы осы Құралдың (10.15) формуласы бойынша анықталады:

$$p_L = p_{L0} \cdot e^{(-g \cdot z) / (R_L \cdot T_L)} = 101325 \cdot e^{(-9,81 \cdot (851 + 37,5/2)) / (287,1 \cdot 243)} = 89660,82 \text{ ĩ à }.$$

Гидравликалық кедір-бұдыр және тегіс ағындар үшін (ψ_{smooth}) үйкеліс коэффициенттері (10.16), (10.17) формулалары бойынша және 10,4 кестесіне сәйкес анықталады:

$$\frac{1}{\sqrt{\psi}} = -2 \cdot \log \left(\frac{2,51}{439407,49 \cdot \sqrt{\psi}} + \frac{0,002}{3} \cdot 0,269 \right) \Rightarrow \psi = 2,03 \cdot 10^{-2},$$

$$\frac{1}{\sqrt{\psi_{smooth}}} = -2 \cdot \log \left(\frac{2,51}{439407,49 \cdot \sqrt{\psi_{smooth}}} \right) \Rightarrow \psi_{smooth} = 1,35 \cdot 10^{-2}.$$

Гидравликалық кедір-бұдыр және тегіс ағындар үшін түтін жолындағы қатынасы :

$$\frac{\psi}{\psi_{smooth}} = \frac{2,03 \cdot 10^{-2}}{1,35 \cdot 10^{-2}} = 1,5.$$

Үйкесу коэффициенттері қатынасы 3тен аспайтын болғандықтан EN 13084-1 әдестемесін қолдану мүмкін болмайды.

5.2.3.4 б. EN 10384-1 талаптарына сәйкес қабырғалардағы ішкі және сыртқы температура ауыспалы болуы нәтижесінде қаптама мен жел қалқанындағы жылу күші алаңдағы түтін газдарының максималды температурасы кезінде және қоршаған ауаның төменгі температурасы кезінде анықталады, 50 жылда қайталанатын санақ кезеңі есепке алынады.

Түтін газдарының орта температурасын (T_m) анықтау бірізді итерация әдісімен жүргізілгендіктен бұл температураның (T_{iter}) алғашқы жылжуы 180°C (453 K) тең болады. Бұл температура үшін жылу ағыны есебі түтін құбыры ішінде орындалады.

Түтін газдарының орташа тығыздығы (ρ_m) осы Құралдың 10,2 кестесінің мағлұматтарын ескере отырып алғашқы жақындауда (10.18) формуласы бойынша анықталады:

$$\rho_m = \frac{p_L}{R \cdot T_m} = \frac{89660,82}{299,4 \cdot 453} = 0,66 \text{ кг/м}^3.$$

Түтін газдарының орташа жылдамдығы (w_m) алғашқы жақындауда осы Құралдың (10.19) формуласы бойынша анықталады:

$$w_m = \frac{m}{A \cdot \rho_m} = \frac{20}{7,07 \cdot 0,66} = 4,28 \text{ м/с}.$$

Түтін газдарының жылу өткізгіштігі (λ_a) осы Құралдың (10.20) формуласы бойынша анықталады:

$$\lambda_a = 0,00455 + 0,000065 \cdot T_m = 0,00455 + 0,000065 \cdot 453 = 0,034 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}.$$

Прандтль өлшемі(Pr) осы Құралдың 10,2 кестесінің мағлұматтарын ескере отырып (10.21) формуласы бойынша анықталады:

$$Pr = \frac{\eta \cdot c_p}{\lambda_a} = \frac{1,93 \cdot 10^{-5} \cdot 1101}{0,034} = 0,63.$$

$0,6 < 0,63 < 1,5$ шарты орындалатындықтан EN 13084-1 берілген әдістемені қолдану мүмкін емес.

Нуссельт өлшемі (Nu) осы Құралдың(10.22) формуласы бойынша анықталады:

$$\begin{aligned} Nu &= \left(\frac{\psi}{\psi_{smooth}} \right)^{0,67} \cdot 0,0214 \cdot (Re^{0,8} - 100) \cdot Pr^{0,4} \cdot \left[1 + \left(\frac{D_h}{H} \right)^{0,67} \right] = \\ &= \left(\frac{2,03 \cdot 10^{-2}}{1,35 \cdot 10^{-2}} \right)^{0,67} \cdot 0,0214 \cdot (439407,49^{0,8} - 100) \cdot 0,63^{0,4} \cdot \left[1 + \left(\frac{3}{230,54} \right)^{0,67} \right] = 801,06. \end{aligned}$$

Түтін газдары тиетін ішкі үстірттер үшін жылу беру коэффициенті (α_i) осы Құралдың(10.23) формуласы бойынша анықталады:

$$\alpha_i = \frac{\lambda_a \cdot Nu}{D_h} = \frac{0,034 \cdot 801,06}{3} = 9,08 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С}).$$

Материалдың нақты температурасында жылу беру коэффициенті (k) осы Құралдың(10.24) формуласы бойынша анықталады:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + S_H \cdot \left[\left(\frac{1}{\Lambda} \right) + \frac{D_h}{D_{ha} \cdot \alpha_a} \right]} = \frac{1}{\frac{1}{9,08} + 1 \cdot \left[0,21 + \frac{3}{4 \cdot 24} \right]} = 1,35 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С}).$$

Суу коэффициенті (k) (10.26) және (10.29) формулаларындағы анықталған құбырдың ішкі айналмасын және құбырдың тиімді биіктігін ескере отырып осы Құралдың(10.25) формуласы бойынша анықталады:

$$\begin{aligned} H &= H_{ch} + 4,25 \cdot \frac{D \cdot w_m}{w_{wind}} + 0,0377 \cdot \frac{m \cdot (T_m - T_{min})}{\rho_m \cdot w_{wind}} = \\ &= 37,5 + 4,25 \cdot \frac{3 \cdot 4,28}{1,52} + 0,0377 \cdot \frac{20 \cdot (453 - 243)}{0,66 \cdot 1,52} = 230,54 \text{ м}; \\ K &= \frac{U \cdot k \cdot H}{m \cdot c_p} = \frac{(2 \cdot \pi \cdot r_1) \cdot k \cdot H}{m \cdot c_p} = \frac{(6,28 \cdot 1,5) \cdot 1,35 \cdot 230,54}{20 \cdot 1101} = 0,13. \end{aligned}$$

Берілген жағдайларда анықталған түтін газдарының орташа температурасы (T_m) осы Құралдың(10.30) формуласы бойынша анықталады:

$$T_m = T_L + \frac{T_e - T_L}{K} \cdot (1 - e^{-K}) = 243 + \frac{453 - 243}{0,13} \cdot (1 - e^{-0,13}) = 439,63 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Түтін газдарының орташа температурасының түрлілігі (T_{iter}) және (T_m) осы Құралдың(10.31) формуласы бойынша анықталады:

$$T' = T_m - T_{iter} = 439,63 - 453 = -13,37 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Анықталған түрлі мәні екінші итерация кезінде температура мәні T_{iter} 13,37 К төмендеуі тиісті еді. Екінші итерация есебі нәтижесі 10.8 Кестесінде көрсетілген.

10.8 кесте – Түтін газдарының орта температурасының есебі (2-итерация)

Есеп параметрі	Белгі	Мән
Түтін газдарының орта температурасы (2-ші жақындау)	T_{iter}	439,63 К
Түтін газдарының түтін құбырына кіру тұсындағы температурасы	T_e	453 К
Атмосфералық ауа температурасы	T_L	243 К
Түтін құбырының термотұрақтылығы	$1/\Lambda$	0,21 Вт/(м·К)
Түтін газдарының динамикалық тұтқырлығы	η	$1,93 \cdot 10^{-5}$ Па·с
Рейнольдс өлшемі	Re	439407,49
Атмосфералық ауа қысымы	p_L	89660,82 Па
Гидравликалық кедір-бұдыр ағын үшін түтіндіктің үйкелу коэффициенті	Ψ	$2,03 \cdot 10^{-2}$
Гидравликалық тегіс ағын үшін түтіндіктің үйкелу коэффициенті	Ψ_{smooth}	$1,35 \cdot 10^{-2}$
Түтін газдарының орташа тығыздығы	ρ_m	0,681 кг/м ³
Түтін газдарының орташа жылдамдығы	w_m	4,154 м/с
Түтін газдарының жылу өткізгіштігі	λ_a	0,033 Вт/(м·К)
Прандтль өлшемі	Pr	0,64
Нуссельт өлшемі	Nu	811,38
Түтін газдары тиетін ішкі үстірттер үшін жылу беру коэффициенті	α_i	8,96 Вт/(м ² ·К)
Материалдың нақты температурасында жылу тасымалдау коэффициенті	K	1,35 Вт/(м ² ·К)
Түтін құбырының тиімді биіктігі	H	215,13 м
Суу коэффициенті	K	0,12
Түтін газдарының орташа температурасы	T_m	440,51 К
Түтін газдарының орташа температурасының түрлілігі	T'	0,88К

Анықталған түрлі мән үшінші итерация кезінде температура мәні $T_{iter} 0,88$ К көтерілуі тиістігін көрсетеді. Үшінші итерация есебі 10.9 кестесінде берілген.

10.9 кесте – Түтін газдарының орта температурасының есебі (3- итерация)

Есеп параметрі	Белгі	Мән
Түтін газдарының орта температурасы (3-ші жақындау)	T_{iter}	440,51 К
Түтін газдарының түтін құбырына кіру тұсындағы температурасы	T_e	453 К
Атмосфералық ауа температурасы	T_L	243 К
Түтін құбырының термотұрақтылығы	$1/\Lambda$	0,21 Вт/(м·К)
Түтін газдарының динамикалық тұтқырлығы	η	$1,93 \cdot 10^{-5}$ Па·с
Рейнольдс өлшемі	Re	439407,49
Атмосфералық ауа қысымы	p_L	89660,82 Па
Гидравликалық кедір-бұдыр ағын үшін түтіндіктің үйкелу коэффициенті	ψ	$2,03 \cdot 10^{-2}$
Гидравликалық тегіс ағын үшін түтіндіктің үйкелу коэффициенті	ψ_{smooth}	$1,35 \cdot 10^{-2}$
Түтін газдарының орташа тығыздығы	ρ_m	0,68 кг/м ³
Түтін газдарының ораша жылдамдығы	w_m	4,16 м/с
Түтін газдарының жылу өткізгіштігі	λ_a	0,033 Вт/(м·К)
Прандтль өлшемі	Pr	0,64
Нуссельт өлшемі	Nu	810,69
Түтін газдары тиетін ішкі үстірттер үшін жылу беру коэффициенті	α_i	8,97 Вт/(м ² ·К)
Материалдың нақты температурасында жылу тасымалдау коэффициенті	k	1,35 Вт/(м ² ·К)
Түтін құбырының тиімді биіктігі	H	216,126 м
Суу коэффициенті	K	0,12
Түтін газдарының орташа температурасы	T_m	440,45 К
Түтін газдарының орташа температурасының түрлілігі	T'	-0,06К

Анықталған түрлі мән үшінші итерация кезінде температура мәні $T_{iter} 0,06$ К төмендеуі тиістігін көрсетеді. Төртінші итерация есебі 10.10 кестесінде берілген.

10.10 кесте – Түтін газдарының орта температурасының есебі (4- итерация)

Есеп параметрі	Белгі	Мән
Түтін газдарының орта температурасы (4-ші жақындау)	T_{iter}	440,45 К
Түтін газдарының түтін құбырына кіру тұсындағы температурасы	T_e	453 К
Атмосфералық ауа температурасы	T_L	243 К
Түтін құбырының термотұрақтылығы	$1/\Lambda$	0,21 Вт/(м·К)
Түтін газдарының динамикалық тұтқырлығы	η	$1,93 \cdot 10^{-5}$ Па·с
Рейнольдс өлшемі	Re	439407,49
Атмосфералық ауа қысымы	p_L	89660,82 Па
Гидравликалық кедір-бұдыр ағын үшін түтіндіктің үйкелу коэффициенті	ψ	$2,03 \cdot 10^{-2}$
Гидравликалық тегіс ағын үшін түтіндіктің үйкелу коэффициенті	ψ_{smooth}	$1,35 \cdot 10^{-2}$
Түтін газдарының орташа тығыздығы	ρ_m	0,68 кг/м ³
Түтін газдарының ораша жылдамдығы	w_m	4,16 м/с
Түтін газдарының жылу өткізгіштігі	λ_a	0,033 Вт/(м·К)
Прандтль өлшемі	Pr	0,64
Нуссельт өлшемі	Nu	810,74
Түтін газдары тиетін ішкі үстірттер үшін жылу беру коэффициенті	α_i	8,97 Вт/(м ² ·К)
Материалдың нақты температурасында жылу тасымалдау коэффициенті	k	1,35 Вт/(м ² ·К)
Түтін құбырының тиімді биіктігі	H	216,06 м
Суу коэффициенті	K	0,12
Түтін газдарының орташа температурасы	T_m	440,45 К
Түтін газдарының орташа температурасының түрлілігі	T'	0,00 К

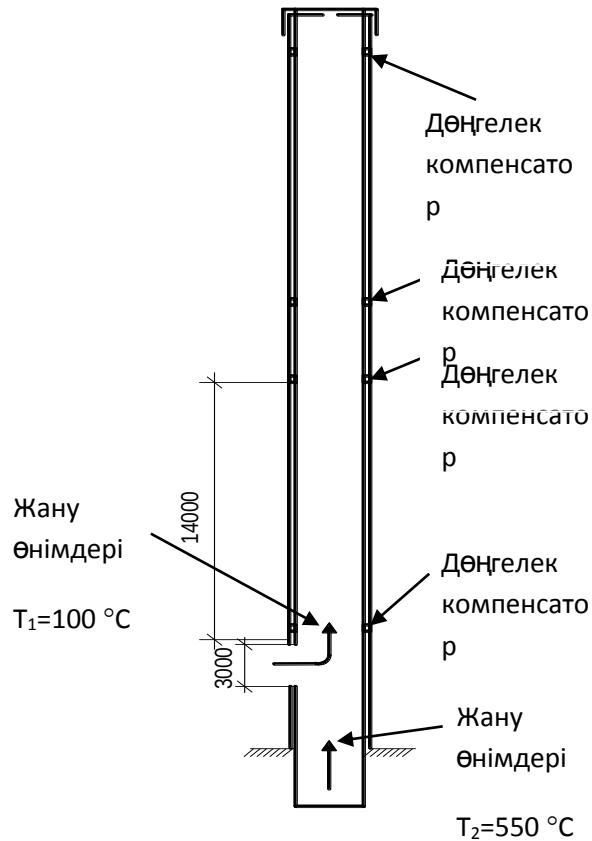
Түтін газдарының орташа температурасы (T_m) төртінші итерация кезінде анықталды және 440,45 К болып табылады. Түтін құбыры жоғары жағындағы түтін газдарының температурасы (T_{top}) осы Құралдың(10.32) формуласы бойынша анықталады:

$$T_{top} = T_L + (T_e - T_L) \cdot e^{-K} = 243 + (453 - 243) \cdot e^{-0,12} = 428,42 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

11 мысал. Түтін құбырының дөңгелек компенсаторының температурасын анықтау.

Айналма түтін құбырына түтін газдарының екінші ағыны кіру орнынан 14 м биіктікте орналасқан дөңгелек компенсатордың температурасын анықтаңыз (10.2 сурет). Түтін құбырының биіктігі – 40 м, футеровка диаметрі – 3 м, түтін газдарының 2-ші

ағынының газ жолы диаметрі – 3 м. Түтін құбырына мынадай сипаттағы түтін газдарының екі ағыны келіп түседі: Түтін газдарының температурасы 550°C (2-ші ағын) және 100°C (1-ші ағын), түтін газдарының шығыны 100 кг/с және 97 кг/с. Газ жолының басында 1-ші ағын түтін газдарының температурасы 400°C.



10.3 сурет – Түтін құбырының есеп сызбасы

Айналма бойынша материал температурасының ауысуы (ΔT_{stuff}) осы Құралдың(10.33) және (10.34) формулалары бойынша анықталады:

$$\Delta T_{stuff} = 0,1 \cdot T_{stuff} = 0,1 \cdot 400 = 40 \text{ } ^\circ\tilde{N};$$

$$\Delta T_{stuff} = \Delta T' \cdot \frac{\pi}{2} \cdot D = 10,7 \cdot \frac{\pi}{2} \cdot 3 = 50,42 \text{ } ^\circ\tilde{N}$$

$$\Delta T' = 4 \cdot \frac{T_{stuff}}{150} = 4 \cdot \frac{400}{150} = 10,7 \text{ } ^\circ\tilde{N}/i .$$

Осы құралдың 10.5.4.1 б.ережелері негізінде әрі қарайғы есептер үшін $\Delta T_{stuff} = 40^\circ\text{C}$ алынады.

Ағын температурасы ауысуының абсолютті мәні (ΔT_{Base}) осы Құралдың(10.35) формуласы бойынша анықталады:

$$\Delta T_{Base} = |T_1 - T_2| = |100 - 550| = 450 \text{ } ^\circ\tilde{N}.$$

Әрі қарайғы есептер үшін ағын температурасы ауысуының абсолютті мәні 450°C ретінде алынады.

(А) жылу тасымалдаудың түзету параметрі осы Құралдың (10.36) формуласы арқылы анықталады.

$$\begin{aligned} A_c &= 1 - 5,792 \cdot 10^{-4} \cdot \Delta T_{Base} - 3,392 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta T_{Base}^2 + 6,195 \cdot 10^{-9} \cdot \Delta T_{Base}^3 = \\ &= 1 - 5,792 \cdot 10^{-4} \cdot 450 - 3,392 \cdot 10^{-6} \cdot 450^2 + 6,195 \cdot 10^{-9} \cdot 450^3 = 0,62. \end{aligned}$$

(В) көлем параметрі осы Құралдың (10.37) формуласы арқылы анықталады.

$$B = 0,82 - 0,42 \cdot \frac{V_1}{V_2} = 0,82 - 0,42 \cdot \frac{97}{100} = 0,41.$$

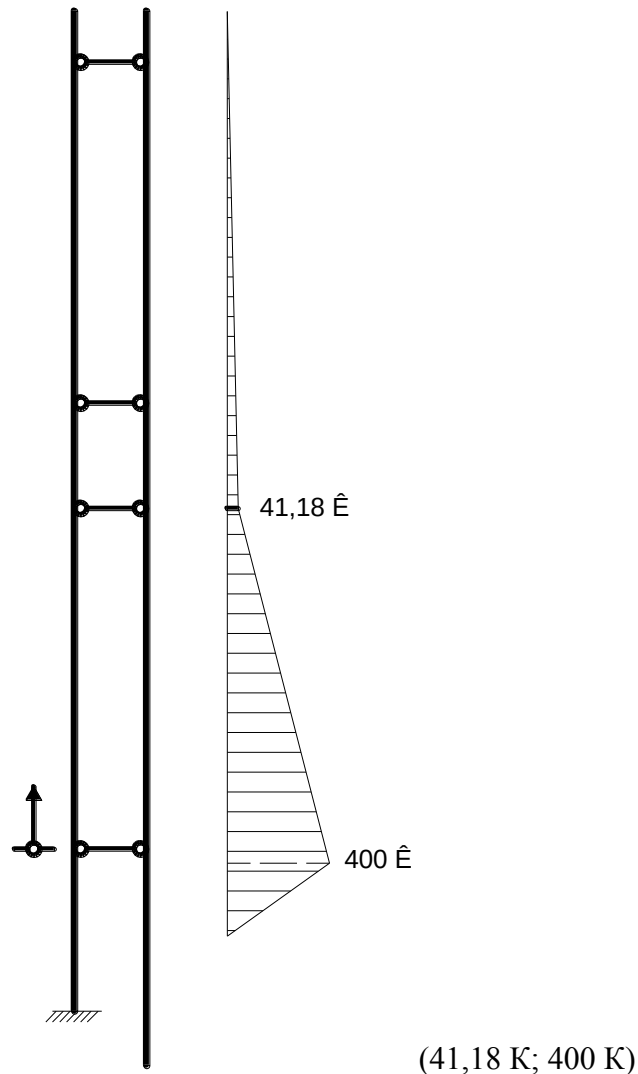
(K_{ch}) канал кеңдігі параметрі осы Құралдың 10.7 кестесіне сәйкес анықталады және де канал кеңдігі коэффициенті (D/w) 1,0 тең болса 1,00 құрайды.

Дөңгелек компенсатор температурасын табу қажет канал аузының жоғарғы жағының биіктігі (z_{ch}) 14 м. құрайды

Дөңгелек компенсатор температурасы ($\Delta T(z)$) осы Құралдың формуласы бойынша анықталады (10.39):

$$\Delta T(z) = \Delta T_{Base} \cdot A_{\eta} \cdot e^{(-B \cdot K_{ch} \cdot z_{ch} / D)} = 450 \cdot 0,62 \cdot e^{(-0,41 \cdot 1,00 \cdot 14 / 3)} = 41,18 \text{ } ^\circ\tilde{N}.$$

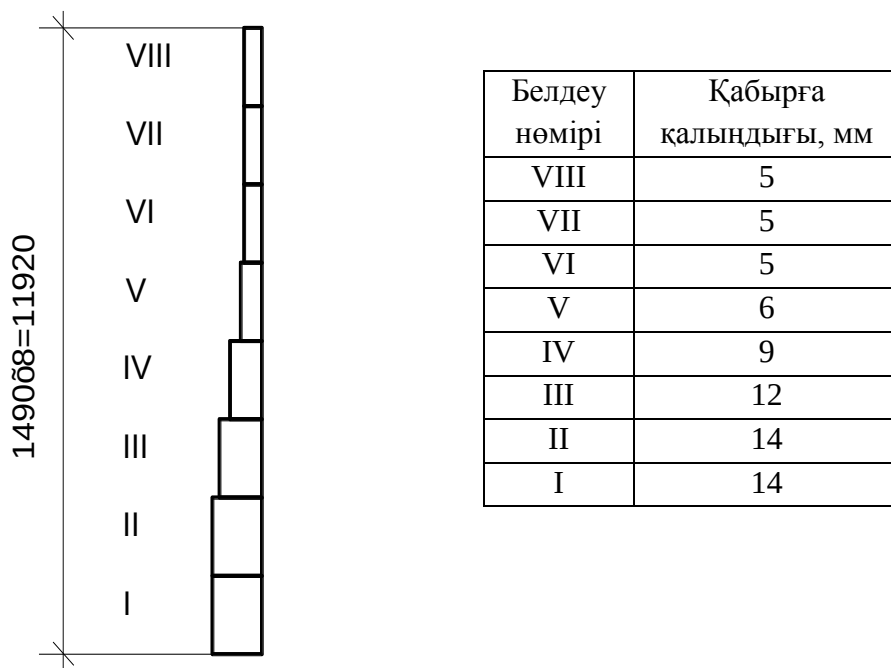
Түтін құбырында түтін газдары температурасының таралуы 10.4 суретте көрсетілген.



10.4 сурет — Түтін құбырында түтін газдарының температура таралуы

12 МЫСАЛ Ыстық су аккумулятор багының желілік температура ауысуын анықтау

Жылдың жылы және суық маусымдары бойынша 903–9–14сп86 типтік жобасына сәйкес Ақмола облысының Атырау қаласында салынған ыстық су аккумулятор багының әр бөлігінің шегінде желілік температура ауысуын анықтаңыз. Аккумулятор багының сыйымдылығы - 5000 м³, судың максималды температурасы - 95°C (368 K). Бак қабырғалары конструкциялық болаттан жасалған, әр бөлік бойынша қабырға қалыңдығы 10.5 суретінде көрсетілген. Жылуды сақтау үшін термотұрақтылығы 750°C жететін қалыңдығы 80 мм, тығыздығы 125 кг/м³ минералдық мақта қолданылады. Екінші қабырға периметрі бойында қалыңдығы 0,8 мм мырышпен қапталған металл табак жалғанған.



10.5 сурет — ыстық су аккумулятор багы қабырғасының бөліктері

Осы құралдың В қосымшасына сәйкес сыртқы ауаның минималды және максималды температурасы жылына $0,02\text{ }^{\circ}\text{C}$ көтерілу мүмкіншілігі есепке алына отырып анықталады, олар Атырау қаласы бойынша -33°C (240 K) и $34,2^{\circ}\text{C}$ (307,2 K) болады.

Ыстық су аккумулятор багының ішінде жылу ағыны көлденең тарайтындықтан, қабырғаның ішкі (R_{in}) және сыртқы(R_{out}) жақтарындағы термикалық кедергісі осы Құралдың 8 бөліміне және 8,4 кестесіне сәйкес анықталады және $0,13$ және $0,04\text{ м}^2\cdot\text{K}/\text{Вт}$ болады.

Екі жақтың да кедергісін қоса алғанда элементтің толық термикалық кедергісін анықтау үшін конструкцияның әр қабатының жылу өткізгіштігін анықтап алу қажет. Осы Құралдың А қосымшасына сәйкес (А.2 кесте) конструкциялық болаттың жылу өткізгіштігі $60\text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{K})$ болады, минералдық мақтаның термотұрақтылығы 750°C дейін жетеді, тығыздығы - $125\text{ кг}/\text{м}^3 - 0,039\text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{K})$.

Жылдың жылы және суық маусымдары бойынша қабырғаның әр бөлігінде желілі температура ауысу есебі 10.11 – 10.20 кестелерінде және 10.6 – 10.15 суреттерінде берілген.

Жылдың суық маусымы.

10.11 кесте – I және II белдеулердегі температура деформациясының есебі

Қабат	Ішкі жақ материалы	Жылу өткізгіштік, Вт/(м·К)	Қалыңды қ, м	Термикалық кедергі, м²К/Вт	Температура, К
-	Су	—	—	—	368
0	Ішкі қабырға (металл мен су контактысы орнында)	—	—	0,13	360,51
1	Конструкциялық болат (ішкі қабырға мен минералдық мақта контактысы орнында)	60	0,014	0,00023	360,497
2	Минералдық мақта (минералдық мақта мен ішкі қабырға контактысы орнында)	0,039	0,08	2,0513	242,319
3	Конструкциялық болат (ішкі қабырға мен мырышпен қапталған металл табақ контактысы орнында)	60	0,014	0,00023	242,3052
4	Мырышпен қапталған металл табақ (мырышпен қапталған металл табақ пен ауа контактысы орнында)	60	0,0008	0,0000133	242,3045
5	Сыртқы жақ (ауа температурасы)	—	—	0,04	242

10.12 кесте – III белдеудегі температура деформациясы есебі

Қабат	Ішкі жақ материалы	Жылу өткізгіштік, Вт/(м·К)	Қалыңды қ, м	Термикалық кедергі, м²К/Вт	Температура, К
-	Су	—	—	—	368
0	Ішкі қабырға (металл мен су контактысы орнында)	—	—	0,13	360,5102
1	Конструкциялық болат (ішкі қабырға мен мырышпен қапталған металл табақ контактысы орнында)	60	0,012	0,0002	360,4987
2	Минералдық мақта (минералдық мақта мен ішкі қабырға контактысы орнында)	0,039	0,08	2,0513	242,3168
3	Конструкциялық болат (ішкі қабырға мен мырышпен қапталған металл табақ контактысы орнында)	60	0,012	0,0002	242,3053
4	Мырышпен қапталған металл табақ (мырышпен қапталған металл табақ пен ауа контактысы орнында)	60	0,0008	0,0000133	242,3045
5	Сыртқы жақ (ауа температурасы)	—	—	0,04	242

Екі жақтың да кедергісін қоса алғанда элементтің толық термикалық кедергісі(R_{tot}) осы Құралдың 8 бөліміне және 8.4 формуласына сәйкес анықталады және $2,2218 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ болады.

10.13 кесте – IVбелдеудегі температура деформациясы есебі

Қабат	Ішкі жақ материалы	Жылу өткізгіштік, Вт/(м·К)	Қалыңды қ, м	Термикалық кедергі, м ² К/Вт	Температура, К
-	Су	—	—	—	368
0	Ішкі қабырға (металл мен су контактысы орнында)	—	—	0,13	360,5099
1	Конструкциялық болат (ішкі қабырға мен минералдық мақта контактысы орнында)	60	0,009	0,00015	360,5012
2	Минералдық мақта (минералдық мақта мен ішкі қабырға контактысы орнына)	0,039	0,08	2,0513	242,3141
3	Конструкциялық болат (ішкі қабырға мен мырышпен қапталған металл табак контактысы орнында)	60	0,009	0,00015	242,3054
4	Мырышпен қапталған металл табак (мырышпен қапталған металл табак пен ауа контактысы орнында)	60	0,0008	0,0000133	242,3047
5	Сыртқы жақ (ауа температурасы)	—	—	0,04	242

Екі жақтың да кедергісін қоса алғанда элементтің толық термикалық кедергісі(R_{tot}) осы Құралдың 8 бөліміне және 8.4 формуласына сәйкес анықталады және $2,2216 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ болады.

10.14 кесте – Vбелдеудегі температура деформациясы есебі

Қабат	Ішкі жақ материалы	Жылу өткізгіштік, Вт/(м·К)	Қалыңды қ, м	Термикалық кедергі, м ² К/Вт	Температура, К
-	Су	—	—	—	368
0	Ішкі қабырға (металл мен су контактысы орнында)	—	—	0,13	360,5096
1	Конструкциялық болат (ішкі қабырға мен минералдық мақта контактысы орнында)	60	0,006	0,0001	360,5038
2	Минералдық мақта (минералдық мақта мен ішкі қабырға контактысы орнында)	0,039	0,08	2,0513	242,3113

10.14 кесте – V белдеудегі температура деформациясы есебі (жалғасы)

Қабат	Ішкі жақ материалы	Жылу өткізгіштік, Вт/(м·К)	Қалыңды қ, м	Термикалық кедергі, м²К/Вт	Температура, К
3	Конструкциялық болат (ішкі қабырға мен мырышпен қапталған металл табақ контактысы орнында)	60	0,006	0,0001	242,3055
4	Мырышпен қапталған металл табақ (мырышпен қапталған металл табақ пен ауа контактысы орнында)	60	0,0008	0,0000133	242,3048
5	Сыртқы жақ (ауа температурасы)	—	—	0,04	242

Екі жақтың да кедергісін қоса алғанда элементтің толық термикалық кедергісі (R_{tot}) осы Құралдың 8 бөліміне және 8.4 формуласына сәйкес анықталады және $2,2215 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ болады.

10.15 кесте – VI-VIII белдеулердегі температура деформациясы есебі

Қабат	Ішкі жақ материалы	Жылу өткізгіштік, Вт/(м·К)	Қалыңды қ, м	Термикалық кедергі, м²К/Вт	Температура, К
-	Су	—	—	—	368
0	Ішкі қабырға (металл мен су контактысы орнында)	—	—	0,13	360,5094
1	Конструкциялық болат (ішкі қабырға мен минералдық мақта контактысы орнында)	60	0,005	0,000083	360,5046
2	Минералдық мақта (минералдық мақта мен ішкі қабырға контактысы орнында)	0,039	0,08	2,0513	242,3104
3	Конструкциялық болат (ішкі қабырға мен мырышпен қапталған металл табақ контактысы орнында)	60	0,005	0,000083	242,3056
4	Мырышпен қапталған металл табақ (мырышпен қапталған металл табақ пен ауа контактысы орнында)	60	0,0008	0,0000133	242,3048
5	Сыртқы жақ (ауа температурасы)	—	—	0,04	242

Екі жақтың да кедергісін қоса алғанда элементтің толық термикалық кедергісі(R_{tot}) осы Құралдың 8 бөліміне және 8.4 формуласына сәйкес анықталады және $2,2215 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ болады.

Жылдың жылы маусымы.

10.16 кесте – І және II белдеулердегі температура деформациясы есебі

Қабат	Ішкі жақ материалы	Жылу өткізгіштік, Вт/(м·К)	Қалыңды қ, м	Термикалық кедергі, м ² К/Вт	Температура, К
-	Су	—	—	—	368
0	Ішкі қабырға (металл мен су контактысы орнында)	—	—	0,13	364,4425
1	Конструкциялық болат (ішкі қабырға мен минералдық мақта контактысы орнында)	60	0,014	0,00023	364,4361
2	Минералдық мақта (минералдық мақта мен ішкі қабырға контактысы орнында)	0,039	0,08	2,0513	308,3014
3	Конструкциялық болат (ішкі қабырға мен мырышпен қапталған металл табак контактысы орнында)	60	0,014	0,00023	308,295
4	Мырышпен қапталған металл табак (мырышпен қапталған металл табак пен ауа контактысы орнында)	60	0,0008	0,0000133	308,2946
5	Сыртқы жақ (ауа температурасы)	—	—	0,04	307,2

Екі жақтың да кедергісін қоса алғанда элементтің толық термикалық кедергісі(R_{tot}) осы Құралдың 8 бөліміне және 8.4 формуласына сәйкес анықталады және $2,2218 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ болады.

10.17 кесте – III белдеудегі температура деформациясы есебі

Қабат	Ішкі жақ материалы	Жылу өткізгіштік, Вт/(м·К)	Қалыңды қ, м	Термикалық кедергі, м ² К/Вт	Температура, К
-	Су	—	—	—	368
0	Ішкі қабырға (металл мен су контактысы орнында)	—	—	0,13	364,4424
1	Конструкциялық болат (ішкі қабырға мен минералдық мақта контактысы орнында)	60	0,012	0,0002	364,4369

10.17 кесте – III белдеудегі температура деформациясы есебі (жалғасы)

Қабат	Ішкі жақ материалы	Жылу өткізгіштік, Вт/(м·К)	Қалыңды қ, м	Термикалық кедергі, м²К/Вт	Температура, К
2	Минералдық мақта (минералдық мақта мен ішкі қабырға контактысы орнында)	0,039	0,08	2,0513	308,3005
3	Конструкциялық болат (ішкі қабырға мен мырышпен қапталған металл табақ контактысы орнында)	60	0,012	0,0002	308,295
4	Мырышпен қапталған металл табақ (мырышпен қапталған металл табақ пен ауа контактысы орнында)	60	0,0008	0,0000133	308,2947
5	Сыртқы жақ (ауа температурасы)	—	—	0,04	307,2

Екі жақтың да кедергісін қоса алғанда элементтің толық термикалық кедергісі (R_{tot}) осы Құралдың 8 бөліміне және 8,4 формуласына сәйкес анықталады және $2,2217 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$ болады.

10.18 кесте – IV белдеудегі температура деформациясы есебі

Қабат	Ішкі жақ материалы	Жылу өткізгіштік, Вт/(м·К)	Қалыңды қ, м	Термикалық кедергі, м²К/Вт	Температура, К
-	Су	—	—	—	368
0	Ішкі қабырға (металл мен су контактысы орнында)	—	—	0,13	364,4422
1	Конструкциялық болат (ішкі қабырға мен минералдық мақта контактысы орнында)	60	0,009	0,00015	364,4381
2	Минералдық мақта (минералдық мақта мен ішкі қабырға контактысы орнында)	0,039	0,08	2,0513	308,2992
3	Конструкциялық болат (ішкі қабырға мен мырышпен қапталған металл табақ контактысы орнында)	60	0,009	0,00015	308,2951
4	Мырышпен қапталған металл табақ (мырышпен қапталған металл табақ пен ауа контактысы орнында)	60	0,0008	0,0000133	308,2947
5	Сыртқы жақ (ауа температурасы)	—	—	0,04	307,2

ҚР НТҚ 01-01-5.1-2013

Екі жақтың да кедергісін қоса алғанда элементтің толық термикалық кедергісі(R_{tot}) осы Құралдың 8 бөліміне және 8,4 формуласына сәйкес анықталады және $2,2216 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$ болады.

10.19 кесте – Vбелдеудегі температура деформациясы есебі

Қабат	Ішкі жақ материалы	Жылу өткізгіштік, Вт/(м·К)	Қалыңды қ, м	Термикалық кедергі, $\text{м}^2\text{К}/\text{Вт}$	Температура, К
-	Су	—	—	—	368
0	Ішкі қабырға (металл мен су контактысы орнында)	—	—	0,13	364,442
1	Конструкциялық болат (ішкі қабырға мен минералдық мақта контактысы орнында)	60	0,006	0,0001	364,4393
2	Минералдық мақта (мине- ралдық мақта мен ішкі қабыр- ға контактысы орнында)	0,039	0,08	2,0513	308,2979
3	Конструкциялық болат (ішкі қабырға мен мырышпен қапталған металл табақ контактысы орнында)	60	0,006	0,0001	308,2951
4	Мырышпен қапталған металл табақ (мырышпен қапталған металл табақ пен ауа контактысы орнында)	60	0,0008	0,0000133	308,2948
5	Сыртқы жақ (ауа температурасы)	—	—	0,04	307,2

Екі жақтың да кедергісін қоса алғанда элементтің толық термикалық кедергісі(R_{tot}) осы Құралдың 8 бөліміне және 8,4 формуласына сәйкес анықталады және $2,2215 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$ болады.

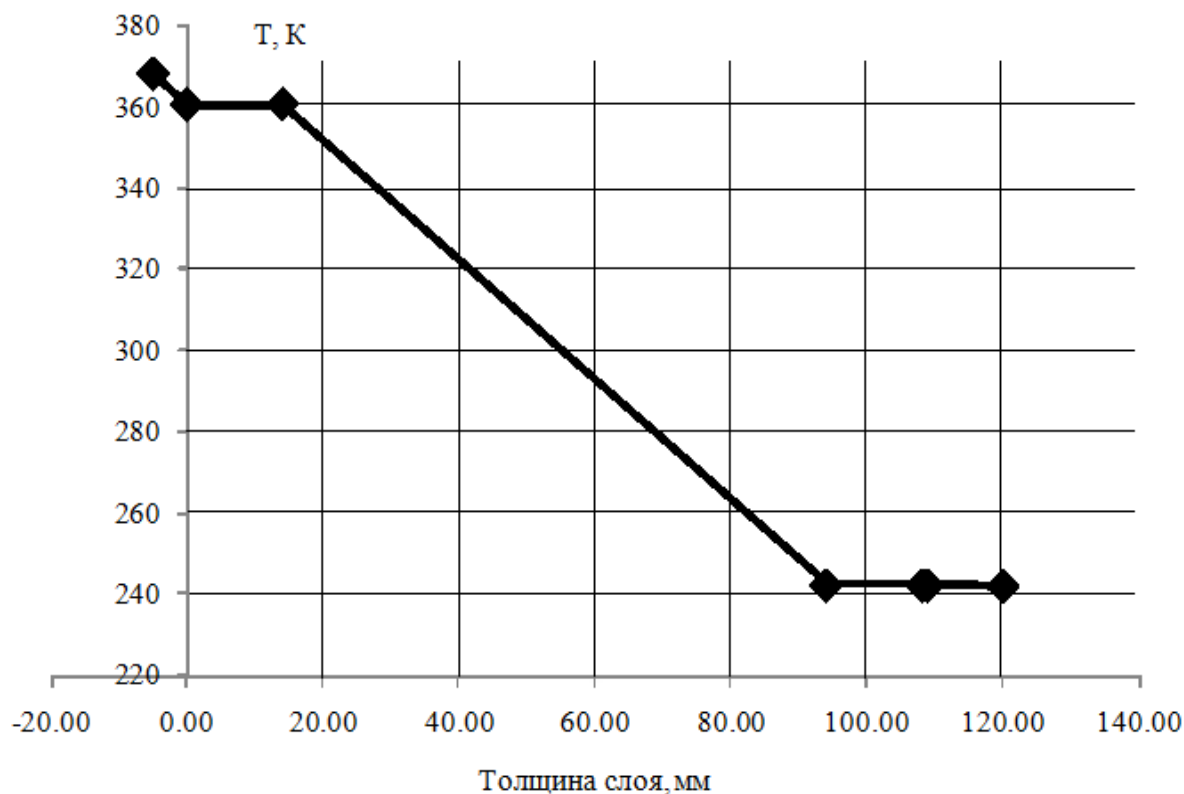
10.20 кесте – VI-VIIIбелдеулердегі температура деформациясы есебі

Қабат	Ішкі жақ материалы	Жылу өткізгіштік, Вт/(м·К)	Қалыңды қ, м	Термикалық кедергі, $\text{м}^2\text{К}/\text{Вт}$	Температура, К
-	Су	—	—	—	368
0	Ішкі қабырға (металл мен су контактысы орнында)	—	—	0,13	364,442
1	Конструкциялық болат (ішкі қабырға мен минералдық мақта контактысы орнында)	60	0,005	0,000083	364,4397
2	Минералдық мақта (минерал- дық мақта мен ішкі қабырға контактысы орнында)	0,039	0,08	2,0513	308,2974

10.20 кесте – VI-VIII белдеулердегі температура деформациясы есебі (жалғасы)

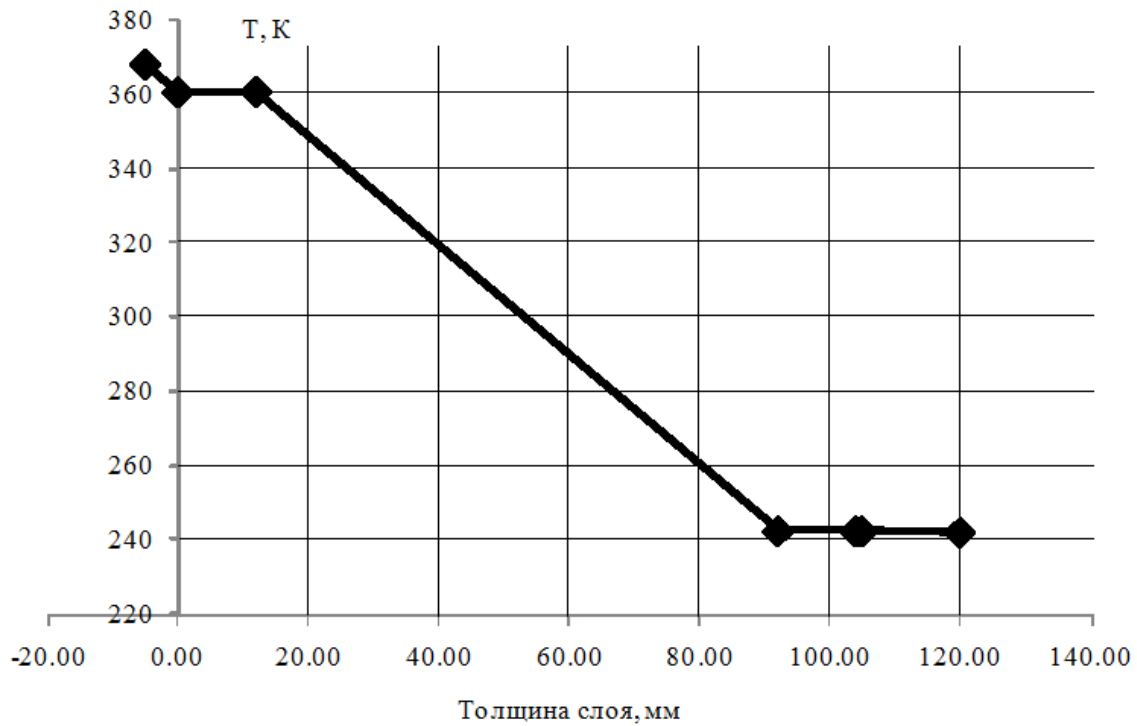
Қабат	Ішкі жақ материалы	Жылу өткізгіштік, Вт/(м·К)	Қалыңды қ, м	Термикалық кедергі, м²К/Вт	Температура, К
3	Конструкциялық болат (ішкі қабырға мен мырышпен қапталған металл табақ контактысы орнында)	60	0,005	0,000083	308,2951
4	Мырышпен қапталған металл табақ (мырышпен қапталған металл табақ пен ауа контактысы орнында)	60	0,0008	0,0000133	308,2948
5	Сыртқы жақ (ауа температурасы)	—	—	0,04	307,2

Екі жақтың да кедергісін қоса алғанда элементтің толық термикалық кедергісі (R_{tot}) осы Құралдың 8 бөліміне және 8,4 формуласына сәйкес анықталады және $2,2215 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ болады.



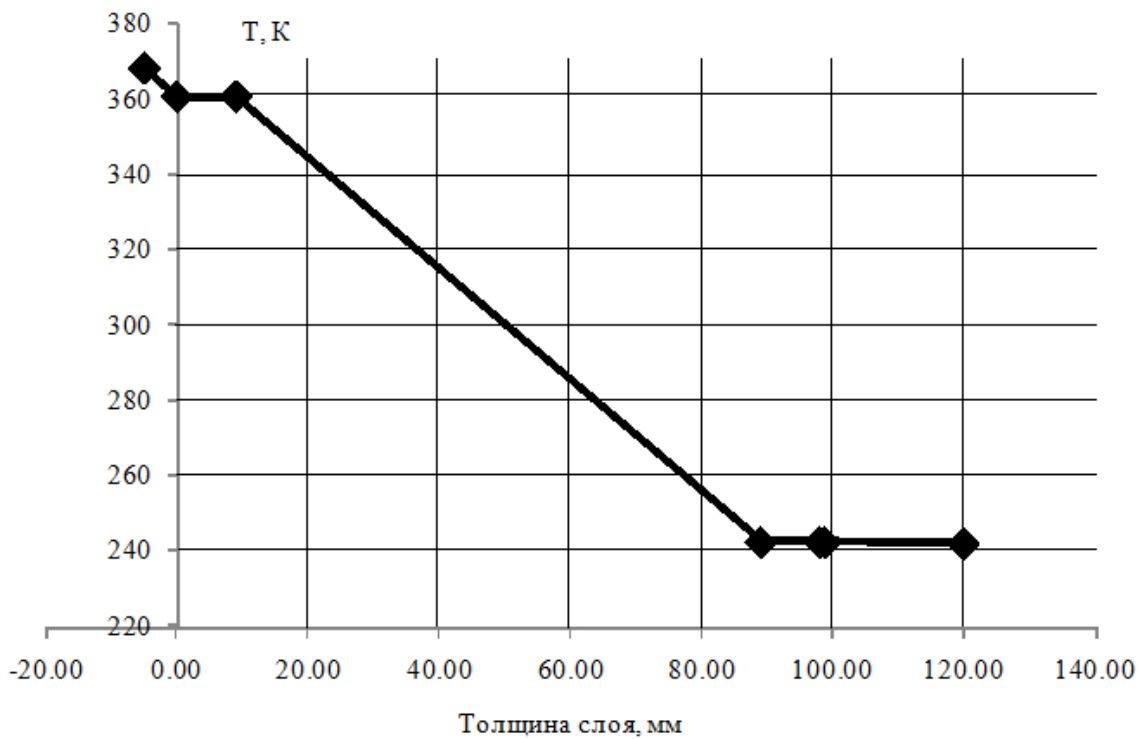
Қабат қалыңдығы, мм

10.6 сурет—Температура таралуы (температура көрінісі) ыстық су аккумулятор багының І және ІІ белдеулері (Жылдың суық маусымы)



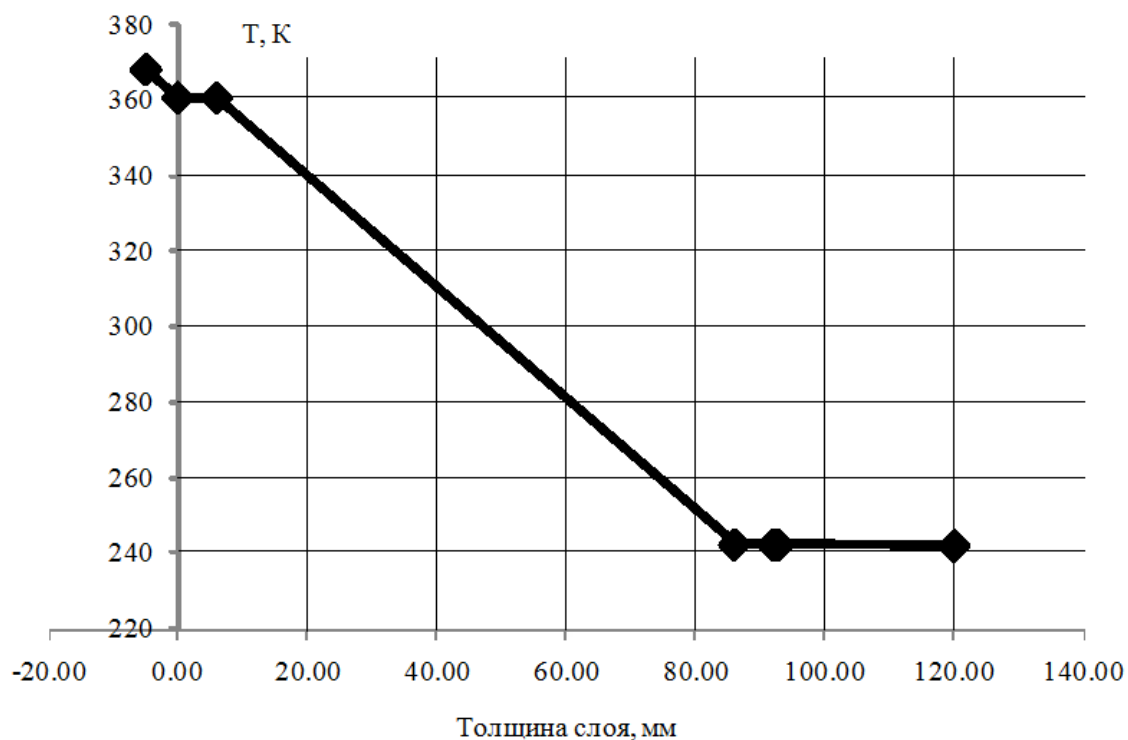
Қабат қалыңдығы, мм

10.7 сурет—Температура таралуы (температура көрінісі) ыстық су аккумулятор багының IIIбелдеуі (Жылдың суық маусымы)



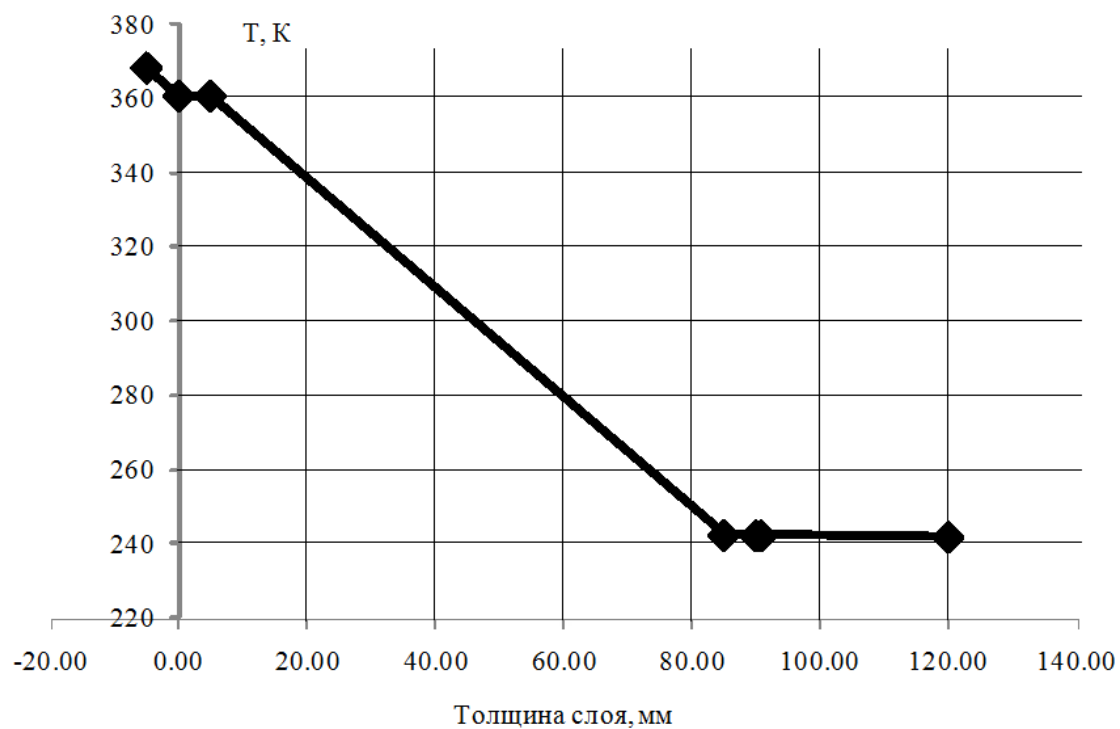
Қабат қалыңдығы, мм

10.8 сурет—Температура таралуы (температура көрінісі) ыстық су аккумулятор багының IVбелдеуі (Жылдың суық маусымы)



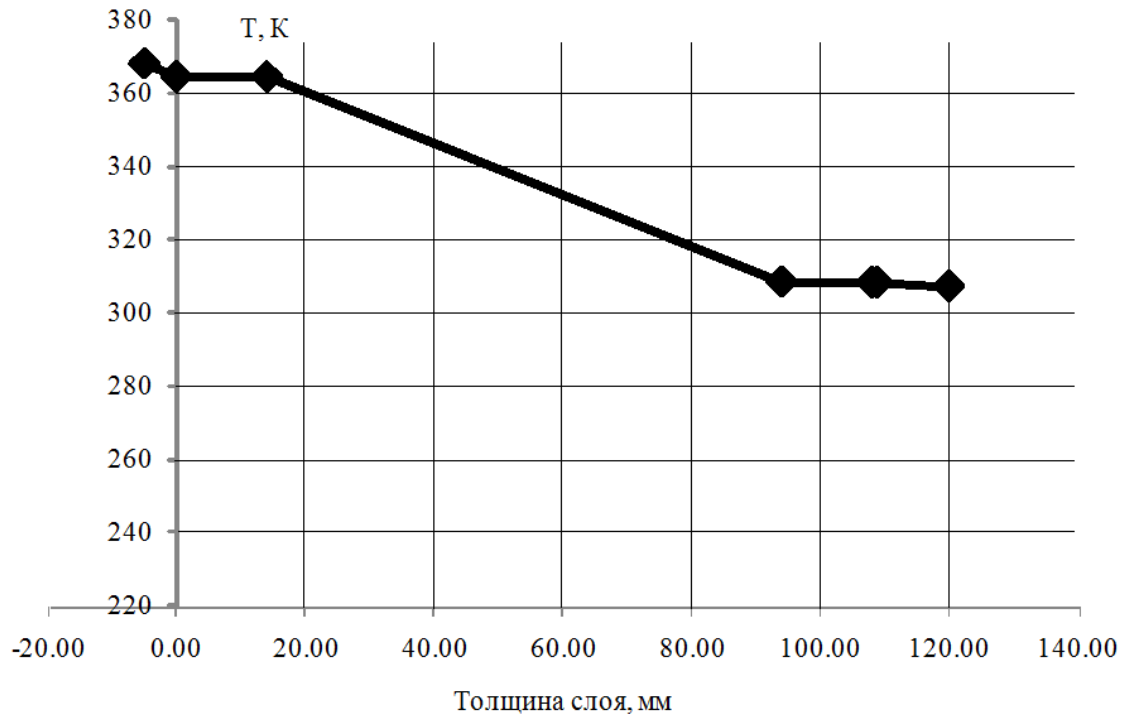
Қабат қалыңдығы, мм

10.9 сурет — Температура таралуы (температура көрінісі) ыстық су аккумулятор багының V белдеуі (Жылдың суық маусымы)



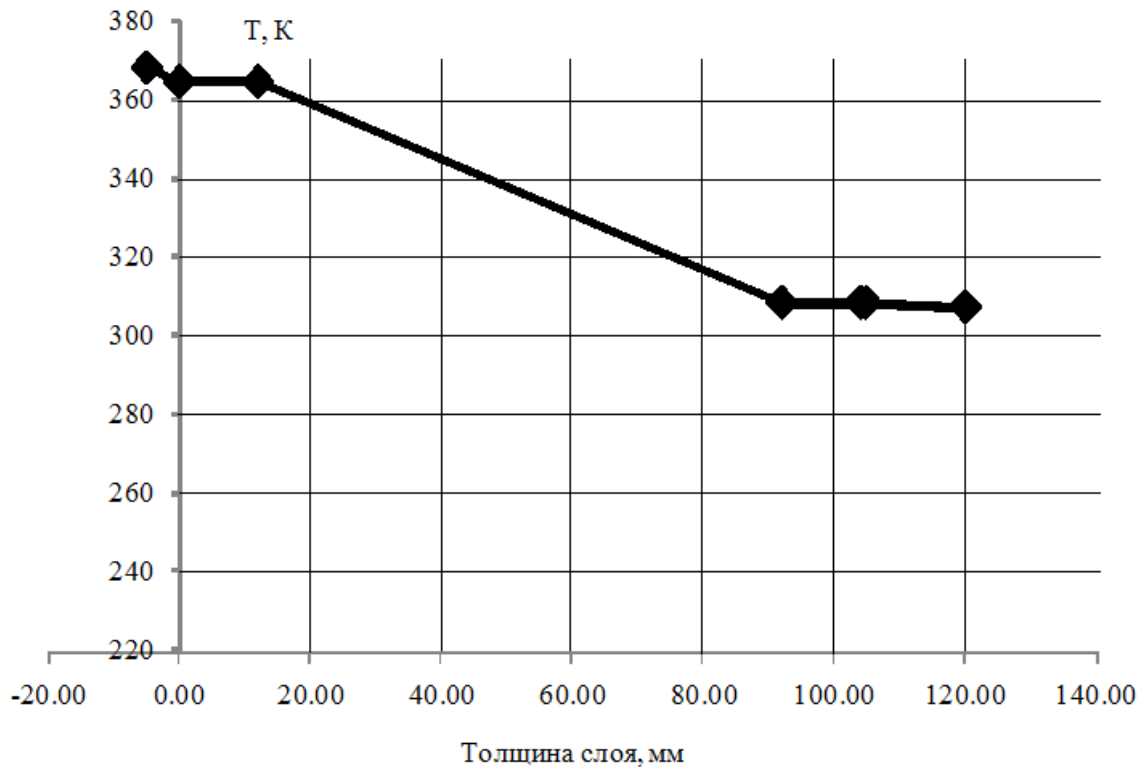
Қабат қалыңдығы, мм

10.10 сурет—Температура таралуы (температура көрінісі) ыстық су аккумулятор багының VI-VIII белдеулері (Жылдың суық маусымы)

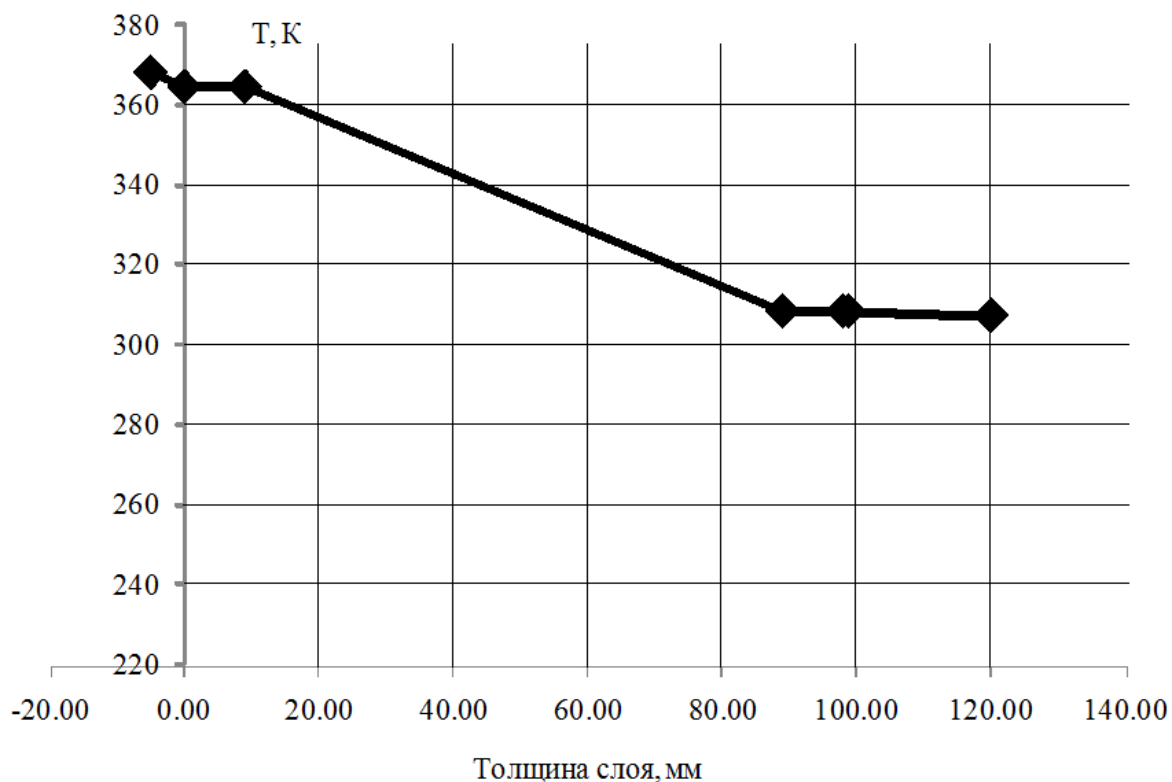


Қабат қалыңдығы, мм

10.11 сурет—Температура таралуы (температура көрінісі) ыстық су аккумулятор багының I-II белдеулері (Жылдың жылы маусымы)

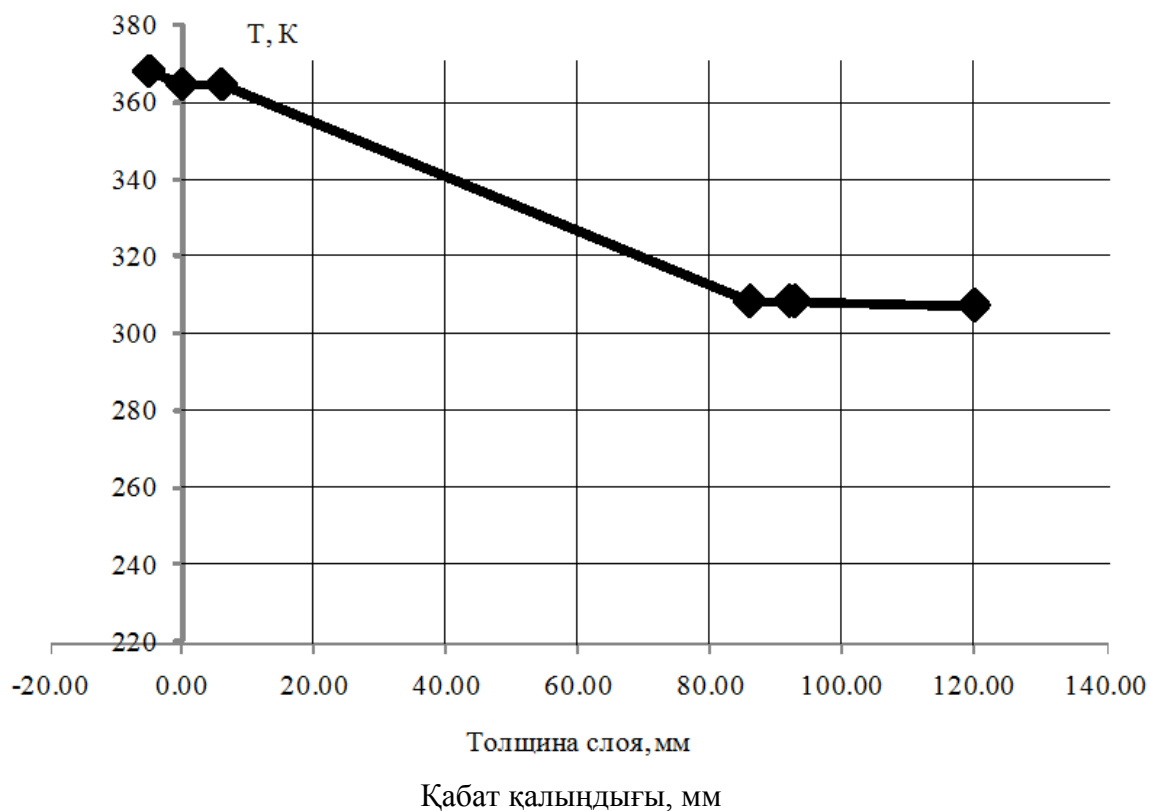


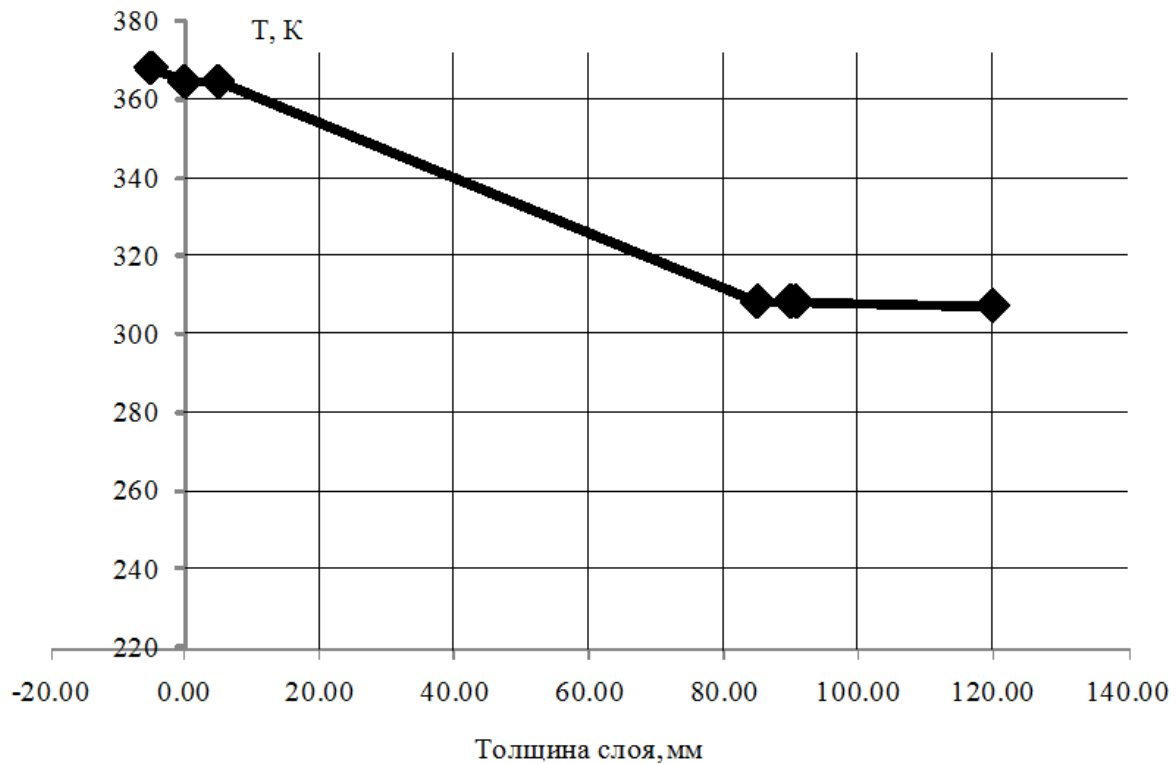
Қабат қалыңдығы, мм



Қабат қалыңдығы, мм

10.13 сурет—Температура таралуы (температура көрінісі) ыстық су аккумулятор багының IV белдеуі (Жылдың жылы маусымы)



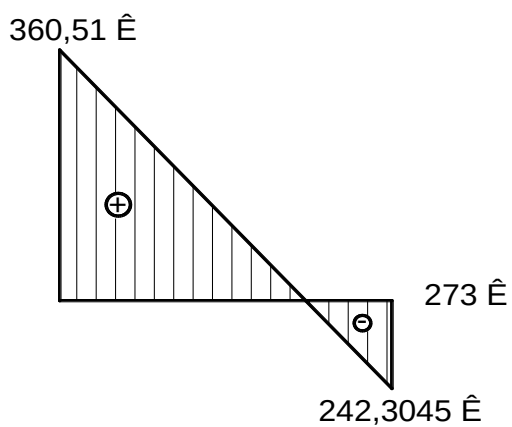


Қабат қалыңдығы, мм

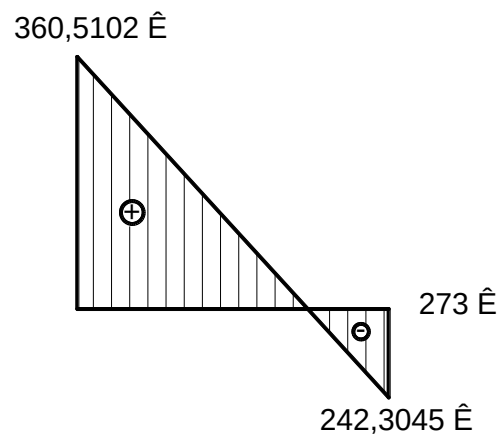
10.15 сурет—Температура таралуы (температура көрінісі) ыстық су аккумулятор багының VI-VIII белдеулері (Жылдың жылы маусымы)

Ыстық су аккумулятор багының ішкі және сыртқы жақтары арасындағы желілі температура ауысу құрамы эпюралары 10.16 – 10.25 суреттерінде берілген.

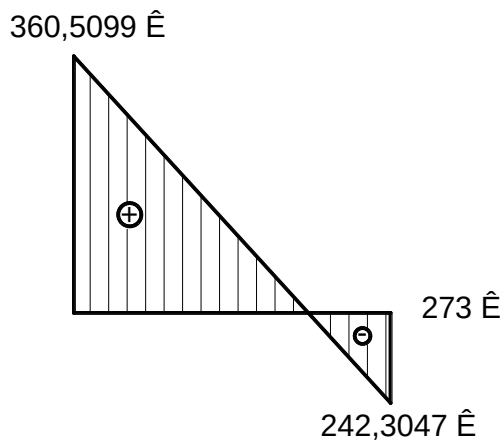
Жылдың суық маусымы.



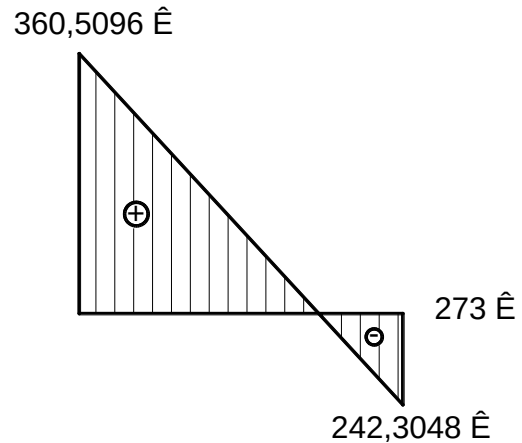
10.16 сурет — Ыстық су аккумулятор багының I және II белдеулерінің желілік температура ауысуының эпюрасы
(360,51 К; 273 К; 242,3045 К)



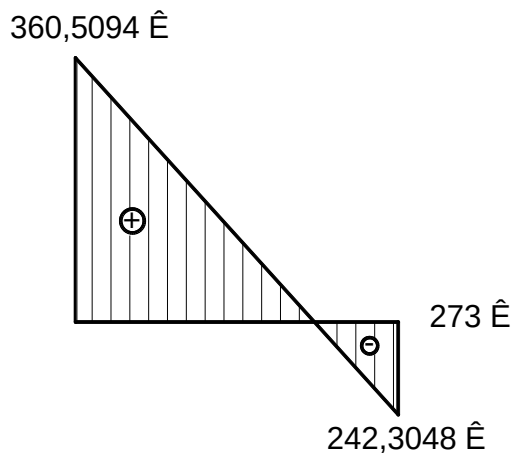
10.1 сурет — Ыстық су аккумулятор багының III белдеуінің желілік температура ауысуының эпюрасы
(360,5102 К; 273 К; 242,3045 К)



10.18 сурет — Ұстық су аккумулятор багының IV белдеуінің желілік температура ауысуының эпюрасы
(360,51 K; 273 K; 242,3045 K)



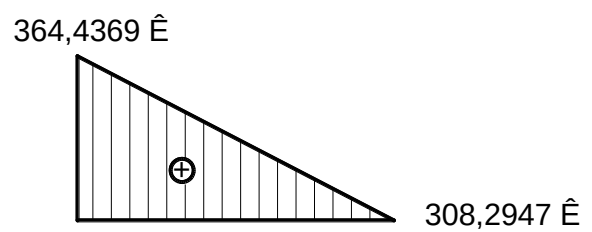
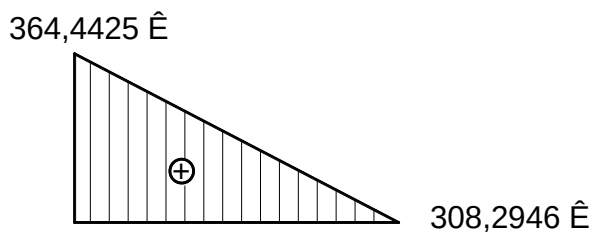
10.19 сурет- Ұстық су аккумулятор багының V белдеуінің желілік температура ауысуының эпюрасы
(360,5102 K; 273 K; 242,3045 K)

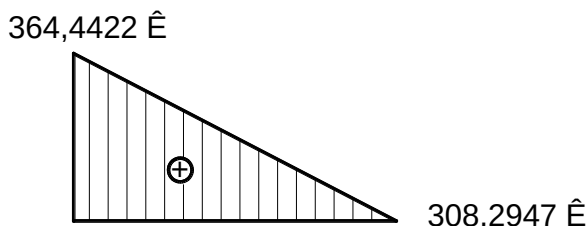


(360,5094 K; 273 K; 242,3048 K)

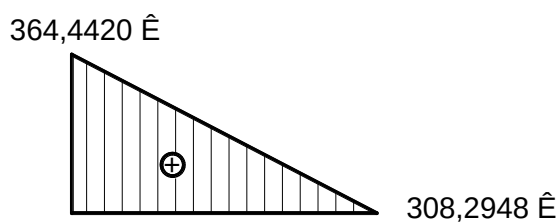
10.20 сурет—Ұстық су аккумулятор багының VI және VII белдеулерінің желілік температура ауысуының эпюрасы

Жылдың жылы маусымы.

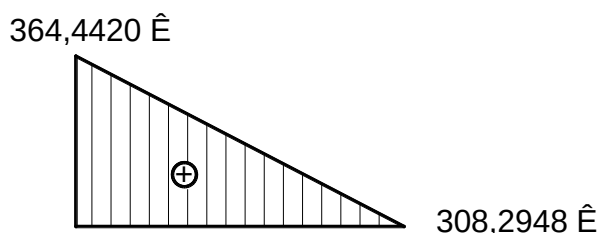




10.23 сурет—Ыстық су аккумулятор багыныңIV белдеуінің желілік температура ауысуының эпюрасы
(364,4422 К; 308,2947 К)



10.24 сурет —Ыстық су аккумулятор багыныңV белдеуінің желілік температура ауысуының эпюрасы
(364,4420 К; 308,2948 К)



10.25 сурет — Ыстық су аккумулятор багыныңVIжәнеVIII белдеулерінің желілік температура ауысуының эпюрасы
(364,4420 К; 308,2948 К)

13 МЫСАЛ Конструкциялық болаттан жасалған құбыр өткізгіштің қабырғасының әр қабаты бойынша желілік температура ауысуын анықтау.

70°C (343 К) температуралы ыстық суды тасуға арналған Шығыс Қазақстан облысының Қатон-Қарағай қаласында орналасқан конструкциялық болаттан жасалған құбыр өткізгіштің қабырғасының әр қабаты үшін жылдың суық маусымы бойынша желілік температура ауысуын анықтау.

Құбыр өткізгіштің ішкі диаметрі -450 мм, құбыр өткізгіштің сыртқы диаметрі -460 мм. Жылу сақталуы үшін термотөзімділігі 750°C, қалыңдығы 100 мм, тығыздығы 90 кг/м³ минералдық мақта қолданылады. Минералдық мақтаны ылғалдан қорғау үшін қалыңдығы 1,00 мм мырышпен қапталған металл табак қолданылады.

Осы құралдың В қосымшасына сәйкес сыртқы ауаның минималды температурасы жылына 0,02 °C көтерілу мүмкіншілігі есепке алына отырып анықталады, ол Қатон-Қарағай қаласы бойынша -37°C (236 К) болады.

Құбыр өткізгіштің ішінде жылу ағыны көлденең тарайтындықтан, қабырғаның ішкі (R_{in}) және сыртқы(R_{out}) жақтарындағы термикалық кедергісі осы Құралдың 8 бөліміне және 8,4 кестесіне сәйкес анықталады және 0,13 және 0,04 м²·К/Вт болады.

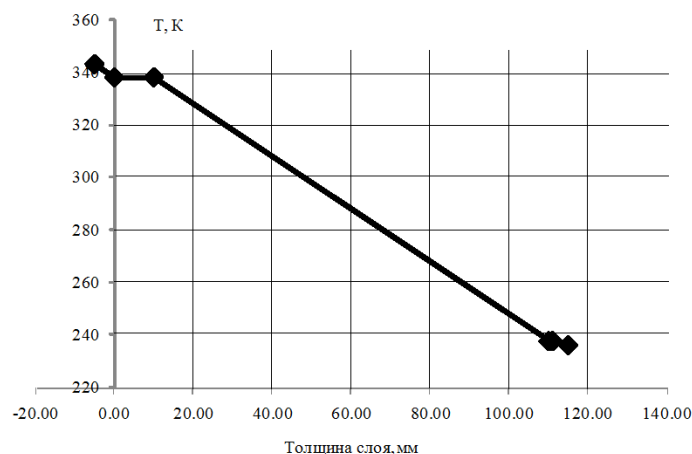
Екі жақтың да кедергісін қоса алғанда элементтің толық термикалық кедергісін анықтау үшін конструкцияның әр қабатының жылу өткізгіштігін анықтап алу қажет. Осы Құралдың А қосымшасына сәйкес (А.2 кесте) конструкциялық болаттың жылу өткізгіштігі 60 Вт/(м·К) болады, минералдық мақтаның термотұрақтылығы 750°C дейін жетеді, тығыздығы - 90 кг/м³ – 0,038 Вт/(м·К).

Жылдың суық маусымы бойынша ыстық су құбыр өткізгішінің қабырғасының әр қабатында желілі температура ауысу есебі 10.21 Кестесінде және 10.26 Суретінде берілген.

10.21 кесте – Болат құбыр өткізгіштің қабырғасындағы температура деформациясының есебі

Қабат	Ішкі жақ материалы	Жылу өткізгіштік, Вт/(м·К)	Қалыңды қ, м	Термикалық кедергі, м²К/Вт	Температура, К
-	Су	—	—	—	343
0	Ішкі қабырға (металл мен су контактысы орнында)	—	—	0,13	338,0353
1	Конструкциялық болат (ішкі қабырға мен минералдық мақта контактысы орнында)	60	0,01	0,00017	338,0289
2	Минералдық мақта (минералдық мақта мен ішкі қабырға контактысы орнында)	0,038	0,1	2,6316	237,5282
3	Мырышпен қапталған металл табақ (мырышпен қапталған металл табақ пен ауа контактысы орнында)	60	0,001	0,000017	237,5276
4	Сыртқы жақ (ауа температурасы)	—	—	0,04	236

Екі жақтың да кедергісін қоса алғанда элементтің толық термикалық кедергісі (R_{tot}) осы Құралдың 8 бөліміне және 8.4 формуласына сәйкес анықталады және $2,802 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$ болады.



Қабат қалыңдығы, мм

10.26 сурет— Ыстық су құбыр өткізгішінде температура таралуы (температура көрінісі) (Жылдың суық маусымы)

А қосымшасы

(ақпараттық)

Құрылыс материалдарының жылу техникалық қасиеттерінің көрсеткіш мәндері

А1 КЕСТЕ — ЖЕЛІЛІК ТЕМПЕРАТУРА ТАРАЛУ КОЭФФИЦИЕНТІ

Материал	$\alpha_T \cdot 10^{-6}, 1/^\circ\text{C}$
Алюминий, алюминий қорытпа	24
Тот баспайтын болат	16
Құрылыс болаты, соғылған темір немесе шойын	12
Көп қабатты болат және бетон конструкция	12
Бетон, есепке алмағанда:	10
– жеңіл толтырылған бетон	7
Тас қалау	6 – 10 (1ЕСКЕРТУді қараңыз)
Қола	18,0
Гранит	7,9
Натрий-кальций-силикат әйнек	9,0
Боросиликат әйнегі	3,3
ABS – әйнек, талшықталған	30,4
Сілті силикат әйнек	8,0
Газ-бетон блоктар	8,0
Талшық бағыты бойындағы ағаш	5,0
Талшыққа көлденең бағыт бойынша ағаш	30 – 70
Ағаш (самырсын, шырша)	3,7
Ағаш (емен, талшыққа параллель)	4,9
Ағаш (емен, талшыққа перпендикуляр)	5,4
Ағаш (қарағай)	5,0
Темір бетон	12,0
Каучук, қатты	77,0
Силикат кірпіш	8,0
Мрамор	5,5-14,1
Құрылыс ерітіндісі (әк)	9,0
Материал	$\alpha_T \cdot 10^{-6}, 1/^\circ\text{C}$
Құрылыс ерітіндісі (цемент)	10,0
Сылақ	16,4
Эбонит	76,6
1ЕСКЕРТУ Тас қалау мәні тас матау түріне қарай өзгереді. 2ЕСКЕРТУ Құрама конструкция үшін қиманың болат бөлігінің желілі температура таралу коэффициенті әртүрлі мәндердің шектеуші әсерлерін α_T болдырмау үшін $10 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$ тең болады.	

А.2 кестесі – Жылу өткізгіштік коэффициент мәні λ

Материал	Тығыздық ρ , кг/м ³	Температура T , °C	Жылу өткізгіштік коэффициенті λ , Вт/(м·К)
Әйнек - кальций-натрий-силикат әйнек (флоат-әйнекті қосқанда); - кварц әйнек; - әйнек блоктар	2500	—	1,00
	2200	—	1,40
	2000	—	1,20
Пеноәйнек	130	20	0,05
		200	0,09
		300	0,12
Алюминий қорытпа	2800	—	160
Қола	8700	—	65
Жез	8400	—	120
Мыс	8900	—	380
Темір, құйылған	7500	—	50
Қорғасын	11300	—	35
Болат	7800	—	50
Мырыш	7200	—	110
Поликарбонаттар	1200	—	0,20
Политетрафторэтилен (PTFE)	2200	—	0,25
Поливинилхлорид (PVC)	1390	—	0,17
Полиметилметакрилат (PMMA)	1180	—	0,18
Полиацетат	1410	—	0,30
Полиамид (нейлон)	1150	—	0,25
Полиэтилен (өте тығыз полиэтилен)	980	—	0,50
Полиэтилен (тығыздығы төмен полиэтилен)	920	—	0,33
Полистирол	1050	—	0,16
Полипропилен	910	—	0,22
Полипропилен 25 % әйнек талшықты	1200	—	0,25
Полиуретан (PU)	1200	—	0,20
Гипс	600	—	0,18
	900		0,30
	1200		0,43
	1500		0,56
Гипсокартон табағы	700	—	0,21
	900		0,25

А.2 кестесі – Жылу өткізгіштік коэффициент мәні λ (жалғасы)

Материал	Тығыздық ρ , кг/м ³	Температура T , °C	Жылу өткізгіштік коэффициенті λ , Вт/(м·К)
Гипс жылу сақтау сылағы	600	—	0,18
Гипс сылақ	1000	—	0,40
	1300	—	0,57
Гипс, құм	1600	—	0,80
Әк, құм	1600	—	0,80
Цемент, құм	1800	—	1,00
Бетон	2400	—	2,1
Жеңіл бетон	1000	—	0,47
	1200	—	0,59
	1400	—	0,72
	1600	—	0,87
	1800	—	0,99
	2000	—	1,2
Гранит	2500-2700	—	2,80
Мрамор	2800	—	3,5
Ағаш	450	—	0,12
	500	—	0,13
	700	—	0,18
Ағаш тақталар: - фанера;	300	—	0,09
	500	—	0,13
	700	—	0,17
	1000	—	0,24
	1200	—	0,23
- жоңқаланған цемент тақта;	300	—	0,10
	600	—	0,14
	900	—	0,18
- жоңқаланған ағаш тақта;	300	—	0,10
	600	—	0,14
	900	—	0,18
- бағдарлы жоңқаланған тақта (OSB)	650	—	0,13
- ағаш талшық тақтасы, MDF қоса алғанда	250	—	0,07
	400	—	0,10
	600	—	0,14
	800	—	0,18
Кірпіш	1800	—	0,81
	2000	—	0,96
	2200	—	1,00

А.2 кестесі – Жылу өткізгіштік коэффициент мәні λ (жалғасы)

Материал	Тығыздық ρ , кг/м ³	Температура T , °C	Жылу өткізгіштік коэффициенті λ , Вт/(м·К)
Диатом балшығынан жасалған кірпіш	800	200	0,18
	800	400	0,19
	800	600	0,21
	500 ^a	200	0,09
	500 ^a	400	0,10
	500 ^a	600	0,11
Қышқылға қарсы тұратын кірпіш	—	—	1,2
Керамикалық бос	1000	—	0,52
Газосиликат (газопенобетон)	1000	—	0,47
Термотұрақтылығы 750°С минерал мақта	90	50	0,038
		100	0,045
		150	0,053
		200	0,064
		250	0,076
		300	0,090
		400	0,122
		500	0,168
		600	0,230
Термотұрақтылығы 750°С дейін минерал мақта	125	50	0,039
		100	0,046
		150	0,053
		200	0,061
		250	0,070
		300	0,080
		400	0,105
		500	0,140
		600	0,180
Тот баспайтын болат: — X5CrNi18-10 — X6CrNiTi18-10 — X6CrNiMoTi17-12-2 — X2CrNiMo17-12-2 — X2CrNiMo18-14-3 — X1NiCrMoCu25-20-5	7900	—	15
	7900	—	15
	7980	—	15
	7950	—	14
	7980	—	15
	8000	—	14

Б ҚОСЫМШАСЫ

(ақпараттық)

Жылдың суық және жылы кезеңдеріндегі климаттық параметрлер, аймақтар бойынша жоғары көрсеткіштер

Б.1 кестесі -Климаттық параметрлер

Елді мекен	Өте суық күн температурасы, °С, 0,98 қамтамасыз етілу	Өте жылы күн температурасы, °С, 0,98 қамтамасыз етілу	Теңіз деңгейінен биіктігі, м
Ақмола облысы			
Астана	-41	29,5	350
Атбасар	-40	29,9	304
Көкшетау	-39	—	229
Ақтөбе облысы			
Ақтөбе	-38	31,7	219
Қарауылкелді	-39	—	—
Уіл	-39	33,5	103
Шалқар	-39	—	176
Алматы облысы			
Алматы	-30	31,5	851
Бақанас	-41	—	396
Жаркент	-32	31,5	658
Талдықорған	-34	—	602
Атырау облысы			
Атырау	-33	34,2	-15
Ганюшкино	-30	—	-22
Шығыс Қазақстан облысы			
Аягөз	-42	—	655
Бақты	-38	—	917
Зайсан	-39	30,7	603
Зыряновск	-46	—	669
Қатон-Қарағай	-37	—	1050
Көкпекті	-45	—	511
Риддер	-45	—	811
Семей	-44	—	196
Өскемен	-46	—	292
Шемонаиха	-46	—	320
Жамбыл облысы			
Тараз	-30	—	653
Фурмановка	-32	—	—

Б.1 кестесі-Климаттық параметрлер (жалғасы)

Елді мекен	Өте суық күн температурасы, °С, 0,98 қамтамасыз етілу	Өте жылы күн температурасы, °С, 0,98 қамтамасыз етілу	Теңіз деңгейінен биіктігі, м
Батыс Қазақстан облысы			
Жамбейті	-39	–	–
Уральск	-38	31,7	37
Қарағанды облысы			
Балхаш	-37	29,8	352
Қарсақпай	-39	31,8	488
Қарағанды	-39	29,5	553
Қарқаралы	–	–	870
Қызылорда облысы			
Арал теңізі	-35	34	62
Қазалы	-32	–	68
Қызылорда	-34	–	129
Қостанай облысы			
Амангелді	-40	–	142
Арқалық	-37	33,5	386
Қостанай	-40	29,6	156
Манғыстау облысы			
Ақтау	-21	–	-15
Павлодар облысы			
Баянауыл	-39	–	504
Павлодар	-40	–	123
Солтүстік Қазақстан облысы			
Петропавловск	-40	28,4	142
Оңтүстік Қазақстан облысы			
Түркістан	-29	37,1	207
Шымкент	-26	–	604

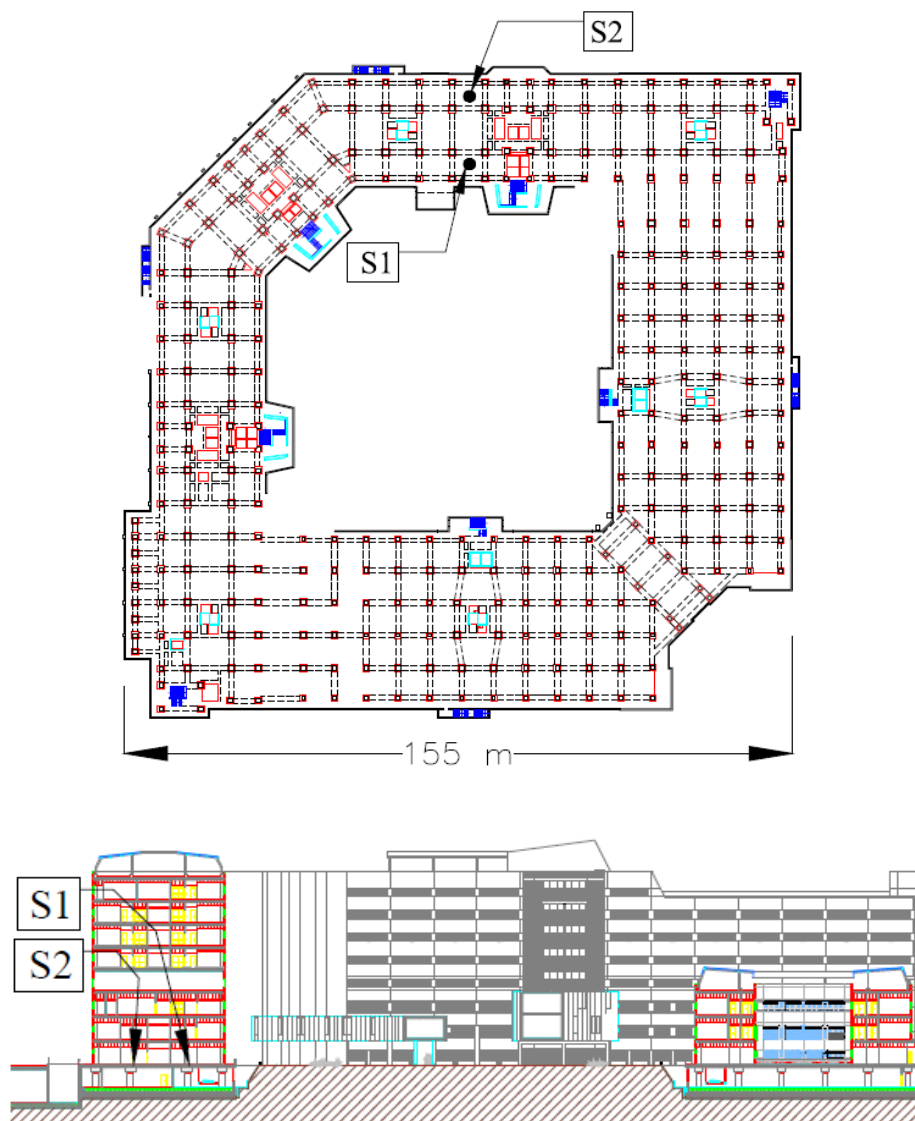
В қосымшасы
(ақпараттық)

Темір бетон қабырға панелдерінің температура өзгерістерінің санақ талдауы

Желілі температура өзгерістері әсер ететін арматура салынған және алдын-ала күшейтілген темір бетон конструкцияларына талдау жасалды.

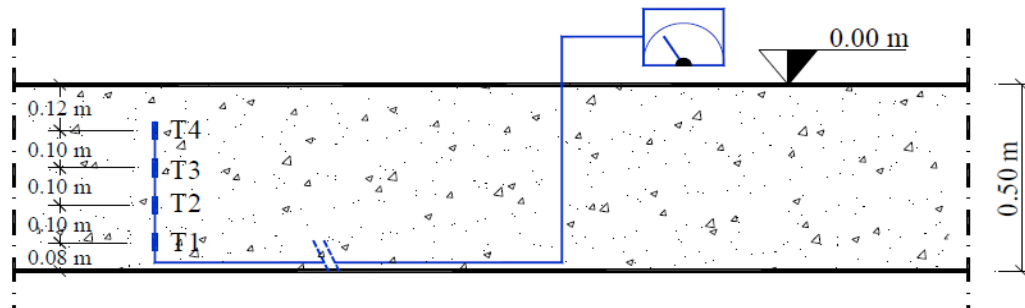
Тәжірибе өткізілетін ғимараттың темір бетон конструкцияларына талдау жасау үшін температуралық датчиктер қосылды(термобулар). Датчиктер жеке ғимараттың тақтасына жер деңгейінде орналастырылды.

(В.1 суреті).



В.1 суреті – Ғимараттың термобулар орналасқан тұсы көрсетілген жоспары мен қиындысы

Тақтаның екі көлденең қимасында температурамониторингі жасалды (S_1 және S_2), жалпыалғанда J-түрлісегізтермобуларалынды (бетонға жалғауға жарамды), олар тақтаның төрт түрлі тереңдігіне орналастырылды (B2 суреті); сондай-ақ мағлұматтар алу және жинау үшін екі құрал орналастырылды.



B.2 суреті – Тақтаның түрлі тереңдігіне орналастырылған термобулар

B.3 Суретінде мысал ретінде бір күн бойындағы S_1 және S_2 көлденең тақта қималары бойынша (шаршы маркер) температура көріністері берілген. Әртүрлі түстер әртүрлі уақыттағы өлшемдерді көрсетеді. Осы суретте әр өлшеу кезі бойынша сыртқы ауа температурасы көрсетілген/пунктирлі сызық/.

Мына таңдалып алынған тіркелген температура көрсеткіштері бойынша толық санақ талдауы өткізілді:

- 00.00 мен 01.30 аралығында тәуліктің ерте уақытында өткізілген бірінші өлшеу.
- 06.30 мен 08.00 аралығында өткізілген төртінші өлшеу.
- 12.30 мен 14.00 аралығында өткізілген жетінші өлшеу.
- 18.30 мен 20.00 аралығында кешке қарай өткізілген оныншы өлшеу.

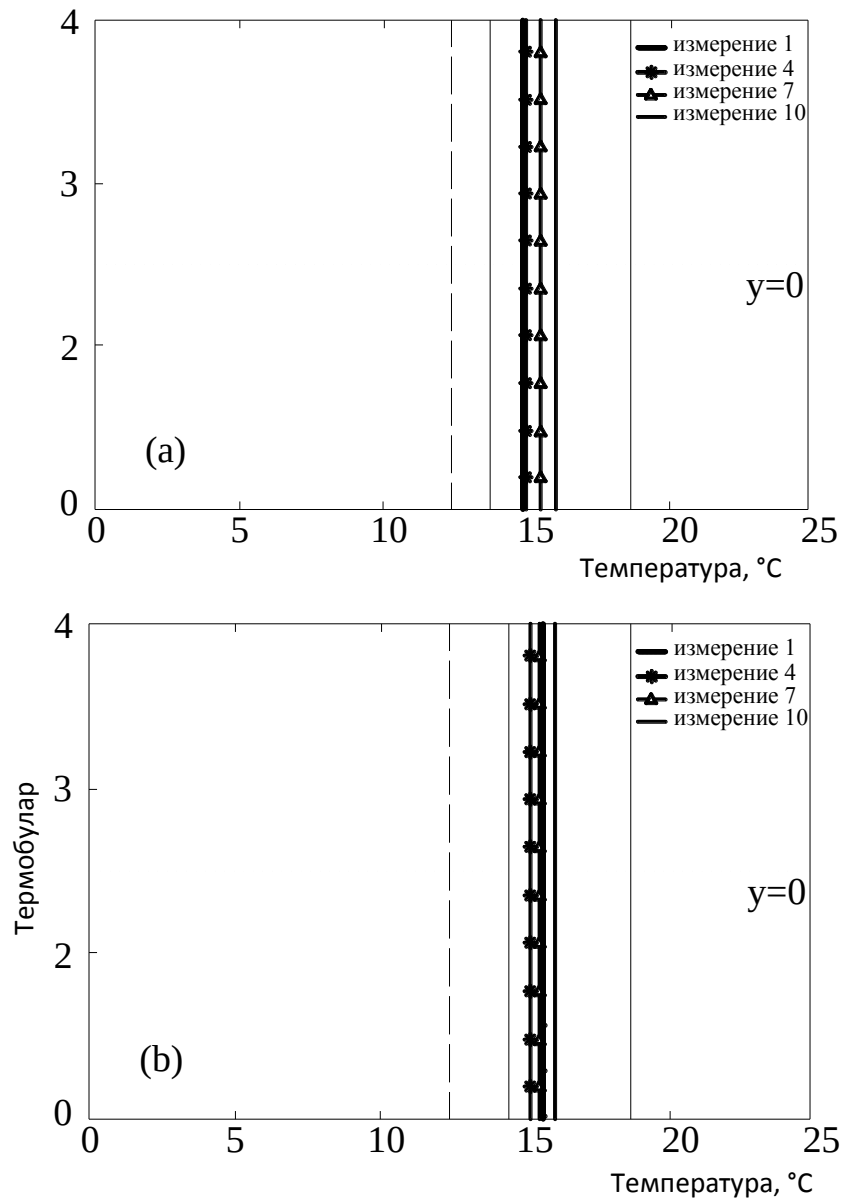
Әрі қарай тәжірибе мағлұматтары бойынша регрессия сызықтары алынды (тұтас сызықтар) B.1 формуласы.

$$t(y)=t_0+by \quad (C.1)$$

B.1 формуласы бойынша y ортақ көлденең талшық координатасы және $y=0$ болса барицентрлік талшық координатасы болып табылады. t_0 (барицентрлік талшық температурасы) және b (регрессия сызығының иілу бұрышы) ең төмен квадрат әдісі бойынша есептелді(B.1 кестесі).

B.1 кестесінде көрсетілгендей b параметрі 0-ге максималды жақындаған және бірінші және төртінші датчик арасындағы температура көрсеткішіндегі айырмашылық $\Delta T_{4-1,reg}$, регрессия сызығы бағасы бойынша есептелген, бұл айырмашылық әрқашан аз. Осы себептен температуралық әсер конструктивтік элемент ішіндегі температураның біркелкі өзгеруіне алып келеді деп болжауға болады.

Жыл бойы өткізілген талдау нәтижесі №1 қима үшін де, №2 қима үшін де конструктивтік элементтің нақты температура көрсеткіші біркелкі таралуға жақындайды.



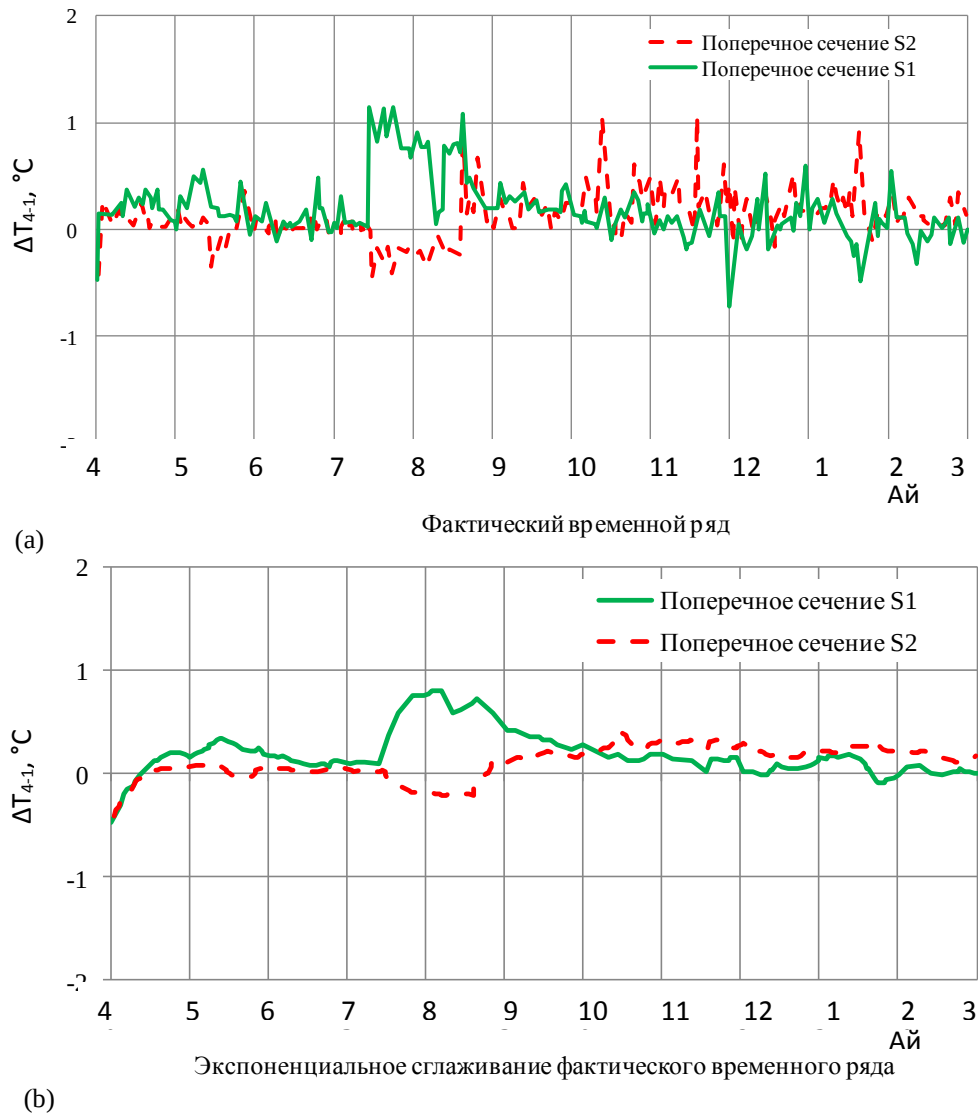
Измерение- өлшем

**В.3 сурет – Тактаның температура көрсеткіші үлгісі
(бір күн бойы)**

В.1 кестесі – В3 суретінде берілген мағлұматтардың тіркеу параметрлері

Өлшемі	№1 көлденең қима			№2 көлденең қима		
	t_0	b	$\Delta T_{4-1,reg}$	t_0	b	$\Delta T_{4-1,reg}$
	[°C]	[°C/см]	[°C]	[°C]	[°C/см]	[°C]
1-і	15,34	0,004	0,12	15,27	-0,0006	-0,02
4-і	15,06	0,004	0,12	14,95	-0,0027	-0,08
7-і	15,04	-0,004	-0,12	14,93	0,006	0,02
10-ы	15,88	-0,003	-0,08	15,84	0	0

Осы нәтижені дәлелдеу үшін В.4а Суретінде бірінші және төртінші датчиктер $\Delta T_{4-1,reg}$ арасындағы температура айырмашылығының өзгеру бағыты (екі көлденең қима бойынша) көрсетілген. Берілген тұрақсыз құрамның азаюына қарай уақыт қатары экспоненциалды түрде тегістеледі. В.2 кестесінде осы мәндердің санақ параметрлері берілген.



Поперечное сечение –көлденең қима

Фактический временной ряд –Нақты мезгіл қатары

Экспоненциальное сглаживание фактического временного ряда –Нақты мезгіл қатарын экспоненциалды реттеу

В.4 суреті – Қарастырылып отырған екі көлденең қиманың максималды температура градиенттері

$|\Delta T_{4-1}| < 1.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ нәтижесі тақтадағы температура біркелкі таралуының қарастырылуының қажеттілігін дәлелдейді.

В.2 кесте – ΔT_{4-1} санақ мағлұматтары

Қима	Минимум, $^{\circ}\text{C}$	Максимум, $^{\circ}\text{C}$	орта, $^{\circ}\text{C}$	Орташа кв.ауытқу, $^{\circ}\text{C}$
№1 көлденең қима	-0,73	1,37	0,21	0,30
№2 көлденең қима	-0,46	1,12	0,13	0,22

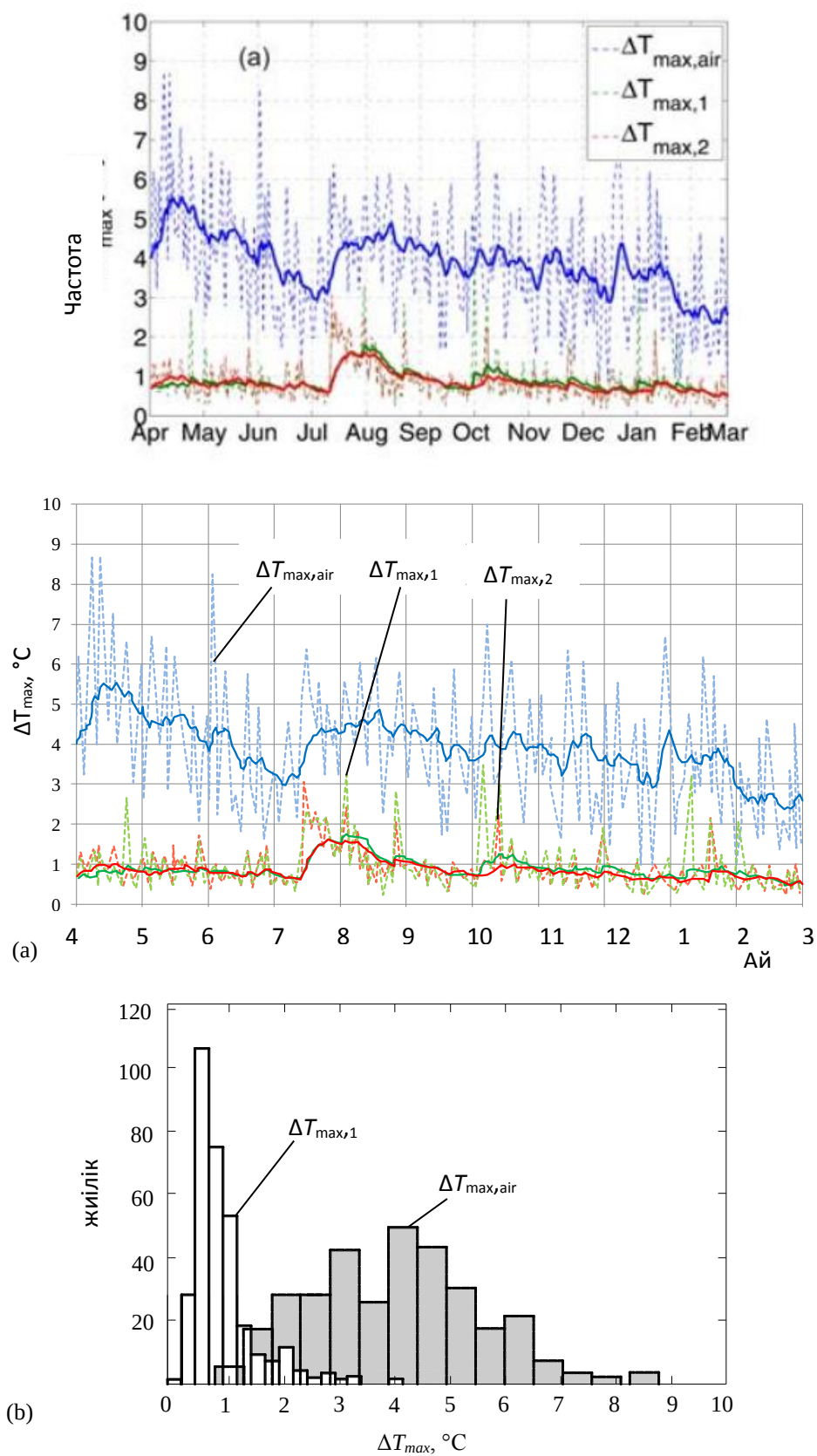
В.5а Суретінде күні бойы өлшеу арқылы максималды және минималды температура айырмашылығын есептеу жолымен сыртқы температураның ($\Delta T_{\max, \text{air}}$) максималды күндізгі өзгеру бағыты көрсетілген. Осы суретте әр қима бойынша ($\Delta T_{\max, 1}$ и $\Delta T_{\max, 2}$) бетон конструкциясында болатын максималды температура өзгерісі көрсетілген. В.5б суретінде осы таралу $\Delta T_{\max, \text{air}}$ и $\Delta T_{\max}$ көрсетілген, диаграмма түрінде ($\Delta T_{\max 1}$ және $\Delta T_{\max, 2}$ айырмашылықтары үлкен емес). Бұл жағдайда да қысқа уақытты максимум әсерінің азаю реті экспоненциалды тегіс. В3 кестесінде мәндердің санақ параметрлері берілген.

В.3 кесте – $\Delta T_{\max}$ санақ мағлұматтары

Қима	Минимум, $^{\circ}\text{C}$	Максимум, $^{\circ}\text{C}$	орта, $^{\circ}\text{C}$	Орташа кв.ауытқу, $^{\circ}\text{C}$
Ауа температурасы	0,87	8,74	3,86	1,46
№1 көлденең қима	0,12	4,03	0,88	0,55
№2 көлденең қима	0,18	3,06	0,84	0,44

В.6а Суретінде ауаның күндізгі орташа температурасы өзгеру бағыты $\Delta T_{\text{ave, air}}$, көрсетілген, сондай-ақ екі қима бойынша күндізгі орташа температура өзгеру бағыты ($T_{\text{ave, 1}}$ және $T_{\text{ave, 2}}$) берілген. В.6б Суретінде бетон тақтаның орта температурасы мен сыртқы ауаның температурасы (№1 көлденең қима бойынша) арасындағы эмпирикалық өзара байланыс (регрессия сызығы) көрсетілген. В.4 Кестесінде осы мәндер бойынша санақ мағлұматтары берілген.

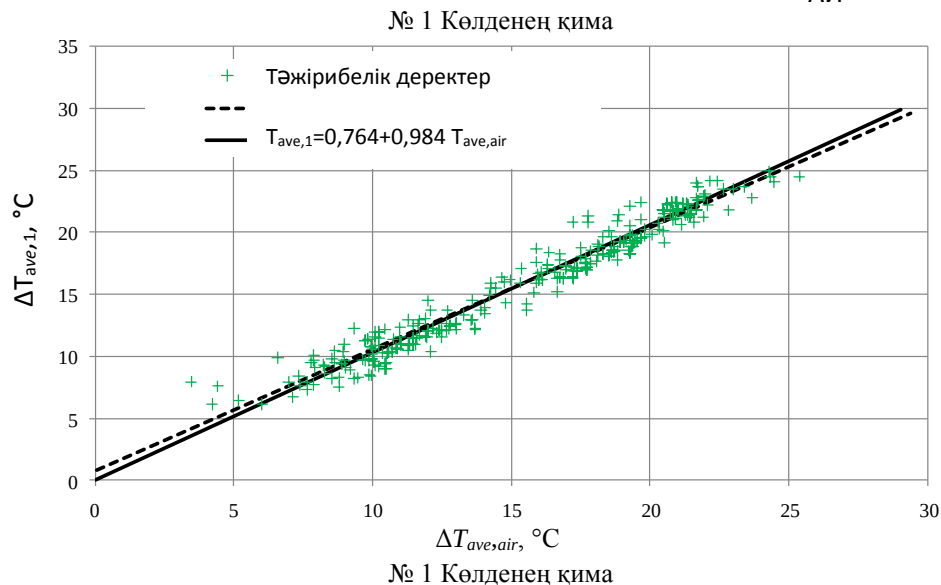
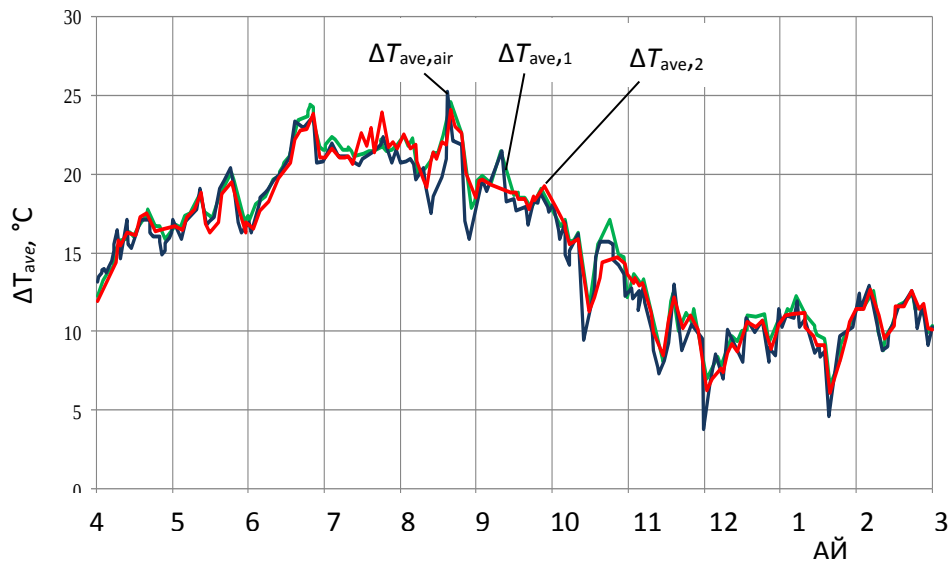
В.5 Суретіндегі диаграммада сыртқы ауа температурасының күндізгі өзгерістері 5-6 $^{\circ}\text{C}$ интервалында өтетіні көрсетілген, ал бетонның өзгерістері 1,5-2 $^{\circ}\text{C}$, бұл материалдың жақсы температуралық инерциялылығын көрсетеді.



В.5 суреті – Максималды күндізгі температура градиенттері (а); мәндердің таралуын көрсететін сәйкес гистограммалар (б)

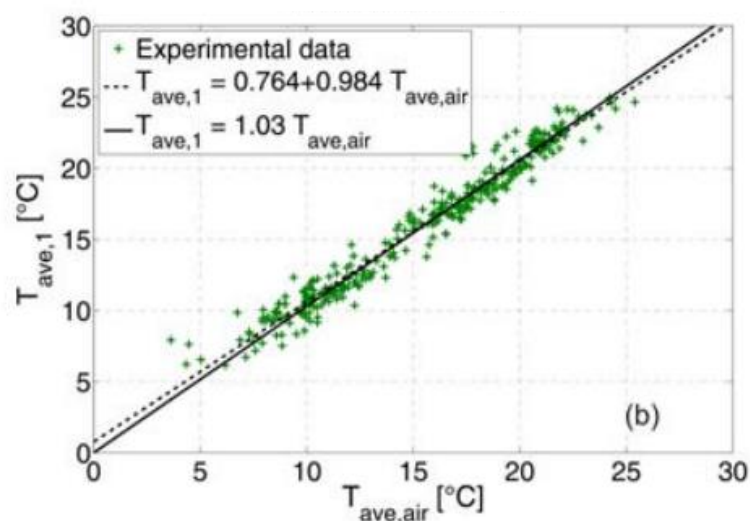
Байқауға болатындай бетонның орташа температурасы сыртқы ауа орташа температурасымен түзеледі, корреляция коэффициенті бірге жуық болады, яғни желілі регрессия нәтижесінде датчиктерде жазылған тақтаның орта температурасы мен сыртқы ауа температурасы арасында сәйкестік туындайды.

Бетонның ішкі температурасы туралы зерттеулер және арнайы білімдер болмаған себептен белгілі бір учаскедегі ғимараттар мен құрылыстарға жылу әсері температураның максималды ауытқуын қолдана отырып бағалана алады (метеорологиялық зерттеулерден мағлұматтарды оңай алуға болады).





№ 1көлденең қимасы



В.6 суреті – Күндізгі орташа температураның өзгеруі (а),
 $T_{ave,1}$ и $T_{ave,air}$ (б) арасындағы корреляция

В.4 кесте – T_{ave} бойынша санақ мағлұматтары

Қима	Минимум, °C	Максимум, °C	Орташа, °C	Вариация коэффициенті
Ауа температурасы	3,63	25,4	15,31	0,31
S1Көлденең қима	6,15	24,97	15,83	0,30
S2Көлденең қима	6,01	24,6	15,55	-0,31

Осылайша, тәжірибе нәтижелері ҚР ҚН EN 1991-1-5:2003/2011 көрсетілгендей баяндалған ақпараттың дұрыстығын дәлелдейді, жеке конструктивтік элементтерге температура таралуы біркелкі таралуға жақын болып келеді. Сонымен қатар тәжірибе қорытындылары бетон үшін жазғы орташа максимум температура мен қысқы орташа минимум температура арасындағы айырмашылық ҚР ҚН EN 1991-1-5:2003/2011 берілген ΔT_u , мәніне қарағанда төмен.

50 жылдық уақыт кезеңін есепке ала отырып температура өзгерісі сандық жолмен есептеле алады. Бір жағынан өзгеріс біртіндеп азаяды, өйткені ғимараттар мен құрылыстар құрылыс жүру кезінде ғана қорғалмайды. Көпірлерге келсек, мұнда жағдай басқаша, бетон қосымша қорғаныс қажет етпейді.

Бетонның температурасы туралы зерттеулер және арнайы білімдер болмағандықтан ғимараттар мен құрылыстарға жылу әсері температураның максималды ауытқуын қолдана отырып бағалана алады, метеорологиялық зерттеулерден мағлұматтарды оңай алуға болады.

Басқа жағдайда уақыт кезеңін таңдау мәселесі ашық түрінде қалады. Конструкция қорғалған болса /яғни жылу сақтау қамтамасыз етілсе/ бетон температурасынның өзгеруі төменірек болады. Осы себептен, көпірлер үшін сол уақыт кезеңін ескеру қажет болып табылмайды.

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] СН РК EN 1990:2002+A1:2005/2011 Күш түсетін конструкциялардың негізгі жобалау.
- [2] Froli M., Hariga N., Nati G., Orlandini M. (1996). *Longitudinal Thermal Behavior of a Concrete Box Girder Bridge in Italy*. Structural Engineering International, 4, pp. 237-242.
- [3] Barsotti, R., Froli, M., (2000). *Statistical Analysis of Thermal Actions on a Concrete Segmental box-Girder Bridge*, Structural Engineering International, 2, pp. 111-115.
- [4] CS.LL.PP. (2008). *DM 14 Gennaio, Norme tecniche per le costruzioni*. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana 29 (in Italian)
- [5] CS.LL.PP. (2009). *Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche delle costruzioni*. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana 47 (in Italian).
- [6] Cryer, J. D., Chan, K. (2008). *Time Series Analysis (With Applications in R)*. 2nd ed. Springer Texts in Statistics, 491 pp.

ӘӨЖ 624.042.5

МСЖ 91.080

Негізгі сөздер: ғимарат пен құрылыс, температуралық әсерлер, әсерлер комбинациялары, есеп жағдаяты, сыртқы ауаның температурасы, сыртқы қорғайтын конструкциялар, температураның таралуы

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	IV
1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ.....	1
2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ.....	1
3 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	3
4 ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ.....	7
5 КЛАССИФИКАЦИЯ ВОЗДЕЙСТВИЙ	10
6 РАСЧЕТНЫЕ СИТУАЦИИ	14
7 ОПИСАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЙ.....	15
8 ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ЗДАНИЯХ.....	16
8.1 Общие положения.....	16
8.2 Определение температуры.....	16
8.3 Определение температурных профилей.....	17
8.4 Распределение температуры (температурные профили) в зданиях и других сооружениях.....	19
8.5 Сопротивление тепловосприятию и теплоотдаче поверхности.....	22
9 ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В МОСТАХ.....	33
9.1 Пролетные строения мостов.....	33
9.2 Составляющая равномерно распределенной температуры.....	34
9.3 Температура наружного воздуха.....	37
9.4 Диапазон изменения равномерно распределенной температуры мостов.....	40
9.5 Диапазон изменения неравномерно распределенной температуры мостов.....	42
9.6 Составляющие линейного температурного перепада по вертикали (метод 1).....	43
9.7 Вертикальные составляющие температуры при нелинейном распределении (метод 2).....	46
9.8 Горизонтально составляющие.....	54
9.9 Температурный перепад в стенах бетонных балок коробчатого сечения.....	54
9.10 Одновременный учет составляющих равномерно распределенной температуры и температурного перепада.....	54
9.11 Перепады в конструктивных элементах с различными составляющими равномерно распределенной температуры.....	55
9.12 Промежуточные опоры моста.....	55
10 ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ДЫМОВЫХ ТРУБАХ, ТРУБОПРОВОДАХ, СИЛОСНЫХ БАШНЯХ, РЕЗЕРВУАРАХ И ГРАДИРНЯХ.....	74
10.1 Составляющие температуры наружного воздуха.....	74
10.2 Протекающие газы, горячие жидкости и горячие материалы.....	75
10.3 Температура конструктивного элемента.....	75
10.4 Учет составляющих температуры.....	75
10.5 Определение составляющих температуры.....	75
10.6 Значения составляющих температуры.....	87
10.7 Одновременный учет составляющих температуры.....	88
Приложение А (информационное) Значения показателей теплотехнических свойств строительных материалов.....	118
Приложение Б (информационное) Климатические параметры холодного и теплого периода года, высотные отметки.....	122
Приложение В (информационное) Статистический анализ температурных изменений для железобетонных стеновых панелей.....	124
БИБЛИОГРАФИЯ.....	132

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее нормативно-техническое пособие «Температурные воздействия» разработано в развитие положений СН РК EN 1991-1-5:2003/2011 «Воздействия на несущие конструкции. Часть 1-5. Общие воздействия. Температурные воздействия».

Целью разработки Пособия является оказание помощи пользователям в практическом освоении методики СН РК EN 1991-1-5:2003/2011 для установления расчетных ситуаций, а также правил определения и применения:

- требований по оценке температурных воздействий на конструкции, здания и сооружения СН РК EN 1991-1-5:2003/2011;

- положений, развивающих требования, приведенные в СН РК EN 1991-1-5:2003/2011, включая примеры расчета температурных воздействий в зданиях, определение температурных профилей с учетом национальных климатических характеристик и свойств строительных материалов;

- дополнительных требований по расчету температурных изменений в мостах при различных типах пролетных строений; а также требований, касающиеся температурных изменений в промышленных дымовых трубах, трубопроводах, резервуарах, градирнях и силосных башнях.

В Пособии приведены альтернативные методы расчета температурных воздействий, не противоречащие положениям вводимого норматива СН РК EN 1991-1-5:2003/2011, при обеспечении соответствующих этому нормативному документу требований по надежности и устойчивости конструкций.

В справочных (информационных) Приложениях приведены вспомогательные таблицы и материалы, необходимые для использования в расчетах температурных воздействий на элементы несущих конструкций зданий и сооружений.

Положения настоящего нормативно-технического пособия взаимосвязаны с требованиями действующих нормативных документов (по состоянию на 2013 год):

- СН РК EN 1990:2002+A1:2005/2011 Основы строительного проектирования;

- СН РК EN 1991-4:2006/2011 Воздействия на конструкции. Часть 4. Бункеры и резервуары;

- СН РК EN 1991-1-6:2005/2011 Воздействия на конструкции. Часть 1-6. Общие воздействия. Воздействия при производстве строительных работ.

- СТ РК ISO 3898-2008 Основные положения проектирования конструкций. Условные обозначения. Основные символы.

Настоящее нормативно-техническое Пособие предназначено для применения:

- застройщиками (при формулировании конкретных требований к уровням безопасности),

- проектировщиками и конструкторами;

- органами строительного надзора и заказчиками.

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

ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НЕСУЩИЕ КОНСТРУКЦИИ. ЧАСТЬ 1-5. ОБЩИЕ
ВОЗДЕЙСТВИЯ. ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

INFLUENCES ON BEARING KONTSRUKTSY. CHAST 1-5. GENERAL
INFLUENCES. TEMPERATURE INFLUENCES

Дата введения 2015-07-01

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.1 Нормативно-техническое Пособие к СН РК EN 1991-1-5:2003/2011 «Воздействия на несущие конструкции. Часть 1-5. Общие воздействия. Температурные воздействия» (далее – Пособие) разработано в соответствии с положениями СН РК EN 1991-1-5:2003/2011 и распространяется на оценку температурных воздействий на здания, сооружения, мосты, промышленные дымовые трубы, трубопроводы, силосные башни, резервуары, градирни и другие конструкции, включая их отдельные элементы. Пособие развивает и дополняет требования к температурным воздействиям на элементы конструкций и устанавливает их характеристические значения, которые применяются для определения расчетных параметров конструкций, подвергаемых суточным и годовым колебаниям температуры.

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):

СТ РК EN 13084-1:2011 Трубы дымовые свободностоящие. Часть 1. Общие требования.

СТ РК EN 13084-2:2011 Трубы дымовые свободностоящие. Часть 2. Бетонные трубы.

СТ РК EN 13084-4:2011 Трубы дымовые свободностоящие. Часть 4. Трубы с внутренней кирпичной кладкой. Проектирование и монтаж.

СТ РК EN 13084-5:2011 Трубы дымовые свободностоящие. Часть 5. Трубы дымовые свободностоящие. Часть 5. Материалы для кирпичной кладки внутренних труб. Технические условия на продукцию.

СТ РК EN 13084-6:2011 Трубы дымовые свободностоящие. Часть 6. Стальные внутренние трубы. Проектирование и монтаж.

Издание официальное

НТП РК 01-01-5.1-2013

СН РК EN 1991-1-5:2003/2011 Воздействия на несущие конструкции. Часть 1-5. Общие воздействия. Температурные воздействия.

СН РК EN 1991-4:2006/2011 Воздействия на конструкции. Часть 4. Бункеры и резервуары.

СН РК EN 1990:2002+A1:2005/2011 Основы строительного проектирования.

СН РК EN 1991-1-1:2002/2011. Воздействия на несущие конструкции. Часть 1-1. Общие воздействия. Собственный вес, постоянные и приложенные нагрузки.

СН РК EN 1991-1-6:2005/2011 Воздействия на несущие конструкции. Часть 1-6. Общие воздействия. Воздействия при производстве строительных работ.

EN 572-1:2012 Стекло в строительстве. Основные изделия из натриево-кальциевого силикатного стекла. Часть 1. Определения и общие физические и механические свойства.

EN 1748-1-1:2004 Стекло в строительстве. Специальные основные изделия. Боросиликатное стекло. Часть 1-1. Определения и общие физические и механические свойства.

EN 1748-2-1:2004 Стекло в строительстве. Специальные основные изделия. Стеклокерамика. Часть 2-1. Определения и общие физические и механические свойства.

EN 14178-1:2005 Стекло строительное. Изделия из основного щелочноземельного силикатного стекла. Часть 1. Термополированное стекло.

EN ISO 6946 Конструкции ограждающие строительные и их элементы. Термическое сопротивление и сопротивление теплопередаче. Методики расчетов.

EN ISO 13370 Теплопроизводительность зданий. Теплообмен через землю. Методы расчета.

СТ РК ISO 2394-2008 Общие принципы надежности конструкций.

СТ РК ISO 3898-2008 Основы проектирования конструкций. Условные обозначения. Общие символы.

СТ РК ISO 8930-2008 Общие принципы надежности конструкций. Перечень эквивалентных терминов.

DIN 1025-2:1995 Профили двутавровые широкие рядов IPB и IB из горячекатаной стали.

DIN 1025-5:1994 Профили двутавровые средней ширины ряда IPE из горячекатаной стали. Размеры, масса, статические величины.

ПРИМЕЧАНИЕ При пользовании настоящими строительными нормами целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и нормативных документов по ежегодно издаваемым информационным указателям «Указатель нормативных документов по стандартизации Республики Казахстан», «Указатель межгосударственных нормативных документов по стандартизации», «Перечень нормативных правовых и нормативно-технических актов в сфере архитектуры, градостроительства и строительства, действующих на территории Республики Казахстан» по состоянию на текущий год. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящими нормами следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В Пособии применяются следующие термины и соответствующие определения.

3.1 Тип здания или инженерного сооружения (type of building or civil engineering works): определяется исходя из функционального назначения здания или сооружения, например, жилой дом, подпорная стена, промышленное здание, дорожный мост.

3.2 Воздействие (F) (action (F)):

- а) группа сил (нагрузок), действующих на сооружение (прямое воздействие);
- б) группа приложенных деформаций или колебаний, вызванных изменением температуры или влажности, неравномерной осадкой оснований или землетрясением (косвенное воздействие).

3.3 Эффект воздействий (E) (effect of action (E)): результат воздействия на элементы конструкции (например, внутренние силы, моменты, напряжения, деформации) или реакции всего сооружения (например, прогибы, повороты), вызванные воздействиями.

3.4 Постоянное воздействие (G) (permanent action (G)): воздействие в течение всего срока эксплуатации, временное изменение величины которого, по сравнению со средним значением, незначительно, или воздействие, изменение которого до достижения определенного предельного значения происходит всегда монотонно и в одном направлении.

3.5 Переменное воздействие (Q) (variable action (Q)): воздействие, для которого изменение его величины во времени не является ни незначительным и ни монотонным.

3.6 Аварийное воздействие (A) (accidental action (A)): воздействие, как правило, кратковременное, но значительной величины, имеющее небольшую вероятность возникновения в течение расчетного срока эксплуатации сооружения.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Аварийное воздействие может иметь тяжелые последствия, если не принимать соответствующих мер.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Ударные, снеговые, ветровые и сейсмические воздействия могут быть переменными или аварийными, в зависимости от имеющейся информации относительно их статистических распределений.

3.7 Фиксированное воздействие (fixed action): воздействие, которое имеет постоянное распределение и положение по отношению к конструкции или конструктивному элементу, в результате чего величина и направление этого воздействия однозначно определяются для конструкции или конструктивного элемента, если его величина и направление определены для одной точки конструкции или конструктивного элемента.

3.8 Свободное воздействие (free action): воздействие, которое может иметь различные пространственные распределения по отношению к конструкции.

3.9 Отдельное воздействие (single action): воздействие, являющееся статистически независимым во времени и пространстве от любого другого воздействия на конструкцию.

3.10 Статическое воздействие (static action): воздействие, не вызывающее существенных колебаний конструкции или конструктивного элемента.

3.11 Динамическое воздействие (dynamic action): воздействие, вызывающее существенные колебания конструкции или конструктивного элемента.

3.12 Квазистатическое воздействие (quasi-static action): динамическое воздействие, выраженное в расчете как эквивалентное статическое воздействие.

3.13 Характеристическое значение воздействия (F_k) (characteristic value of an action (F_k)): определяющее репрезентативное значение воздействия.

ПРИМЕЧАНИЕ Если характеристическое значение может быть установлено статистически, то его определяют с заданной вероятностью, при которой в течение «референтного периода времени» не произойдет превышения данного значения; при этом учитываются расчетный срок эксплуатации сооружения и продолжительность расчетной ситуации.

3.14 [1.5.1] Температурные воздействия (thermal actions): воздействия на конструктивный элемент, которые появляются вследствие изменений температурных полей в течение определенного периода времени.

3.15 Референтный период времени (reference period): установленный интервал времени для статистической оценки переменных и, если возможно, для аварийных воздействий.

3.16 Комбинационное значение переменного воздействия ($\psi_0 Q_k$) (combination value of a variable action ($\psi_0 Q_k$)): значение переменного воздействия, выбранное по возможности, на статистической основе таким образом, чтобы вероятность превышения эффектов, вызванных комбинацией воздействий, была примерно такой же, как и вероятность превышения характеристического значения отдельного воздействия.

ПРИМЕЧАНИЕ Комбинационное значение представляет собой часть характеристического значения переменного воздействия и может быть определено умножением характеристического значения на коэффициент $\psi_0 \leq 1$.

3.17 Частое значение переменного воздействия ($\psi_1 Q_k$) (frequent value of a variable action ($\psi_1 Q_k$)): значение переменного воздействия, выбранное по возможности, на статистической основе таким образом, чтобы либо суммарное время его действия в пределах референтного периода, когда это значение превышает, являлось малой частью референтного периода, либо частота этих превышений ограничивалась заданным значением.

ПРИМЕЧАНИЕ Частое значение представляет собой часть характеристического значения переменного воздействия и может быть определено умножением характеристического значения на коэффициент $\psi_1 \leq 1$.

3.18 Квазипостоянное значение переменного воздействия ($\psi_2 Q_k$) (quasipermanent value of a variable action ($\psi_2 Q_k$)): значение переменного воздействия, определенное с учетом того, что суммарный промежуток времени, в течение которого оно будет превышено, составляет большую часть референтного периода времени.

ПРИМЕЧАНИЕ Квазипостоянное значение представляет собой часть характеристического значения переменного воздействия и может быть определено умножением характеристического значения на коэффициент $\psi_2 \leq 1$.

3.19 Значение сопутствующего переменного воздействия (ψQ_k) (accompanying value of a variable action (ψQ_k)): значение переменного воздействия, которое сопровождает доминирующее воздействие в комбинации воздействий.

ПРИМЕЧАНИЕ Значением сопутствующего переменного воздействия может быть его комбинационное, частое или квазипостоянное значение.

3.20 Репрезентативное значение воздействия (F_{rep}) (representative value of an action (F_{rep})): значение, применяемое при расчете по предельным состояниям.

ПРИМЕЧАНИЕ В качестве репрезентативного значения могут быть приняты характеристическое значение (F_k) или сопутствующее значение (ψF_k).

3.21 Расчетное значение воздействия (F_d) (design value of an action (F_d)): значение воздействия, полученное умножением репрезентативного значения на частный коэффициент γ .

ПРИМЕЧАНИЕ Расчетное значение воздействия может также определяться как произведение репрезентативного значения и частного коэффициента $\gamma_F = \gamma_{sd} \times \gamma_f$.

3.22 Комбинации воздействий (combination of actions): совокупность расчетных значений воздействий, используемых при проверке надежности сооружения по некоторым предельным состояниям при одновременном действии различных воздействий.

3.23 Расчетные ситуации (design situations): совокупность физических условий, моделирующих реальные условия, встречающиеся в определенном интервале времени, для которого расчеты должны показать, что соответствующие предельные состояния не превышены.

3.24 Переходная расчетная ситуация (transient design situation): ситуация, реализующаяся в течение интервала времени, существенно меньшего по продолжительности, чем период эксплуатации сооружения и имеющая высокую вероятность проявления.

ПРИМЕЧАНИЕ Переходная расчетная ситуация относится к временным условиям эксплуатации или воздействия на несущую конструкцию, например, во время строительства или во время проведения ремонта.

3.25 Постоянная расчетная ситуация (persistent design situation): ситуация, являющаяся определяющей в течение всего периода эксплуатации сооружения.

ПРИМЕЧАНИЕ Обычно указанная расчетная ситуация относится к нормальным условиям эксплуатации.

3.26 Аварийная расчетная ситуация (accidental design situation): ситуация, учитывающая особые для сооружения условия или воздействия, например, пожар, взрыв, удар или местное разрушение.

3.27 [1.5.2] **Температура воздуха в тени** (shade air temperature): температура, измеряемая термометром, помещенным в деревянное сооружение белого цвета с жалюзи для свободного доступа воздуха к приборам.

3.28 [1.5.3] **Максимальная температура воздуха в тени** $T_{\max}$ (maximum shade air temperature): значение максимальной температуры наружного воздуха с годовой вероятностью превышения 0,02 (соответствует периоду повторяемости 50 лет).

3.29 [1.5.4] **Минимальная температура воздуха в тени** $T_{\min}$ (minimum shade air temperature): значение минимальной температуры наружного воздуха с годовой вероятностью превышения 0,02 (соответствует периоду повторяемости 50 лет).

3.29 [1.5.5] **Начальная температура** T_0 (initial temperature): температура, соответствующая замыканию конструкции или ее части в законченную систему.

3.30 [1.5.6] **Наружные ограждающие конструкции** (cladding): элемент здания, образующий устойчивую к климатическим воздействиям оболочку. В общем случае, наружные ограждающие конструкции воспринимают только собственный вес и/или воздействия ветра.

3.31 [1.5.7] **Составляющая равномерно распределенной температуры** (uniform temperature component): температура, равномерно распределенная по всему сечению, которая вызывает удлинение или укорочение конструктивного элемента или самой конструкции (для мостов ее нередко определяют как «эффективная температура»).

3.32 [1.5.8] **Составляющая температурного перепада** (temperature difference component): часть распределенной в конструктивном элементе температуры, которая представляет разность температур между внешней стороной элемента конструкции и любой точкой, расположенной внутри элемента.

3.33 **Термически однородный слой** (thermally homogeneous layer): слой материала постоянной толщины, у которого в любой точке термические свойства одинаковы.

3.34 **Расчетная теплопроводность** (desing thermal conductivity): значение теплопроводности строительного материала или изделия, полученное при расчетных условиях, которое может быть рассмотрено как нормируемое для данного материала или изделия, являющегося частью строительной конструкции.

3.35 **Расчетное термическое сопротивление** (desing thermal resistance): значение термического сопротивления строительного изделия, полученное при расчетных условиях, которое может быть рассмотрено как нормируемое для данного изделия, являющегося частью строительной конструкции.

3.36 **Ветровой щит** (wind shield): несущая оболочка, предназначенная для восприятия нагрузок и защиты дымохода от ветровых воздействий.

ПРИМЕЧАНИЕ Может выполнять функции дымохода.

3.37 **Облицовка** (liner): несущая мембрана системы футеровки.

3.38 **Система футеровки** (lining system): вся система, если таковая имеется, которая отделяет дымовые газы от ветрового щита. Включает в себя облицовку с опорами, зазор между облицовкой и ветровым щитом и изоляцию, при ее наличии.

3.39 **Эффективная высота дымовой трубы** (effective chimney height): высота, до которой поднимается факел дыма до уровня земли. Определяется как сумма геометрической высоты дымовой трубы и высоты подъема струи за счет динамического напора в устье трубы и разности удельных весов воздуха и дымовых газов.

4 ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В Пособии приняты следующие обозначения:

Прописные буквы латинского алфавита

A	– поперечное сечение трубы в свету, по которой транспортируются дымовые газы;
A_0	– номинальное значение площади поперечного сечения дымовой трубы в свету;
A_c	– поправочный параметр теплопередачи;
A_M	– площадь поперечного сечения трубы в свету, по которой транспортируются дымовые газы, у верха дымовой трубы;
B	– параметр объема;
C	– постоянная Сазерленда;
D	– диаметр дымовой трубы;
D_h	– внутренний гидравлический диаметр дымовой трубы;
D_{ha}	– гидравлический диаметр, относящийся к наружной поверхности ветрового щита;
$D_{h,n}$	– гидравлический диаметр, относящийся к внутренней стороне n-го слоя стеновой конструкции;
H	– эффективная высота дымовой трубы;
H_{ch}	– проектная высота дымовой трубы;
K	– коэффициент охлаждения;
K_{ch}	– параметр ширины канала;
M_i	– молярная масса i-го компонента смеси дымовых газов;
Nu	– критерий Нуссельта;
Pr	– критерий Прандтля;
R	– термическое сопротивление конструктивного элемента;
Re	– критерий Рейнольдса;
R_i	– газовая постоянная i-го компонента смеси дымовых газов;
R_{in}	– термическое сопротивление на внутренней поверхности;
R_L	– газовая постоянная воздуха;
R_{out}	– термическое сопротивление на внешней поверхности;
R_{sf}	– газовая постоянная дымовых газов;
S_H	– поправочный коэффициент, учитывающий неустойчивость температуры;
T	– фактическая температура смеси дымовых газов;
T_e	– температура дымовых газов у входа дымовых газов в дымовую трубу;
T_{hew}	– температура тепловыделяющей стенки дымовой трубы;
T_{ki}	– критическая температура i-го компонента смеси дымовых газов;
T_L	– температура атмосферного воздуха;
T_m	– средняя температура дымовых газов;

- $T_{\max}$ – максимальная температура наружного воздуха с годовой вероятностью превышения 0,02 (соответствует периоду повторяемости 50 лет);
- $T_{\min}$ – минимальная температура наружного воздуха с годовой вероятностью превышения 0,02 (соответствует периоду повторяемости 50 лет);
- $T_{\max,p}$ – максимальная температура наружного воздуха с годовой вероятностью превышения p (соответствует усредненному периоду повторяемости $1/p$);
- $T_{\min,p}$ – минимальная температура наружного воздуха с годовой вероятностью превышения p (соответствует усредненному периоду повторяемости $1/p$);
- $T_{e,\max}$ – максимальная составляющая равномерно распределенной температуры для мостов;
- $T_{e,\min}$ – минимальная составляющая равномерно распределенной температуры для мостов;
- T_0 – начальная температура конструктивного элемента, находящегося в условиях ограничения перемещений;
- T_{in} – температура внутреннего воздуха;
- T_{out} – температура наружного воздуха;
- $\Delta T_1, \Delta T_2, \Delta T_3, \Delta T_4$ – значения температурного перепада при нагреве (охлаждении);
- ΔT_{Base} – абсолютное значение перепада температур 2-х потоков дымовых газов;
- ΔT_{stuff} – линейный перепад температуры материала по окружности;
- T_{top} – температура дымовых газов у вершины дымовой трубы;
- ΔT_u – составляющая равномерно распределенной температуры;
- $\Delta T_{N,\text{exp}}$ – максимальное положительное изменение составляющей равномерно распределенной температуры для мостов ($T_{e,\max} \geq T_0$);
- $\Delta T_{N,\text{con}}$ – максимальное отрицательное изменение составляющей равномерно распределенной температуры для мостов ($T_0 \geq T_{e,\min}$);
- ΔT_N – общий диапазон колебаний составляющей равномерно распределенной температуры для мостов;
- ΔT_M – составляющая линейного температурного перепада;
- $\Delta T_{M,\text{heat}}$ – составляющая линейного температурного перепада (нагрев);
- $\Delta T_{M,\text{cool}}$ – составляющая линейного температурного перепада (охлаждение);
- ΔT_E – составляющая нелинейного температурного перепада;
- ΔT – сумма составляющих линейного и нелинейного температурных перепадов;
- ΔT_p – разность температуры между различными элементами конструкции, определяемая различными средними температурами этих элементов.
- $\Delta T(z)$ – перепад температур по высоте обсадной трубы;
- T_1 – температура 1-го потока дымовых газов;
- T_2 – температура 2-го потока дымовых газов;
- U – внутренняя окружность трубы, по которой транспортируются дымовые газы;
- X_i – массовая доля i -го компонента смеси дымовых газов;
- Y_i – объемная доля i -го компонента смеси дымовых газов.

Строчные буквы латинского алфавита

- a – длина поперечного сечения дымовой трубы (облицовки, изоляции, ветрового щита) с прямоугольным сечением;
- a₁ – длина большой полуоси поперечного сечения дымовой трубы (облицовки, изоляции, ветрового щита) с эллиптическим сечением;
- b – ширина поперечного сечения дымовой трубы (облицовки, изоляции, ветрового щита) с прямоугольным сечением;
- b₁ – длина малой полуоси поперечного сечения дымовой трубы (облицовки, изоляции, ветрового щита) с эллиптическим сечением;
- c_p – удельная теплоемкость дымовых газов;
- c_{pi} – удельная теплоемкость i-го компонента смеси дымовых газов;
- d_n – толщина закрытой воздушной прослойки в дымовой трубе;
- e – экспонента;
- f_g – номинальное значение минимальной скорости дымовых газов;
- g – ускорение свободного падения;
- h – высота сечения;
- k – коэффициент теплопередачи при фактических температурах материала;
- k₁, k₂, k₃, k₄ – коэффициенты для расчета максимальной (минимальной) температуры наружного воздуха с годовой вероятностью превышения p, отличающейся от 0,02;
- k_{sur} – коэффициент, учитывающий толщину мостового полотна при определении составляющей линейного температурного перепада;
- p – годовая вероятность превышения максимальной (минимальной) температуры наружного воздуха (соответствует среднему периоду повторяемости 1/p лет);
- m – массовый расход дымовых газов;
- p – годовая вероятность превышения максимальной (минимальной) температуры наружного воздуха (соответствует среднему периоду повторяемости 1/p лет);
- p_L – давление атмосферного воздуха;
- p_{L0} – давление атмосферного воздуха на уровне моря;
- r – шероховатость внутренней стенки трубы, по которой транспортируются дымовые газы;
- r₁ – радиус поперечного сечения дымовой трубы (облицовки, изоляции, ветрового щита) с круговым сечением;
- u, c – параметры вида и функции распределения годовых максимумов (минимумов) температуры наружного воздуха;
- w – диаметр дымовой трубы, по которой транспортируется второй поток дымовых газов;
- w_m – средняя скорость дымовых газов;
- w_{min} – минимальная скорость дымовых газов у верха дымовой трубы;
- w_{top} – скорость дымовых газов у верха дымовой трубы;
- w_{wind} – скорость ветра на уровне устья трубы;
- y – коэффициент формы дымовой трубы;
- z – высота над уровнем моря;
- z_{ch} – высота над верхним краем входного отверстия канала.

Прописные буквы греческого алфавита

α_a	– внешний коэффициент теплоотдачи для наружной поверхности ветрового щита;
α_i	– коэффициент теплоотдачи для внутренних поверхностей, контактирующих с дымовыми газами;
α_T	– коэффициент линейного температурного расширения ($1/^\circ\text{C}$);
$1/\Lambda$	– термостойкость;
η	– динамическая вязкость дымовых газов;
η_i	– динамическая вязкость i -го компонента смеси дымовых газов при фактической температуре;
η_{0i}	– динамическая вязкость i -го компонента смеси дымовых газов при температуре 0°C ;
λ	– коэффициент теплопроводности;
λ_a	– теплопроводность дымовых газов;
λ_n	– теплопроводность материала n -го слоя стеновой конструкции при рабочей температуре;
ρ_L	– плотность атмосферного воздуха;
ρ_m	– средняя плотность дымовых газов;
ψ	– коэффициент трения дымохода для гидравлически шероховатого потока;
ψ_{smooth}	– коэффициент трения дымохода для гидравлически гладкого потока;
ω_N	– понижающий коэффициент для составляющей равномерно распределенной температуры в сочетании с составляющей температурного перепада;
ω_M	– понижающий коэффициент для составляющей температурного перепада в сочетании с составляющей равномерно распределенной температуры.

5 КЛАССИФИКАЦИЯ ВОЗДЕЙСТВИЙ

5.1 Классификация воздействий, введенная в СН РК EN 1990:2002 (п.п.4.1.1(1)Р и 4.1.1(4)Р), обеспечивает основы моделирования воздействий и контроля надежности конструкции. Конечной задачей данной классификации являются идентификация и определение аналогичных и разнородных характеристик различного рода воздействий, а также возможность использования соответствующих теоретических моделей для описания воздействий и надежности конструкций при их проектировании. Полная модель описания влияния воздействий включает в себя целый ряд характеристик, таких как интенсивность воздействия, направление и продолжительность.

5.2 Классификация, введенная в п.п. 4.1.1(1)Р и 4.1.1(4)Р СН РК EN 1990:2002, учитывает следующие аспекты воздействий и влияния природной окружающей среды:

- временные факторы воздействия (постоянное или переменное воздействие);
- природу воздействия (прямое или косвенное воздействие);
- пространственные факторы воздействия (фиксированное стационарное или свободное воздействие);
- природу нагрузок и/или конструктивный отклик сооружения (статический и динамический).

5.3 Температурные воздействия следует классифицировать как переменные и косвенные воздействия. Таким образом, указанные воздействия рассматриваются как совокупность вынужденных деформаций или ускорений, вызванных изменениями температуры и влажности, а также воздействия, для которых отклонения во времени от среднего значения значительны и не являются монотонными.

5.4 При рассмотрении различий между прямыми и косвенными воздействиями представляется очевидным, что прямое воздействие является воздействием, непосредственно оказываемым на несущие конструкции, и его модель обычно определяется независимо от конструктивных свойств или реакции конструкции. Усадка железобетонных конструкций является примером непрямого (косвенного) воздействия: данное явление вызывает конструкционный эффект при сдвливании. Неравномерная осадка также рассматривается как не прямое (косвенное) воздействие (в общем случае это случайные непреднамеренные накладываемые деформации) по той причине, что оно приводит к возникновению нежелательных перегрузок в местах, где конструкция статически не определена: это означает, что последствия воздействия могут быть определены, только принимая во внимание реакцию конструкции. Накладываемые деформации могут рассматриваться как постоянное воздействие (например, неравномерная осадка опор) или временное воздействие (переменное) (например, при температурном воздействии). В общем случае, очевидно, что влияние окружающей среды вызывает зависящее от времени ухудшение характеристик материала и таким образом приводит к постепенному снижению надежности конструкций и сооружений.

5.5 Величина деформации, а также показатель напряжения, появляющиеся в результате температурного воздействия, зависят от геометрической формы элемента и физических свойств материалов, используемых при изготовлении конструкции. В случае если конструкция содержит материалы с различными значениями коэффициента теплового расширения, то в расчетах данные температурные эффекты необходимо учитывать.

5.6 Магнитуа теплового воздействия и ее распределение по единичным элементам конструкции является функцией многочисленных параметров. Существуют параметры, находящиеся в определенной связи с климатическими условиями, географическим расположением, а также сезонными изменениями температурных величин. Существуют некоторые случайные параметры, такие как, например, малые возмущения, которые оказывают воздействие на температуру воздуха и солнечное излучение, часто колеблющиеся в течение дня или иного, зачастую относительно непродолжительного временного промежутка. Кроме того, существуют параметры строго связанные со специфическими условиями эксплуатации зданий: наличие близлежащих зданий и сооружений, которые могут выступать как экраны, отражающие солнечную энергию; месторасположение здания; его общая масса (и последующая тепловая инерция); свойства отделочных материалов (т.е. степень поглощения солнечной энергии и тепловая изоляция); и характеристики систем отопления, кондиционирования и вентиляции.

5.7 Совокупность доступных статистических данных для наиболее распространенных временных воздействий позволяет оценить их характеристическую величину Q_k на основе вероятностного подхода. В некоторых случаях характеристическая

величина может являться номинальной величиной. Например, в большинстве европейских стран климатические данные доступны на период более, чем 40 последних лет, что позволяет провести, в частности научный анализ воздействия температуры на конструкции зданий и сооружений.

В том случае, когда существует возможность статистической обработки, характеристическая величина Q_k соответствует либо верхнему значению с заданной вероятностью непревышения данной величины (наиболее распространенный случай), либо нижнему значению с заданной вероятностью того, что данная величина не ниже нижнего значения в определенно установленный отрезок времени, которому соответствуют данные наблюдений (базовый период). Следовательно, для определения характеристической величины используются два отдельных независимых показателя: установленный промежуток времени (*базовый период*), во время которого достигается экстремум (максимум или минимум), и *заданная вероятность*, с которой данные экстремальные значения не превышают или не становятся ниже характеристической величины. В общем случае характеристическая величина Q_k температурного воздействия и приложенных нагрузок в расчетных ситуациях базируется на заданной вероятности 0,98 не превышать данную величину, а базовый период составляет 1 год. Вероятность того, что характеристическая величина не превышена, и базовый период t связаны между собой следующим уравнением:

$$T = -\frac{\tau}{\ln(1-p)} = \frac{\tau}{p}, \quad (5.1)$$

где T – период повторяемости, (ожидаемый промежуток времени между двумя последовательными событиями превышения характеристической величины) величины, соответствующей вероятности p . Исходя из уравнения (5.1), для вероятности $p=0,02$ и базового периода в 1 год период повторяемости характеристической величины составляет $T = 1/0,02 = 50$ лет.

5.8 Таким образом, характеристические значения температурных воздействий, приведенные в настоящем Пособии, являются значениями, установленными с годовой вероятностью превышения 0,02, что эквивалентно периоду временного ряда в 50 лет, если не установлено иное (например, для переходных расчетных ситуаций). Климатические параметры холодного и теплого периода года в зависимости от высотных отметок местности приведены в приложении В настоящего Пособия.

5.9 [A2(1)] Если максимальное (или минимальное) значение температуры наружного воздуха $T_{\max,p}$ (или $T_{\min,p}$) базируется на годовой вероятности превышения p , отличной от 0,02, то отношение $T_{\max,p}/T_{\max}$ ($T_{\min,p}/T_{\min}$) может быть определено из Рисунка 5.1 [A1].

5.10 [A2(2)] В общем случае, $T_{\max,p}$ (или $T_{\min,p}$) может быть получено из следующей формулы, основанной на распределении экстремальных значений типа I:

— для максимума $T_{\max,p} = T_{\max} \{k_1 - k_2 \ln[-\ln(1-p)]\}; \quad (5.2) [A1]$

— для минимума $T_{\min,p} = T_{\min} \{k_3 + k_4 \ln[-\ln(1-p)]\}, \quad (5.3) [A2]$

где $T_{\max}(T_{\min})$ – значение максимальной (минимальной) температуры наружного воздуха с годовой вероятностью превышения 0,02.

$$k_1 = \frac{u \cdot c}{u \cdot c + 3,902}; \quad (5.4) [A3]$$

$$k_2 = \frac{1}{u \cdot c + 3,902}, \quad (5.5) [A4]$$

здесь u, c – параметры вида и функции распределения годовых максимумов температуры наружного воздуха;

$$k_3 = \frac{u \cdot c}{u \cdot c - 3,902}; \quad (5.6) [A5]$$

$$k_4 = \frac{1}{u \cdot c - 3,902}, \quad (5.7) [A6]$$

5.11 Параметры u и c зависят от среднего значения m и стандартного отклонения σ экстремальных значений типа I:

— для максимума: $u = m - \frac{0,57722}{c}; \quad c = \frac{1,2825}{\sigma}; \quad (5.8) [A7]$

— для минимума: $u = m + \frac{0,57722}{c}; \quad c = \frac{1,2825}{\sigma}; \quad (5.9) [A8]$

Отношения $T_{\max,p}/T_{\max}$ и $T_{\min,p}/T_{\min}$ могут быть приняты из Рисунка 5.1[A.1].

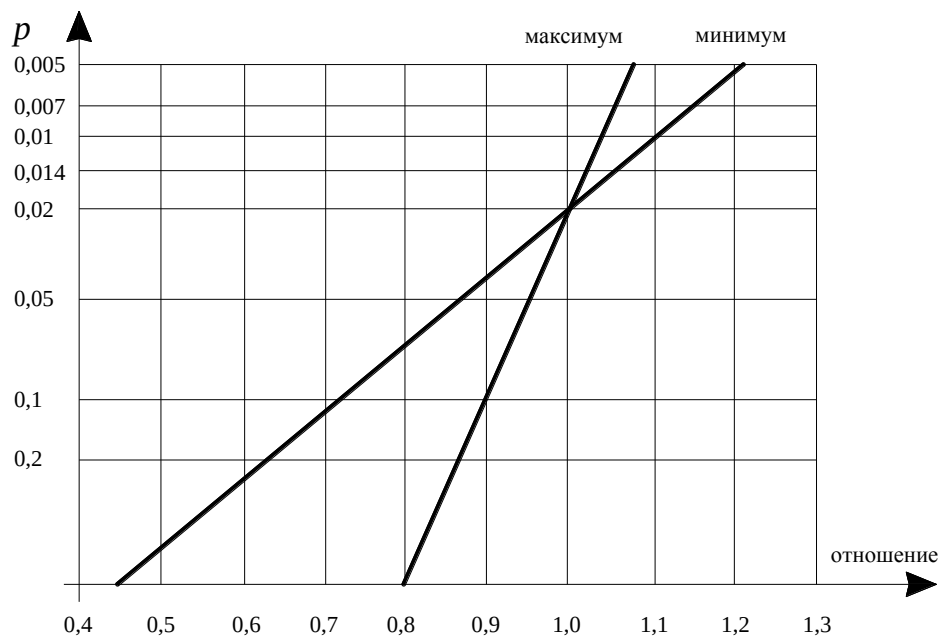


Рисунок 5.1[A.1] - Отношения $T_{\max,p}/T_{\max}$ и $T_{\min,p}/T_{\min}$

5.12 Значения коэффициентов k_1 , k_2 , k_3 и k_4 , устанавливаются на уровне национального приложения к СН РК EN 1991-1-5:2003/2011, базируясь на значениях параметров u и s . Допускается применять следующие значения: $k_1 = 0,781$; $k_2 = 0,056$; $k_3 = 0,393$; $k_4 = -0,156$.

Формула (5.3) [(A2)] и Рисунок 5.1 [A1] могут применяться только при отрицательной температуре наружного воздуха ($T_{\min}$).

6 РАСЧЕТНЫЕ СИТУАЦИИ

6.1 В ходе проектирования различные варианты воздействий, действий окружающей среды и свойства конструкции, которые могут проявиться на протяжении проектного срока службы конструкции, следует рассматривать путем отбора четких ситуаций, представляющих собой определенный временной интервал, связанный с определенными видами опасности или условиями.

6.2 Согласно п.3.2(2)Р СН РК EN 1990:2002 расчетные ситуации подразделяются на:

- постоянные расчетные ситуации, соответствующие нормальным условиям эксплуатации сооружения. Постоянные расчетные ситуации обычно связаны с проектным сроком службы конструкции. Нормальные условия использования подразумевают возможные экстремальные нагрузки от ветра, снега, внешние и прочие;

- переходные расчетные ситуации, соответствующие условиям, ограниченным во времени, например, в процессе строительства или ремонта. Например, для ремонта моста одна полоса может быть закрыта для движения транспорта, что приводит к изменению условий эксплуатации моста на срок, меньший, чем проектный срок службы;

- аварийные расчетные ситуации, относящиеся к исключительным условиям или случаям, в процессе которых сооружение подвергается, например, пожару, взрыву, удару или последствиям локального разрушения. Это предполагает относительно короткий период, который, однако, исключает ситуации, при которых локальное разрушение может оставаться незамеченным;

- сейсмические расчетные ситуации, соответствующие сейсмическим воздействиям на сооружение.

Указанные расчетные ситуации должны подбираться таким образом, чтобы охватить все условия, которые могут быть спрогнозированы или которые произойдут в течение срока строительства и использования конструкции.

6.3 Температурные воздействия должны быть определены для каждой из применяемых расчетных ситуаций, а также должны быть предусмотрены случаи, когда температурными воздействиями допускается пренебрегать (например, если конструкции либо сооружения не подвергаются суточным и сезонным климатическим и эксплуатационным изменениям температуры).

6.4 [3(2)Р] Для подтверждения того, что температурные деформации (перемещения) не вызовут перенапряжений в конструкции, элементы несущих конструкций следует проверять, включая в расчет эффекты от температурных воздействий, либо применять конструктивные мероприятия, обеспечивающие свободное перемещение (движение) узлов и соединений.

7 ОПИСАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЙ

7.1 Изменение температуры является причиной появления деформаций, как в отдельных составляющих строительных конструкций, так и для строительного сооружения в целом. Если конструкция гиперстатична дальнейшие последствия температурного воздействия выражаются в увеличении удельной нагрузки на элемент до критического значения. По этой причине в результате увеличения температуры меняются функциональные характеристики конструкций, что влияет на безопасность их эксплуатации. В настоящем Пособии представлена методика оценки эффекта температурного воздействия не только на строительные конструкции, но также и на промышленные дымовые трубы, трубопроводы, градирни и другие сооружения.

7.2 Проблема определения реакции строительных конструкций в результате теплового воздействия может быть решена путем определения соответствующей тепловой модели, способной рационально воспроизводить с определенной степенью достоверности возможный характер изменения тепловых полей в конструкциях. Безусловно, величина теплового воздействия должна быть точно определена, так как применение даже самой точной модели бессмысленно в случае отсутствия данных о величине теплового воздействия. Данные величины определяются путем статистического анализа.

7.3 [4(3)] Распределение тепловых полей, воздействующих в пределах отдельного элемента, допускается подразделять на четыре основные составляющие, как показано на Рисунке 7.1 [4.1]:

а[a]) составляющая равномерно распределенной температуры, ΔT_u ;
 б[b]) составляющая линейного температурного перепада по оси $z - z$, ΔT_{My} ;
 в[c]) составляющая линейного температурного перепада по оси $y - y$, ΔT_{Mz} ;
 г[d]) составляющая нелинейного температурного перепада ΔT_E . Это создает систему самоуравновешенных внутренних напряжений, которые не создают нагрузочный эффект на элемент.

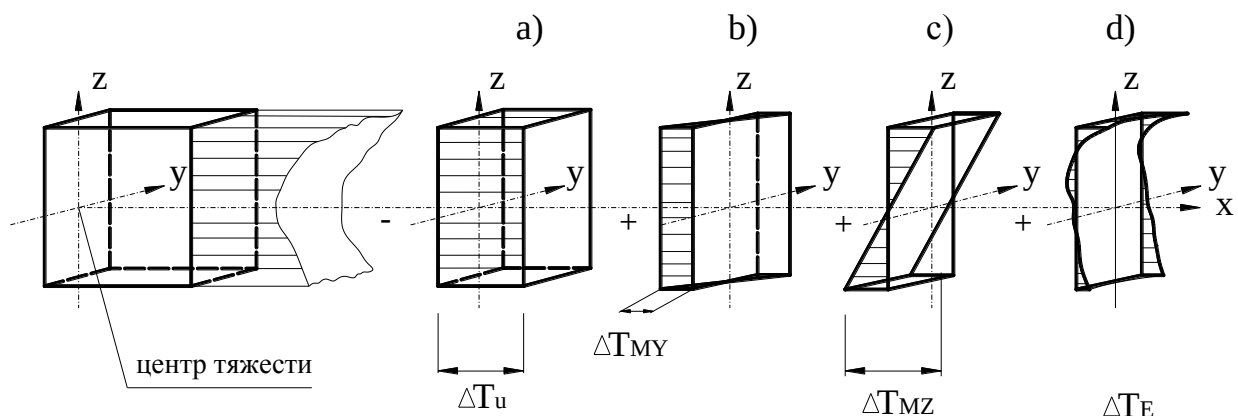


Рисунок 7.1 [4.1] – Диаграмма отдельных составляющих температурного профиля

7.4 Из четырех приведенных элементов составляющая нелинейного температурного перепада ΔT_E оказывает наименьший эффект на конструкцию.

7.5 Элементы теплового воздействия на момент времени t задаются как разность между значениями в данный момент и соответствующими значениями в начальный момент времени, то есть времени, в которое происходит начальное воздействие на конструкцию (например, удаление опалубки, используемой для установки, крепления и поддержки конструкции). Начальную температуру T_0 следует принимать как температуру, соответствующую замыканию конструкции или ее части в законченную систему. Если это не прогнозируемо, то следует принимать среднюю температуру, действующую в течение периода возведения сооружения. Таким образом, значение T_0 допускается устанавливать в национальном приложении. При отсутствии информации принимается, что $T_0 = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

7.6 [4(4)] Деформации, следовательно, любые напряжения, являющиеся их результатом, зависят от геометрии и условий опирания элемента конструкции, а также от физических свойств применяемого материала. При применении материалов с различными коэффициентами линейного температурного расширения, в расчетах следует учитывать температурные эффекты.

7.7 Значения коэффициентов линейного температурного расширения материалов это основная информация для проведения конструктивного анализа и определения эффекта теплового воздействия. Расширенный список строительных материалов и соответствующие им коэффициенты температурного расширения приведены в приложении А (таблица А.1) настоящего Пособия.

8 ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ЗДАНИЯХ

8.1 Общие положения

8.1.1 [5.1(1)P] Температурные воздействия на здания, вызванные климатическими и эксплуатационными изменениями температуры, следует учитывать при определении расчетных параметров здания, если существует возможность превышения предельных состояний по несущей способности и эксплуатационной пригодности вследствие температурных перемещений и/или напряжений.

8.1.2 [5.1(1)P, Примечание 1] На объемные изменения и/или напряжения, вызванные температурными изменениями, могут влиять:

- а) затенение соседними зданиями;
- б) применение различных материалов с различными коэффициентами температурного расширения и теплопроводностью;
- в) применение различных форм поперечного сечения с различными равномерно распределенными температурами.

8.2 Определение температуры

8.2.1 [5.2(2)P] Климатические эффекты следует определять с учетом колебания температуры наружного воздуха и солнечного излучения. В отдельных случаях, для конкретного проекта устанавливают эксплуатационные нагрузки (например, обогрев, технологические и производственные процессы).

8.2.2 В случае, если конструкции не защищены от значительных ежедневных или сезонных изменений температуры, или изменения происходят из-за деятельности внутри здания или сооружения, эффектом краткосрочного теплового воздействия можно пренебречь при проведении конструктивного анализа. По сути, все тепловые воздействия могут таким образом быть рассчитаны для того или иного климатического эффекта или режима деятельности внутри здания. Относительно первого варианта климатический эффект может быть определен с учетом интервала температур наружного воздуха и изменения интенсивности солнечного излучения. Что касается второго варианта влияние деятельности, осуществляемой внутри здания (технологические или промышленные процессы) должны оцениваться в соответствии с характерными конструктивными особенностями и техническими условиями.

8.2.3 [5.2(3)P] В соответствии с составляющими температуры устанавливают климатические и эксплуатационные колебания температуры, воздействующие на элемент конструкции, применяя следующие параметры:

а) составляющую равномерно распределенной температуры, ΔT_u определяемую как разность между средним значением температуры T элемента и его начальной температурой T_0 ;

б) составляющую линейного температурного перепада, определяемую разностью температуры ΔT_M между внешней и внутренней стороной сечения или между поверхностями отдельных слоев;

в) разность температуры ΔT_P для различных частей конструкции, определяемую разностью средних значений температуры этих частей.

Значения ΔT_M и ΔT_P допускается указывать для конкретного проекта.

8.3 Определение температурных профилей

8.3.1 [5.2(4)] При необходимости, кроме ΔT_u , ΔT_M и ΔT_P , в соответствующих проектах (например, опоры или крепления несущих элементов конструкции и фасадных элементов) следует учитывать локальные эффекты температурных воздействий. Для этого устанавливают соответствующее описание температурных воздействий с учетом положения здания и его конструктивных особенностей (деталей).

8.3.2 Составляющая равномерно распределенной температуры, ΔT_u некоторого приведенного структурного элемента рассчитывается как разность средней температуры T в сезоне и температуры T_0 в начальной стадии:

$$\Delta T_u = T - T_0, \quad (8.1) [(5.1)]$$

где T – среднее значение температуры конструктивного элемента, вызванное климатическими температурами зимой или летом и эксплуатационными температурами.

Значения ΔT_u , ΔT_M , ΔT_P и T определяются на основании региональных данных.

8.3.3 В первую очередь необходимо определить величину T . Она выбирается в зависимости от значения средней зимней или летней температуры структурного элемента с учетом выбора специфической зависимости, которая определяет температурное распределение по плотности элемента (температурного профиля). В случае многослойных элементов, T является средней температурой отдельного слоя. Если элементы имеют только один слой и условия окружающей среды на обеих сторонах одинаковы, то T допускается определять как среднее значение внутренней и наружной температур воздуха T_{in} и T_{out} :

$$T = \frac{T_{out} + T_{in}}{2}, \quad (8.2)$$

8.3.4 Температуру внутреннего воздуха T_{in} определяют по Таблице 8.1[5.1]. Температуру наружного воздуха T_{out} определяют по:

- а) Таблице 8.2 [5.2] — для элементов, расположенных над уровнем земли;
- б) Таблице 8.3 [5.3] — для элементов, расположенных ниже уровня земли.

Таблица 8.1 [5.1] — Температура внутреннего воздуха T_{in}

Время года	Температура T_{in}
Лето	T_1
Зима	T_2
ПРИМЕЧАНИЕ При отсутствии специальных требований, значения T_1 и T_2 допускается принимать следующим образом: $T_1 = 20^\circ\text{C}$ и $T_2 = 25^\circ\text{C}$.	

Таблица 8.2 [5.2] — Температура для элементов над уровнем земли T_{out}

Время года	Основные факторы		Температура T_{out} , °C
Лето	Относительная адсорбция в зависимости от цвета и поверхности	0,5 лучисто светлая поверхность	$T_{max}+T_3$
		0,7 светлая цветная поверхность	$T_{max}+T_4$
		0,9 темная поверхность	$T_{max}+T_5$
Зима			T_{min}

8.3.5 Значения температуры наружного воздуха должны быть откорректированы в зависимости от высоты размещения площадки над уровнем моря. В случае недостаточности информации по данному направлению значение температуры воздуха могут быть откорректированы в зависимости от высоты над уровнем моря следующим

образом: для каждых 100 метров выше над уровнем моря вычитается $0,5^{\circ}\text{C}$ от минимального значения температуры и $1,0^{\circ}\text{C}$ от максимального значения. При отсутствии значений для областей между широтой 45°N и 55°N рекомендуется применение значений:

$$T_3 = 0^{\circ}\text{C}$$

$$T_4 = 2^{\circ}\text{C} \quad \text{для элементов в направлении северо-восток}$$

$$T_5 = 4^{\circ}\text{C}$$

$$T_3 = 18^{\circ}\text{C}$$

$$T_4 = 30^{\circ}\text{C} \quad \text{для юго-западного направления или горизонтально}$$

$$T_5 = 42^{\circ}\text{C} \quad \text{расположенных элементов}$$

8.3.6 [5.3(2)P] Температура T_{out} , указанная в Таблице 8.2 [5.2] для лета, зависит от теплопоглощающей способности и ориентации поверхности сооружения или элемента конструкции следующим образом:

– температурный максимум достигается обычно на горизонтальных поверхностях, ориентированных на юго-запад,

– температурный минимум (приблизительно половинное значение максимума, $^{\circ}\text{C}$) достигается на поверхностях, ориентированных на север.

Таблица 8.3 [5.3] — Температура для элементов ниже уровня земли T_{out}

Время года	Глубина ниже уровня земли	Температура T_{out} , $^{\circ}\text{C}$
Лето	Менее 1 м	T_6
	Более 1 м	T_7
Зима	Менее 1 м	T_8
	Более 1 м	T_9
ПРИМЕЧАНИЕ При отсутствии специальных требований, для областей между широтой 45°N и 55°N значения T_6 , T_7 , T_8 и T_9 допускается принимать следующим образом: $T_6 = 8^{\circ}\text{C}$, $T_7 = 5^{\circ}\text{C}$, $T_8 = -5^{\circ}\text{C}$, $T_9 = -3^{\circ}\text{C}$.		

8.4 Распределение температуры (температурные профили) в зданиях и других сооружениях

8.4.1[D(1)] Распределение температуры (температурные профили) может быть определено с применением теории теплопроводности. В случае простых слоистых элементов (например, плита, стена, оболочка), при отсутствии локальных тепловых «мостиков», температура на расстоянии x от внутренней поверхности поперечного сечения может быть определена, исходя из статичного температурного режима, следующим образом:

$$T(x) = T_{\text{in}} - \frac{R(x)}{R_{\text{tot}}}(T_{\text{in}} - T_{\text{out}}), \quad (8.3) [(D1)]$$

где T_{in} – температура внутреннего воздуха;

T_{out} – температура наружного воздуха;

R_{tot} – полное термическое сопротивление элемента, включая сопротивления обеих поверхностей;

$R(x)$ – термическое сопротивление на внутренней поверхности и от внутренней поверхности до точки x (Рисунок 8.1).

8.4.2 [D(2)] Значения сопротивления R_{tot} и $R(x)$, $\text{м}^2\text{К/Вт}$, могут быть установлены с применением сопротивлений и теплопроводностей, согласно EN ISO 6946 (1996) и EN ISO 13370 (1998), следующим образом:

$$R_{tot} = R_{in} + \sum_i \frac{h_i}{\lambda_i} + R_{out}, \quad (8.4) [(D2)]$$

где R_{in} – термическое сопротивление на внутренней поверхности, $\text{м}^2\text{К/Вт}$;

R_{out} – термическое сопротивление на внешней поверхности, $\text{м}^2\text{К/Вт}$;

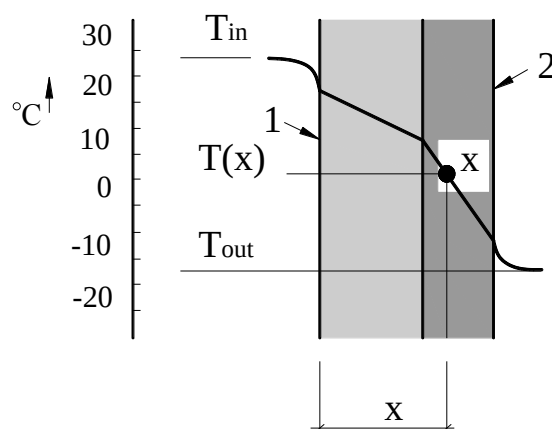
λ_i – коэффициент теплопроводности, Вт/мК ;

h_i – толщина слоя i , м;

$$R(x) = R_{in} + \sum_i \frac{h_i}{\lambda_i}, \quad (8.5) [(D3)]$$

при этом учитывают только слои (или части слоя) от внутренней поверхности до точки x (см. Рисунок 8.1 [D(1)]).

Для здания термическое сопротивление R_{in} составляет от 0,1 до 0,17 $\text{м}^2\text{К/Вт}$ (в зависимости от направления теплового потока), и $R_{out} = 0,04 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ (для всех направлений). Коэффициент теплопроводности λ_i для бетона (с объемным весом от 21 до 25 кН/м^3) варьируется от 1,16 до 1,71 Вт/мК .



1 – внутренняя поверхность; 2 – наружная поверхность

Рисунок 8.1 [D(1)] – Распределение температуры (температурный профиль) для двухслойного элемента

8.4.3 Термическое сопротивление однородных слоев. Значения термического сопротивления рассчитывают на основании расчетных значений теплопроводности или термического сопротивления. Если известно значение теплопроводности, то значение термического сопротивления однородного слоя R определяют по формуле:

$$R = \frac{h}{\lambda}, \quad (8.6)$$

h – толщина слоя теплоизоляционного материала ограждающей конструкции, м;
 λ – коэффициент теплопроводности материала, принимается по таблице А2 настоящего документа, Вт/мК.

ПРИМЕЧАНИЕ – Толщина h может отличаться от номинальной толщины (например, если изделие применяется в сжатом состоянии, то h меньше номинальной толщины). Рекомендуется при определении h учитывать допуски на толщину (например, в случаях отрицательных значений допусков).

8.4.4 Термическое сопротивление поверхности. Для плоских поверхностей, в случае отсутствия информации по ограничению условий эксплуатации, используют значения, приведенные в Таблице 8.4. Значения менее приведенных для горизонтально направленных тепловых потоков применяют при направлениях теплового потока под углом $\pm 30^\circ$ к горизонтальной плоскости.

Таблица 8.4 — Общепринятые значения сопротивления тепловосприятию и теплоотдачи поверхности

Обозначение показателя	Значение термического сопротивления поверхности, $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{кВт}$ при направлении теплового потока		
	вверх	горизонтально	вниз
$R_{si} (in)$	0,10	0,13	0,17
$R_{se} (out)$	0,04	0,04	0,04

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Приведенные значения являются расчетными. С целью определения коэффициента теплопередачи ограждающих конструкций и в других случаях, когда необходимы значения, не зависящие от направления теплового потока, или если направление теплового потока изменяется, рекомендуется применять значения для горизонтального теплового потока.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Значения термического сопротивления поверхности учитывают только для наружных ограждающих конструкций. Для поверхностей, находящихся в контакте с другими средами или материалом, значения термического сопротивления поверхности не учитывают.

ПРИМЕЧАНИЕ 3 Значения сопротивления тепловосприятию, вычисляют для $\varepsilon = 0,9$ и h_{r0} , измеряемого при температуре 20°C . Значение сопротивления теплоотдаче, вычисляют для $\varepsilon = 0,9$, h_{r0} , измеряемого при температуре 10°C , и для $v = 4 \text{ м/с}$.

8.5 Сопротивление тепловосприятию и теплоотдаче поверхности

8.5.1 Плоские поверхности. Сопротивление тепловосприятию и теплоотдаче плоской ограждающей конструкции определяют по формуле (8.7)¹:

$$R_s = \frac{1}{h_n + h_r}, \quad (8.7)$$

где h_c – коэффициент теплоотдачи конвекции;

h_r – коэффициент теплоотдачи излучением;

$$h_r = \varepsilon h_{r0}; \quad (8.8)$$

$$h_{r0} = 4\sigma T_m^3, \quad (8.9)$$

где ε – излучательная способность полусферической поверхности;

h_{r0} – коэффициент теплоотдачи излучения поверхности абсолютно черного тела, Вт/(м²·К) (Таблица 8.5);

σ – постоянная Стефана-Больцмана, равная $5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м²·К⁴);

T_m – средняя термодинамическая температура поверхности и окружающей среды.

Как правило, $\varepsilon = 0,9$ является принятым значением для внутренней и внешней поверхностей. При использовании других значений необходимо учитывать эффекты старения и накопления пыли с течением времени.

**Таблица 8.5 — Значения коэффициента теплоотдачи
абсолютно черного тела излучением, h_{r0}**

Средняя температура, °С	Значение h_{r0} , Вт/(м ² ·К)
-10	4,1
0	4,6
10	5,1
20	5,7
30	6,3

На внутренних или внешних поверхностях, прилегающих к хорошо вентилируемой воздушной прослойке:

$$h_c = h_{ci}, \quad (8.10)$$

где $h_{ci} = 5,0$ Вт/(м²·К) – для теплового потока, направленного вверх;

$h_{ci} = 2,5$ Вт/(м²·К) – для горизонтального теплового потока;

$h_{ci} = 0,7$ Вт/(м²·К) – для теплового потока, направленного вниз.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 По приведенной формуле рассчитывают приближенное значение коэффициента теплопередачи ограждающей конструкции. Точные расчеты теплопередачи возможно производить, используя значения температуры внутренней и внешней окружающей среды (при этом температуру излучения и температуру воздуха необходимо оценивать в соответствии с относительными коэффициентами теплоотдачи излучения и конвекции, а также учитывать размеры помещения, перепады температуры воздуха и температуры принудительной конвекции). Однако если внутренняя температура излучения и температура наружного воздуха отличаются друг от друга незначительно, то допускается применять значение рабочей температуры, равной измеренной температуре воздуха при излучении. К внешним поверхностям принято применять наружную температуру воздуха на основании предположения, что температура наружного воздуха и температура излучения фактически равны. При этом не учитывается влияние коротковолнового солнечного излучения на внешних поверхностях ограждающей конструкции, отпотевание, излучение ночью и воздействие близлежащих поверхностей. Допускается применение других показателей наружной температуры, таких как температура воздуха, с учетом излучения или температура воздуха с учетом солнечного излучения, в случае, если необходимо учитывать такие эффекты.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Вентилируемой воздушной прослойкой считается воздушная, если между ней и наружной окружающей средой в ограждающей конструкции имеются отверстия суммарной площадью не менее 1500 мм² на 1 м длины поверхности (в горизонтальном направлении) — для вертикальной воздушной прослойки, либо 1500 мм² на 1 м² площади поверхности — для горизонтальной воздушной прослойки).

Коэффициент теплоотдачи конвекции на внешних поверхностях:

$$h_c = h_{ce}, \quad (8.11)$$

здесь:
$$h_{ce} = 4 + 4v, \quad (8.12)$$

где v – скорость ветра у поверхности, м/с.

Значения сопротивления теплоотдаче внешней поверхности R_{out} для различных скоростей ветра приведены в таблице 8.6 настоящего Пособия.

Таблица 8.6 — Значения R_{out} при различной скорости ветра

Скорость ветра, м/с	Значение R_{out} , м ² ·К/Вт
1	0,08
2	0,06
3	0,05
4	0,04
5	0,04
7	0,03
10	0,02

8.5.2 Ограждающие конструкции с неплоскими поверхностями. При расчете сопротивления теплоотдаче неплоских поверхностей ограждающих конструкций, выступающие за пределы поверхности, например, колонны не учитывают, если они изготовлены из материала с теплопроводностью не более 2,5 Вт/(м·К). Если выступающие элементы конструкции изготовлены из материала с теплопроводностью более 2,5 Вт/(м·К) и они не теплоизолированы, то расчет осуществляют без учета выступающих элементов ограждающей конструкции, но с учетом значений сопротивления тепловосприятию и сопротивления теплоотдаче на соответствующей площади, умноженных на отношение расчетной площади выступающих элементов к фактической площади поверхности выступающей части (рисунок 8.2), по формуле:

$$R_{sp} = R_s \cdot \frac{A_p}{A}, \quad (8.13)$$

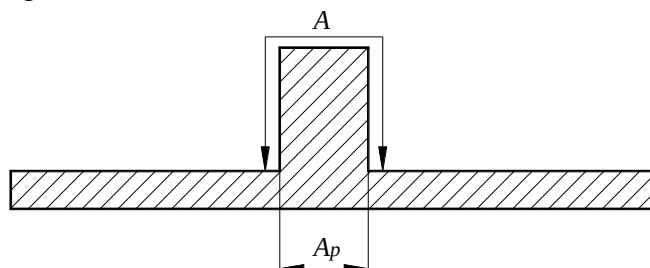
где R_{sp} – сопротивление теплоотдаче (тепловосприятию) на расчетной площади выступающей части;

R_s – сопротивление теплоотдаче (тепловосприятию) плоской ограждающей конструкции;

A_p – расчетная площадь выступающего элемента;

A – фактическая площадь поверхности выступающего элемента.

Формулу (8.13) применяют для определения сопротивления теплоотдаче и сопротивления тепловосприятию.



A_p – расчетная площадь выступающего элемента;

A – фактическая площадь поверхности выступающего элемента

Рисунок 8.2 – Схематическое изображение выступающего элемента конструкции

ПРИМЕР 1 Температурные воздействия на симметричный стальной каркас.

Рассмотрим симметричный стальной каркас, который образован тремя 5-метровыми отсеками (общая длина – 15 м) и двумя ярусами высотой по 3 м (общая высота – 6 м), как представлено на Рисунке 8.3.

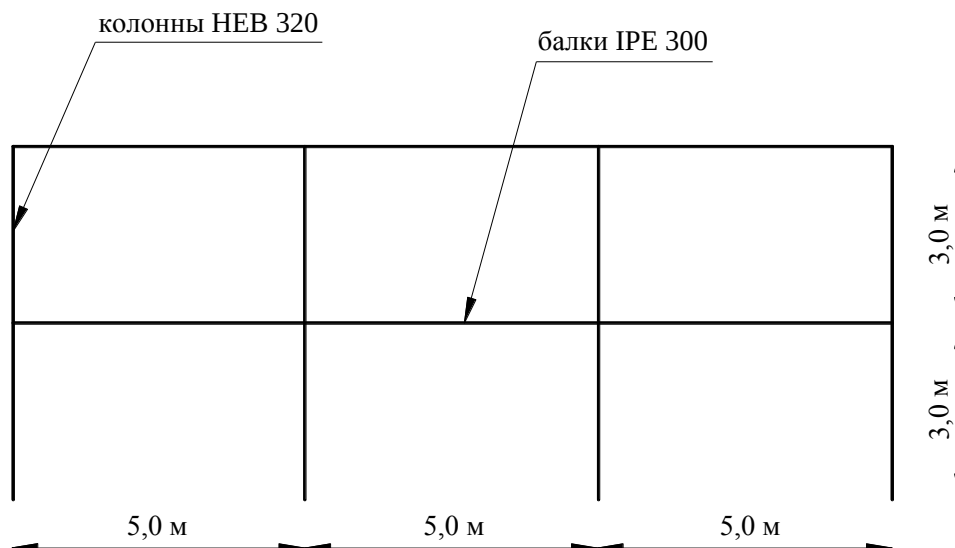


Рисунок 8.3 — Изображение стального каркаса

Стальной каркас образуют следующие конструктивные элементы, выполненные согласно DIN 1025-2 и DIN 1025-5:

- Колонны НЕВ 320;
- Балки IPE 300.

Рассмотрим три стандартных варианта тепловых нагрузок:

- *Вариант 1* Нагрев каждого структурного элемента (колонн и балок) конструкции (летнее время);
- *Вариант 2* Охлаждение каждого структурного элемента (колонн и балок) конструкции (зимнее время);
- *Вариант 3* Нагрев внешних балок и колон (рисунок 8.4).

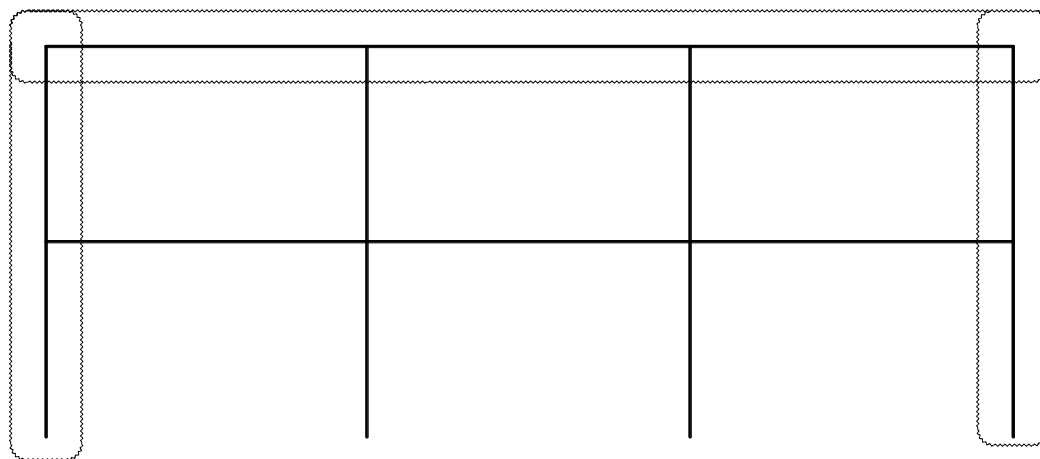


Рисунок 8.4 — Элементы, подвергающиеся тепловой нагрузке (Вариант 3)

$$\Delta T_v = T - T_0 = T - 10^\circ \text{C}.$$

где T – средняя температура элемента для изучаемого времени года:

$$T = \frac{T_{out} + T_{in}}{2}.$$

Значения температуры T_{in} принимаются:

Для летнего времени: $T_1 = 20^\circ\text{C}$

Для зимнего времени: $T_2 = 25^\circ\text{C}$

Значения температуры T_{out} принимаются:

– летнее время (для светлой или цветной поверхности):

$$T_{max} + T_4 = 40^\circ\text{C} + 30^\circ\text{C} = 70^\circ\text{C}.$$

– зимнее время: $T_{min} = -9^\circ\text{C}$.

$$T_{лето} = \frac{T_{out(лето)} + T_{in(лето)}}{2} = \frac{70^\circ\text{C} + 20^\circ\text{C}}{2} = 35^\circ\text{C};$$

$$T_{зима} = \frac{T_{out(зима)} + T_{in(зима)}}{2} = \frac{-9^\circ\text{C} + 25^\circ\text{C}}{2} = 7^\circ\text{C}.$$

Для Вариантов 1 и 3:

$$\Delta T_{v(лето)} = T_{лето} - T_0 = 45^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C} = 35^\circ\text{C}.$$

Для Варианта 2:

$$\Delta T_{v(зима)} = T_{зима} - T_0 = 7^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C} = -3^\circ\text{C}.$$

На рисунках 8.5 – 8.15 изображены эпюры для 3 рассматриваемых вариантов температурных воздействий.

Рисунок 8.5 — Вид деформаций для 1 Варианта тепловой нагрузки

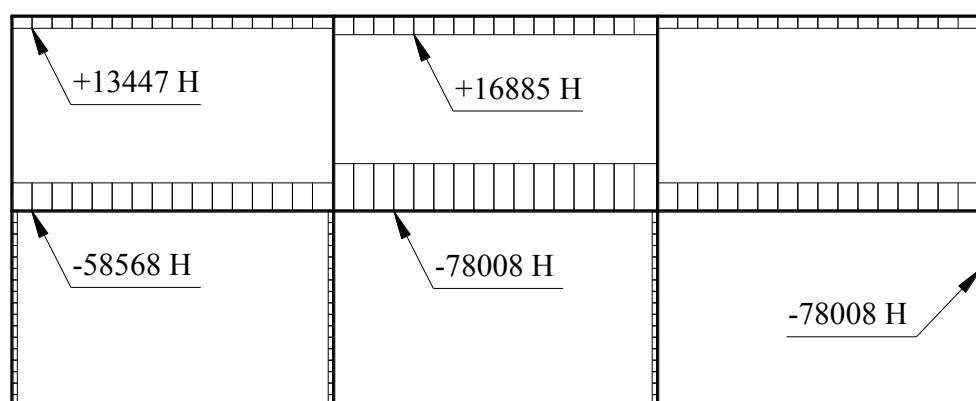


Рисунок 8.6 — Эпюра напряжения сжатия для 1 Варианта тепловой нагрузки

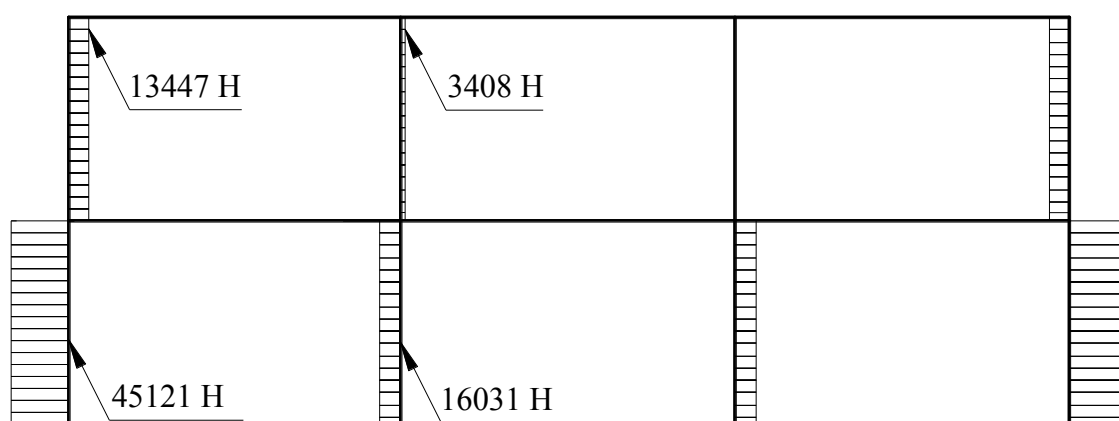


Рисунок 8.7 — Эпюра поперечных сил для 1 Варианта тепловой нагрузки

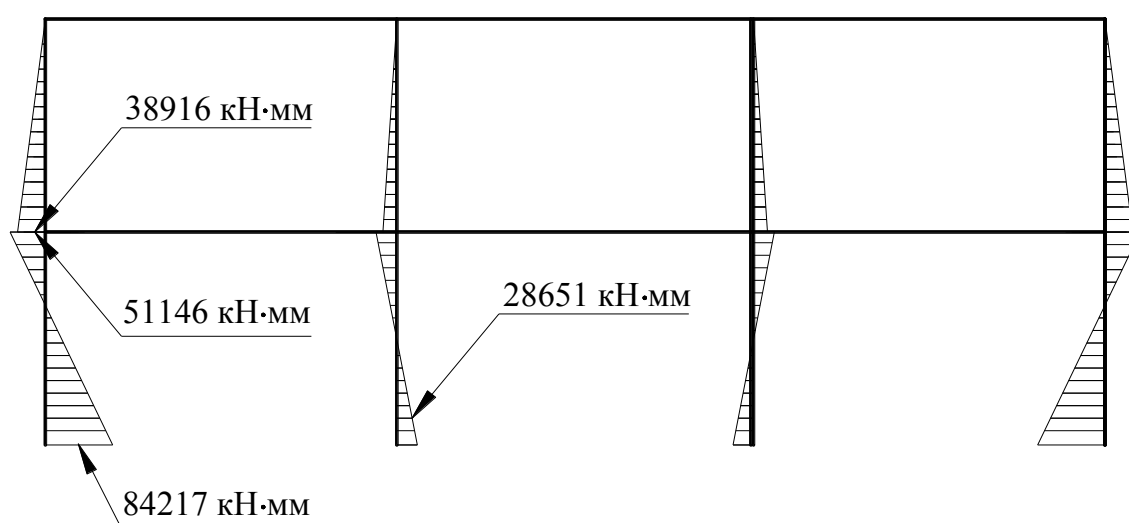


Рисунок 8.8 — Эпюра изгибающих моментов для 1 Варианта тепловой нагрузки

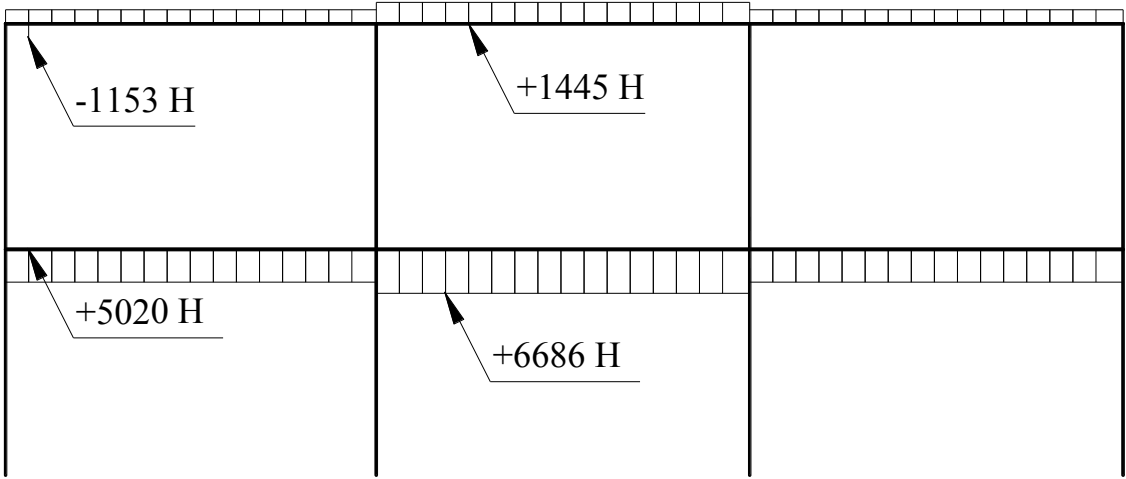


Рисунок 8.9 — Эпюра продольных сил для 2 Варианта тепловой нагрузки

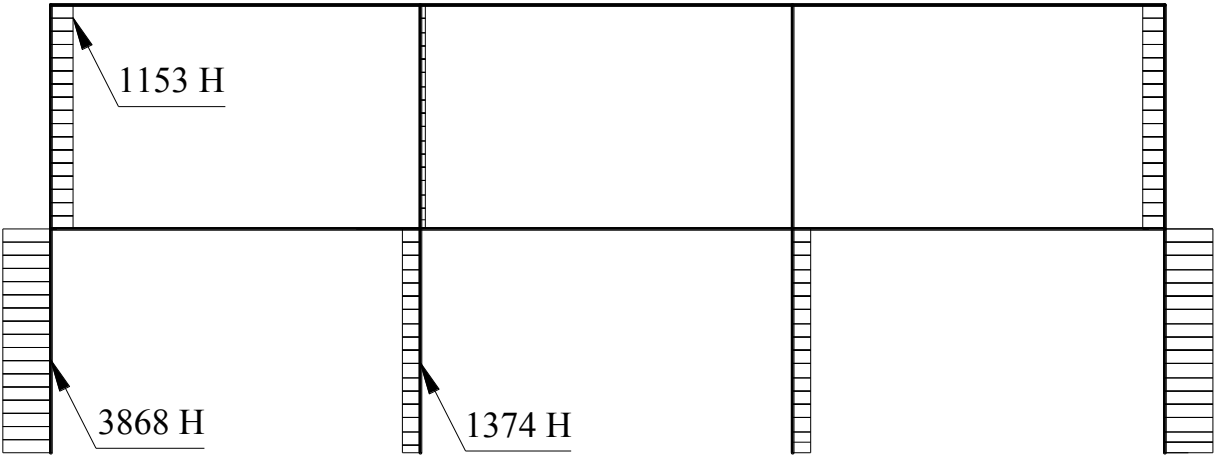


Рисунок 8.10 — Эпюра поперечных сил для 2 Варианта тепловой нагрузки

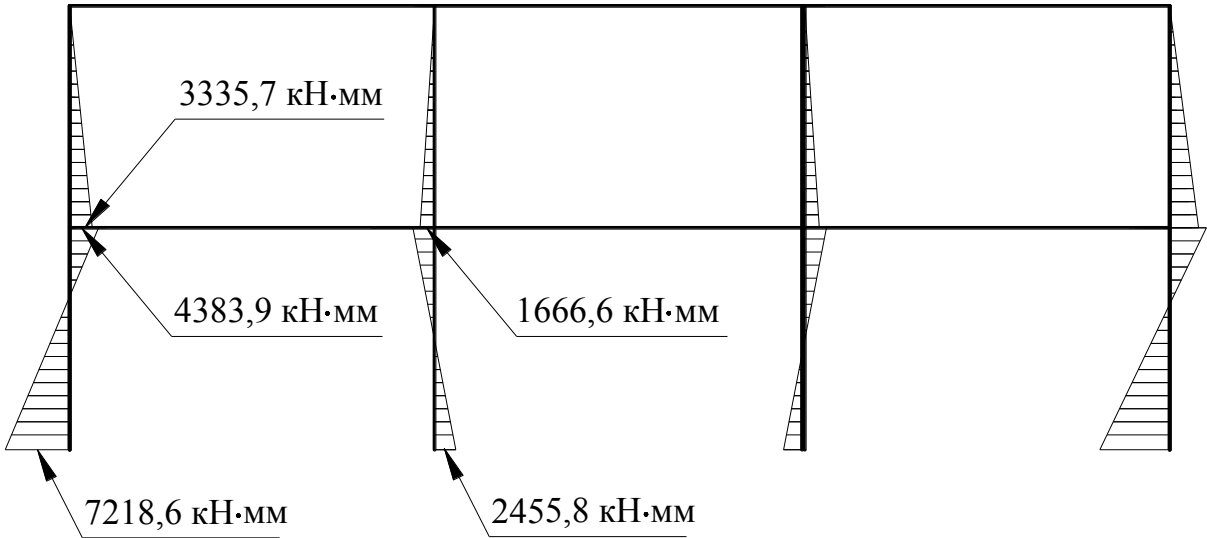


Рисунок 8.11 — Эпюра изгибающих моментов для 2 Варианта тепловой нагрузки

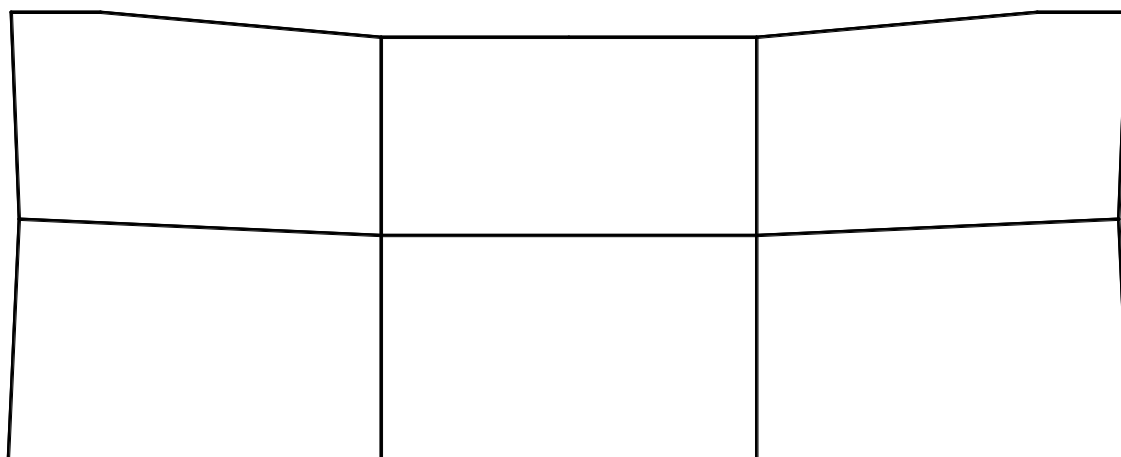


Рисунок 8.12 — Вид деформаций для 3 Варианта тепловой нагрузки

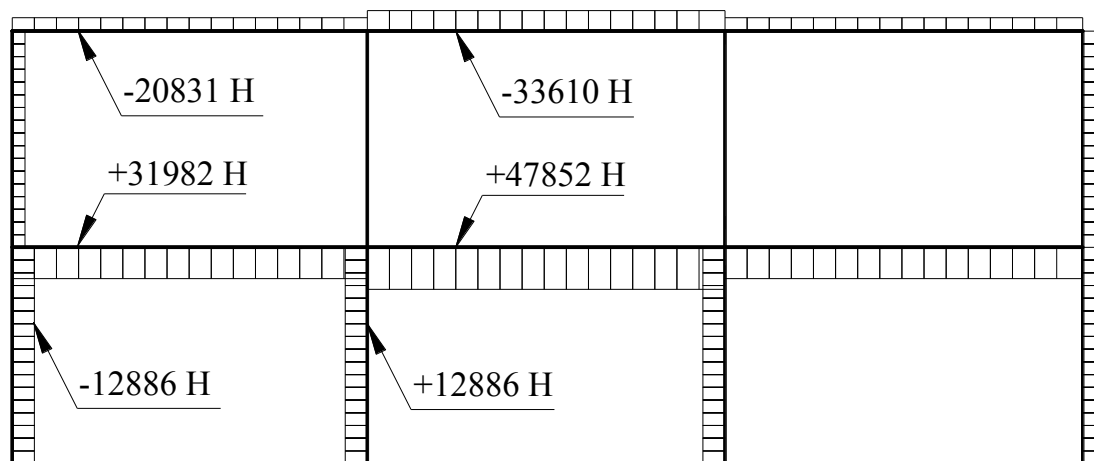


Рисунок 8.13 — Эпюра продольных сил для 3 Варианта тепловой нагрузки

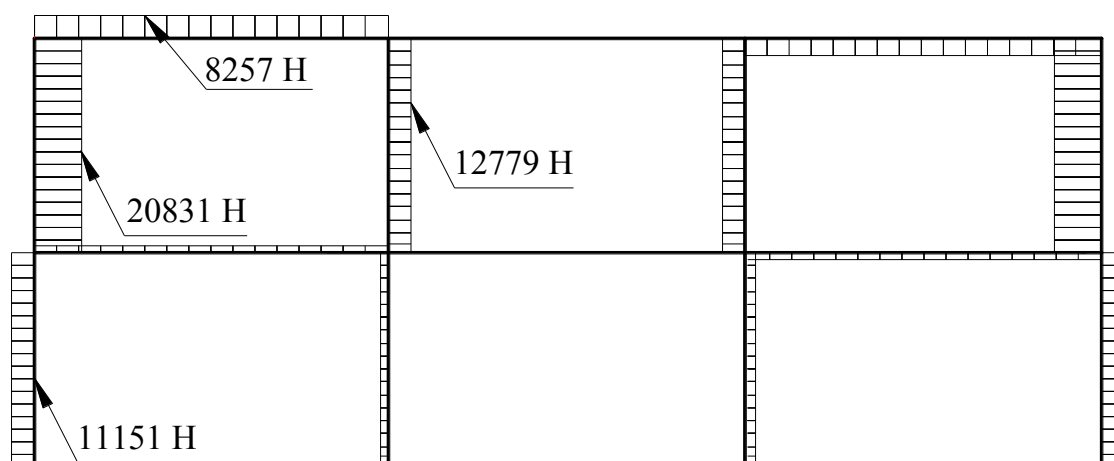


Рисунок 8.14 — Эпюра поперечных сил для 3 Варианта тепловой нагрузки

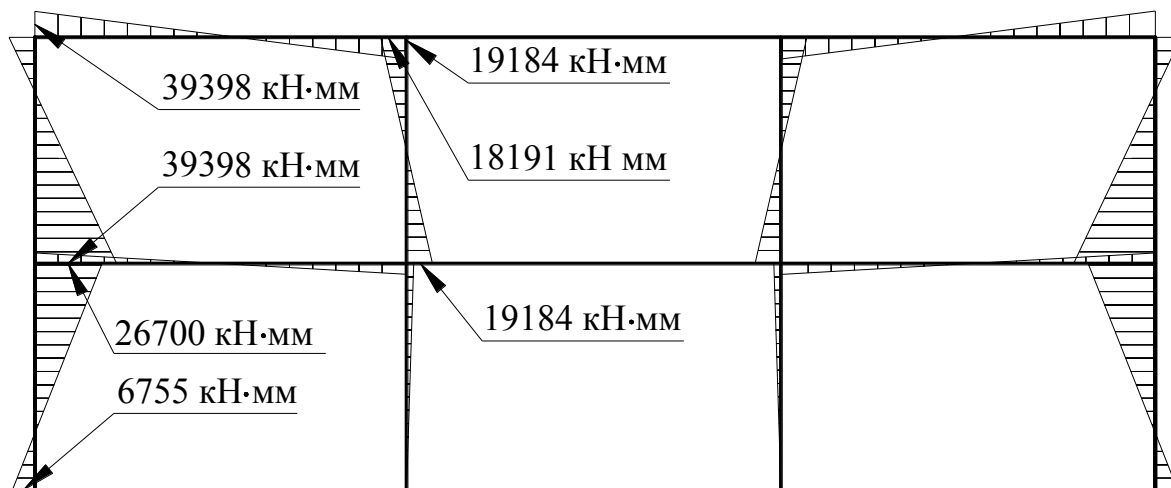


Рисунок 8.15 — Эпюра изгибающих моментов для 3 Варианта тепловой нагрузки

ПРИМЕР 2 Распределение температуры в пределах конструктивного элемента.

Следующий пример демонстрирует расчет термического сопротивления и распределение температуры в стене при условии одномерного стационарного теплообмена. Следует отметить, что в некоторых случаях различные конструкции могут иметь различные слои (многослойные элементы), такие как колонны либо стойки, обеспечивающие единую геометрию конструкции, теплоизоляцию и обшивку (рисунок 8.16). Для корректного определения значения теплового сопротивления для таких конструкций необходимо вычислить правильное значение сопротивления каждого слоя и определить общее значение на основе относительной площади каждой части.

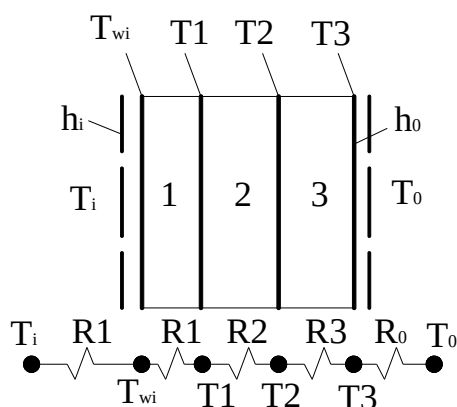


Рисунок 8.16 — Схема распределения температурных воздействий в трехслойной стене с внутренней и внешней поверхностью

Расчет термического сопротивления для каждого слоя

– для внутреннего слоя (слой 0 внутренняя поверхность) и наружной слоя (слой 4 наружная поверхность) согласно требованиям 8.4.2 настоящего Пособия значение термического сопротивления принято $R_{in}=0,111 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ и $R_{out}=0,04 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ соответственно;

– слой 1 (гипсокартонный лист с плотностью 700 кг/м³), значение термического сопротивления определялось по формуле (8.6) настоящего Пособия:

$$R = \frac{h}{\lambda} = \frac{0,013}{0,21} = 0,061 \text{ м}^2\text{К} / \text{Вт},$$

– слой 2 (теплоизоляция), значение термического сопротивления определялось по формуле (8.6) настоящего Пособия:

$$R = \frac{h}{\lambda} = \frac{0,05}{0,025} = 2,0 \text{ м}^2\text{К} / \text{Вт},$$

– слой 3 (кирпич), значение термического сопротивления определялось по формуле (8.6) настоящего Пособия:

$$R = \frac{h}{\lambda} = \frac{0,1}{0,7} = 0,143 \text{ м}^2\text{К} / \text{Вт},$$

Таким образом, полное термическое сопротивление конструкции составит:

$$R_{\text{tot}} = 0,111 + 0,061 + 2,0 + 0,143 + 0,04 = 2,355 \text{ м}^2\text{К} / \text{Вт}.$$

Определение температуры на поверхности каждого конструкции:

– внутренняя температура принималась согласно таблице 8.1 настоящего Пособия и составила $T_{\text{in}} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$, для слоя 4 (внешняя поверхность) температура принята согласно проектным данным и составила $T_{\text{out}} = -20 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

– для слоя 0 (внутренняя поверхность) температура определялась по формуле (8.3) настоящего Пособия:

$$T(x) = T_{\text{in}} - \frac{R(x)}{R_{\text{tot}}}(T_{\text{in}} - T_{\text{out}}) = 20 - \frac{0,111}{2,355}(20 - (-20)) = 18,117 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

– для слоя 1 (гипсокартон) температура определялась по формуле (8.3) настоящего Пособия:

$$T(x) = T_{\text{in}} - \frac{R(x)}{R_{\text{tot}}}(T_{\text{in}} - T_{\text{out}}) = 20 - \frac{(0,111 + 0,061)}{2,355}(20 - (-20)) = 17,079 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

– для слоя 2 (теплоизоляция) температура определялась по формуле (8.3) настоящего Пособия:

$$T(x) = T_{\text{in}} - \frac{R(x)}{R_{\text{tot}}}(T_{\text{in}} - T_{\text{out}}) = 20 - \frac{(0,111 + 0,061 + 2,000)}{2,355}(20 - (-20)) = -16,892 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

– для слоя 3 (кирпич) температура определялась по формуле (8.3) настоящего Пособия:

$$T(x) = T_{in} - \frac{R(x)}{R_{tot}}(T_{in} - T_{out}) = 20 - \frac{(0,111 + 0,061 + 2,000 + 0,143)}{2,355}(20 - (-20)) = -19,320 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

Промежуточные и конечные результаты расчета сведены в таблицу 8.6.

Таблица 8.6 – Результаты расчеты температурных деформаций

Слой	Материал внутренней поверхности	Коэффициент теплопередачи, Вт/м ² /°C	Коэффициент теплопроводности, Вт/м/°C	Толщина, м	Термическое сопротивление, м ² К/Вт	Температура, °C
–	Помещение	–	–	–	–	20
0	Внутренняя поверхность	9	–	–	0,111	18,117
1	Гипсокартон	–	0,21	0,013	0,061	17,079
2	Теплоизоляция	–	0,025	0,05	2	-16,892
3	Кирпич	–	0,7	0,1	0,143	-19,32
4	Наружная поверхность	20	–	–	0,04	-20

Таким образом, на основании проведенного расчета на рисунке 8.17 представлен температурный профиль.

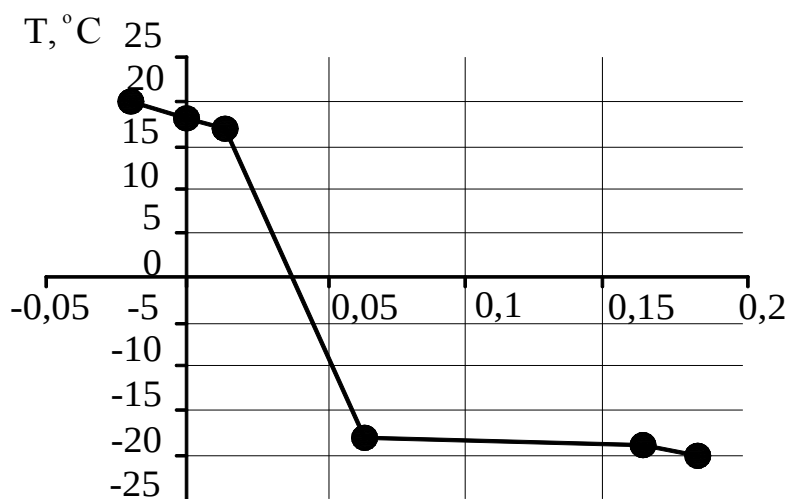


Рисунок 8.17 — Распределение температуры (температурный профиль) для трехслойного элемента

9 ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В МОСТАХ

9.1 Пролетные строения мостов

9.1.1 В зависимости от конструктивных особенностей стандарта пролетные строения моста подразделяют на типы:

Тип 1 – Пролетное строение из стальных конструкций (Рисунок 9.1):

- балка коробчатого сечения из стали;
- решетчатая балка или балка из листового металла;
- бетонная плита;
- бетонная балка;
- балка коробчатого сечения.



Рисунок 9.1 — Мост с пролетными строениями типа 1

Тип 2 – Пролетное строение из составных конструкций (рисунок 9.2).



**Рисунок 9.2 — Мост с пролетными строениями типа 2
(бетонный настил по стальной ферме)**

ПРИМЕЧАНИЕ В национальном приложении к СН РК EN 1991-1-5:2003/2011 могут быть установлены значения составляющих равномерно распределенной температуры и температурного перепада для других типов мостов.

Тип 3 – Пролетное строение из бетонных конструкций (Рисунок 9.3):



Рисунок 9.3 — Мост с пролетными строениями типа 3

9.1.2 При проектировании мостов анализ температурных воздействий для определения влияния температуры производится с использованием следующих подходов:

- температурное воздействие устанавливается значениями в виде равномерно распределенной температуры;
- температурное воздействие устанавливается значениями в виде неравномерно распределенной температуры по вертикали и (или) по горизонтали.

При этом неравномерность распределения температуры по вертикали может задаваться как линейным (метод 1), так и нелинейным (метод 2) законом, однако, как правило, составляющая температурного перепада по вертикали, содержит нелинейную составляющую.

Для учета неравномерности распределения температуры сооружения по горизонтали при отсутствии данных допускается использовать составляющую температурного перепада с линейным распределением температуры.

ПРИМЕЧАНИЕ Выбор применяемого метода осуществляется в соответствии с национальным приложением к СН РК EN 1991-1-5:2003/2011.

9.2 Составляющая равномерно распределенной температуры

9.2.1 [6.1.3.1(1)] Составляющая равномерно распределенной температуры зависит от минимальной и максимальной температур, которых достигает мост. В результате формируется область равномерных температурных изменений, вызывающих в незакрепленной конструкции изменения длин элементов.

9.2.2 [6.1.3.1(2)] Эффекты, подлежащие учету:

- ограничение при связанном удлинении или укорочении в зависимости от типа конструкции (например, порталная рама, арка, эластомерная опора);

- трение в роликовых опорах или опорах скольжения;
- нелинейные геометрические эффекты (эффекты 2-го рода);
- в железнодорожных мостах эффекты от взаимодействия между рельсовой колеей и мостом, вызванные колебаниями температуры и способные вызвать в пролетном строении и в рельсах дополнительные горизонтальные усилия в опорах (и дополнительные усилия в рельсах).

9.2.3 [6.1.3.1(3)] Минимальную температуру наружного воздуха $T_{\min}$ и максимальную температуру наружного воздуха $T_{\max}$ для площадки, где возводится сооружение, следует определять согласно 9.3 настоящего Пособия.

9.2.4 Минимальная и максимальная составляющая равномерно распределенной температуры моста $T_{e,\min}$ и $T_{e,\max}$ должны быть назначены. Минимальная и максимальная равномерно распределенные (эффективные) температуры моста $T_{e,\min}$ ($T_{e,\max}$) могут быть определены с помощью графиков (Рисунок 9.4 [6.1]) на основании данных о температуре воздуха в тени $T_{\min}$ ($T_{\max}$). На Рисунке 9.4 [6.1] приведены рекомендуемые значения, основанные на суточном температурном диапазоне колебания температур равном 10°C .

9.2.5 Для повышения точности по сравнению с графическим методом определения максимальной равномерно распределенной температуры $T_{e,\max}$ и минимальной равномерно распределенной температуры $T_{e,\min}$ для трех типов пролетных строений моста, могут быть использованы следующие зависимости, основанные на соотношениях, приведенных на Рисунке 9.4 [6.1]:

для диапазона $30^\circ\text{C} \leq T_{\max} \leq 50^\circ\text{C}$:

$$\text{тип 1 } T_{e,\max} = T_{\max} + 16^\circ\text{C} \quad (9.1)$$

(для стальных решетчатых конструкций вследствие улучшенных условий теплоотвода $T_{e,\max}$ допускается уменьшить на 3°C)

$$\text{тип 2 } T_{e,\max} = T_{\max} + 4,5^\circ\text{C} \quad (9.2)$$

$$\text{тип 3 } T_{e,\max} = T_{\max} + 1,5^\circ\text{C} \quad (9.3)$$

для диапазона $-50^\circ\text{C} \leq T_{\min} \leq 0^\circ\text{C}$:

$$\text{тип 1 } T_{e,\min} = T_{\min} - 3^\circ\text{C} \quad (9.4)$$

$$\text{тип 2 } T_{e,\min} = T_{\min} + 4,5^\circ\text{C} \quad (9.5)$$

$$\text{тип 3 } T_{e,\min} = T_{\min} + 8^\circ\text{C} \quad (9.6)$$

ПРИМЕЧАНИЕ Минимальная и максимальная составляющие равномерно распределенной температуры моста $T_{e,\min}$ и $T_{e,\max}$ могут быть дополнительно установлены в национальном приложении к СН РК EN 1991-1-5:2003/2011.

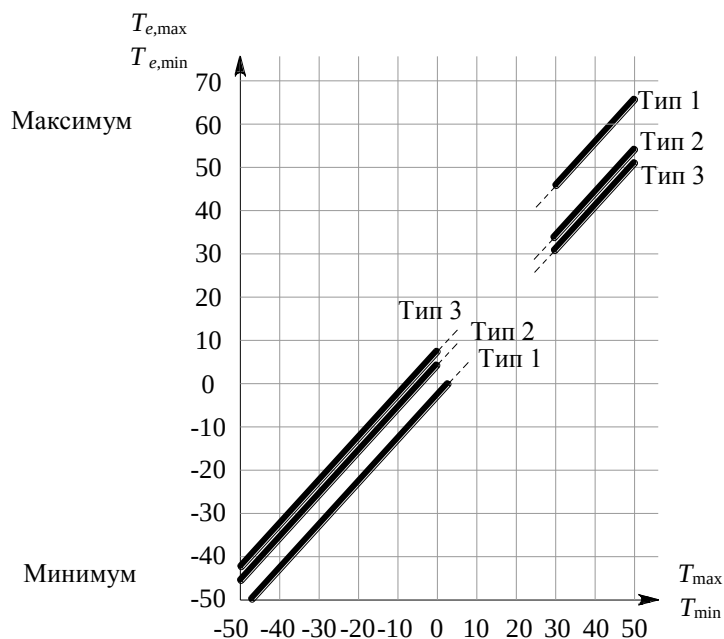


Рисунок 9.4 [6.1] — Корреляция между минимальной/ максимальной температурой наружного воздуха ($T_{\min}/T_{\max}$) и минимальной/максимальной составляющей равномерно распределенной температуры для мостов ($T_{e,\min}/T_{e,\max}$)

ПРИМЕР 3 Определение характеристических значений эффективной равномерно распределенной температуры для трех типов пролетных сооружений моста.

Определить характеристическое значение эффективной равномерно распределенной температуры для трех типов пролетных сооружений моста при условии, что характеристическое значение максимальной температуры воздуха в тени равно 30°C .

РЕШЕНИЕ

Для характеристического значения $T_{\max}=30^{\circ}\text{C}$, характеристическое значение эффективной равномерно распределенной температуры при определении графическим способом (Рисунок 9.5) составит приблизительно 31°C для моста типа 3; 34°C для моста типа 2 и 45°C – для моста типа 1 ($45^{\circ}\text{C} - 3^{\circ}\text{C} = 42^{\circ}\text{C}$ – для моста типа 1, выполненного в виде стальной решетчатой конструкции).

При определении с помощью уравнений (9.1)-(9.3):

тип 1 $T_{e,\max}=30 + 16 = 46^{\circ}\text{C}$ (для моста, выполненного в виде стальной решетчатой конструкции $46^{\circ}\text{C} - 3^{\circ}\text{C} = 43^{\circ}\text{C}$);

тип 2 $T_{e,\max}=30 + 4,5 = 34,5^{\circ}\text{C}$;

тип 3 $T_{e,\max}= 30 + 1,5 = 31,5^{\circ}\text{C}$.

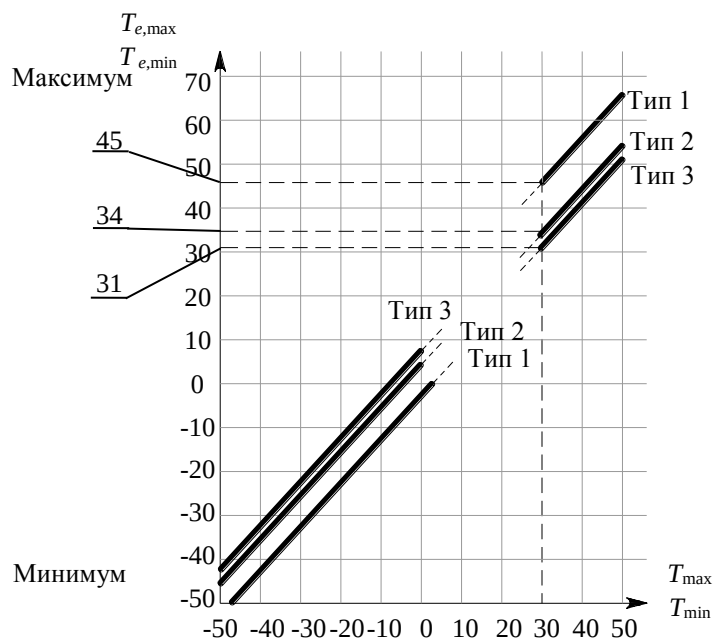


Рисунок 9.5 — Определение максимальной составляющей равномерно распределенной температуры $T_{e,max}$ для мостов

Как видно, относительная погрешность графического метода составляет от 1,5% до 2,3%, однако в данном случае небольшая величина погрешности может отрицательным образом сказаться на изменении схемы работы конструкций вследствие изменения их длины, поэтому в каждом конкретном случае необходимо тщательно относиться к интерпретации результатов, полученных разными методами.

9.3 Температура наружного воздуха

9.3.1 Характеристические значения минимальной и максимальной температуры наружного воздуха определяют для географического положения сооружения по национальным картам изотерм. Эти характеристические значения представляют собой температуры воздуха в тени на открытой местности на среднем уровне моря с годовой вероятностью превышения $p=0,02$ ежегодных минимумов и максимумов соответственно (должны быть основаны на периоде повторяемости в 50 лет).

9.3.2 В качестве исходных данных допускается использование значений T_{max} — температуры воздуха теплого периода года обеспеченностью 0,98 и T_{min} — температуры воздуха наиболее холодных суток обеспеченностью 0,98, приведенных в приложении А СНиП РК 2.04-01-2010 «Строительная климатология».

ПРИМЕЧАНИЕ Информация о минимальной и максимальной температуре наружного воздуха установлена на уровне национального приложения к СН РК EN 1991-1-5:2003/2011.

9.3.3 Для других годовых вероятностей превышения (p отличается от 0,02), учета высоты местности над уровнем моря и местных условий (например, скопление холодного

воздуха в низинах) значения допускается корректировать в соответствии с п.8.3.4 настоящего Пособия. Формулы, приведенные в разделе 8 настоящего Пособия, получены на основании распределения Гумбеля (закон распределения экстремальных значений температур типа I) для оценки воздействия экстремальных значений температур на основании различного периода повторяемости. Для удобства использования этих формул на Рисунке 5.1 настоящего Пособия, результаты приведены схематически в виде соотношений между максимальным (минимальным) значением для годовой вероятности превышения p максимального (минимального) значения отличающейся от 0,02.

ПРИМЕР 4 Определение характеристических значений минимальной и максимальной температуры наружного воздуха.

Определить характеристические значения минимальной и максимальной температуры наружного воздуха для г. Туркестан для годовых вероятностей превышения $p=0,01$; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2.

РЕШЕНИЕ

Решение графическим методом

По приложению А СНиП РК 2.04-01-2010 «Строительная климатология» определяем для г. Туркестан:

$T_{\min} = -29^{\circ}\text{C}$ (обеспеченность 0,98, годовая вероятность превышения $p=1-0,98=0,02$, что означает возможность превышения указанной температуры составляет 1 раз в 50 лет);

$T_{\max} = 37,1^{\circ}\text{C}$ (обеспеченность 0,98, годовая вероятность превышения $p=1-0,98=0,02$, что означает возможность превышения указанной температуры составляет 1 раз в 50 лет);

Так как $T_{\min}$ имеет отрицательное значение с использованием рисунка 5.1 настоящего Пособия графическим методом определяем (рисунок 9.6):

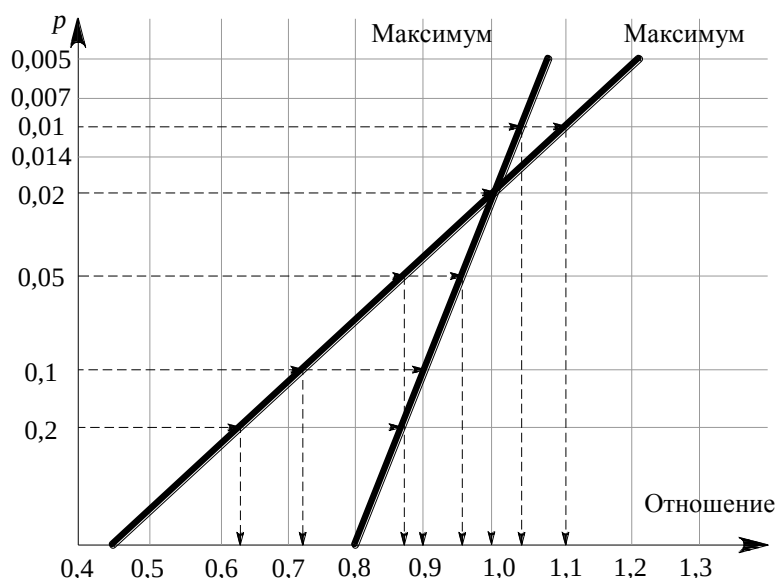


Рисунок 9.6 — Определение $T_{\max,p}$ и $T_{\min,p}$ графическим методом (к примеру 4)

$p=0,01$:

$$T_{\max,0,01}/T_{\max} = 1,03, T_{\max,0,01} = 1,03 \cdot T_{\max} = 1,03 \cdot 37,1 = 38,2^{\circ}\text{C};$$

$$T_{\min,0,01}/T_{\min} = 1,1, T_{\min,0,01} = 1,1 \cdot T_{\min} = 1,1 \cdot (-29) = -31,9^{\circ}\text{C};$$

$p=0,05$:

$$T_{\max,0,05}/T_{\max} = 0,96, T_{\max,0,05} = 0,96 \cdot T_{\max} = 0,96 \cdot 37,1 = 35,6^{\circ}\text{C};$$

$$T_{\min,0,05}/T_{\min} = 0,87, T_{\min,0,05} = 0,87 \cdot T_{\min} = 0,87 \cdot (-29) = -25,2^{\circ}\text{C};$$

$p=0,1$:

$$T_{\max,0,1}/T_{\max} = 0,9, T_{\max,0,1} = 0,9 \cdot T_{\max} = 0,9 \cdot 37,1 = 33,4^{\circ}\text{C};$$

$$T_{\min,0,1}/T_{\min} = 0,72, T_{\min,0,1} = 0,72 \cdot T_{\min} = 0,72 \cdot (-29) = -20,9^{\circ}\text{C};$$

$p=0,2$:

$$T_{\max,0,2}/T_{\max} = 0,87, T_{\max,0,2} = 0,87 \cdot T_{\max} = 0,87 \cdot 37,1 = 32,3^{\circ}\text{C};$$

$$T_{\min,0,2}/T_{\min} = 0,63, T_{\min,0,2} = 0,63 \cdot T_{\min} = 0,63 \cdot (-29) = -18,3^{\circ}\text{C}.$$

Численное решение

Так как отсутствуют данные для среднего значения t и стандартного отклонения σ экстремальных значений типа I, и $T_{\min}$ имеет отрицательное значение, определим максимальные и минимальные значения температуры наружного воздуха с годовой вероятностью превышения p , отличной от 0,02 с помощью формул (5.2) и (5.3) настоящего Пособия, положив следующие значения коэффициентов $k_1 = 0,781$; $k_2 = 0,056$; $k_3 = 0,393$; $k_4 = -0,156$:

$p=0,01$:

$$T_{\max,0,01} = T_{\max} \cdot \{k_1 - k_2 \cdot \ln[-\ln(1-p)]\} = 37,1 \cdot \{0,781 - 0,056 \cdot \ln[-\ln(1-0,01)]\} = 38,5^{\circ}\text{C};$$

$$T_{\min,0,01} = T_{\min} \cdot \{k_3 + k_4 \cdot \ln[-\ln(1-p)]\} = -29 \cdot \{0,393 - 0,156 \cdot \ln[-\ln(1-0,01)]\} = -32,2^{\circ}\text{C};$$

$p=0,05$:

$$T_{\max,0,05} = 37,1 \cdot \{0,781 - 0,056 \cdot \ln[-\ln(0,95)]\} = 35,1^{\circ}\text{C};$$

$$T_{\min,0,05} = -29 \cdot \{0,393 - 0,156 \cdot \ln[-\ln(0,95)]\} = -24,8^{\circ}\text{C};$$

$p=0,1$:

$$T_{\max,0,1} = 37,1 \cdot \{0,781 - 0,056 \cdot \ln[-\ln(0,9)]\} = 33,7^{\circ}\text{C};$$

$$T_{\min,0,1} = -29 \cdot \{0,393 - 0,156 \cdot \ln[-\ln(0,9)]\} = -21,6^{\circ}\text{C};$$

$p=0,2$:

$$T_{\max,0,2} = 37,1 \cdot \{0,781 - 0,056 \cdot \ln[-\ln(0,8)]\} = 32,1^{\circ}\text{C};$$

$$T_{\min,0,2} = -29 \cdot \{0,393 - 0,156 \cdot \ln[-\ln(0,8)]\} = -18,2^{\circ}\text{C}.$$

Таким образом, результат решения выглядит следующим образом (таблица 9.1, погрешность связана с неточностью графического метода).

Таблица 9.1 – Сравнительные результаты определения характеристические значения минимальной и максимальной температуры наружного воздуха для г.Туркестан (к примеру 4)

Годовая вероятность превышения	$T_{\max}, ^\circ\text{C}$		$T_{\min}, ^\circ\text{C}$	
	графический метод (отклонение %)	по формулам	графический метод (отклонение %)	по формулам
$p=0,01$	38,2 (-0,7%)	38,5	-31,9 (+0,9%)	-32,2
$p=0,02$	37,1		-29	
$p=0,05$	35,6 (+1,4%)	35,1	-25,2(-1,6%)	-24,8
$p=0,1$	33,4 (-1,5%)	33,7	-20,9(+3,2%)	-21,6
$p=0,2$	32,3 (+0,6%)	32,1	-18,3 (-0,6%)	-18,2

9.3.4 Значения минимальной и максимальной составляющей равномерно распределенной температуры мостов, для определения соответствующих им вынужденных усилий, определяются в зависимости от минимальной $T_{\min}$ и максимальной $T_{\max}$ температуры наружного воздуха (см. п.9.2.3). Начальная температура моста T_0 , в момент времени, когда происходит замыкание элементов конструкции, принимается по п.7.5 настоящего Пособия: для расчета укорочения длины элементов — на основе минимальной составляющей равномерно распределенной температуры и удлинения — на основе максимальной составляющей равномерно распределенной температуры.

9.4 Диапазон изменения составляющей равномерно распределенной температуры мостов

9.4.1 [6.1.3.3(3)] Характеристическое значение максимального отрицательного изменения составляющей равномерно распределенной температуры моста $\Delta T_{N,\text{con}}$ рассчитывается по формуле:

$$\Delta T_{N,\text{con}} = T_0 - T_{e,\min}, \quad (9.7) [6.1]$$

9.4.2 [6.1.3.3(3)] Характеристическое значение максимального положительного изменения составляющей равномерно распределенной температуры моста $\Delta T_{N,\text{exp}}$ рассчитывается по формуле:

$$\Delta T_{N,\text{exp}} = T_{e,\max} - T_0. \quad (9.8) [6.2]$$

9.4.3 Общий суммарный диапазон колебаний составляющей равномерно распределенной температуры моста составляет:

$$\Delta T_N = \Delta T_{N,\text{exp}} + \Delta T_{N,\text{con}} = T_{e,\max} - T_{e,\min}. \quad (9.9)$$

9.4.4 Для проектирования термокомпенсационных швов и опор, принимается характеристическое отношение $T_{e,\min}/T_{e,\max}$ для диапазона изменения температуры относительно T_0 . При отсутствии дополнительных данных для отдельного проекта, при проектировании полностью открытых соединений и опор может быть использован следующий диапазон экстремальных значений температур (рисунок 9.7):

$$T_{e,\max} - T_{e,\min} + 2 \cdot S \quad (9.10)$$

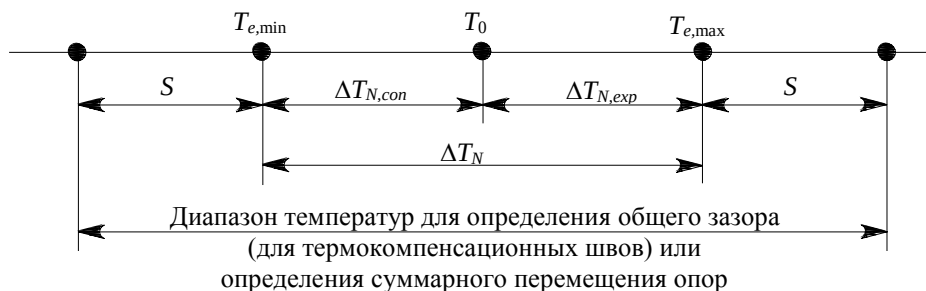


Рисунок 9.7 — Диапазон изменения температуры для проектирования термокомпенсационных швов и опор

9.4.5 Если монтаж опор или термокомпенсационных швов производится при температуре T_0 , то рекомендуемое значение S может быть принято равным 10°C . Если температура T_0 заранее неизвестна, рекомендуемое значение S может быть принято равным 20°C . Национальным приложением к СН РК EN 1991-1-5:2003/2011, эти значения могут быть откорректированы и несколько отличаться для перемещений в термокомпенсационных швах и опорах).

9.4.6 Для расчета величины перемещения опор и зазора термокомпенсационного зазора (шва) в приложении А настоящего Пособия приведены значения коэффициентов линейного температурного расширения различных материалов. Допускается использовать альтернативные (откорректированные) приведенным в таблице А.1 настоящего Пособия значения, если они подтверждены испытаниями и дополнительными уточняющими исследованиями с обеспечением требуемой достоверности.

ПРИМЕР 5 Определение диапазонов равномерно распределенных температур моста.

Проектируется мост в г.Астана с поперечным сечением пролетной части приведенной на рисунке 9.8. Определить диапазоны равномерно распределенных температур моста.

РЕШЕНИЕ

По приложению А СНиП РК 2.04-01-2010 находим для г. Алматы величину минимальной температуры окружающей среды (средний период повторяемости – 50 лет) воздействию которой подвергается мост, равна $T_{\min} = -30^\circ\text{C}$. Максимальная температура окружающей среды (средний период повторяемости – 50 лет), воздействию которой подвергается мост, равна $T_{\max} = +31,5^\circ\text{C}$. Начальная температура принимается равной $T_0 = +10^\circ\text{C}$.

Составляющие равномерно распределенной температуры $T_{e,min}$ и $T_{e,max}$ рассчитываются через T_{min} и T_{max} с использованием уравнений (9.2) и (9.5) настоящего Пособия, для пролетных строений моста типа 2 (т.е. составная конструкция).

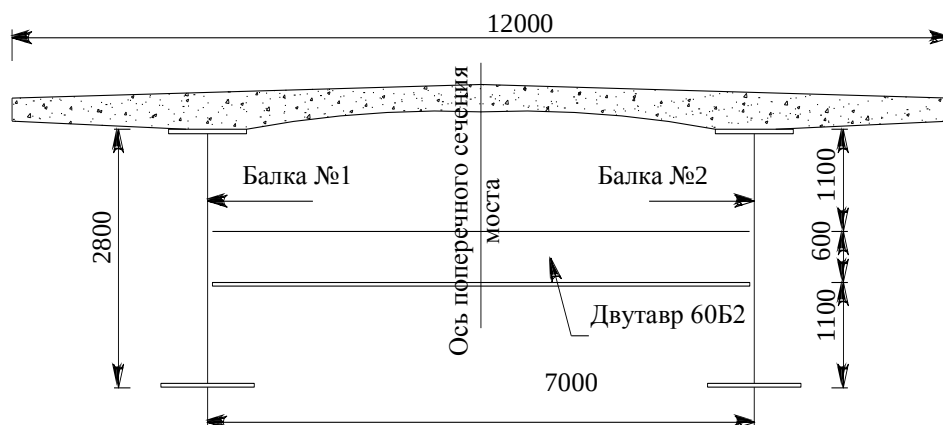


Рисунок 9.8 — Поперечное сечение проектируемого моста по пролетному строению (к примеру 5)

Диапазоны равномерно распределенных температур моста равны:

Максимальный диапазон сжатия: так как $T_{min} = -30^{\circ}\text{C}$ попадает в диапазон $-50^{\circ}\text{C} \leq T_{min} \leq 0^{\circ}\text{C}$, по формуле (9.7):

$$\Delta T_{N,con} = T_0 - T_{e,min} = 10^{\circ}\text{C} - (-30^{\circ}\text{C} + 4,5^{\circ}\text{C}) = 35,5^{\circ}\text{C}.$$

Максимальный диапазон расширения: так как $T_{max} = -30^{\circ}\text{C}$ попадает в $30^{\circ}\text{C} \leq T_{max} \leq 50^{\circ}\text{C}$, по формуле (9.8):

$$\Delta T_{N,exp} = T_{e,max} - T_0 = (+31,5^{\circ}\text{C} + 4,5^{\circ}\text{C}) - 10^{\circ}\text{C} = 26^{\circ}\text{C}$$

В соответствии с п.9.4.5 настоящего Пособия, для проектирования термокомпенсационных швов и опор диапазоны температур увеличиваются на:

максимальный диапазон сжатия для опор $= \Delta T_{N,con} + 20^{\circ}\text{C} = 35,5^{\circ}\text{C} + 20^{\circ}\text{C} = 55,5^{\circ}\text{C}$;

максимальный диапазон расширения для опор $= \Delta T_{N,exp} + 20^{\circ}\text{C} = 26^{\circ}\text{C} + 20^{\circ}\text{C} = 46^{\circ}\text{C}$.

9.5 Диапазон изменения составляющей неравномерно распределенной температуры мостов

9.5.1 [6.1.4(1)] В течение установленного периода времени нагрев и охлаждение верхней поверхности пролетного строения моста вызывает максимальное изменение температуры вследствие нагрева (верхняя сторона теплее) и максимальное изменение температуры вследствие охлаждения (нижняя сторона теплее).

9.5.2 [6.1.4(2)] Температурный перепад по вертикали в пределах конструкции может оказать влияние при:

- ограничении свободного изгиба из-за формы конструкции (например, порталная рама, неразрезная балка и т.д.);
- трении в роликовых опорах или опорах скольжения;
- наличии нелинейных геометрических эффектов (эффекты 2-го рода).

9.5.3 [6.1.4(3)] В случае консольных конструкций может потребоваться при их объединении учитывать начальный перепад температур.

ПРИМЕЧАНИЕ Значения начального перепада температур могут быть установлены в Национальном приложении к СН РК EN 1991-1-5:2003/2011.

9.6 Составляющие линейного температурного перепада по вертикали (метод 1)

9.6.1 [6.1.4.1(1)] Влияние температурного перепада по вертикали рассматривается с использованием эквивалентной составляющей линейного температурного перепада с $\Delta T_{M,heat}$ и $\Delta T_{M,cool}$. Эти значения определяются на основании данных о распределении температуры между верхней и нижней гранями сечения пролетного строения моста.

В Таблице 9.2 [6.1] приведены рекомендуемые значения $\Delta T_{M,heat}$ и $\Delta T_{M,cool}$ которыми допускается пользоваться при отсутствии дополнительных данных.

ПРИМЕЧАНИЕ Значения $\Delta T_{M,heat}$ и $\Delta T_{M,cool}$ могут быть установлены в национальном приложении к СН РК EN 1991-1-5:2003/2011.

9.6.2 Значения в Таблице 9.2 [6.1] являются верхними предельными значениями составляющей линейного температурного перепада и получены на основании анализа данных дорожных и железнодорожных мостов наиболее распространенной геометрии с толщиной мостового полотна 50 мм. При другой толщине мостового полотна эти значения необходимо умножить на поправочный коэффициент k_{sur} . Рекомендуемые значения коэффициента k_{sur} приведены в Таблице 9.3 [6.2].

Таблица 9.2 [6.1] — Рекомендуемые значения составляющих линейного температурного перепада для различных типов пролетного строения дорожных, пешеходных и железнодорожных мостов

Тип пролетного строения	Верхняя сторона теплее нижней (процесс нагрева)	Нижняя сторона теплее верхней (процесс охлаждения)
	$\Delta T_{M,heat}, ^\circ\text{C}$	$\Delta T_{M,cool}, ^\circ\text{C}$
Тип 1: стальная конструкция	18	13
Тип 2: составная конструкция	15	18
Тип 3: бетонная конструкция: балка коробчатого сечения балка плита	10	5
	15	8
	15	8

Таблица 9.3 [6.2] — Рекомендуемые значения коэффициента k_{sur} для учета различной толщины мостового полотна (дорожные, пешеходные и железнодорожные мосты)

Толщина мостового полотна, мм	Тип 1		Тип 2		Тип 3	
	Верхняя сторона теплее нижней	Нижняя сторона теплее верхней	Верхняя сторона теплее нижней	Нижняя сторона теплее верхней	Верхняя сторона теплее нижней	Нижняя сторона теплее верхней
	k_{sur}	k_{sur}	k_{sur}		k_{sur}	k_{sur}
Без полотна	0,7	0,9	0,9	1,0	0,8	1,1
Водонепроницаемое ¹⁾	1,6	0,6	1,1	0,9	1,5	1,1
50	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
100	0,7	1,2	1,0	1,0	0,7	1,0
150	0,7	1,2	1,0	1,0	0,5	1,0
Засыпка (750 мм)	0,6	1,4	0,8	1,2	0,6	1,0
¹⁾ Значения являются верхним предельным значением для темных цветов.						

ПРИМЕР 6 Определение составляющих линейного температурного перепада.

Для проектируемого моста по примеру 5 (рисунок 9.8) определить составляющие линейного температурного перепада $\Delta T_{M,heat}$, $\Delta T_{M,cool}$ для следующих видов покрытия:

- без покрытия;
- полотно толщиной 50 мм;
- водонепроницаемое полотно темного цвета;
- засыпное покрытие толщиной 750 мм.

РЕШЕНИЕ

С учетом результатов решения, полученных в примере 5 настоящего Пособия, имеем мост типа 2.

$$\Delta T_{M,heat}^{\delta} = k_{sur} \cdot \Delta T_{M,heat};$$

$$\Delta T_{M,cool}^{\delta} = k_{sur} \cdot \Delta T_{M,cool},$$

где $\Delta T_{M,heat}^{\delta}$, $\Delta T_{M,cool}^{\delta}$ — значения составляющих линейного температурного перепада с учетом толщины покрытия.

По таблице 9.2 определяем, что для моста с покрытием из полотна толщиной 50 мм:

$$\Delta T_{M,heat}^{50} = \Delta T_{M,heat} = 15^{\circ}\text{C};$$

$$\Delta T_{M,cool}^{50} = \Delta T_{M,cool} = 18^{\circ}\text{C} \text{ (по таблице 9.3 } k_{sur}=1,0\text{)}.$$

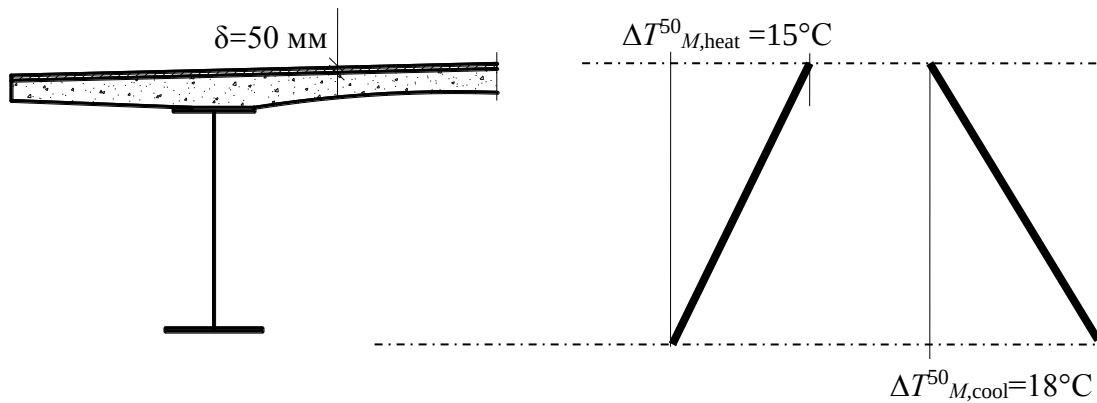


Рисунок 9.9 – Линейный температурный перепад проектируемого моста по пролетному строению с покрытием толщиной 50 мм (к примеру 6)

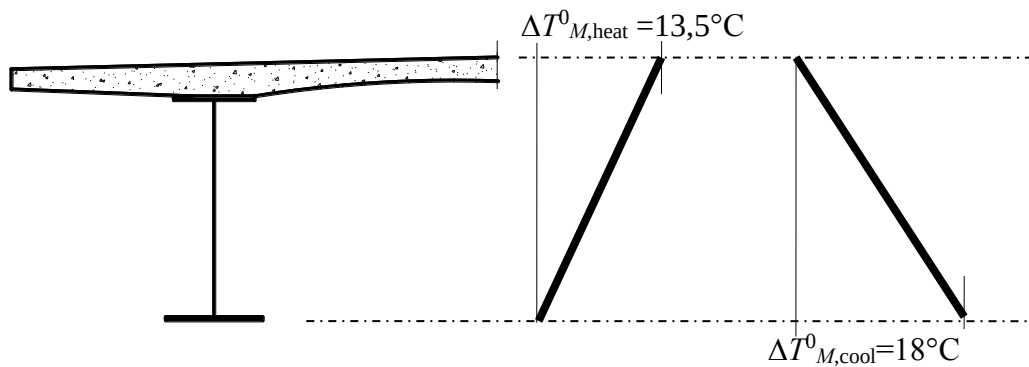


Рисунок 9.10 – Линейный температурный перепад проектируемого моста по пролетному строению без покрытия (к примеру 6)

Для случая если настил моста будет выполнен без покрытия для определения составляющих линейного температурного перепада по таблице 9.3 определяем поправочные коэффициенты k_{sur} :

$$\Delta T^0_{M,heat} = k_{sur} \cdot \Delta T_{M,heat} = 0,9 \cdot 15 = 13,5^\circ\text{C};$$

$$\Delta T^0_{M,cool} = k_{sur} \cdot \Delta T_{M,cool} = 1,0 \cdot 18 = 18^\circ\text{C}.$$

Для моста с водонепроницаемым покрытием темного цвета:

$$\Delta T^{wp}_{M,heat} = k_{sur} \cdot \Delta T_{M,heat} = 1,1 \cdot 15 = 16,5^\circ\text{C};$$

$$\Delta T^{wp}_{M,cool} = k_{sur} \cdot \Delta T_{M,cool} = 0,9 \cdot 18 = 16,2^\circ\text{C}.$$

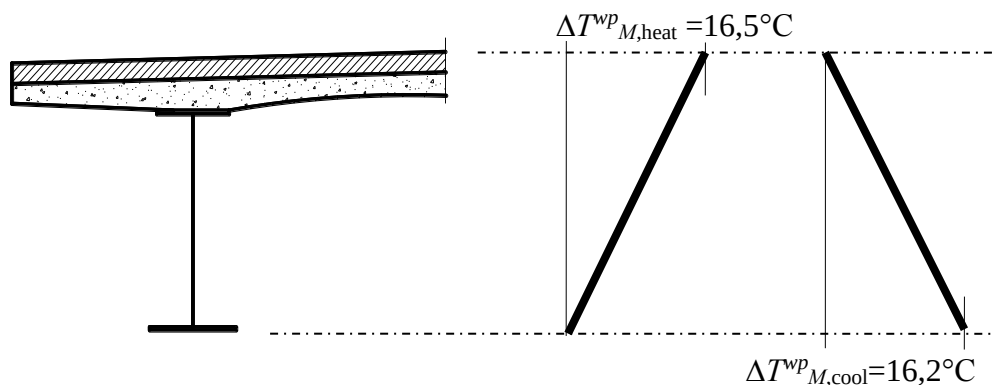


Рисунок 9.11 – Линейный температурный перепад проектируемого моста по пролетному строению с водонепроницаемым покрытием темного цвета (к примеру 6)

Для моста с засыпным покрытием толщиной 750 мм:

$$\Delta T^{750}_{M,heat} = k_{sur} \cdot \Delta T_{M,heat} = 0,8 \cdot 15 = 12^\circ\text{C},$$

$$\Delta T^{750}_{M,cool} = k_{sur} \cdot \Delta T_{M,cool} = 1,2 \cdot 18 = 21,6^\circ\text{C}.$$

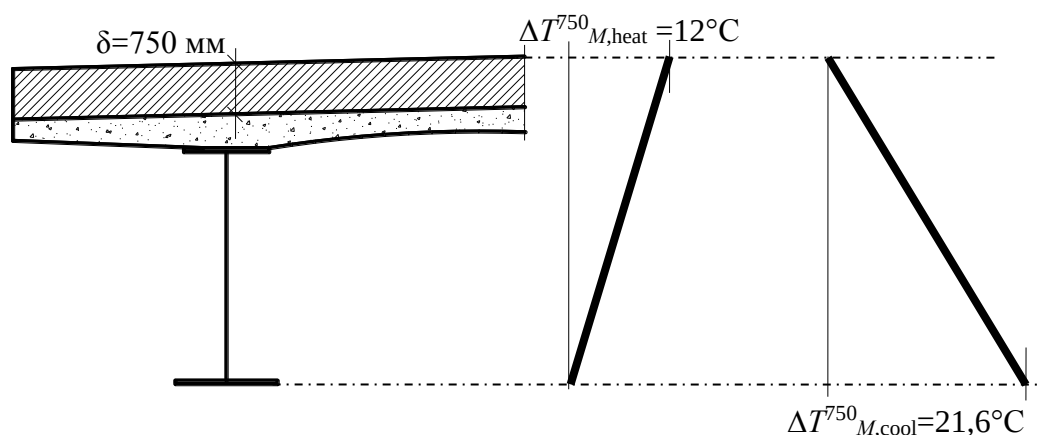


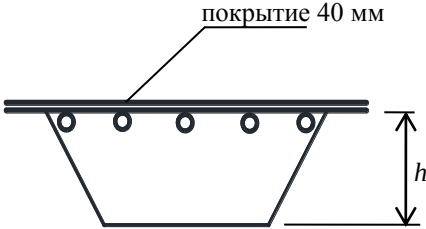
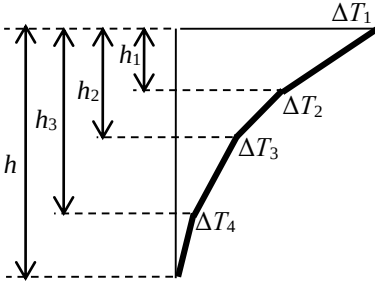
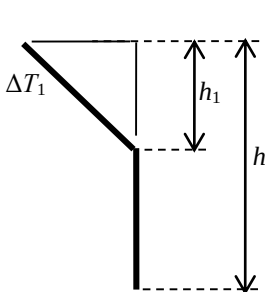
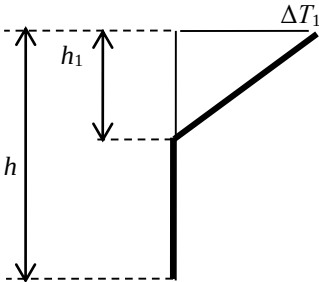
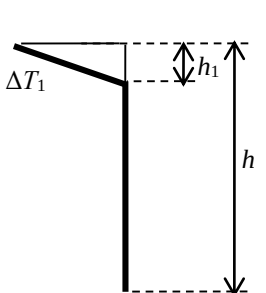
Рисунок 9.12 – Линейный температурный перепад проектируемого моста по пролетному строению с засыпным покрытием толщиной 750 мм (к примеру 6)

9.7 Вертикальные составляющие температуры при нелинейном распределении (метод 2)

9.7.1 [6.1.4.2(1)] Влияние температурного перепада по вертикали при проектировании учитывается включением в расчет составляющей нелинейного температурного перепада (см. 9.1.2).

9.7.2 Значения температурного перепада по вертикали для пролетных строений мостов допускается устанавливать в национальном приложении. Рекомендуемые значения указаны в Таблицах 9.4 [6.2a] – 9.6 [6.2c] и относятся к толщине покрытия 40 мм для пролетных строений типа 1, 100 мм – для пролетных строений типа 2 и 3.

**Таблица 9.4 [6.2а] — Температурный перепад для пролетных строений мостов
(тип 1: стальная конструкция)**

Тип конструктивной системы	Температурный перепад ΔT	
	(а) нагрев	(б) охлаждение
	 $\Delta T_1 = 24^\circ\text{C}$ $h_1 = 0,1 \text{ м}$ $\Delta T_2 = 14^\circ\text{C}$ $h_2 = 0,2 \text{ м}$ $\Delta T_3 = 8^\circ\text{C}$ $h_3 = 0,3 \text{ м}$ $\Delta T_4 = 4^\circ\text{C}$	 $\Delta T_1 = -6^\circ\text{C}$ $h_1 = 0,5 \text{ м}$
	 $h_1 = 0,5 \text{ м}$ $\Delta T_1 = 21^\circ\text{C}$	 $\Delta T_1 = -5^\circ\text{C}$ $h_1 = 0,1 \text{ м}$

Для данных в Таблицах 9.4 [6.2а] – 9.6 [6.2с] «нагрев» относится к таким условиям, в которых солнечное излучение и другие факторы обеспечивают приток теплоты через мостовое полотно пролетного строения. И наоборот, «охлаждение» относится к условиям, в которых теплота теряется через мостовое полотно пролетного строения в результате теплообмена с окружающей средой (посредством излучения и других видов теплообмена).

Температурный перепад ΔT включает составляющую линейного температурного перепада по осям $z - z$ и $y - y$ поперечного сечения ΔT_M и составляющую нелинейного температурного перепада ΔT_E (см. п.7(3)), вместе с малой долей ΔT_N , которая включена в составляющую равномерно распределенной температуры для мостов (см. 9.2).

Таблица 9.5 [6.2b] — Температурный перепад для пролетных строений мостов
(тип 2: составная конструкция)

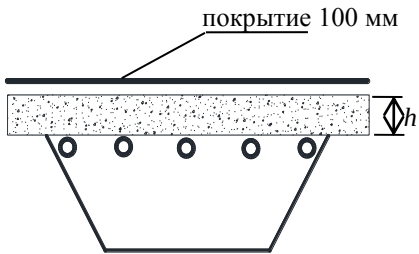
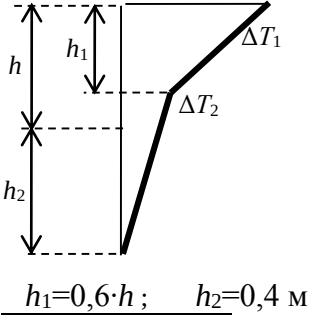
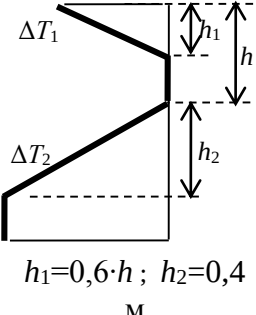
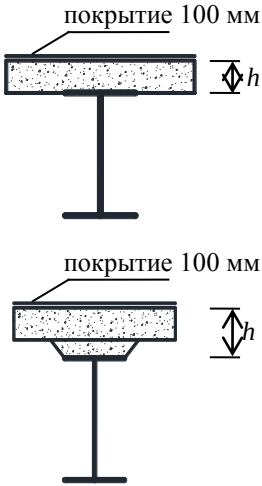
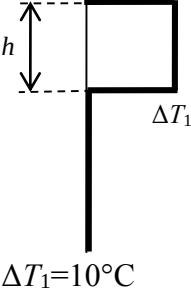
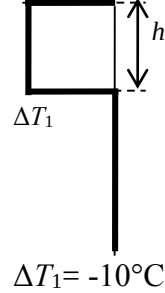
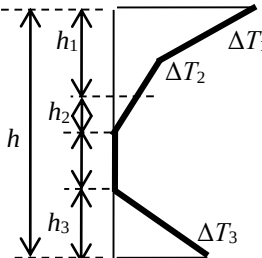
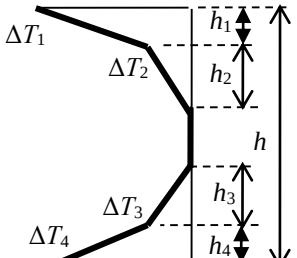
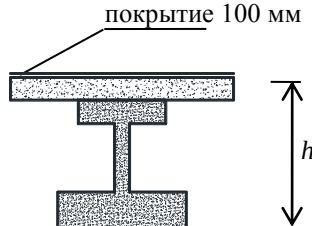
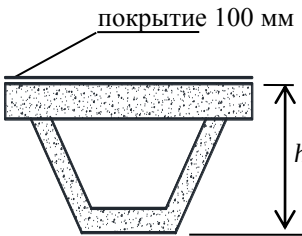
Тип конструктивной системы	Температурный перепад ΔT																			
	(а) нагрев	(б) охлаждение																		
	Стандартный метод  $h_1=0,6 \cdot h$; $h_2=0,4$ м <table><thead><tr><th>h, м</th><th>ΔT_1, °C</th><th>ΔT_2, °C</th></tr></thead><tbody><tr><td>0,2</td><td>13</td><td>4</td></tr><tr><td>0,3</td><td>16</td><td>4</td></tr></tbody></table>	h , м	ΔT_1 , °C	ΔT_2 , °C	0,2	13	4	0,3	16	4	Стандартный метод  $h_1=0,6 \cdot h$; $h_2=0,4$ м <table><thead><tr><th>h, м</th><th>ΔT_1, °C</th><th>ΔT_2, °C</th></tr></thead><tbody><tr><td>0,2</td><td>-3,5</td><td>-8</td></tr><tr><td>0,3</td><td>-5</td><td>-8</td></tr></tbody></table>	h , м	ΔT_1 , °C	ΔT_2 , °C	0,2	-3,5	-8	0,3	-5	-8
h , м	ΔT_1 , °C	ΔT_2 , °C																		
0,2	13	4																		
0,3	16	4																		
h , м	ΔT_1 , °C	ΔT_2 , °C																		
0,2	-3,5	-8																		
0,3	-5	-8																		
	Упрощенный метод  $\Delta T_1=10^\circ\text{C}$	Упрощенный метод  $\Delta T_1=-10^\circ\text{C}$																		
	ПРИМЕЧАНИЕ Для мостов из составных конструкций можно применять упрощенный метод, с помощью которого получают верхние предельные значения влияния температуры. Значения ΔT, полученные этим методом, являются характеристическими значениями и могут применяться, если в национальном приложении не установлены специальные значения.																			

**Таблица 9.6 [6.2с] — Температурный перепад для пролетных строений мостов
(тип 3: бетонная конструкция)**

Тип конструктивной системы	Температурный перепад ΔT																																																								
	(а) нагрев	(б) охлаждение																																																							
																																																									
	$h_1=0,3 \cdot h \leq 0,15 \text{ м};$ $0,25 \text{ м} \geq h_2=0,3 \cdot h \geq 0,10 \text{ м};$ $h_3=0,3 \cdot h \leq (0,10 \text{ м} +$ толщина покрытия в м); для тонких плит h_3 ограничивается $h_3 - h_1 - h_2$	$h_1=h_4=0,2 \cdot h \leq 0,25 \text{ м};$ $h_2=h_3=0,25 \cdot h \leq 0,2 \text{ м};$																																																							
	<table><tr><th>$h,$ м</th><th>$\Delta T_1,$ °C</th><th>$\Delta T_2,$ °C</th><th>$\Delta T_3,$ °C</th></tr><tr><td>$\leq 0,2$</td><td>8,5</td><td>3,5</td><td>0,5</td></tr><tr><td>0,4</td><td>12</td><td>3</td><td>1,5</td></tr><tr><td>,6</td><td>13</td><td>3</td><td>2</td></tr><tr><td>$\geq 0,8$</td><td>13</td><td>3</td><td>2,5</td></tr></table>	$h,$ м	$\Delta T_1,$ °C	$\Delta T_2,$ °C	$\Delta T_3,$ °C	$\leq 0,2$	8,5	3,5	0,5	0,4	12	3	1,5	,6	13	3	2	$\geq 0,8$	13	3	2,5	<table><tr><th>$h,$ м</th><th>$\Delta T_1,$ °C</th><th>$\Delta T_2,$ °C</th><th>$\Delta T_3,$ °C</th><th>$\Delta T_4,$ °C</th></tr><tr><td>$\leq 0,2$</td><td>-2,5</td><td>-0,5</td><td>-0,5</td><td>-1,5</td></tr><tr><td>0,4</td><td>-4,5</td><td>-1,4</td><td>-1,0</td><td>-3,5</td></tr><tr><td>0,6</td><td>-6,5</td><td>-1,8</td><td>-1,5</td><td>-5,0</td></tr><tr><td>0,8</td><td>-7,6</td><td>-1,7</td><td>-1,5</td><td>-6,0</td></tr><tr><td>1,0</td><td>-8,0</td><td>-1,5</td><td>-1,5</td><td>-6,3</td></tr><tr><td>$\geq 1,5$</td><td>-8,4</td><td>-0,5</td><td>-1,0</td><td>-6,5</td></tr></table>	$h,$ м	$\Delta T_1,$ °C	$\Delta T_2,$ °C	$\Delta T_3,$ °C	$\Delta T_4,$ °C	$\leq 0,2$	-2,5	-0,5	-0,5	-1,5	0,4	-4,5	-1,4	-1,0	-3,5	0,6	-6,5	-1,8	-1,5	-5,0	0,8	-7,6	-1,7	-1,5	-6,0	1,0	-8,0	-1,5	-1,5	-6,3	$\geq 1,5$	-8,4	-0,5	-1,0	-6,5
$h,$ м	$\Delta T_1,$ °C	$\Delta T_2,$ °C	$\Delta T_3,$ °C																																																						
$\leq 0,2$	8,5	3,5	0,5																																																						
0,4	12	3	1,5																																																						
,6	13	3	2																																																						
$\geq 0,8$	13	3	2,5																																																						
$h,$ м	$\Delta T_1,$ °C	$\Delta T_2,$ °C	$\Delta T_3,$ °C	$\Delta T_4,$ °C																																																					
$\leq 0,2$	-2,5	-0,5	-0,5	-1,5																																																					
0,4	-4,5	-1,4	-1,0	-3,5																																																					
0,6	-6,5	-1,8	-1,5	-5,0																																																					
0,8	-7,6	-1,7	-1,5	-6,0																																																					
1,0	-8,0	-1,5	-1,5	-6,3																																																					
$\geq 1,5$	-8,4	-0,5	-1,0	-6,5																																																					

ПРИМЕР 7 Расчет составляющих неравномерного температурного перепада пролетного строения железобетонного моста.

Необходимо рассчитать составляющие неравномерного температурного перепада пролетного строения железобетонного моста с поперечным сечением, приведенным на рисунке 9.13.

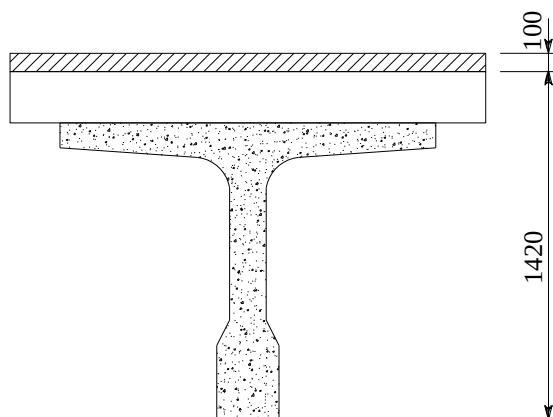
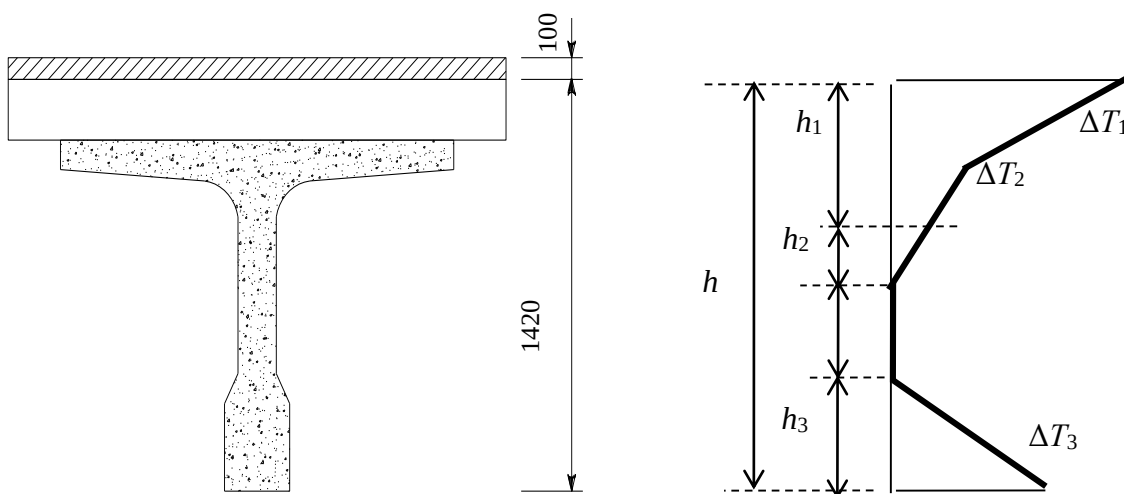


Рисунок 9.13 — Схема поперечного сечения железобетонного моста (к примеру 7)
РЕШЕНИЕ

Расчет производим в соответствии с зависимостями, приведенными в таблице 9.6 настоящего Пособия.

Стадия нагрева конструкций моста.

Температурный профиль при нагреве конструкций настила моста имеет следующий вид:



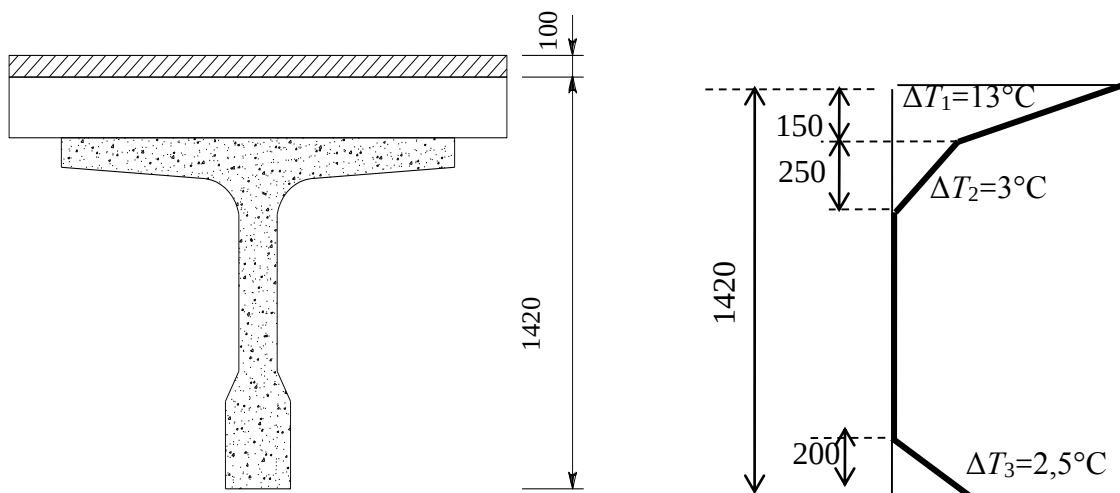
Здесь $h = 1420$ мм, так как $h \geq 0,8$ м следовательно по таблице 9.6 настоящего Пособия находим $\Delta T_1 = 13^\circ\text{C}$, $\Delta T_2 = 3^\circ\text{C}$, $\Delta T_3 = 2,5^\circ\text{C}$.

$$h_1 = 0,3 \cdot 1420 = 426 \text{ мм} = 0,426 \text{ м} > 0,15 \text{ м, принимаем } h_1 = 0,15 \text{ м;}$$

$$h_2 = 0,3 \cdot h = 0,3 \cdot 1420 = 426 \text{ мм} = 0,426 \text{ м} > 0,25 \text{ м, принимаем } h_2 = 0,25 \text{ м;}$$

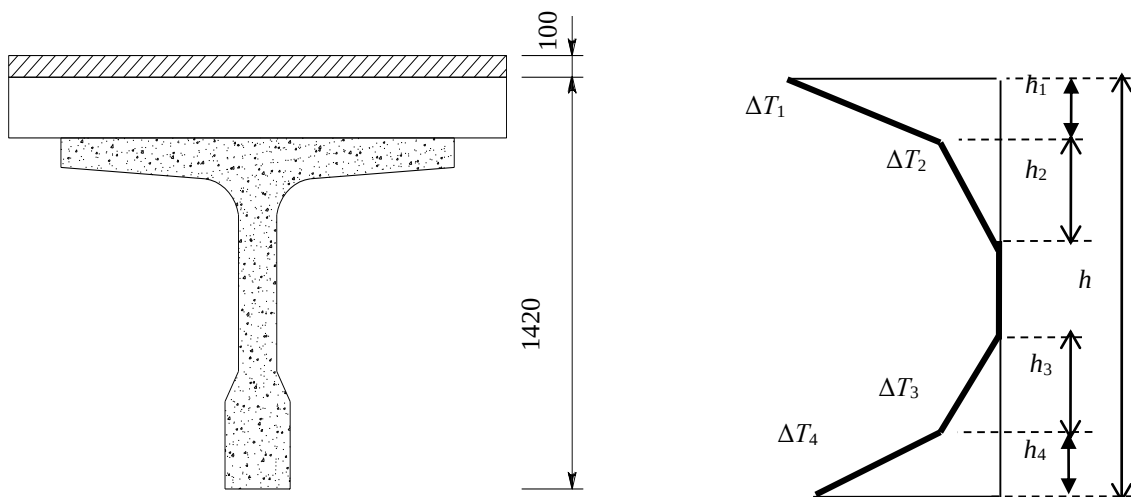
$$h_3 = 0,3 \cdot h = 0,3 \cdot 1420 = 426 \text{ мм} = 0,426 \text{ м} > 0,1 + 0,1 \text{ м} = 0,2 \text{ м, принимаем } h_3 = 0,2 \text{ м.}$$

Таким образом, температурный профиль при нагреве конструкций настила моста принимает следующий вид:



Стадия охлаждения конструкций моста.

Температурный профиль при охлаждении конструкций настила моста имеет следующий вид:

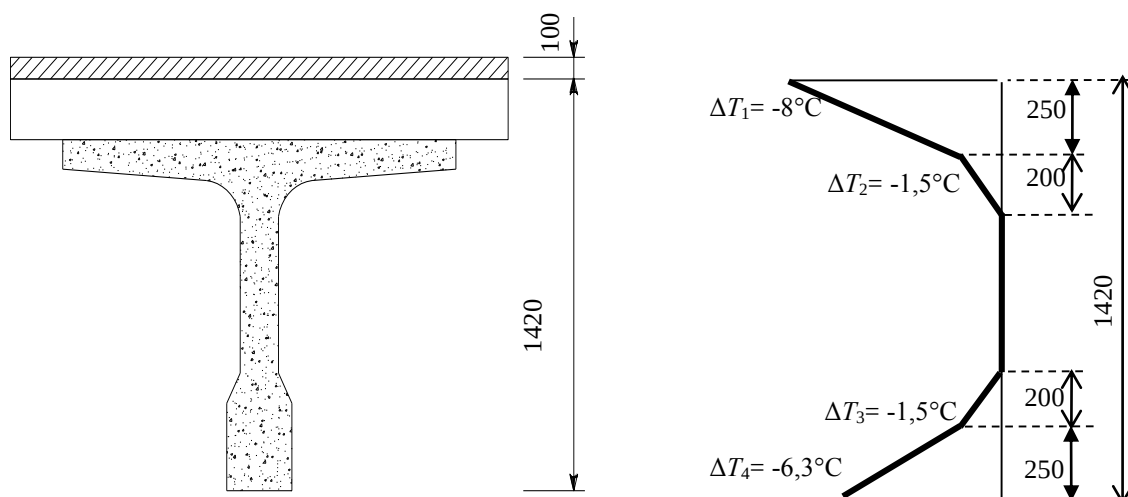


Здесь $h=1420 \text{ мм} < 1,5 \text{ м}$, следовательно по таблице 9.6 настоящего Пособия находим $\Delta T_1 = -8^\circ\text{C}$, $\Delta T_2 = -1,5^\circ\text{C}$, $\Delta T_3 = -1,5^\circ\text{C}$, $\Delta T_4 = -6,3^\circ\text{C}$.

$h_1=h_4=0,2 \cdot h=0,2 \cdot 1420=284 \text{ мм}=0,284 \text{ м} > 0,25 \text{ м}$, принимаем $h_1=h_4=0,25 \text{ м}$;

$h_2=h_3=0,25 \cdot h=0,25 \cdot 1420=355 \text{ мм}=0,355 \text{ м} > 0,2 \text{ м}$, принимаем $h_2=h_3=0,2 \text{ м}$.

Таким образом, температурный профиль при охлаждении конструкций настила моста принимает следующий вид:



Полученные значения должны использоваться в дальнейшем при проектировании моста для определения возникающих при температурных изменениях напряжений и деформаций с целью проверки конструкции по предельным состояниям.

ПРИМЕР 8 Расчет составляющих неравномерного температурного перепада пролетного строения металлического моста.

Необходимо рассчитать составляющие неравномерного температурного перепада металлического пролетного строения моста с поперечным сечением, приведенным на рисунке 9.14. Настил моста имеет покрытие толщиной 40 мм.

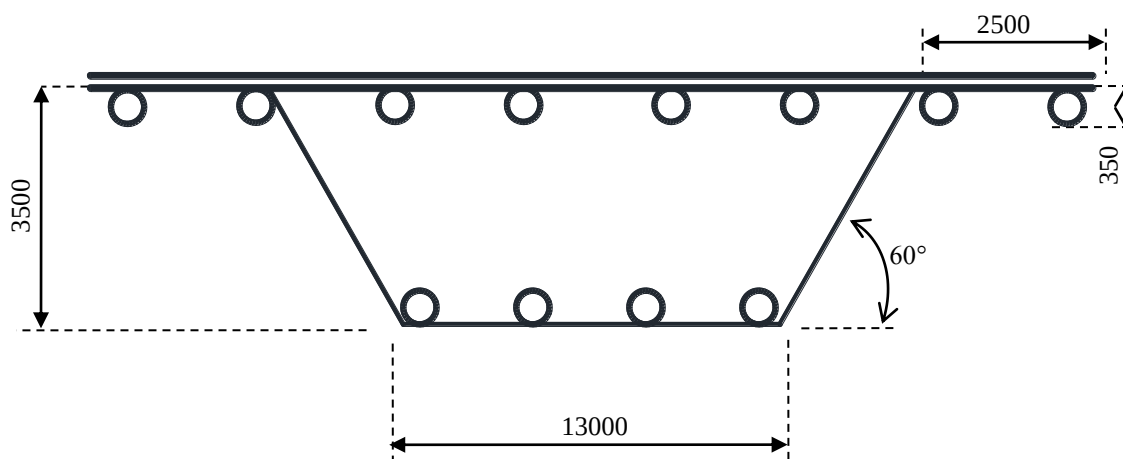


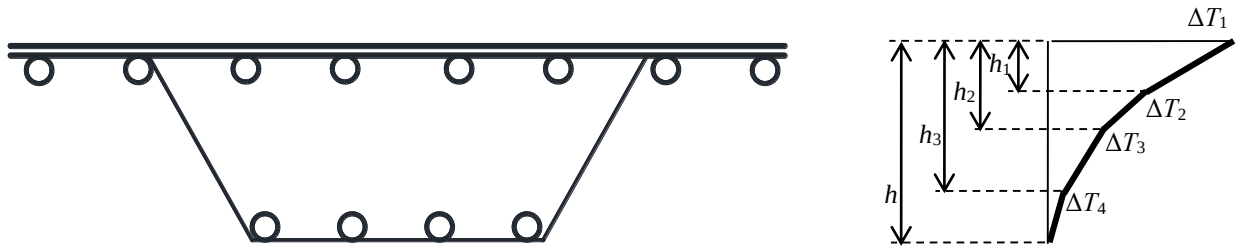
Рисунок 9.14 — Схема поперечного сечения стального моста (к примеру 8)

РЕШЕНИЕ

Расчет производим в соответствии с зависимостями, приведенными в таблице 9.4 настоящего Пособия.

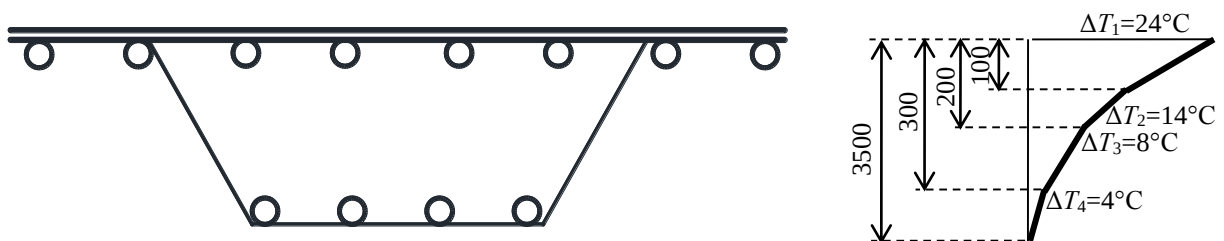
Стадия нагрева конструкций моста.

Температурный профиль при нагреве конструкций настила моста имеет следующий вид (таблица 9.4):



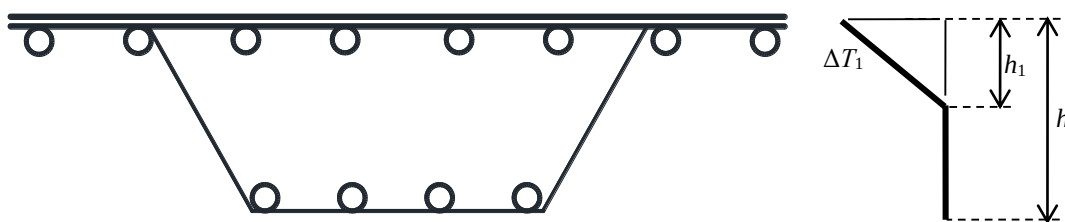
По таблице 9.4 определяем $\Delta T_1=24^\circ\text{C}$, $h_1=0,1$ м, $\Delta T_2=14^\circ\text{C}$, $h_2=0,2$ м, $\Delta T_3=8^\circ\text{C}$, $h_3=0,3$ м, $\Delta T_4=4^\circ\text{C}$ (фиксированные значения вследствие высокой теплоемкости и теплопроводности элементов моста).

Таким образом, температурный профиль при нагреве конструкций настила моста принимает следующий вид (таблица 9.4):



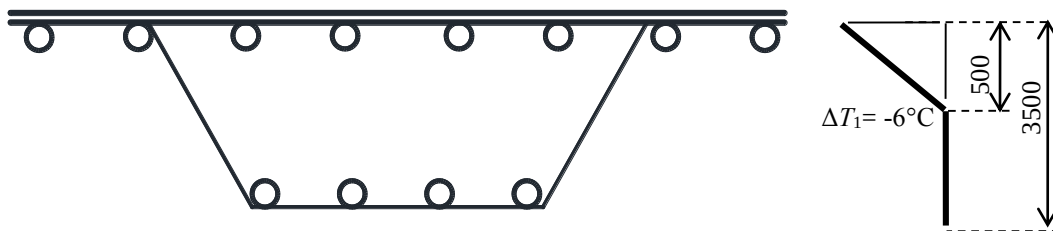
Стадия охлаждения конструкций моста.

Температурный профиль при охлаждении конструкций настила моста имеет следующий вид (таблица 9.4):



По таблице 9.4 определяем $\Delta T_1=-6^\circ\text{C}$ $h_1=0,5$ м.

Таким образом, температурный профиль при охлаждении конструкций настила моста принимает следующий вид (таблица 9.4):



Полученные значения должны использоваться в дальнейшем при проектировании моста для определения возникающих при температурных изменениях напряжений и деформаций с целью проверки конструкции по предельным состояниям.

9.8 Горизонтальные составляющие

9.8.1 [6.1.4.3(1)] В общем случае, составляющую температурного перепада необходимо учитывать только в вертикальном направлении.

9.8.2 В определенных случаях (например, когда из-за ориентации или формы сооружения одна сторона моста подвергается более сильному нагреву вследствие солнечного излучения по сравнению с другой), следует учитывать также температурный перепад в горизонтальном направлении.

ПРИМЕЧАНИЕ Числовые значения температурного перепада могут быть установлены в национальном приложении к СН РК EN 1991-1-5:2003/2011. При отсутствии другой информации и указаний на применение более высоких значений рекомендуется принимать линейный температурный перепад 5°C между внешними гранями поперечного сечения моста независимо от ширины моста.

9.9 Температурный перепад в стенах бетонных балок коробчатого сечения

9.9.1 [6.1.4.4(1)] При проектировании мостов, у которых в конструкции поперечного сечения присутствуют массивные коробчатые сечения необходимо уделять особое внимание определению расчетных параметров, поскольку между внутренними и внешними стенками (ребрами) конструкций может возникать существенный температурный перепад вследствие инерции при прогреве (охлаждении) конструкций моста.

ПРИМЕЧАНИЕ Числовые значения температурного перепада могут быть установлены в национальном приложении к СН РК EN 1991-1-5:2003/2011. Рекомендуемое значение линейного температурного перепада составляет 15°C .

9.10 Одновременный учет составляющих равномерно распределенной температуры и температурного перепада

9.10.1 [6.1.5(1)] В случае, когда одновременно необходимо учитывать обе составляющие температуры $\Delta T_{M,\text{heat}}$ (или $\Delta T_{M,\text{cool}}$) и максимальное изменение составляющей равномерно распределенной температуры моста $\Delta T_{N,\text{exp}}$ (или $\Delta T_{N,\text{con}}$)

(например, для рамных конструкций), допускается применять следующее выражение (которое можно рассматривать как сочетание нагрузок):

$$\Delta T_{M,heat} \text{ (или } \Delta T_{M,cool}) + \omega_N \Delta T_{N,exp} \text{ (или } \Delta T_{N,con}) \quad (9.11) [6.3]$$

или

$$\omega_M \Delta T_{M,heat} \text{ (или } \Delta T_{M,cool}) + \Delta T_{N,exp} \text{ (или } \Delta T_{N,con}), \quad (9.12) [6.4]$$

выбирая при этом выражение с самым неблагоприятным воздействием.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Числовые значения ω_N и ω_M могут быть установлены в национальном приложении к СН РК EN 1991-1-5:2003/2011. При отсутствии информации рекомендуется применять следующие значения ω_N и ω_M : $\omega_N = 0,35$; $\omega_M = 0,75$.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 При применении обеих составляющих линейного и нелинейного температурного перепада по вертикали (см. 9.7 настоящего Пособия) ΔT_M заменяют на ΔT , включающую ΔT_M и ΔT_E .

9.11 Перепады в конструктивных элементах с различными составляющими равномерно распределенной температуры

9.11.1 [6.1.6(1)] В конструкциях с различными составляющими равномерно распределенной температуры в отдельных типах элементов могут возникать неблагоприятные нагрузочные эффекты, которые следует учитывать в расчете.

ПРИМЕЧАНИЕ В национальном приложении к СН РК EN 1991-1-5:2003/2011 могут быть приведены значения составляющих равномерно распределенной температуры. Рекомендуемые значения: 15°C между главными конструктивными элементами (например, затяжка и арка); 10°C и 20°C для светлых и темных цветов между поддерживающим/стабилизирующим канатом и мостовым полотном (или пилоном).

9.11.2 [6.1.6(2)] Эти эффекты следует учитывать дополнительно к эффектам, являющимся результатом действия составляющей равномерно распределенной температуры в элементах, определяемой согласно 9.2 настоящего Пособия.

9.12 Промежуточные опоры моста

9.12.1 [6.2.1(1)P] При определении расчетных параметров следует учитывать температурный перепад между внешними (открытыми) поверхностями полых или массивных промежуточных опор моста.

ПРИМЕЧАНИЕ Метод определения расчетных параметров, может быть установлен в национальном приложении к СН РК EN 1991-1-5:2003/2011. При отсутствии метода можно применять эквивалентную составляющую линейного температурного перепада.

9.12.2 [6.2.1(2)] Температуру, в целом воздействующую на промежуточные опоры, следует учитывать, если она вызывает реакции связи или перемещения в примыкающих конструкциях.

9.12.3 [6.2.2(1)] Для бетонных промежуточных опор (полых или массивных) следует учитывать в расчетах линейный температурный перепад между противоположными внешними поверхностями.

ПРИМЕЧАНИЕ Значения линейного температурного перепада могут устанавливаться в национальном приложении. При отсутствии значений рекомендуется применять 5 °С.

9.12.4 [6.2.2(2)] Для стенок следует учитывать линейный температурный перепад между внутренней и внешней сторонами.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Значения линейного температурного перепада может быть установлено в национальном приложении к СН РК EN 1991-1-5:2003/2011. При отсутствии значений рекомендуется применять 15 °С.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 При необходимости учета температурного перепада для стальных опор необходимо привлечение специалистов.

ПРИМЕР 9 Определение внутренних усилий моста с пролетными строениями из составных конструкций.

Мост с пролетными строениями из составных конструкций, который образован настилом, опертый на выравнивающие опоры необходимо проверить на соответствие требованиями норм. Приложенные нагрузки соответствуют СН РК EN 1991-2:2003/2011 и СН РК EN 1991-1-4:2005/2011. Настоящий пример предназначен для определения того, какие нагрузки существенны и как определяются внутренние усилия моста с пролетными строениями из составных конструкций.

Определение системы.

Конструкция системы.

Исследуемый мост с пролетными строениями из составных конструкций расположен над улицей и состоит из бетонного настила и двух сварных стальных балок. Для определения ветровой нагрузки принимаются следующие параметры: расстояние между поверхностью улицы и нижней полкой стальной балки равно 4,5 м и мост расположен на ровной открытой местности.

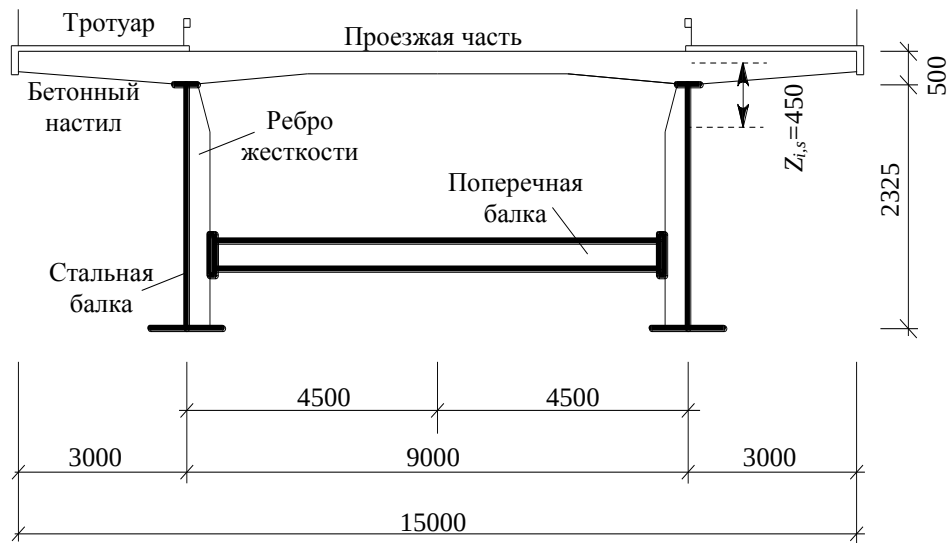


Рисунок 9.15 — Поперечное сечение моста с пролетным строением из составных конструкций (к примеру 9)

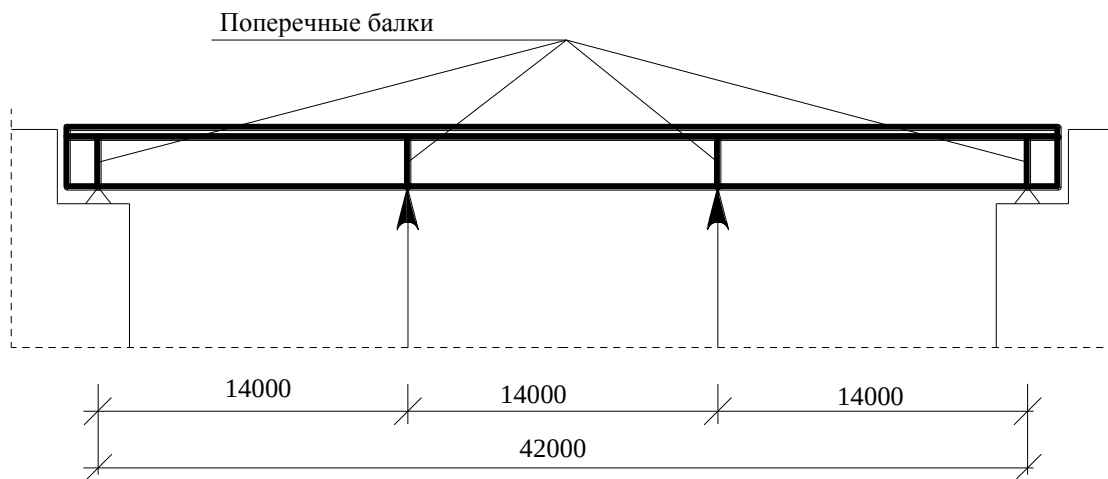


Рисунок 9.16 — Статическая схема моста (к примеру 9)

Необходимо проверить соответствует ли изгибная прочность сечения требованиям норм по предельному состоянию по несущей способности и находятся ли деформации в пределах эксплуатационной пригодности. Кроме этого необходимо проверить удовлетворяет ли требованиям по несущей способности рамная конструкция.

Нагрузка, которая воспринимается конструкционной сталью, и нагрузка, которая воспринимается составным сечением пролетного строения, должны быть известны для того, чтобы определить деформацию сооружения, которая является решающим параметром для проверки по критерию эксплуатационной пригодности.

Устраиваются временные опоры для поддержки стальной балки перед заливкой бетона с их последующим отсоединением после затвердевания бетонного настила, что приводит к тому, что составное сечение воспринимает собственный вес стали и бетона.

В отличие от такого способа, при возведении настила без временных опор собственный вес воспринимается только стальной балкой. Следует отметить, что история нагружения не влияет на предел прочности сооружения, однако влияет на распределение напряжений и деформации.

1. Для целей настоящего примера принимается следующий способ возведения сооружения:
2. Стальная балка укладывается на постоянные опоры, образуя свободно опертую балку.
3. Две временные опоры прикрепляются и предварительно напрягаются, формируя неразрезную балку, которая несет собственный вес конструкционной стали.
4. Производится заливка бетоном проезжей части моста.
5. Временные опоры и опалубка удаляются после застывания бетонного настила.
6. После приложения дополнительных нагрузок (дорожное полотно и т.д.) мост готов воспринимать транспортную нагрузку и другие переменные воздействия.

Поэтому для проверки этапа строительства должны быть рассмотрены следующие нагрузки:

1. Стальная балка как свободно опертая воспринимает нагрузку от собственного веса и ветровые нагрузки.
2. Стальная балка как неразрезная балка воспринимает нагрузку от собственного веса, нагрузку от предварительного напряжения и ветровые нагрузки.
3. Стальная балка как неразрезная балка воспринимает нагрузку от собственного веса, нагрузку от предварительного напряжения, веса незастывшего бетона и ветровые нагрузки.
4. Стальная балка как неразрезная балка воспринимает нагрузку от собственного веса, нагрузку от предварительного напряжения, веса застывшего бетона и ветровые нагрузки.

На заключительном этапе составная конструкция должна быть проверена как свободно опертая балка, воспринимающая нагрузку от собственного веса, временные нагрузки, транспортные и ветровые нагрузки.

Характеристики сечения.

Прочность на изгиб.

Для обеспечения возможности проведения проверки на этапе строительства расчетное сопротивление изгибу стальной балки принимается известным и равным $M_{el,a,Rd}=32346 \text{ кН}\cdot\text{м}$.

Расчетное значение пластического сопротивления изгибу составного сечения (нейтральная ось в бетонном настиле) принимается равным $M_{pl,Rd} = 60000 \text{ кН}\cdot\text{м}$.

Момент инерции.

Моменты инерции необходимы для расчета деформаций, как критериев проверки по эксплуатационной пригодности. Для учета эффектов ползучести при расчете принимается во внимание временная зависимость характеристик сечения. Это приводит к различию между соответствующими значениями моментов инерции:

Таблица 9.7 — Моменты инерции составного сечения (к примеру 9)

Характеристика воздействий	Момент инерции, мм ⁴	Момент инерции, см ⁴
Кратковременное воздействие	$3,040758 \cdot 10^{11}$	30 407 580
Длительное воздействие	$2,5323208 \cdot 10^{11}$	25 323 208
Сжатие	$2,7573969 \cdot 10^{11}$	27 573 969

Сопротивление поперечной балки и ребер жесткости.

Для поперечной балки используется прокатный стальной профиль HE 200A марка стали S355. Таким образом, для дальнейшего расчета принимаем следующие значения сопротивления:

M-N - взаимодействие вдоль оси максимального сопротивления:

$$N_{Rd} = \chi_y \cdot N_{pl,Rd} = 710 \text{ кН}; M_{pl,y,Rd} = 152,7 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Потеря устойчивости при продольном изгибе вдоль оси минимального сопротивления:

$$N_{Rd} = \chi_z \cdot N_{pl,Rd} = 649 \text{ кН}.$$

Ребро жесткости представляет собой половину профиля HE 360B, сталь марки S 355. В сочетании с соответствующей частью стенки основной балки получим следующие расчетные значения сопротивления:

$$N_{pl,Rd} = 5491,85 \text{ кН}; M_{pl,Rd} = 400 \text{ кН}.$$

Определение нагрузок.

Постоянные нагрузки, действующие на конструкционную сталь.

Нагрузка от собственного веса одного сварного стального профиля ($\gamma_a = 78,5 \text{ кН/м}^3$):

$$g_a = 7,0 \text{ кН/м}.$$

Нагрузка от собственного веса бетонного настила ($\gamma_c = 25 \text{ кН/м}^3$):

площадь поперечного сечения:

$$A_c = 2 \cdot \left[7,5 \cdot 0,5 - \frac{1}{2} \cdot (2,8 + 2,0) \cdot 0,2 - 2,3 \cdot 0,2 \right] = 5,62 \text{ м}^2;$$

$$g_c = 5,62 \cdot 25 = 140,50 \text{ кН/м}.$$

Нагрузка от собственного веса незастывшего бетона ($\gamma_c = 26 \text{ кН/м}^3$):

$$Q_f = 5,62 \cdot 26 = 146,12 \text{ кН/м}.$$

Усилие предварительного напряжения, прикладываемое к каждой временной колонне:

$$P = 1280 \text{ кН}.$$

Постоянные нагрузки, действующие на составную балку.

Нагрузка от собственного веса стяжки, перил, ограждения безопасности и асфальтового покрытия на одной продольной половине настила моста:

$$g_{add} = 30 \text{ кН·м.}$$

Транспортные нагрузки.

В соответствии с СН РК EN 1991-2:2003/2011 ширина w проезжей части определяется внутренними границами таких систем ограничения пространства для движения машин как ограждения безопасности, бордюры и т.д. Ширина проезжей части, используемая при расчете, включает все площади которые могут быть использованы для движения транспорта, как например обочина с твердым покрытием.

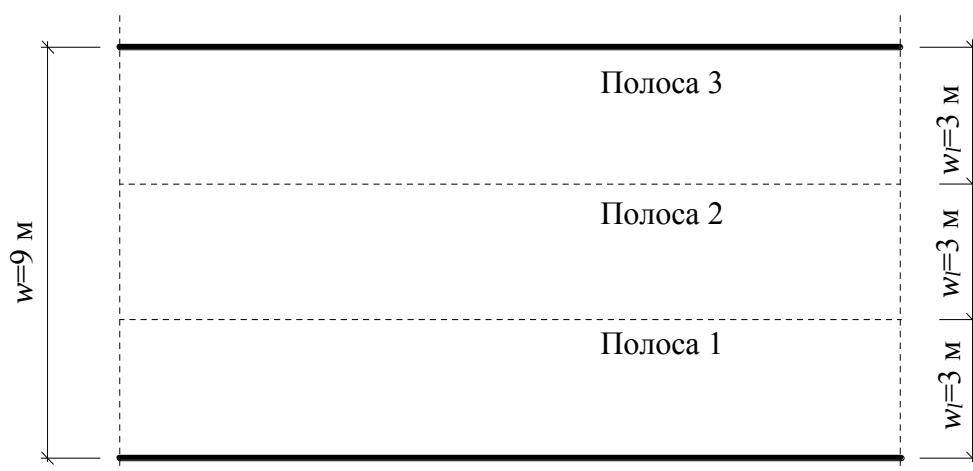


Рисунок 9.17 — Ширина полос движения проезжей части (к примеру 9)

Проезжая часть должна быть разделена на несколько полос движения. В СН РК EN 1991-2:2003/2011 приведена следующая зависимость для определения количества полос движения для случая, если ширина w не менее 6,0 м:

$$n_i = \text{Int}\left(\frac{w}{3}\right) = \text{Int}\left(\frac{9}{3}\right) = 3.$$

Таким образом, ширина каждой полосы движения проезжей части равна $w_l = 3,0 \text{ м}$.

В СН РК EN 1991-2:2003/2011 даны четыре различные модели нагружения, из которых для рассматриваемого примера при общей проверке применима Модель нагрузки 1 (LM1). Остальные модели устанавливают специальные расчетные ситуации для частных проверок, аномальных нагрузок и нагрузок при движении толпы которыми в рассматриваемом примере допускается пренебрегать.

Модель нагрузки 1 включает одновременно прилагаемые сосредоточенные нагрузки Q_k к двум половинам моста и равномерно распределенные нагрузки q_k . При рассмотрении этих нагрузок учитывается их изменение за счет наличия динамической составляющей. Оба вида нагружения необходимо применить для наиболее неблагоприятных условий

приложения, т.е. сочетанием нагрузок, которые приводят к положительному эффекту, следует пренебрегать.

Для нашего случая наличия трех воображаемых полос движения как было определено выше, имеем (таблица 9.8).

Таблица 9.8 — Транспортные нагрузки для случая трех полос проезжей части

Полоса	Нагрузка при расположении транспортных средств друг за другом (рядная)	Распределенная нагрузка
1	300 кН	9,0 кН/м ²
2	200 кН	2,5 кН/м ²
3	100 кН	2,5 кН/м ²

Пространство между осями транспортных средств перпендикулярно к продольной оси моста принимается равным 2 м и рядная нагрузка располагается посередине каждой полосы движения.

Для того, чтобы учесть ожидаемое воздействие транспорта используются два поправочных коэффициента α_Q и α_q для сосредоточенных нагрузок и равномерно распределенных нагрузок. Значения этих коэффициентов должны приниматься на основании национального приложения или в соответствии со следующими общими рекомендациями для проектирования мостов без установки ограничения по массе движущегося транспорта:

Первая полоса: $\alpha_{Q1} = 0,8$ остальные полосы: $\alpha_{Q>1} = 1,0$.

При таких исходных данных принимаются следующие нагрузки:

первая полоса: $Q_{1k} = 0,8 \cdot 300 = 240$ кН; $q_{1k} = 0,8 \cdot 9,0 = 7,2$ кН/м²;

вторая полоса: $Q_{2k} = 1,0 \cdot 200 = 200$ кН; $q_{2k} = 1,0 \cdot 2,5 = 2,5$ кН/м²;

третья полоса: $Q_{3k} = 1,0 \cdot 200 = 200$ кН; $q_{3k} = 1,0 \cdot 2,5 = 2,5$ кН/м².

Так как одна рядная нагрузка состоит из двух осей, прилагаемая по линии колес нагрузка соответствует $0,5 \cdot Q_k$. По причине того, что расстояние между осями одной рядной нагрузки по длинной стороне моста не играет важной роли для общего конструктивного анализа поперечного сечения, используем упрощение системы рядной нагрузки, так что каждым из колес колесной пары по одной оси прилагается сосредоточенная нагрузка Q_k :

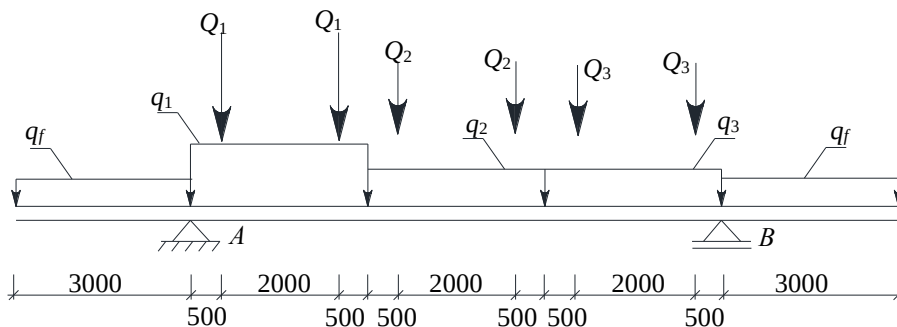


Рисунок 9.18 — Транспортные нагрузки на мост (к примеру 9)

Нагрузка от движущихся пешеходов представлена равномерно распределенной нагрузкой q_k зависящей от длины L тротуара. СН РК EN 1991-2:2003/2011 содержит следующие требования по определению воздействий на тротуары:

$$2,5 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2} \leq 2,0 + \frac{120}{L+30} \leq 5,0 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$$

Следовательно, для условий задачи при $L = 42$ м для учета нагрузки от движения пешеходов необходимо учитывать характеристическое значение $q_k = 3,67 \text{ кН/м}^2$.

В случае, если необходимо учитывать одновременное приложение нагрузки от пешеходов и нагрузки к проезжей части необходимо использовать комбинированное значение q_k . СН РК EN 1991-2:2003/2011 рекомендует комбинированное значение $q_k = 3,00 \text{ кН/м}^2$.

Ветровые нагрузки.

Определение давления при порывах ветра.

Основную скорость ветра примем равной $v_b = 25 \text{ м/с}$

Мост расположен на открытой территории без холмов и других препятствий и просвет между улицей и мостом составляет $4,5$ м. При таких исходных данных коэффициент воздействия для преобразования основного давления соответствующего v_b в давление при порывах ветра на соответствующей высоте над уровнем земли, может быть определен как:

$$c_e(z) = c_r^2(z) \cdot c_0^2(z) \cdot [1 + 7 \cdot I_v(z)],$$

где $c_r^2(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$ – логарифмический профиль скоростей;

k_r – коэффициент местности;

z_0 – высота шероховатостей (неровностей);

$c_0(z)$ – коэффициент рельефа (учитывается при наличии локальных изменений высоты местности, в данном примере $c_0(z) = 1,0$);

$I_v(z) = \frac{1}{c_0(z) \cdot \ln(z/z_0)}$ – турбулентность.

Так как открытая плоская поверхность с отдельными деревьями в соответствии с СН РК EN 1991-1-4:2005/2011 относится к местности II категории, то необходимо использовать значения $k_r = 0,19$ и $z_0 = 0,05$ м. Соответствующая высота для настила моста – центр сооружения моста без дополнительных элементов (таких, как например парапеты и т.п.) имеет значение:

$$z = 4,5 + \frac{1}{2} \cdot (2,325 + 0,5) = 5,9 \text{ м}.$$

Коэффициент воздействия равен:

$$c_e(5,9) = \left[0,19 \cdot \ln\left(\frac{5,9}{0,05}\right) \right]^2 \cdot 1,0 \cdot \left[1 + 7 \cdot \frac{1}{1,0 \cdot \ln(5,9/0,05)} \right] = 2,03.$$

Следовательно, получаем следующее значение давления при порывах ветра на соответствующей высоте:

$$q_p(z_e) = c_e(z_e) \cdot \frac{\rho \cdot v_b^2}{2} = 2,03 \cdot \frac{1,25 \cdot 25^2}{2} = 793 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = 0,793 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}.$$

Горизонтальные силы от воздействия ветра.

В СН РК EN 1991-1-4:2005/2011 приведены коэффициенты усилий для горизонтальных сил, приложенных поперечно настилу моста c_{fx} также, как и для продольного направления моста c_{fy} . Для данного примера принимаем, что влиянием горизонтальных сил по продольному направлению моста можно пренебречь. Горизонтальная сила, формируемая воздействием ветра, определяется по формуле:

$$F_{w,x} = q_p(z) \cdot c_{fx} \cdot A_{ref,x}$$

Коэффициенты усилий c_{fx} приведены в зависимости от отношения между высотой расположения d и шириной b настила моста. В данном примере:

$$\frac{d}{b} = \frac{15,0}{2,825} = 5,31,$$

для которого СН РК EN 1991-1-4:2005/2011 рекомендует значение коэффициента усилий $c_{fx} = 1,3$.

Расчетная площадь $A_{ref,x}$ для соответствующей конфигурации настила моста определяется как сумма площадей лицевых поверхностей балки и плиты настила с наветренной стороны. Данное значение может быть определено для недеформированного состояния в момент возведения. Для конечного состояния необходимо решить стоит ли учитывать площадь парапета (перил) (например для парапетного ограждения с проемами рекомендуется высота 0,3 м) или будут ли представлять собой дополнительную площадь транспортные средства высотой 2 м и более над проезжей частью. Для второго варианта, например, примем дополнительную соответствующую высоту 2,0 м. такое допущение дает расчетную высоту равную:

$$A_{ref,x} = (2,825 + 2,0) \cdot L = 4,825 \cdot L.$$

Горизонтальная составляющая ветровой нагрузки может быть представлена как равномерно распределенная нагрузка

$$F_{w,x} = 0,79 \cdot 1,3 \cdot 4,825 = 4,96 \text{ кН/м}.$$

Горизонтальная составляющая ветровой нагрузки используется для проверки поперечной балки между основными стальными балками.

Вертикальные силы от воздействия ветра.

Коэффициент усилий $c_{fz} = \pm 0,9$ принимается по СН РК EN 1991-1-4:2005/2011 для случаев, когда отсутствуют результаты аэродинамических исследований. Расчетная площадь $A_{ref,z}$ соответствует вертикальной проекции настила моста:

$$A_{ref,y} = 15,0 \cdot L.$$

Эти исходные данные дают следующую равномерно распределенную вертикальную нагрузку на настил моста:

$$F_{w,y} = \pm 0,79 \cdot 0,9 \cdot 15,0 = \pm 10,7 \text{ кН/м.}$$

Данная нагрузка прикладывается с эксцентриситетом $E = \frac{b}{4} = 3,75 \text{ м.}$

Температурные воздействия.

Используем величину температурного перепада $\Delta T = \pm 15 \text{ К.}$

Коэффициент температурного расширения для составного сечения равен $\alpha_T = 12 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$ (таблица А.1 настоящего Пособия).

Воздействия при сжатии.

Осевое усилие по причине сжатия, действующее на бетонный настил, необходимое для определения изгибающего момента вследствие сжатия равно:

$$N = 15523,4 \text{ кН.}$$

Временные нагрузки при строительстве.

Нагрузки от строительного опалубочного и другого оборудования прикладываются как равномерно распределенная нагрузка, действующая по всей длине моста:

$$p_{temp} = 10,0 \text{ кН·м.}$$

Расчет внутренних усилий.

Распределение нормативных нагрузок на настил моста.

Для упрощения расчета настил моста делится на две половины по вертикальной оси поперечного сечения. После этого проводится анализ половин для наиболее неблагоприятного варианта. Для этого на первом шаге нагрузки преобразуется в нагрузки, действующие на одну стальную балку. На рисунке 9.19 нагрузки на проезжую часть сводятся вместе по линии действия на одну стальную балку, представленную на схеме опорой.

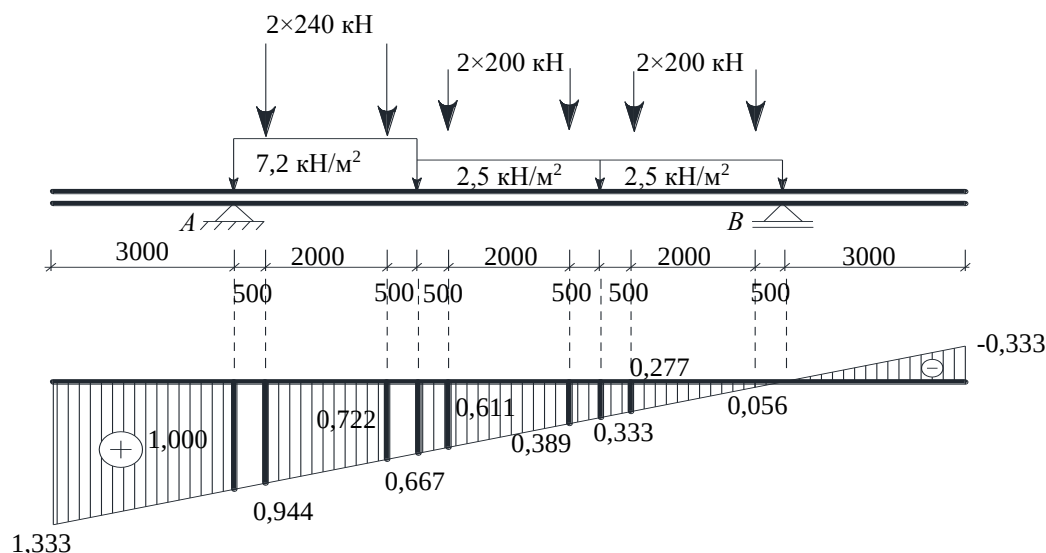


Рисунок 9.19 — Характеристические значения транспортных нагрузок на настил моста и линия влияния для балки А (к примеру 9)

Затем получаем следующие сосредоточенные и равномерно распределенные нагрузки для одной половины настила моста:

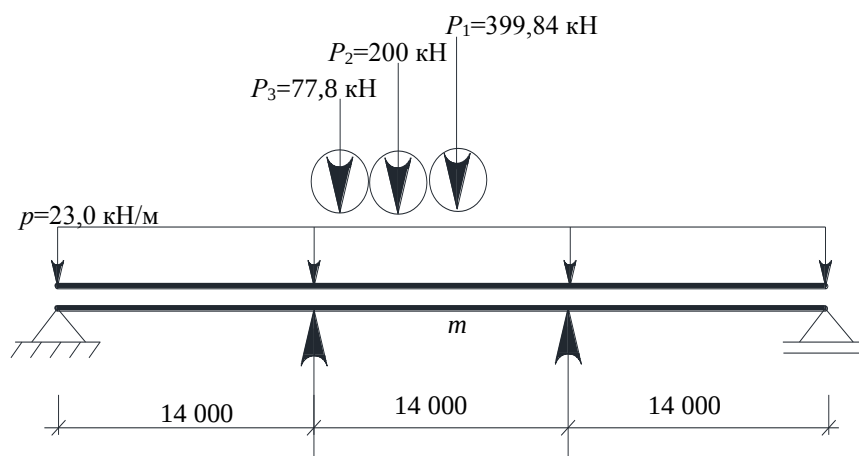


Рисунок 9.20 — Характеристические значения транспортных нагрузок, действующих на одну половину моста (к примеру 9)

Для определения нагрузок на пешеходную часть СН РК EN 1991-2:2003/2011 рекомендует характеристическое значение равное $3,67 \text{ кН/м}^2$ и значение с учетом сочетаний равное $3,00 \text{ кН/м}^2$ для случая, когда нагрузка рассматривается при совместном действии с транспортными нагрузками. Используя линию влияния, приведенную на рисунке 9.19, и приложив только неблагоприятные воздействия, получим следующую равномерно распределенную нагрузку:

характеристическое значение: $p_{foot} = 12,85 \text{ кН/м}$;

значение сочетаний: $p_{foot} = 10,50 \text{ кН/м}$.

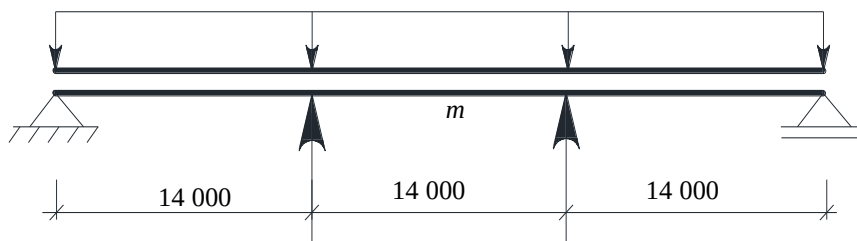


Рисунок 9.21 — Характеристическое значение и значение сочетаний нагрузки на пешеходную часть (к примеру 9)

Такая же процедура должна быть проведена для вертикальных усилий, возникающих при воздействии ветра. Полагая эксцентриситет приложения силы равным $3,75 \text{ м}$, как рекомендовано СН РК EN 1991-2:2003/2011, дает следующее нагружение балки:

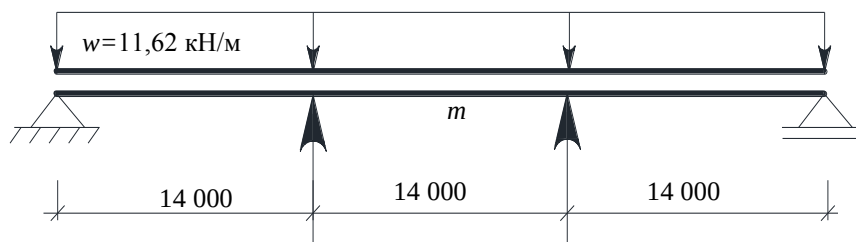


Рисунок 9.22 - Характеристическое значение вертикальной силы от воздействия ветра (к примеру 9)

Изгибающие моменты на стадии строительства (неразрезная балка).

В процессе строительства при установке временных колонн образуется статическая система, соответствующая неразрезной балке. В данном случае проводится проверка на собственный вес стальных балок и бетонного настила. Кроме этого, при проведении проверки на стадии строительства необходимо учитывать дополнительные нагрузки из-за строительного оборудования и вертикальные нагрузки от действия ветра.

Моменты вследствие постоянных нагрузок при возведении конструкций

Для характеристических нагрузок на одну из половин балки получаем следующее распределение моментов:

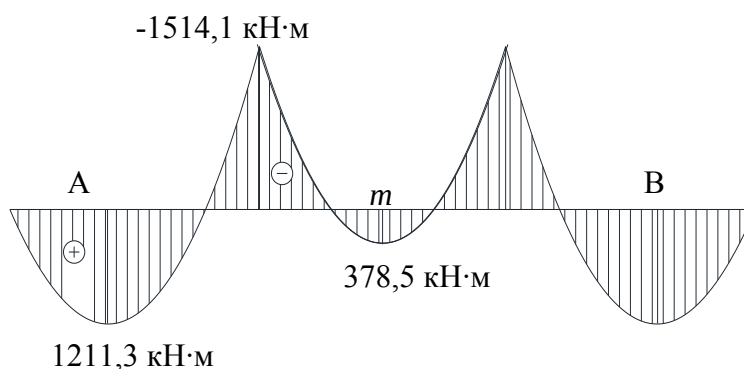


Рисунок 9.23 — Эпюра моментов при действии характеристической нагрузки собственного веса (к примеру 9)

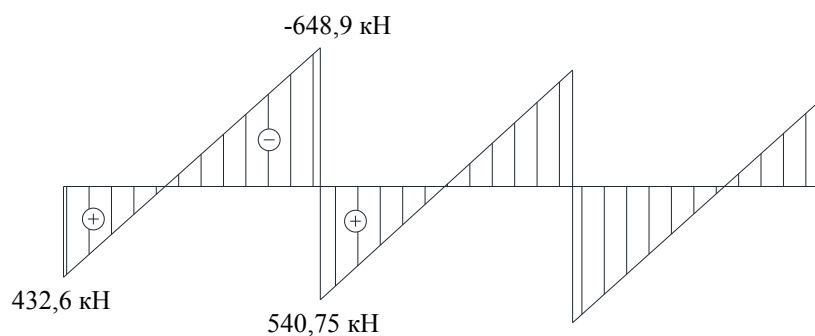


Рисунок 9.24 — Эпюра поперечных сил при действии характеристической нагрузки собственного веса (к примеру 9)

Эпюра моментов в результате предварительного напряжения колонн имеет вид:

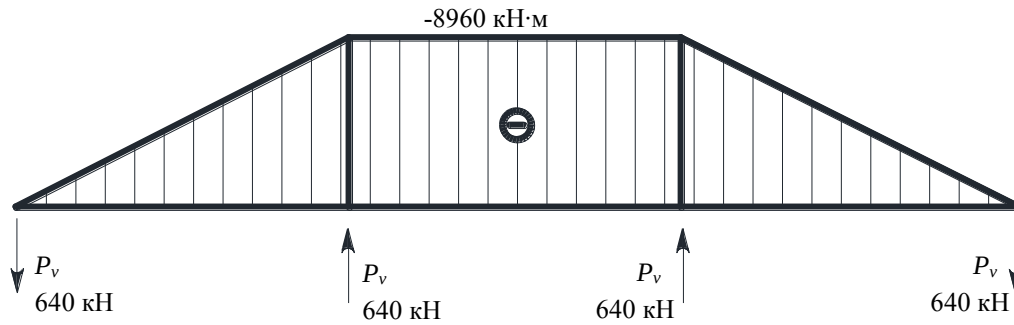


Рисунок 9.25 — Эпюра моментов от предварительного напряжения временных колонн (к примеру 9)

Моменты вследствие временных нагрузок при возведении конструкций.

Равномерно распределенная нагрузка от строительного оборудования на одной половине секции моста принимается равной $5,0 \text{ кН/м}$, что дает эпюру:

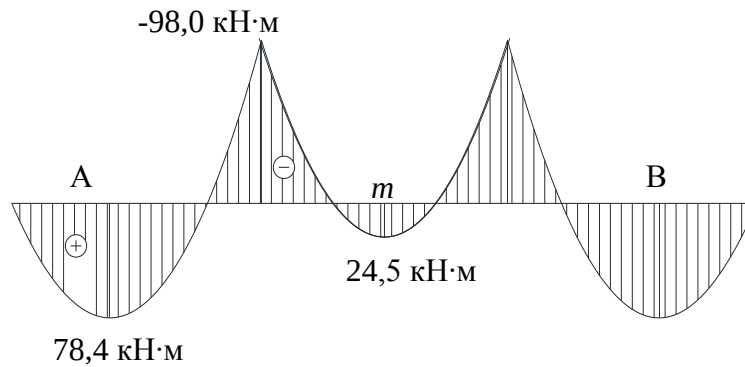


Рисунок 9.26 — Эпюра моментов от временных нагрузок на стадии строительства (к примеру 9)

Моменты вследствие вертикальных нагрузок при действии ветра во время возведения конструкций.

Вертикальная нагрузка от действия ветра используется при проверке состояния конструкций в период возведения:

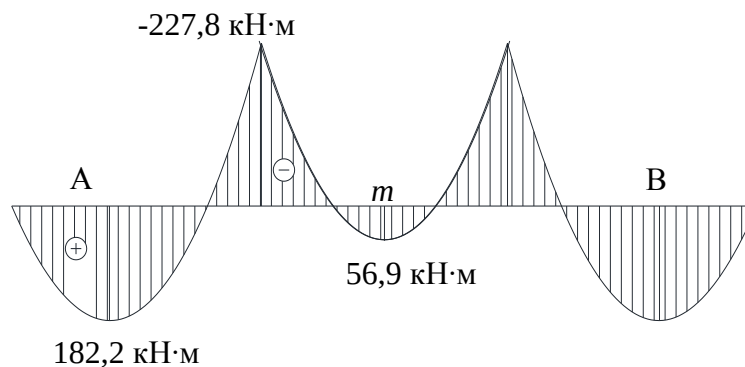


Рисунок 9.27 — Эпюра моментов от вертикальной нагрузки при действии ветра на стадии строительства (к примеру 9)

Изгибающие моменты на заключительной стадии.

Моменты от постоянных нагрузок.

После снятия временных колонн по окончании затвердевания бетонного настила кроме соответствующих усилий от колонн прикладываются дополнительные постоянные нагрузки от перил, стяжек и т.п. а также транспортные нагрузки.

Эпюра моментов, возникающих от этих воздействий, строится путем приложения усилий от временных колонн совместно с усилиями предварительного напряжения в настиле моста. Следовательно, для каждой временной колонны результирующее характеристическое значение усилий составит 1189,65 кН для реакции опоры (рисунок 9.24) плюс 640 кН для усилий предварительного напряжения.

Прилагая дополнительную постоянную нагрузку одновременно с вышеперечисленными усилиями от убранных временных колонн, получим следующую схему нагружения:

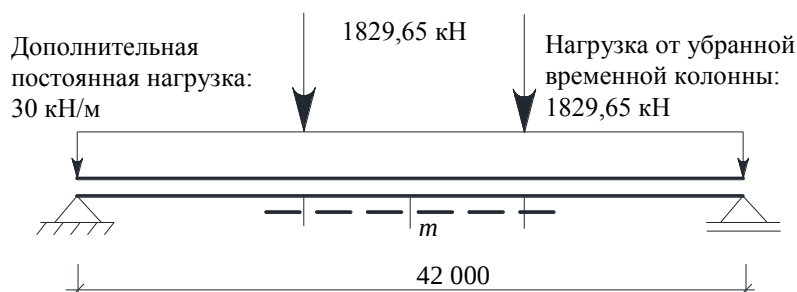


Рисунок 9.28 — Постоянные нагрузки, действующие на составную балку (к примеру 9)

Постоянные нагрузки дают следующую эпюру изгибающих моментов:

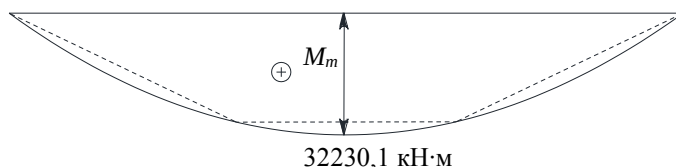


Рисунок 9.29 — Изгибающий момент от действия характеристических значения постоянных нагрузок (к примеру 9)

Моменты от действия транспортных нагрузок.

Размещение всех сосредоточенных транспортных нагрузок в середине составной балки дает самую неблагоприятную ситуацию нагружения, например максимальное значение изгибающего момента:

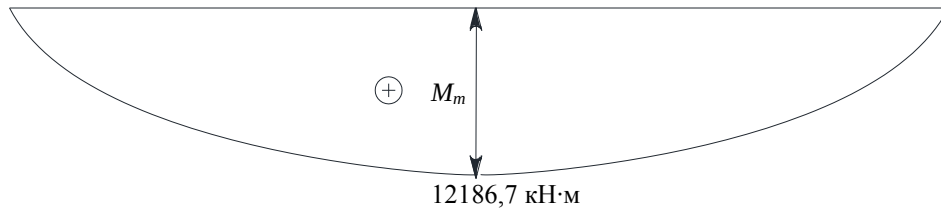


Рисунок 9.30 — Изгибающий момент вследствие приложения характеристического значения транспортных нагрузок (к примеру 9)

Моменты от действия нагрузок на тротуар.

Для характеристического значения и значения сочетаний получаем следующий изгибающий момент:

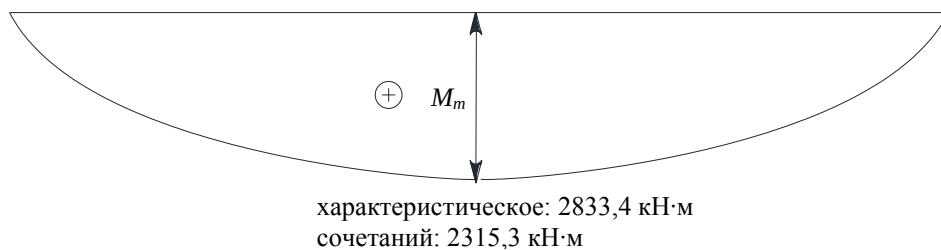


Рисунок 9.31 — Изгибающий момент вследствие приложения характеристического значения транспортных нагрузок (тротуар) (к примеру 9)

Моменты от действия вертикальных усилий при действии ветра.

Неблагоприятное влияние оказывает только вертикальная составляющая от ветра, воздействующая вниз совместно со следующими нагрузками:

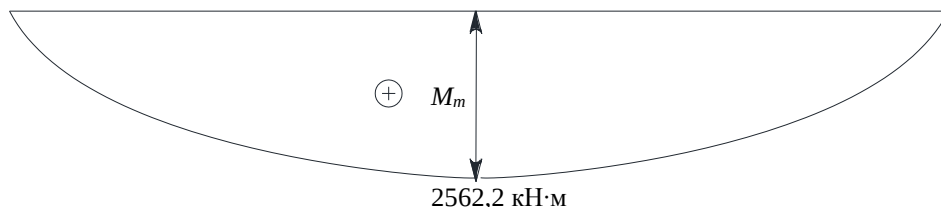


Рисунок 9.32 — Изгибающий момент вследствие приложения вертикальной составляющей нагрузки от действия ветра (к примеру 9)

Внутренние усилия, действующие в поперечной балке и ребрах жесткости.

Поперечная балка образует стержневую систему, которая воспринимает горизонтальные составляющие ветровой нагрузки. Узлы системы расположены в местах соединений, также как в местах расположения временных колонн. Следующая статическая система и нагружение используются для проверки внутренних узлов, подверженных наиболее неблагоприятному варианту нагружения:

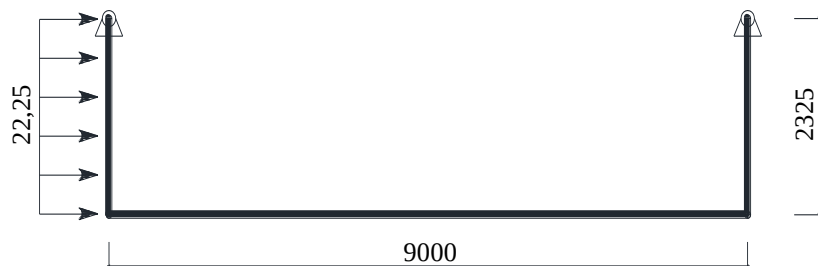


Рисунок 9.33 — Ветровая нагрузка на каркас [кН/м] (к примеру 9)

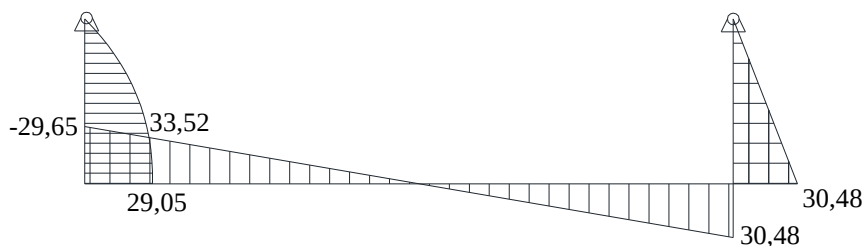


Рисунок 9.34 — Эпюра моментов в стержневой системе [кН·м] (к примеру 9)

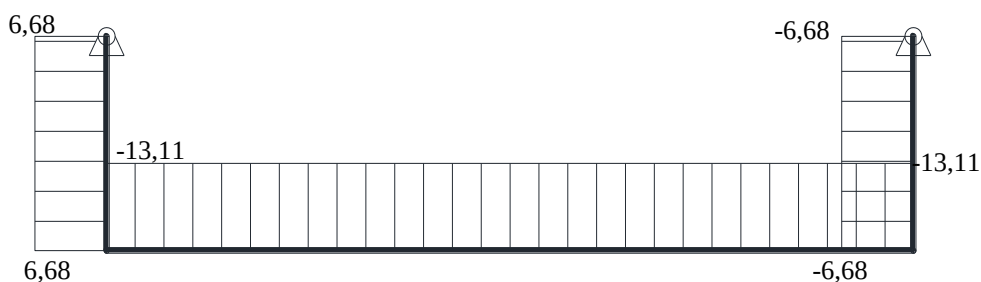


Рисунок 9.35 — Эпюра продольных сил в стержневой системе [кН](к примеру 9)

Сводные данные о соответствующих внутренних усилиях.

Изгибающие моменты в балке моста

В таблице 9.9 приведены сводные данные об изгибающих моментах в балке.

Таблица 9.9 — Изгибающие моменты для одной половины балки моста

Параметр	Стадия строительства			Заключительный этап
	точка А	точка В	точка т	
Нагрузка	точка А	точка В	точка т	точка т
Собственный вес моста	1211,3 кН·м	-1514,1 кН·м	378,5 кН·м	378,5 кН·м
Предварительное напряжение	-480,0 кН·м	-8960,0 кН·м	-8960,0 кН·м	-8960,0 кН·м
Временные нагрузки (строительство)	78,4 кН·м	-98,0 кН·м	24,5 кН·м	—
Вертикальная составляющая ветровой нагрузки (возведение)	182,2 кН·м	-227,8 кН·м	56,9 кН·м	—

Таблица 9.9 — Изгибающие моменты для одной половины балки моста (продолжение)

Параметр	Стадия строительства			Заключительный этап
	точка А	точка В	точка т	
Нагрузка				точка т
Вертикальная составляющая ветровой нагрузки (итого)	—	—	—	2 562,2 кН·м
Дополнительные нагрузки*:	—	—	—	32 230,1 кН·м
транспортные нагрузки	—	—	—	12 186,7 кН·м
нагрузки на тротуар (характ.)	—	—	—	2 833,4 кН·м
нагрузки на тротуар (комб.)	—	—	—	2 315,3 кН·м
ПРИМЕЧАНИЕ *от дополнительных элементов и после демонтажа колонн				

Внутренние усилия в поперечной балке и ребрах жесткости.

Максимальный изгибающий момент в стержневой структуре:

$$M = 30,48 \text{ кН·м.}$$

Продольное усилие в поперечной балке:

$$N = -13,11 \text{ кН.}$$

ПРОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ

Проверка на предел прочности по временному сопротивлению.

Общая часть.

Необходимо провести проверку на предел прочности с использованием уравнения 6.10 СН РК EN 1990:2002+A1:2005/2011:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

где G — постоянные нагрузки;

P — усилия от предварительного напряжения;

Q_k — характеристическое значение переменного воздействия;

γ_G — частный коэффициент для постоянной нагрузки, здесь: 1,35 (для неблагоприятного воздействия) или 1,0 (для благоприятного воздействия);

γ_P — частный коэффициент для предварительного напряжения, здесь: 1,1 (для неблагоприятного воздействия) или 1,0 (для благоприятного воздействия);

γ_Q — частный коэффициент для переменных воздействий, здесь: 1,5 (для неблагоприятного воздействия) или 0,0 (для благоприятного воздействия);

ψ_0 — коэффициент сочетаний; для ветровой нагрузки: 0,6.

Частные коэффициенты и коэффициенты сочетаний могут быть применены для оценки последствий воздействий (например, к изгибающим моментам).

Проверка стальной балки на стадии возведения.

Необходимо проверить достаточно ли прочность сварного стального профиля для восприятия нагрузки на стадии строительства. Используем значения изгибающих моментов, приведенные в таблице 9.9 совместно с соответствующими частными коэффициентами что дает следующие расчетные значения изгибающих моментов:

Точка А:

$$M_{Ed} = 1,35 \cdot 1211,3 - 1,0 \cdot 480,0 + 1,35 \cdot 78,4 + 1,5 \cdot 182,2 = 1534,4 \text{ кН} \cdot \text{м} < M_{Rd} = 32346 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Точка В:

$$M_{Ed} = -1,35 \cdot 1514,1 - 1,1 \cdot 8960,0 - 1,35 \cdot 98,0 - 1,5 \cdot 227,8 = -12374,0 \text{ кН} \cdot \text{м} < -M_{Rd} = -32346 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Точка m:

$$M_{Ed} = 1,0 \cdot 378,5 - 1,1 \cdot 8960,0 + 1,0 \cdot 24,5 + 0,0 \cdot 56,9 = -9453,0 \text{ кН} \cdot \text{м} < -M_{Rd} = -32346 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Здесь расчетные значения всех воздействий в период строительства гораздо ниже сопротивления стальных балок. Следует отметить, что в соответствии с СН РК EN 1991-1-4:2005/2011 допускается снижать ветровую нагрузку в случае временных расчетных ситуаций. С точки зрения обеспечения запаса безопасности в данном расчете это положение не применяется.

Проверка составной балки на заключительном этапе.

На заключительном этапе система преобразовалась в свободно опертую балку постоянного сечения, таким образом, достаточно провести проверку только в середине пролета. Дополнительные постоянные нагрузки после демонтажа временных колонн дают доминирующее воздействие:

$$M_{Ed} = 1,35 \cdot 378,5 - 1,0 \cdot 8960,0 + 0,6 \cdot 1,5 \cdot 2562,2 + 1,35 \cdot 32230,1 + 1,50 \cdot 12186,7 + 1,50 \cdot 2315,3 = 59120 \text{ кН} \cdot \text{м} < M_{plmd} = 60000 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Проверка поперечной балки и ребра жесткости.

Проверку необходимо проводить для взаимодействия M-N вдоль оси с максимальным сопротивлением, а также на потерю устойчивости по оси с минимальным сопротивлением.

Вдоль оси с максимальным сопротивлением:

$$\frac{N_{E,d}}{\chi_y \cdot N_{pl,Rd}} + \frac{k_y \cdot M_{Ed}}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{13,11}{1909,6} + \frac{1,122 \cdot 30,48}{152,7} = 0,23 < 1,0,$$

где k_y – коэффициент распределения изгибающего момента.

Вдоль оси с минимальным сопротивлением: $N_{Ed} = 13,11 \text{ кН} < \chi_z \cdot N_{pl,Rd} = 649,3 \text{ кН}.$

Проверка предельного состояния по пригодности к эксплуатации.

Необходимо проверить максимальную деформацию w , например деформацию в середине пролета соответствовать (быть не менее) минимально допустимого значения $L/w = 250$.

Проверка должна проводиться с использованием уравнения 6.15b СН РК EN 1990:2002+A1:2005/2011 для частых расчетных ситуаций, которые рекомендованы в частности для проверки в случае обратимых действий в СН РК EN 1991-2:2003/2011 с использованием Модели нагрузки 1:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i},$$

где ψ_1 – коэффициент сочетаний для частых расчетных ситуаций (0,5 для транспортных нагрузок; 0,2 для ветровых нагрузок; 0,5 для температурных воздействий);

ψ_2 – коэффициент сочетаний для квазипеременных расчетных ситуаций (0,3 для транспортных нагрузок; 0,0 для ветровых нагрузок; 0,0 для температурных воздействий).

Деформация вследствие постоянных нагрузок и демонтажа временных колонн:

Деформация в середине пролета балки от двух сосредоточенных нагрузок равна

$$w = 0,0355 \cdot \frac{P \cdot L^3}{E \cdot I} = 0,0355 \cdot \frac{1829,7 \cdot 42000^3}{210 \cdot 2,5323208 \cdot 10^{11}} = 90,5 \text{ мм.}$$

Деформация вследствие дополнительных постоянных нагрузок после демонтажа временных колонн в середине пролета:

$$w = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_{add} \cdot L^4}{E \cdot I} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,3 \cdot 42000^4}{210 \cdot 2,5323208 \cdot 10^{11}} = 22,9 \text{ мм.}$$

Деформация вследствие транспортных нагрузок:

$$w = \frac{5}{384} \cdot \frac{p \cdot L^4}{E \cdot I} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,23 \cdot 42000^4}{210 \cdot 3,0407580 \cdot 10^{11}} = 14,6 \text{ мм.}$$

Деформация вследствие температурных воздействий.

Используем температурный коэффициент для конструкции, состоящей из бетона и стали $\alpha_T = 12 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$.

Деформация в середине пролета свободно опертой балки:

$$w = \frac{\alpha_T \cdot \Delta T}{d} \cdot \frac{L^2}{8} = \frac{12 \cdot 10^{-6} \cdot 15}{2825} \cdot \frac{42000^2}{8} = 14,05 \text{ мм.}$$

Деформация вследствие ползучести:

Момент ползучести определяется приложением осевой силы, возникающей вследствие сползания бетонного настила. При расстоянии между нейтральной осью настила и составным сечением $z_{i,s} = 0,45 \text{ м}$ (рисунок 9.15) имеем следующий изгибающий момент:

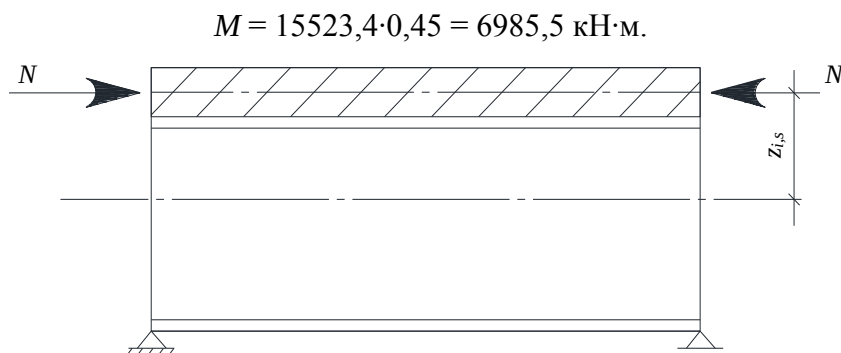


**Рисунок 9.36 — Осевая сила, вызываемая сползанием бетонного настила
(к примеру 9)**

Деформация для свободно опертой балки, вызываемая постоянным изгибающим моментом:

$$w = \frac{M \cdot L^2}{8 \cdot E \cdot I} = \frac{6985,5 \cdot 10^3 \cdot 42000^2}{8 \cdot 210 \cdot 2,7573696 \cdot 10^{11}} = 26,6 \text{ мм}.$$

Деформацией от действия вертикальной составляющей усилия от ветровой нагрузки пренебрегаем по причине того, что коэффициент сочетаний для такого квазипостоянного не доминирующего воздействия равен $\psi_2 = 0,0$.

В соответствии с положениями СН РК EN 1991-2:2003/2011, нагрузки на тротуар при проверке на предельное состояние по пригодности к эксплуатации не учитываются.

По уравнению 6.15b СН РК EN 1990:2002+A1:2005/2011 получим следующую максимальную результирующую деформацию:

$$w = 90,5 + 22,9 + 0,3 \cdot 14,6 + 26,6 = 144,4 \text{ мм};$$

$$\frac{L}{w} = \frac{42000}{144,4} = 291 > 250,$$

следовательно, проверяемое сечение соответствует требованиям норм.

10 ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ДЫМОВЫХ ТРУБАХ, ТРУБОПРОВОДАХ, СИЛОСНЫХ БАШНЯХ, РЕЗЕРВУАРАХ И ГРАДИРНЯХ

10.1 Составляющие температуры наружного воздуха

10.1.1 [7.1(1)P] Конструкции, находящиеся в контакте с газами, жидкостями или материалами с различной температурой (например, промышленные дымовые трубы, трубопроводы, силосные башни, резервуары и градирни), должны быть рассчитаны, при необходимости, при учете следующих условий:

- температурных воздействий, вызванных климатическими воздействиями, вследствие колебаний температуры наружного воздуха и солнечного излучения;
- распределения температуры при обычных и аномальных условиях эксплуатации;

– эффектов, возникающих от взаимодействия между конструкцией и ее облицовками во время изменений температуры (например, усадка конструкции по отношению к жесткой массивной облицовке или расширение массивной облицовки во время нагрева или охлаждения).

10.1.2 [7.2.1(1)P] Значения минимальной и максимальной температуры наружного воздуха применительно к месту размещения площадки содержатся, например, в национальных картах изотерм.

10.1.3 [7.2.1(2)] Температуру наружного воздуха определяют для средней высоты над уровнем моря на открытой местности с годовой вероятностью превышения 0,02 °С.

10.2 Протекающие газы, горячие жидкости и горячие материалы

10.2.1 [7.2.2(1)] Максимальные и минимальные значения температур протекающих газов, горячих жидкостей и других материалов с различными температурами устанавливают для конкретного проекта.

10.3 Температура конструктивного элемента

10.3.1 [7.2.3(1)] Значения температуры отдельного конструктивного элемента зависят от состава материала, ориентации, положения элемента и определяются в функции от максимальной и минимальной температуры наружного воздуха, солнечного излучения и внутренней эксплуатационной температуры.

10.3.2 Общие правила определения температурных профилей указаны в разделе 8.4 настоящего Пособия.

10.4 Учет составляющих температуры

10.4.1 [7.3(1)P] Для каждого слоя следует учитывать как распределение составляющей равномерно распределенной температуры (см. Рисунок 10.2(а) [7.1(а)]), так и распределение составляющей линейного температурного перепада (см. Рисунок 10.2(б) [7.1(б)]).

10.4.2 [7.3(2)P] При определении расчетных параметров в расчетах следует учитывать влияние солнечного излучения.

10.4.3 [7.3(3)] Этот эффект может быть аппроксимирован ступенчатым распределением температуры по периметру конструкции.

10.4.4 [7.3(4)P] Составляющие равномерно распределенной температуры и линейного температурного перепада, вызванные эксплуатационными температурами, учитывают для каждого слоя.

10.5 Определение составляющих температуры

10.5.1 [7.4(1)P] Составляющие равномерно распределенной температуры и линейного температурного перепада определяют с учетом климатических эффектов и эксплуатационных условий.

10.5.2 [7.4(2)] Если имеются специальные данные о корреляции температуры строительного элемента с солнечным излучением и температурой наружного воздуха, их следует использовать при установлении расчетных значений температуры элементов.

10.5.3 Значения составляющих равномерно распределенной температуры горячих газов, жидкостей и других горячих материалов устанавливают для конкретного проекта. Для дымовых труб, за исключением обсадных труб с различной температурой дымовых газов, на основании требований, изложенных в СН РК EN 13804-1, устанавливается следующий алгоритм расчета:

1. определяются исходные данные для расчета из проектной документации (режим эксплуатации дымовой трубы; материал трубы, облицовки, изоляции и ветрового щита; массовый расход дымовых газов; фактическая температура дымовых газов; температура дымовых газов на выходе из канала в дымовую трубу);
2. вид поперечного сечения дымовой трубы, облицовки, изоляции, ветрового щита и их размеры;
3. определяется коэффициент формы дымовой трубы;
4. определяется внутренний гидравлический диаметр дымовой трубы и гидравлические диаметры каждого слоя дымовой трубы;
5. определяется теплопроводность каждого слоя дымовой трубы;
6. определяется минимальная и максимальная температуры наружного воздуха с годовой вероятностью превышения $0,02^{\circ}\text{C}$;
7. определяется термостойкость рассчитываемой дымовой трубы;
8. определяется вид топлива, состав продуктов его горения, газовая постоянная и удельная теплоемкость смеси дымовых газов;
9. определяется динамическая вязкость дымовых газов;
10. определяется значение критерия Рейнольдса для проектируемой дымовой трубы;
11. определяется давление атмосферного воздуха;
12. определяются коэффициенты трения дымохода для гидравлически шероховатого и гидравлически гладкого потоков;
13. определяется точность проведения расчета;
14. задается приблизительная средняя температура дымовых газов в дымовой трубе;
15. определяется средняя плотность дымовых газов;
16. определяется средняя скорость дымовых газов;
17. определяется теплопроводность дымовых газов при заданной приблизительной средней температуре дымовых газов;
18. определяется критерий Прандтля;
19. определяется критерий Нуссельта;
20. определяется коэффициент теплоотдачи для внутренних поверхностей, контактирующих с дымовыми газами;
21. определяется коэффициент теплопередачи при фактической температуре материала;
22. определяется коэффициент охлаждения;

23. определяется средняя температура дымовых газов при заданных условиях;

24. определяется разность между средней температурой дымовых газов при заданных условиях и приблизительной средней температурой дымовых газов в дымовой трубе.

Действия 14-24 выполняются до тех пор, пока разность между средней температурой дымовых газов при заданных условиях и приблизительной средней температурой дымовых газов в дымовой трубе не составит заданного уровня точности расчетов. В этом случае приблизительная средняя температура дымовых газов в дымовой трубе равна искомой средней температуре дымовых газов.

Применение приведенной ниже методики возможно при выполнении следующих условий:

$$2\,300 < Re < 10\,000\,000 ;$$

$$\left(\frac{\Psi}{\Psi_{smooth}} \right) < 3 ;$$

$$0,6 < Pr < 1,5 ;$$

$$w_{top} \geq 0,5 \cdot \sqrt{\frac{A_M}{0,01}} .$$

10.5.3.1 В соответствии с требованиями п. А.3.7 EN 13804-1 в зависимости от режима работы дымовой трубы (периодический или нерегулярный, непрерывная работа) определяется значение поправочного коэффициента для неустойчивости температуры: для отопительных агрегатов, работающих периодически или нерегулярно, данный коэффициент может быть принят равным 0,5, при непрерывной работе $S_H = 1,0$.

Материал трубы, облицовки, изоляции и ветрового щита; массовый расход дымовых газов; фактическая температура дымовых газов; температура дымовых газов на выходе из канала в дымовую трубу принимаются на основании проекта, типового проекта или определяются работником проектной организации, занимающимся проектированием дымовых труб.

10.5.3.2 В зависимости от вида поперечного сечения дымовой трубы, облицовки, изоляции, ветрового щита дымовые трубы подразделяются на трубы с круговым, эллиптическим и прямоугольным, с соотношением сторон до 1:1,5, сечением.

Для труб с круговым сечением необходимо определять радиус поперечного сечения (r_1) дымовой трубы, облицовки, изоляции, ветрового щита.

Для труб с прямоугольным поперечным сечением необходимо определять длину (а) и ширину (b) поперечного сечения дымовой трубы, облицовки, изоляции, ветрового щита.

Для труб с эллиптическим сечением необходимо определять размеры большой (a_1) и малой (b_1) полуосей поперечного сечения дымовой трубы, облицовки, изоляции, ветрового щита.

10.5.3.3 Значение коэффициента формы дымовой трубы определяется по п.А.2.2 СН РК EN 13804-1 в зависимости от вида поперечного сечения трубы и принимается равным 1,0 (для круговых и эллиптических поперечных сечений) или 1,1 (для квадратных и прямоугольных поперечных сечений с соотношением сторон до 1:1,5).

10.5.3.4 Внутренний гидравлический диаметр дымовой трубы и гидравлические диаметры каждого слоя дымовой трубы в зависимости от формы дымовой трубы определяются по одной из формул (10.1) – (10.3):

— для дымовых труб с круговым поперечным сечением:

$$D_h = 2 \cdot r_1; \quad (10.1)$$

— для дымовых труб с прямоугольным поперечным сечением:

$$D_h = \frac{2 \cdot a \cdot b}{a + b}; \quad (10.2)$$

— для дымовых труб с эллиптическим поперечным сечением:

$$D_h = \frac{4 \cdot a_1 \cdot b_1}{3 \cdot (a_1 + b_1) - \sqrt{(3 \cdot a_1 + b_1) \cdot (a_1 + 3 \cdot b_1)}}. \quad (10.3)$$

10.5.3.5 В зависимости от материалов, из которых изготовлена дымовая труба, облицовка, изоляция и ветровой щит определяется теплопроводность (λ_n) каждого слоя трубы. Для наиболее распространенных строительных материалов значения теплопроводности представлены в приложение А (таблица А.2) настоящего Пособия. Значения теплопроводности для материалов, не указанных в данной таблице, либо значения, отличающиеся от приведенных, могут быть приняты для расчета в том случае, если указан их источник.

10.5.3.6 В соответствии с требованиями п. 5.2.3.4 EN 13804-1 тепловые напряжения в облицовке и ветровом щите вследствие перепада температур между внутренней и наружной поверхностью соответствующих стенок определяются при максимальной температуре дымовых газов и наименьшей температуре окружающего воздуха (T_{min}), ожидаемой на площадке, с учетом статистического периода повторяемости 50 лет.

В соответствии с требованиями п.5.2.3.4 EN 13804-1 проверка термостойкости строительных материалов, из которых изготавливается дымовая труба, должна проводиться для максимальной температуры окружающего воздуха (T_{max}), ожидаемой на площадке, с учетом статистического периода повторяемости 50 лет.

Минимальная (T_{min}) и максимальная (T_{max}) температуры наружного воздуха в тени с годовой вероятностью превышения 0,02°C определяются в соответствии с требованиями раздела 5 настоящего Пособия.

10.5.3.7 Термостойкость рассматриваемой дымовой трубы определяется по формуле (10.4):

$$\left(\frac{1}{\Lambda} \right) = y \cdot \sum_n \left[\frac{D_h}{2 \cdot \lambda_n} \cdot \ln \left(\frac{D_{h,n+1}}{D_{h,n}} \right) \right]. \quad (10.4)$$

При наличии в конструкции трубы закрытых воздушных зазоров (n-го слоя стеновой конструкции, концентрического радиального зазора, вертикально расположенного) теплопроводность данного зазора (λ_n) при рабочей температуре определяется с использованием таблицы 10.1 настоящего Пособия.

Таблица 10.1 – Термостойкость $(1/\Lambda)_n$, $\text{м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$, закрытых воздушных зазоров (n-й слой стеновой конструкции, концентрический радиальный зазор, вертикальное расположение) в зависимости от толщины d_n воздушного слоя и температуры T_{hew} тепловыделяющей стенки

$T_{\text{hew}}, ^\circ\text{C}$	$d_n, \text{м}$				
	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
40	0,123	0,147	0,153	0,152	0,15
100	0,087	0,101	0,101	0,1	0,099
150	0,065	0,075	0,075	0,074	0,074
200	0,05	0,055	0,055	0,055	0,054

ПРИМЕЧАНИЕ Эффективная теплопроводность λ_n закрытого воздушного зазора (n-ый слой стеновой конструкции), $\text{Вт}/\text{м}\cdot\text{К}$, определяется с помощью приведенных выше значение по формуле:

$$\lambda_n = y \cdot \frac{D_{h,n}}{2 \cdot \left(\frac{1}{\Lambda}\right)_n} \cdot \ln \left(\frac{D_{h,n} + 2 \cdot d_n}{D_{h,n}} \right),$$

где y – коэффициент формы, определяемый по п.10.5.3.3 настоящего Пособия;
 $D_{h,n}$ – гидравлический диаметр внутренней поверхности слоя, м, определяемый по одной из формул (10.1) – (10.3) настоящего Пособия;
 $(1/\Lambda)_n$ – термостойкость воздушного зазора, $\text{м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$; см. приведенные в таблице значения;
 d_n – толщина воздушного зазора, м.

10.5.3.8 Вид топлива и состав продуктов его горения определяется по проектной документации, по типовым проектам или работником проектной организации, осуществляющим проектирование дымовой трубы. Для некоторых важных топлив (см. п.А.3.4 СН РК EN 13804-1), при применении которых ожидается эксплуатация дымовой трубы без образования конденсата, характеристики приведены в таблице 10.2.

Таблица 10.2 – Характеристики газов для различных топлив

Топливо	Двуокись углерода (CO_2), % по объему	Вода (H_2O), % по объему	Газовая постоянная R , $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$	Удельная теплоемкость c_p , $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$	Точка росы по воде $T_{\text{WDP}}, ^\circ\text{C}$
Природный газ Н	12,0	18,5	299,4	1101	58,7
Природный газ L	11,8	18,3	299,2	1099	58,4
Топочный мазут EL	15,4	13,3	287,6	1060	51,8

Состав продуктов сгорания определяется как в % к объему (объемных долях), так и массовых долях. Для пересчета объемных долей в массовые и массовых долей в объемные используются формулы (10.5), (10.6):

— перевод объемных долей в массовые:

$$X_i = \frac{Y_i \cdot M_i}{\sum_{i=1}^n Y_i \cdot M_i}; \quad (10.5)$$

— перевод массовых долей в объемные:

$$Y_i = \frac{X_i / M_i}{\sum_{i=1}^n X_i / M_i}. \quad (10.6)$$

В случае применения других видов топлива, отличных от приведенных в таблице 10.3 настоящего Пособия, газовая постоянная (R_{sf}) и удельная теплоемкость (c_p) дымовых газов определяются по формулам (10.7), (10.8):

$$R_{sf} = \sum_{i=1}^n X_i \cdot R_i; \quad (10.7)$$

$$c_p = \sum_{i=1}^n X_i \cdot c_{pi}. \quad (10.8)$$

10.5.3.9 Динамическая вязкость дымовых газов определяется по формулам (10.9), (10.10):

$$\eta = \frac{Y_1 \cdot \eta_1 \cdot \sqrt{M_1 \cdot T_{k1}} + Y_2 \cdot \eta_2 \cdot \sqrt{M_2 \cdot T_{k2}} + \dots}{Y_1 \cdot \sqrt{M_1 \cdot T_{k1}} + Y_2 \cdot \sqrt{M_2 \cdot T_{k2}} + \dots}; \quad (10.9)$$

$$\eta_i = \eta_{oi} \cdot \sqrt{\frac{T}{273} \cdot \frac{1 + \frac{C}{273}}{1 + \frac{C}{T}}}. \quad (10.10)$$

Значение переменных, необходимых определения динамической вязкости дымовых газов (см. А.3.3 СН РК EN 13804-1) определяются по таблице 10.3.

Таблица 10.3 – Характеристики газов

Газ	Азот (N ₂)	Двуокись углерода (CO ₂)	Кислород (O ₂)	Вода (H ₂ O)	Двуокись серы (SO ₂)	Воздух, сухой
Молярная масса М, кг/кмоль	28,0134	44,0098	31,9988	18,0153	64,059	28,9627
Стандартный молярный объем, V _{мн} , м ³ /кмоль	22,403	22,261	22,392	22,414	21,856	22,4
Стандартная плотность ρ, кг/м ³	1,2504	1,977	1,429	0,8038	2,931	1,293
Газовая постоянная R, Дж/(кг·К)	296,66	187,63	259,58	461,5	125,56	287,1

Таблица 10.3 – Характеристики газов (продолжение)

Динамическая вязкость η , 10^{-5} Па·с	1,667	1,37	1,926	0,922	1,17	1,724
Постоянная Сазерленда С	102	270	126	641	462	-
Критическая температура T_k , К	126,2	304,2	154,6	647,3	430,8	132,5
Удельная теплоемкость c_p , Дж/(кг·К)	1038,7	816,5	914,8	1492	1740	1004
Теплопроводность λ , Вт/(м·К)	0,024	0,015	0,024	0,033	0,212 жидкость	0,024

10.5.3.10 Критерий Рейнольдса определяется по формуле (10.11):

$$\left. \begin{aligned} Re &= \frac{w_m \cdot D_h \cdot \rho_m}{\eta} \\ w_m &= \frac{m}{A \cdot \rho_m} \end{aligned} \right\} \Rightarrow Re = \frac{m \cdot D_h \cdot \rho_m}{A \cdot \rho_m \cdot \eta} \Rightarrow Re = \frac{m \cdot D_h}{A \cdot \eta}, \quad (10.11)$$

где

— для круга $A = \pi \cdot r_1^2$, (10.12)

— для прямоугольника $A = a \cdot b$, (10.13)

— для эллипса $A = \pi \cdot a_1 \cdot b_1$, (10.14)

10.5.3.11 Давление атмосферного воздуха определяется по формуле (10.15):

$$p_L = p_{L0} \cdot e^{(-g \cdot z)/(R_L \cdot T_L)} = 101325 \cdot e^{(-9,81 \cdot z)/(287,1 \cdot T_L)}. \quad (10.15)$$

10.5.3.12 Коэффициенты трения дымохода для гидравлически шероховатого и гидравлически гладкого потоков определяются по формулам (10.16) и (10.17):

$$\frac{1}{\sqrt{\psi}} = -2 \cdot \log \left(\frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\psi}} + \frac{r}{D_h} \cdot 0,269 \right); \quad (10.16)$$

$$\frac{1}{\sqrt{\psi_{smooth}}} = -2 \cdot \log \left(\frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\psi_{smooth}}} \right). \quad (10.17)$$

Шероховатость внутренней стенки трубы, по которой транспортируются дымовые газы (r), зависит от материала дымовой трубы и определяется по таблице 10.4 настоящего Пособия.

Таблица 10.4 – Средняя шероховатость материалов облицовки

Материал облицовки	Шероховатость r^1 , м
Свариваемая сталь	0,001
Алюминий	0,001
Стекло, пластик	0,001
Листовой металл, шпунтованный	0,002
Блоки из сборного бетона	0,002
Кирпичная кладка	0,005
Листовой металл, рифленый	0,005
ПРИМЕЧАНИЕ 1 Данные расчетные значения применяются только к чистым поверхностям ПРИМЕЧАНИЕ 2 Для кладки из фасонных радиальных кирпичей с толщиной шва менее 5 мм можно применять шероховатость 0,002 м	

В связи с тем, что при определении значения коэффициентов трения для гидравлически шероховатого и гладкого потоков необходимо определять значения W-функции Ламберта, которая не может быть выражена в элементарных функциях (степенная, рациональная, показательная, логарифмическая, тригонометрическая и обратная тригонометрическая), значения данных коэффициентов могут быть определены с помощью математических программных продуктов (например, Maple, Mathcad, Mathematica).

10.5.3.13 Точность проведения расчета показывает, до какого знака после запятой необходимо выполнять расчет средней температуры дымовых газов в дымовой трубе.

10.5.3.14 Средняя температура дымовых газов в дымовой трубе (T_m) определяется методом последовательных итераций, для чего на стадии проектирования трубы задается приблизительное значение данной средней температуры (T_{iter}). Дальнейшие расчеты проводятся для приблизительного значения средней температуры дымовых газов.

10.5.3.15 Средняя плотность дымовых газов определяется по формуле (10.18):

$$\rho_m = \frac{p_L}{R \cdot T_m} \quad (10.18)$$

10.5.3.16 Средняя скорость дымовых газов определяется по формуле (10.19):

$$w_m = \frac{m}{A \cdot \rho_m} \quad (10.19)$$

10.5.3.17 Теплопроводность дымовых газов при заданной приблизительной средней температуре дымовых газов определяется по формуле (10.20):

$$\lambda_a = 0,00455 + 0,000065 \cdot T_m \quad (10.20)$$

10.5.3.18 Критерий Прандтля определяется по формуле (10.21):

$$Pr = \frac{\eta \cdot c_p}{\lambda_a}. \quad (10.21)$$

10.5.3.19 Критерий Нуссельта определяется по формуле (10.22):

$$Nu = \left(\frac{\Psi}{\Psi_{smooth}} \right)^{0,67} \cdot 0,0214 \cdot (Re^{0,8} - 100) \cdot Pr^{0,4} \cdot \left[1 + \left(\frac{D_h}{H} \right)^{0,67} \right]. \quad (10.22)$$

10.5.3.20 Коэффициент теплоотдачи для внутренних поверхностей, контактирующих с дымовыми газами определяется по формуле (10.23):

$$\alpha_i = \frac{\lambda_a \cdot Nu}{D_h}. \quad (10.23)$$

10.5.3.21 Коэффициент теплопередачи при фактической температуре материала определяется по формуле (10.24):

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + S_H \cdot \left[\left(\frac{1}{\Lambda} \right) + \frac{D_h}{D_{ha} \cdot \alpha_a} \right]}. \quad (10.24)$$

10.5.3.22 Коэффициент охлаждения определяется по формуле (10.25) – (10.29):

$$K = \frac{U \cdot k \cdot H}{m \cdot c_p}, \quad (10.25)$$

где

— для круга $U = 2 \cdot \pi \cdot r_1$, (10.26)

— для прямоугольника $U = 2 \cdot a + 2 \cdot b$, (10.27)

— для эллипса $U = \pi \cdot \left[3 \cdot (a_1 + b_1) - \sqrt{(3 \cdot a_1 + b) \cdot (a_1 + 3 \cdot b_1)} \right]$, (10.28)

$$H = H_{ch} + 4,25 \cdot \frac{D \cdot w_m}{w_{wind}} + 0,0377 \cdot \frac{m \cdot (T_m - T_{min})}{\rho_m \cdot w_{wind}}. \quad (10.29)$$

Скорость ветра (w_{wind}) определяется в соответствии с положениями ЕН 1991-1-4.

10.5.3.23 Средняя температура дымовых газов при заданных условиях определяется по формуле (10.30):

$$T_m = T_L + \frac{T_e - T_L}{K} \cdot (1 - e^{-K}). \quad (10.30)$$

10.5.3.24 Разность между средней температурой дымовых газов при заданных условиях и приблизительной средней температурой дымовых газов в дымовой трубе определяется по формуле (10.31):

$$T' = T_m - T_{iter}. \quad (10.31)$$

Положительное значение разности указывает на то, что изначально принятая температура (T_{iter}) на следующей итерации должна быть увеличена на количество градусов, равное разности температур, а при отрицательном значении – уменьшена. Расчет проводится до тех пор, пока не будет достигнута разница, равная нулю по всем знакам после запятой при указанной в п. 10.5.3.13 точности расчета.

10.5.3.25 Температура дымовых газов у вершины дымовой трубы (T_{top}) определяется по формуле (10.32):

$$T_{top} = T_L + (T_e - T_L) \cdot e^{-K}. \quad (10.32)$$

10.5.4 Определение изменения перепада температур по высоте и окружности обсадной трубы представляет собой очень сложную задачу. В отсутствие точных методов расчета можно использовать приближенный расчет (рисунок 10.1), приведенный в EN 13084-6 и устанавливающий следующий алгоритм действий:

1. определяется линейный перепад температуры материала по окружности;
2. определяется абсолютное значение перепада температуры 2-х потоков;
3. определяется поправочный параметр теплопередачи;
4. определяется параметр объема;
5. определяется параметр ширины канала;
6. определяется высота над верхним краем входного отверстия канала;
7. определяется перепад температур по высоте обсадной трубы.

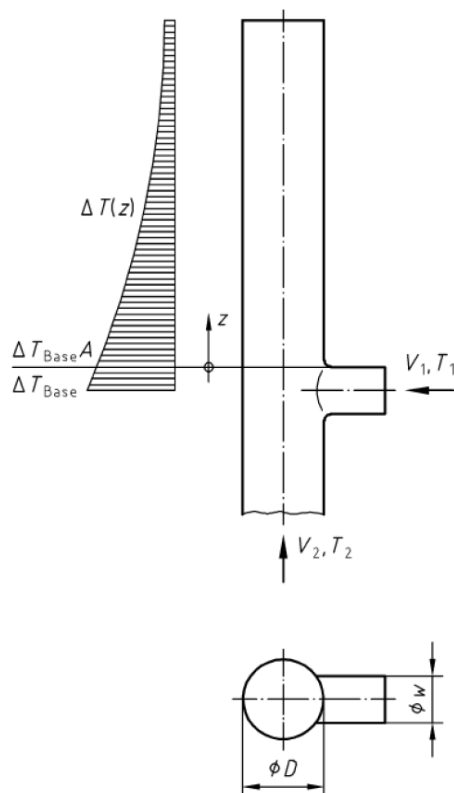


Рисунок 10.1 – Изменение перепада температур по высоте обсадной трубы

10.5.4.1 Линейный перепад температуры материала по окружности (ΔT_{stuff}) определяется по формулам (10.33) и (10.34):

$$\Delta T_{stuff} = 0,1 \cdot T_{stuff}, \text{ но не менее } 15 \text{ K}; \quad (10.33)$$

$$\Delta T_{stuff} = \Delta T' \cdot \frac{\pi}{2} \cdot D \quad (10.34)$$

где $\Delta T' = 4 \cdot \frac{T_{stuff}}{150}$, но не менее 4,0 K/м.

В качестве расчетного значения принимается наименьшее из значений, определенное по формулам (10.33), (10.34).

10.5.4.2 Абсолютное значение перепада температур 2-х потоков (ΔT_{Base}) определяется по формуле (10.35):

$$\Delta T_{Base} = |T_1 - T_2|. \quad (10.35)$$

В случае если рассчитанное абсолютное значение перепада температур потока меньше, чем линейный перепад температуры материала по окружности (ΔT_{stuff}), для проведения дальнейших расчетов принимается, что $\Delta T_{Base} = \Delta T_{stuff}$.

В случае, если в обсадной трубе протекает один поток газа, принимается, что $\Delta T_{Base} = \Delta T_{stuff}$.

10.5.4.3 Поправочный параметр теплопередачи (A_c) определяется по формуле (10.36) или по таблице 10.5 настоящего Пособия:

$$A_c = 1 - 5,792 \cdot 10^{-4} \cdot \Delta T_{Base} - 3,392 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta T_{Base}^2 + 6,195 \cdot 10^{-9} \cdot \Delta T_{Base}^3. \quad (10.36)$$

Таблица 10.5 – Поправочный параметр теплопередачи A

$\Delta T_{Base}, K$	Поправочный параметр теплопередачи A_c
0	1,00
50	0,96
100	0,92
150	0,86
200	0,79
250	0,74
300	0,69
350	0,65
400	0,62

10.5.4.4 Параметр объема (B) определяется по формуле (10.37) или по таблице 10.6 настоящего Пособия:

$$B = 0,82 - 0,42 \cdot \frac{V_1}{V_2}. \quad (10.37)$$

Таблица 10.6 – Параметр объема B

Отношение объемных расходов V_1/V_2	Параметр объема B
1,0	0,40
0,8	0,48
0,6	0,57
0,4	0,65

При протекании в дымовой трубе одного потока дымовых газов параметр объема определяется для значения отношения объемных расходов равного 1,0.

10.5.4.5 Параметр ширины канала (K_{ch}) определяется по формуле (10.38) или таблице 10.7 настоящего Пособия:

$$K_{ch} = 0,832 + 0,168 \cdot \frac{D}{w}. \quad (10.38)$$

Таблица 10.7 – Параметр ширины канала K_{ch}

Коэффициент ширины канала D/w	Параметр ширины канала K_{ch}
1,0	1,00
1,2	1,03
1,4	1,07
1,6	1,10
1,8	1,13
2,0	1,17
2,2	1,20

При протекании в дымовой трубе одного потока дымовых газов параметр ширины канала определяется для значения коэффициента ширины канала равного 1,0.

10.5.4.6 Высота над верхним краем входного отверстия канала (z_{ch}) определяется по чертежам обсадной дымовой трубы, по типовому проекту или путем замера на действующем объекте.

10.5.4.7 Перепад температур по высоте обсадной трубы ($\Delta T(z)$) определяется по формуле (10.39):

$$\Delta T(z) = \Delta T_{Base} \cdot A_c \cdot e^{(-B \cdot K_{ch} \cdot z_{ch} / D)}. \quad (10.39)$$

10.5.5 Составляющие линейного температурного перепада в стенах или слоях стен определяют по перепаду, возникающему между минимальной (или максимальной) температурой на внешней стороне и значением температуры жидкости или газа на внутренней стороне с учетом изоляции. Распределения температуры определяются согласно разделу 8.4 настоящего Пособия.

10.6 Значения составляющих температуры

10.6.1 [7.5(1)] При отсутствии специальных данных о характеристических значениях температуры конструктивного элемента применяют следующие ориентировочные значения. С целью контроля, что эти значения являются верхними предельными значениями для рассматриваемой местности и строительного элемента, их можно проверить на основании имеющихся данных.

10.6.2 [7.5(2)] В качестве значений минимальной и максимальной составляющей равномерно распределенной температуры следует принять значения минимальной и максимальной температуры наружного воздуха.

10.6.3 [7.5(3)] Для трубопроводов из бетона следует учитывать составляющую линейного температурного перепада между внутренней и внешней стороной, рекомендуемое значение составляет 15 °С. На дымовые трубы распространяется действие EN 13084-1.

10.6.4 [7.5(4)] Для трубопроводов из бетона следует учитывать ступенчатую составляющую температуры по периметру, вызванную как общими, так и локальными температурными эффектами на том основании, что квадрант периметра имеет среднюю

температуру более высокую по сравнению с остаточным периметром. Рекомендуемое значение составляет 15 °С.

10.6.5 [7.5(5)] Для трубопроводов из стали следует рассчитывать составляющую линейного температурного перепада и составляющую ступенчато распределенной температуры по периметру строительного элемента с учетом эксплуатационных условий, установленных для конкретного проекта.

10.7 Одновременный учет составляющих температуры

10.7.1 [7.6(1)] Если рассматриваются температурные эффекты, вызванные только климатическими воздействиями, то одновременно следует учитывать следующие составляющие:

а) составляющую равномерно распределенной температуры (см. Рисунок 10.2(а) [7.1(а)]);

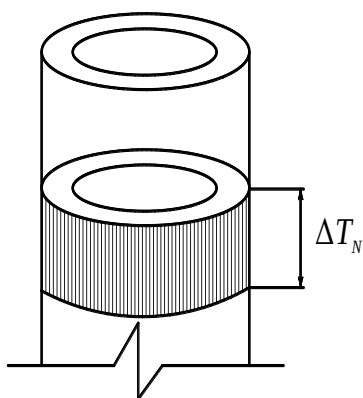
б) [б)] составляющую ступенчато распределенной температуры (см. Рисунок 10.2(б) [7.1(б)]);

с) [в)] составляющую линейного температурного перепада между внутренней и внешней поверхностями стенки (см. Рисунок 10.2(в) [7.1(с)]).

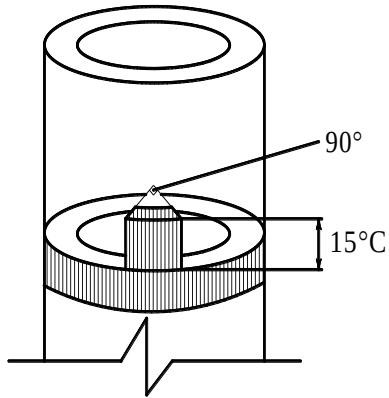
10.7.2 [7.6(2)] Если рассматривается сочетание климатических и эксплуатационных воздействий температуры (горячие газы, жидкости или материалы), то следует учитывать следующие составляющие:

- составляющую равномерно распределенной температуры;
- составляющую линейного температурного перепада;
- составляющую ступенчато распределенной температуры.

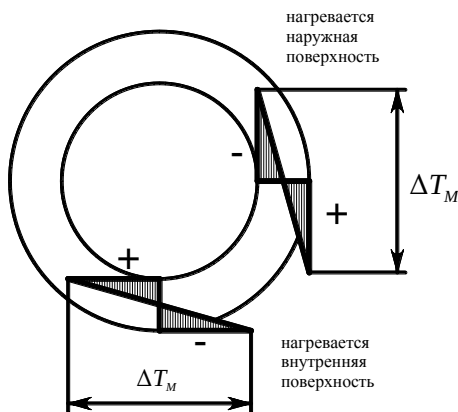
10.7.3 [7.6(3)] Составляющую ступенчато распределенной температуры следует учитывать одновременно с воздействием от ветра.



(а) составляющая равномерно распределенной температуры;



(б) составляющая ступенчато распределенной температуры;



(в) составляющая линейного температурного перепада между внутренней и внешней поверхностями стенки.

Рисунок 10.2 [7.1] – Основные составляющие температуры для трубопроводов, силосных башен, резервуаров и градирен

ПРИМЕР 10 Определение термостойкости и температуры газов монолитной дымовой трубы.

Определить термостойкость, среднюю температуру дымовых газов и температуру дымовых газов у вершины монолитной дымовой трубы с непрерывным режимом эксплуатации, выполненной из нормального бетона с объемной плотностью 2400 кг/м^3 и классом прочности $\text{C}^{25}_{/30}$. Поперечное сечение дымовой трубы представляет собой кольцо с внутренним радиусом 1,5 м и внешним радиусом 2 м. По дымовой трубе с массовым расходом (m), равным 20 кг/с , транспортируются продукты сгорания природного газа Н. Температура дымовых газов равна 450°C (723 K), а на выходе из канала в дымовую трубу – 180°C (453 K). Высота дымовой трубы 37,5 м. Площадка с дымовой трубой находится в г.Алматы на высоте 851 м над уровнем моря. Скорость ветра на уровне устья трубы – $1,52 \text{ м/с}$, на уровне 10 м от земли – $1,3 \text{ м/с}$. Точность проведения расчета температуры – до второго знака после запятой.

Термостойкость дымовой трубы определяется по формуле (10.4) настоящего Пособия:

$$\left(\frac{1}{\Lambda}\right) = y \cdot \sum_n \left[\frac{D_h}{2 \cdot \lambda_n} \cdot \ln \left(\frac{D_{h,n+1}}{D_{h,n}} \right) \right].$$

Так как дымовая труба имеет круговую форму сечения, коэффициент формы (y) на основании положений п.10.5.3.3 настоящего Пособия принимается равным 1. Внутренний гидравлический диаметр (D_h) и гидравлический диаметр, относящийся к внутренней стороне n -го слоя стеновой конструкции ($D_{h,n}$), определяются по формуле (10.1) настоящего Пособия и равны внутреннему и наружному диаметру дымовой трубы: 3 и 4 м соответственно. В связи с тем, что дымовая труба выполнена только из нормального бетона с объемной плотностью 2400 кг/м^3 теплопроводность материала n -го слоя стеновой конструкции при рабочей температуре (λ_n) принимается по приложению А (таблица А.2) настоящего Пособия, составляет $2,1 \text{ Вт/(м·К)}$ и не зависит от температуры.

Термостойкость рассматриваемой дымовой трубы составляет:

$$\left(\frac{1}{\Lambda}\right) = y \cdot \sum_n \left[\frac{D_h}{2 \cdot \lambda_n} \cdot \ln \left(\frac{D_{h,n+1}}{D_{h,n}} \right) \right] = 1,0 \cdot \left[\frac{3}{2 \cdot 2,1} \cdot \ln \left(\frac{4}{3} \right) \right] = 0,21 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

В соответствии с приложением В к настоящему Пособию определяется минимальная и максимальная температуры наружного воздуха с годовой вероятностью превышения $0,02^\circ\text{C}$, которые для г.Алматы составляют -30°C (243 К) и $31,5^\circ\text{C}$ ($304,5 \text{ К}$) соответственно.

Динамическая вязкость дымовых газов при использовании в качестве топлива природного газа Н определяется по формулам (10.9), (10.10) и таблице 10.3 настоящего Пособия:

$$\eta_{\text{CO}_2} = \eta_{0\text{CO}_2} \cdot \sqrt{\frac{T}{273} \cdot \frac{1 + \frac{C}{273}}{1 + \frac{C}{C}}} = 1,37 \cdot 10^{-5} \cdot \sqrt{\frac{723}{273} \cdot \frac{1 + \frac{270}{273}}{1 + \frac{270}{270}}} = 2,22 \cdot 10^{-5} \text{ Па} \cdot \text{с};$$

$$\eta_{\text{H}_2\text{O}} = \eta_{0\text{H}_2\text{O}} \cdot \sqrt{\frac{T}{273} \cdot \frac{1 + \frac{C}{273}}{1 + \frac{C}{C}}} = 9,22 \cdot 10^{-6} \cdot \sqrt{\frac{723}{273} \cdot \frac{1 + \frac{270}{273}}{1 + \frac{270}{270}}} = 2,3 \cdot 10^{-5} \text{ Па} \cdot \text{с};$$

$$\eta_{\text{N}_2} = \eta_{0\text{N}_2} \cdot \sqrt{\frac{T}{273} \cdot \frac{1 + \frac{C}{273}}{1 + \frac{C}{C}}} = 1,667 \cdot 10^{-5} \cdot \sqrt{\frac{623}{273} \cdot \frac{1 + \frac{270}{273}}{1 + \frac{270}{270}}} = 1,66 \cdot 10^{-5} \text{ Па} \cdot \text{с};$$

$$\eta = \frac{0,12 \cdot 2,22 \cdot 10^{-5} \cdot \sqrt{44,0098 \cdot 304,2} + 0,185 \cdot 2,3 \cdot 10^{-5} \cdot \sqrt{18,0153 \cdot 647,3}}{0,12 \cdot \sqrt{44,0098 \cdot 304,2} + 0,185 \cdot \sqrt{18,0153 \cdot 647,3} + 0,695 \cdot \sqrt{28,0134 \cdot 126,2}} + \frac{0,695 \cdot 1,66 \cdot 10^{-5} \cdot \sqrt{28,0134 \cdot 126,2}}{0,12 \cdot \sqrt{44,0098 \cdot 304,2} + 0,185 \cdot \sqrt{18,0153 \cdot 647,3} + 0,695 \cdot \sqrt{28,0134 \cdot 126,2}} = 1,93 \cdot 10^{-5} \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

Критерий Рейнольдса определяется по формуле (10.11) с учетом площади поперечного сечения трубы, по которой транспортируются дымовые газы, определяемой по формуле (10.12) настоящего Пособия:

$$Re = \frac{m \cdot D_h}{A \cdot \eta} = \frac{20 \cdot 3}{3,14 \cdot 1,5^2 \cdot 1,932 \cdot 10^{-5}} = 439407,49.$$

В связи с тем, что выполняется условие $2300 < 439407,49 < 10\,000\,000$, использовать методику, изложенную в EN 13084-1, допустимо.

Давление атмосферного воздуха (p_L) определяется по формуле (10.15) настоящего Пособия:

$$p_L = p_{L0} \cdot e^{(-g \cdot z)/(R_L \cdot T_L)} = 101325 \cdot e^{(-9,81 \cdot (851+37,5/2))/(287,1 \cdot 243)} = 89660,82 \text{ Па}.$$

Коэффициенты трения дымохода для гидравлически шероховатого (ψ) и гладкого (ψ_{smooth}) потоков определяются по формулам (10.16), (10.17) и таблицы 10.4 настоящего Пособия:

$$\frac{1}{\sqrt{\psi}} = -2 \cdot \log \left(\frac{2,51}{439407,49 \cdot \sqrt{\psi}} + \frac{0,002}{3} \cdot 0,269 \right) \Rightarrow \psi = 2,03 \cdot 10^{-2},$$

$$\frac{1}{\sqrt{\psi_{smooth}}} = -2 \cdot \log \left(\frac{2,51}{439407,49 \cdot \sqrt{\psi_{smooth}}} \right) \Rightarrow \psi_{smooth} = 1,35 \cdot 10^{-2}.$$

Отношение коэффициентов трения дымохода для гидравлически шероховатого и гладкого потоков составляет:

$$\frac{\psi}{\psi_{smooth}} = \frac{2,03 \cdot 10^{-2}}{1,35 \cdot 10^{-2}} = 1,5.$$

В связи с тем, что отношение коэффициентов трения не превышает 3, использовать методику, изложенную в EN 13084-1, допустимо.

В соответствии с требованиями п.5.2.3.4 EN 10384-1 тепловые напряжения в облицовке и ветровом щите дымовой трубы вследствие перепадов температур между внутренней и наружной поверхностью соответствующих стенок определяются при максимальной температуре дымовых газов и наименьшей температуре окружающего воздуха, ожидаемой на площадке, с учетом статистического периода повторяемости 50 лет.

В связи с тем, что определение средней температуры дымовых газов (T_m) проводится методом последовательной итерации, первое приближение данной температуры (T_{iter}) примем равным 180°C (453 K). Для указанной температуры выполняется расчет теплового потока внутри дымовой трубы.

Средняя плотность дымовых газов (ρ_m) при первом приближении определяется по формуле (10.18) с учетом данных таблицы 10.2 настоящего Пособия:

$$\rho_m = \frac{p_L}{R \cdot T_m} = \frac{89660,82}{299,4 \cdot 453} = 0,66 \text{ кг/м}^3.$$

Средняя скорость дымовых газов (w_m) при первом приближении определяется по формуле (10.19) настоящего Пособия:

$$w_m = \frac{m}{A \cdot \rho_m} = \frac{20}{7,07 \cdot 0,66} = 4,28 \text{ м/с}.$$

Теплопроводность дымовых газов (λ_a) определяется по формуле (10.20) настоящего Пособия:

$$\lambda_a = 0,00455 + 0,000065 \cdot T_m = 0,00455 + 0,000065 \cdot 453 = 0,034 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}.$$

Критерий Прандтля (Pr) определяется по формуле (10.21) с использованием таблицы 10.2 настоящего Пособия:

$$Pr = \frac{\eta \cdot c_p}{\lambda_a} = \frac{1,93 \cdot 10^{-5} \cdot 1101}{0,034} = 0,63.$$

В связи с тем, что выполняется условие $0,6 < 0,63 < 1,5$, использовать методику, изложенную в EN 13084-1, допустимо.

Критерий Нуссельта (Nu) определяется по формуле (10.22) настоящего Пособия:

$$\begin{aligned} Nu &= \left(\frac{\Psi}{\Psi_{smooth}} \right)^{0,67} \cdot 0,0214 \cdot (Re^{0,8} - 100) \cdot Pr^{0,4} \cdot \left[1 + \left(\frac{D_h}{H} \right)^{0,67} \right] = \\ &= \left(\frac{2,03 \cdot 10^{-2}}{1,35 \cdot 10^{-2}} \right)^{0,67} \cdot 0,0214 \cdot (439407,49^{0,8} - 100) \cdot 0,63^{0,4} \cdot \left[1 + \left(\frac{3}{230,54} \right)^{0,67} \right] = 801,06. \end{aligned}$$

Коэффициент теплоотдачи для внутренних поверхностей, контактирующих с дымовыми газами (α_i) определяется по формуле (10.23) настоящего Пособия:

$$\alpha_i = \frac{\lambda_a \cdot Nu}{D_h} = \frac{0,034 \cdot 801,06}{3} = 9,08 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

Коэффициент теплопередачи при фактической температуре материала (k) определяется по формуле (10.24) настоящего Пособия:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + S_H \cdot \left[\left(\frac{1}{\Lambda} \right) + \frac{D_h}{D_{ha} \cdot \alpha_a} \right]} = \frac{1}{\frac{1}{9,08} + 1 \cdot \left[0,21 + \frac{3}{4 \cdot 24} \right]} = 1,35 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

Коэффициент охлаждения (K) определяется по формуле (10.25) настоящего Пособия с учетом формул (10.26) и (10.29), предназначенных для определения внутренней окружности трубы и эффективной высоты трубы:

$$\begin{aligned}
 H &= H_{ch} + 4,25 \cdot \frac{D \cdot w_m}{w_{wind}} + 0,0377 \cdot \frac{m \cdot (T_m - T_{min})}{\rho_m \cdot w_{wind}} = \\
 &= 37,5 + 4,25 \cdot \frac{3 \cdot 4,28}{1,52} + 0,0377 \cdot \frac{20 \cdot (453 - 243)}{0,66 \cdot 1,52} = 230,54 \text{ м}; \\
 K &= \frac{U \cdot k \cdot H}{m \cdot c_p} = \frac{(2 \cdot \pi \cdot r_1) \cdot k \cdot H}{m \cdot c_p} = \frac{(6,28 \cdot 1,5) \cdot 1,35 \cdot 230,54}{20 \cdot 1101} = 0,13.
 \end{aligned}$$

Средняя температура дымовых газов (T_m), определенная при указанных условиях, определяется по формуле (10.30) настоящего Пособия:

$$T_m = T_L + \frac{T_e - T_L}{K} \cdot (1 - e^{-K}) = 243 + \frac{453 - 243}{0,13} \cdot (1 - e^{-0,13}) = 439,63 \text{ К.}$$

Разность средних температур дымовых газов (T_{iter}) и (T_m) определяется по формуле (10.31) настоящего Пособия:

$$T' = T_m - T_{iter} = 439,63 - 453 = -13,37 \text{ К.}$$

Определенное значение разности указывает на то, что при второй итерации значение температуры T_{iter} должно быть снижено на 13,37 К. Результаты расчета для второй итерации приведены в Таблице 10.8.

Таблица 10.8 – Расчет средней температуры дымовых газов (2-ая итерация)

Расчетный параметр	Обозначение	Значение
Средняя температура дымовых газов (2-ое приближение)	T_{iter}	439,63 К
Температура дымовых газов у входа дымовых газов в дымовую трубу	T_e	453 К
Температура атмосферного воздуха	T_L	243 К
Термостойкость дымовой трубы	l/Λ	0,21 Вт/(м·К)
Динамическая вязкость дымовых газов	η	$1,93 \cdot 10^{-5}$ Па·с
Критерий Рейнольдса	Re	439407,49
Давление атмосферного воздуха	p_L	89660,82 Па
Коэффициент трения дымохода для гидравлически шероховатого потока	ψ	$2,03 \cdot 10^{-2}$
Коэффициент трения дымохода для гидравлически гладкого потока	ψ_{smooth}	$1,35 \cdot 10^{-2}$
Средняя плотность дымовых газов	ρ_m	0,681 кг/м ³
Средняя скорость дымовых газов	w_m	4,154 м/с
Теплопроводность дымовых газов	λ_a	0,033 Вт/(м·К)
Критерий Прандтля	Pr	0,64
Критерий Нуссельта	Nu	811,38
Коэффициент теплоотдачи для внутренних поверхностей, контактирующих с дымовыми газами	α_i	8,96 Вт/(м ² ·К)
Коэффициент теплопередачи при фактической температуре материала	k	1,35 Вт/(м ² ·К)
Эффективная высота дымовой трубы	H	215,13 м
Коэффициент охлаждения	K	0,12
Средняя температура дымовых газов	T_m	440,51 К
Разность средних температур дымовых газов	T'	0,88 К

Определенное значение разности указывает на то, что при третьей итерации значение температуры T_{iter} должно быть повышено на 0,88 К. Результаты расчета для третьей итерации приведены в таблице 10.9.

Таблица 10.9 – Расчет средней температуры дымовых газов (3-я итерация)

Расчетный параметр	Обозначение	Значение
Средняя температура дымовых газов (3-е приближение)	T_{iter}	440,51 К
Температура дымовых газов у входа дымовых газов в дымовую трубу	T_e	453 К
Температура атмосферного воздуха	T_L	243 К
Термостойкость дымовой трубы	$1/\Lambda$	0,21 Вт/(м·К)
Динамическая вязкость дымовых газов	η	$1,93 \cdot 10^{-5}$ Па·с
Критерий Рейнольдса	Re	439407,49
Давление атмосферного воздуха	p_L	89660,82 Па
Коэффициент трения дымохода для гидравлически шероховатого потока	ψ	$2,03 \cdot 10^{-2}$
Коэффициент трения дымохода для гидравлически гладкого потока	ψ_{smooth}	$1,35 \cdot 10^{-2}$
Средняя плотность дымовых газов	ρ_m	0,68 кг/м ³
Средняя скорость дымовых газов	w_m	4,16 м/с
Теплопроводность дымовых газов	λ_a	0,033 Вт/(м·К)
Критерий Прандтля	Pr	0,64
Критерий Нуссельта	Nu	810,69
Коэффициент теплоотдачи для внутренних поверхностей, контактирующих с дымовыми газами	α_i	8,97 Вт/(м ² ·К)
Коэффициент теплопередачи при фактической температуре материала	k	1,35 Вт/(м ² ·К)
Эффективная высота дымовой трубы	H	216,126 м
Коэффициент охлаждения	K	0,12
Средняя температура дымовых газов	T_m	440,45 К
Разность средних температур дымовых газов	T'	-0,06 К

Определенное значение разности указывает на то, что при третьей итерации значение температуры T_{iter} должно быть уменьшено на 0,06 К. Результаты расчета для четвертой итерации приведены в таблице 10.10.

Таблица 10.10 – Расчет средней температуры дымовых газов (4-ая итерация)

Расчетный параметр	Обозначение	Значение
Средняя температура дымовых газов (4-ое приближение)	T_{iter}	440,45 К
Температура дымовых газов у входа дымовых газов в дымовую трубу	T_e	453 К
Температура атмосферного воздуха	T_L	243 К
Термостойкость дымовой трубы	$1/\Lambda$	0,21 Вт/(м·К)
Динамическая вязкость дымовых газов	η	$1,93 \cdot 10^{-5}$ Па·с
Критерий Рейнольдса	Re	439407,49
Давление атмосферного воздуха	p_L	89660,82 Па
Коэффициент трения дымохода для гидравлически шероховатого потока	ψ	$2,03 \cdot 10^{-2}$
Коэффициент трения дымохода для гидравлически гладкого потока	ψ_{smooth}	$1,35 \cdot 10^{-2}$
Средняя плотность дымовых газов	ρ_m	0,68 кг/м ³
Средняя скорость дымовых газов	w_m	4,16 м/с
Теплопроводность дымовых газов	λ_a	0,033 Вт/(м·К)
Критерий Прандтля	Pr	0,64
Критерий Нуссельта	Nu	810,74
Коэффициент теплоотдачи для внутренних поверхностей, контактирующих с дымовыми газами	α_i	8,97 Вт/(м ² ·К)
Коэффициент теплопередачи при фактической температуре материала	k	1,35 Вт/(м ² ·К)
Эффективная высота дымовой трубы	H	216,06 м
Коэффициент охлаждения	K	0,12
Средняя температура дымовых газов	T_m	440,45 К
Разность средних температур дымовых газов	T'	0,00 К

Средняя температура дымовых газов (T_m) определена в результате четвертой итерации и составляет 440,45 К.

Температура дымовых газов у вершины дымовой трубы (T_{top}) определяется по формуле (10.32) настоящего Пособия:

$$T_{top} = T_L + (T_e - T_L) \cdot e^{-K} = 243 + (453 - 243) \cdot e^{-0,12} = 428,42 \text{ К.}$$

ПРИМЕР 11 Определение температуры кольцевого компенсатора дымовой трубы.

Определить температуру кольцевого компенсатора, установленного на высоте 14 м от места ввода второго потока дымовых газов в обсадную дымовую трубу (рисунок 10.2). Высота дымовой трубы – 40 м, диаметр футеровки – 3 м, диаметр газохода 2-го потока

дымовых газов – 3 м. В дымовую трубу поступают два потока дымовых газов со следующими характеристиками: температура дымовых газов – 550°C (2-ой поток) и 100°C (1-ый поток), расход дымовых газов – 100 кг/ч и 97 кг/ч соответственно. Температура потока дымовых газов у верха газохода 1-го потока дымовых газов – 400°C.

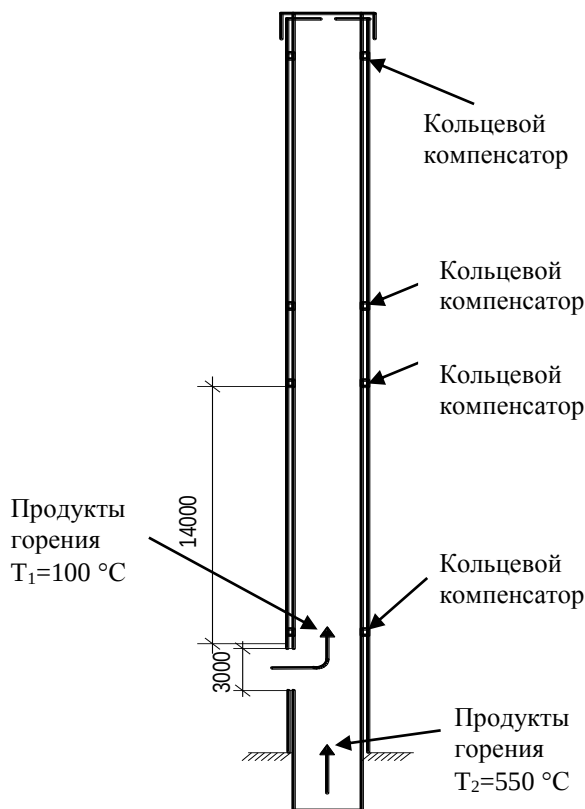


Рисунок 10.3 – Расчетная схема дымовой трубы

Линейный перепад температуры материала по окружности (ΔT_{stuff}) определяется по формулам (10.33) и (10.34) настоящего Пособия:

$$\begin{aligned}\Delta T_{stuff} &= 0,1 \cdot T_{stuff} = 0,1 \cdot 400 = 40 \text{ }^{\circ}\text{C}; \\ \Delta T_{stuff} &= \Delta T' \cdot \frac{\pi}{2} \cdot D = 10,7 \cdot \frac{\pi}{2} \cdot 3 = 50,42 \text{ }^{\circ}\text{C}; \\ \Delta T' &= 4 \cdot \frac{T_{stuff}}{150} = 4 \cdot \frac{400}{150} = 10,7 \text{ }^{\circ}\text{C/м.}\end{aligned}$$

Для дальнейших расчетов на основании положений п. 10.5.4.1 настоящего Пособия принимается, что $\Delta T_{stuff} = 40^{\circ}\text{C}$.

Абсолютное значение перепада температур потока (ΔT_{Base}) определяется по формуле (10.35) настоящего Пособия:

$$\Delta T_{Base} = |T_1 - T_2| = |100 - 550| = 450 \text{ } ^\circ\text{C}..$$

Для дальнейших расчетов абсолютное значение перепада температур потока принимается равным 450°C .

Поправочный параметр теплопередачи (A) определяется по формуле (10.36) настоящего Пособия:

$$\begin{aligned} A_c &= 1 - 5,792 \cdot 10^{-4} \cdot \Delta T_{Base} - 3,392 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta T_{Base}^2 + 6,195 \cdot 10^{-9} \cdot \Delta T_{Base}^3 = \\ &= 1 - 5,792 \cdot 10^{-4} \cdot 450 - 3,392 \cdot 10^{-6} \cdot 450^2 + 6,195 \cdot 10^{-9} \cdot 450^3 = 0,62. \end{aligned}$$

Параметр объема (B) определяется по формуле (10.37) настоящего Пособия:

$$B = 0,82 - 0,42 \cdot \frac{V_1}{V_2} = 0,82 - 0,42 \cdot \frac{97}{100} = 0,41.$$

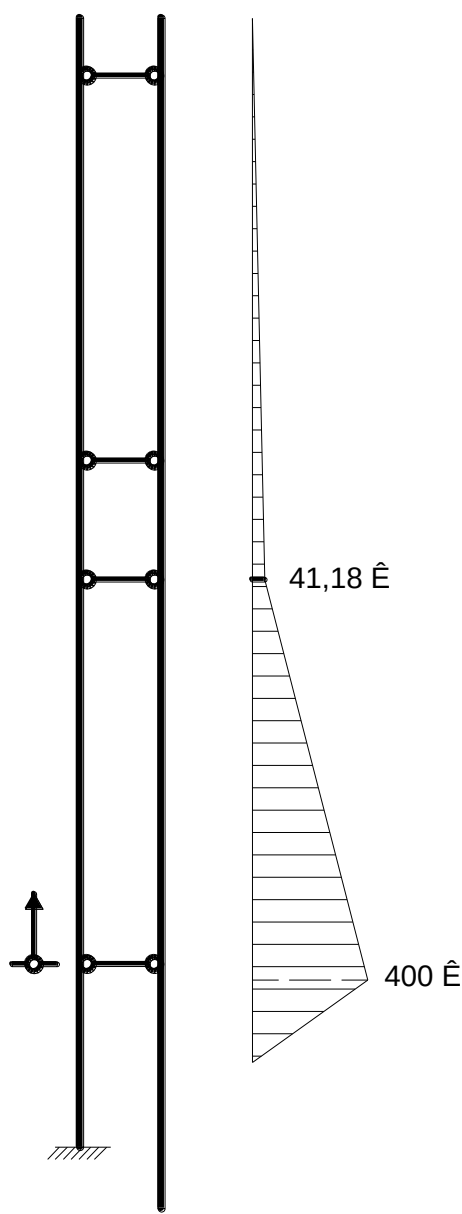
Параметр ширины канала (K_{ch}) определяется по таблице 10.7 настоящего Пособия и при значении коэффициента ширины канала (D/w) равного 1,0 составляет 1,00.

Высота над верхним краем входного отверстия канала (z_{ch}), на которой необходимо найти температуру кольцевого компенсатора, составляет 14 м.

Температура кольцевого компенсатора ($\Delta T(z)$) определяется по формуле (10.39) настоящего Пособия:

$$\Delta T(z) = \Delta T_{Base} \cdot A_c \cdot e^{(-B \cdot K_{ch} \cdot z_{ch} / D)} = 450 \cdot 0,62 \cdot e^{(-0,41 \cdot 1,00 \cdot 14 / 3)} = 41,18 \text{ } ^\circ\text{C}..$$

Распределение температуры дымовых газов по дымовой трубе показано на рисунке 10.4.



(41,18 K; 400 K)

Рисунок 10.4 — Распределение температуры дымовых газов в дымовой трубе

ПРИМЕР 12 Определение линейного температурного перепада в стенке бака-аккумулятора горячей воды.

Определить для теплого и холодного периода года линейный температурный перепад в пределах каждого полотнища стенки бака-аккумулятора горячей воды, сооруженного в соответствии с типовым проектом 903–9–14сп86 в г. Атырау Акмолинской области. Емкость бака-аккумулятора – 5000 м³, максимальная температура воды – 95°C (368 K). Стенки бака выполнены из конструкционной стали, толщина стенки в пределах каждого полотнища приведена на рисунке 10.5. Для теплоизоляции используется минеральная вата термостойкостью до 750°C толщиной 80 мм с плотностью

125 кг/м³. По периметру второй стенки бака наварен металлический оцинкованный лист толщиной 0,8 мм.

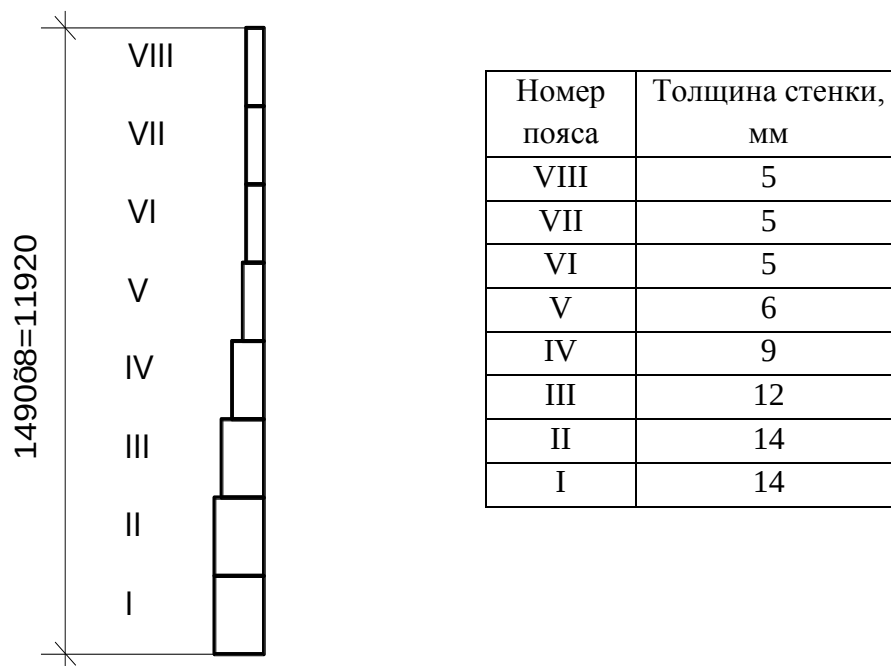


Рисунок 10.5 — Развертка полотнищ стенки бака-аккумулятора горячей воды

В соответствии с приложением В к настоящему Пособию определяется минимальная и максимальная температуры наружного воздуха с годовой вероятностью превышения 0,02°C, которые для г. Атырау составляют -33°C (240 К) и 34,2°C (307,2 К) соответственно.

В связи с тем, что тепловой поток внутри бака-аккумулятора горячей воды распространяется горизонтально, термическое сопротивление на внутренней (R_{in}) и внешней (R_{out}) поверхностях стенки бака определяются в соответствии с разделом 8 и таблицей 8.4 настоящего Пособия и составляют 0,13 и 0,04 м²·К/Вт соответственно.

Для определения полного термического сопротивления элемента, включая сопротивления обеих поверхностей, необходимо определить теплопроводность каждого слоя конструкции. В соответствии с приложением А (таблица А.2) настоящего Пособия теплопроводность конструкционной стали составляет 60 Вт/(м·К), а минеральной ваты с термостойкостью до 750°C и плотностью 125 кг/м³ – 0,039 Вт/(м·К).

Результаты расчета линейного температурного перепада в пределах каждого полотнища стенки для холодного и теплого периодов года представлены в таблицах 10.11 – 10.20 и на рисунках 10.6 – 10.15.

Холодный период года.

Таблица 10.11 – Результаты расчеты температурных деформаций I и II поясов

Слой	Материал внутренней поверхности	Теплопроводность, Вт/(м·К)	Толщина, м	Термическое сопротивление, м²К/Вт	Температура, К
-	Вода	–	–	–	368
0	Внутренняя стенка (в месте контакта металла с водой)	–	–	0,13	360,51
1	Конструкционная сталь (в месте контакта внутренней стенки с минеральной ватой)	60	0,014	0,00023	360,497
2	Минеральная вата (в месте контакта минеральной ваты с внешней стенкой)	0,039	0,08	2,0513	242,319
3	Конструкционная сталь (в месте контакта внешней стенки с оцинкованным листом)	60	0,014	0,00023	242,3052
4	Оцинкованный лист (в месте контакта оцинкованного листа с воздухом)	60	0,0008	0,0000133	242,3045
5	Наружная поверхность (температура воздуха)	–	–	0,04	242

Таблица 10.12 – Результаты расчеты температурных деформаций III пояса

Слой	Материал внутренней поверхности	Теплопроводность, Вт/(м·К)	Толщина, м	Термическое сопротивление, м²К/Вт	Температура, К
-	Вода	–	–	–	368
0	Внутренняя стенка (в месте контакта металла с водой)	–	–	0,13	360,5102
1	Конструкционная сталь (в месте контакта внутренней стенки с минеральной ватой)	60	0,012	0,0002	360,4987
2	Минеральная вата (в месте контакта минеральной ваты с внешней стенкой)	0,039	0,08	2,0513	242,3168
3	Конструкционная сталь (в месте контакта внешней стенки с оцинкованным листом)	60	0,012	0,0002	242,3053

Таблица 10.12 – Результаты расчеты температурных деформаций III пояса

(продолжение)

Слой	Материал внутренней поверхности	Теплопроводность, Вт/(м·К)	Толщина, м	Термическое сопротивление, м ² К/Вт	Температура, К
4	Оцинкованный лист (в месте контакта оцинкованного листа с воздухом)	60	0,0008	0,0000133	242,3045
5	Наружная поверхность (температура воздуха)	–	–	0,04	242

Полное термическое сопротивление элемента, включая сопротивление обеих поверхностей (R_{tot}) определяется по формуле 8.4 раздела 8 настоящего Пособия и составляет 2,2218 м²·К/Вт.

Таблица 10.13 – Результаты расчеты температурных деформаций IV пояса

Слой	Материал внутренней поверхности	Теплопроводность, Вт/(м·К)	Толщина, м	Термическое сопротивление, м ² К/Вт	Температура, К
-	Вода	–	–	–	368
0	Внутренняя стенка (в месте контакта металла с водой)	–	–	0,13	360,5099
1	Конструкционная сталь (в месте контакта внутренней стенки с минеральной ватой)	60	0,009	0,00015	360,5012
2	Минеральная вата (в месте контакта минеральной ваты с внешней стенкой)	0,039	0,08	2,0513	242,3141
3	Конструкционная сталь (в месте контакта внешней стенки с оцинкованным листом)	60	0,009	0,00015	242,3054
4	Оцинкованный лист (в месте контакта оцинкованного листа с воздухом)	60	0,0008	0,0000133	242,3047
5	Наружная поверхность (температура воздуха)	–	–	0,04	242

Полное термическое сопротивление элемента, включая сопротивление обеих поверхностей (R_{tot}) определяется по формуле 8.4 раздела 8 настоящего Пособия и составляет $2,2216 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Таблица 10.14 – Результаты расчеты температурных деформаций V пояса

Слой	Материал внутренней поверхности	Теплопроводность, Вт/(м·К)	Толщина, м	Термическое сопротивление, $\text{м}^2\text{К}/\text{Вт}$	Температура, К
-	Вода	–	–	–	368
0	Внутренняя стенка (в месте контакта металла с водой)	–	–	0,13	360,5096
1	Конструкционная сталь (в месте контакта внутренней стенки с минеральной ватой)	60	0,006	0,0001	360,5038
2	Минеральная вата (в месте контакта минеральной ваты с внешней стенкой)	0,039	0,08	2,0513	242,3113
3	Конструкционная сталь (в месте контакта внешней стенки с оцинкованным листом)	60	0,006	0,0001	242,3055
4	Оцинкованный лист (в месте контакта оцинкованного листа с воздухом)	60	0,0008	0,0000133	242,3048
5	Наружная поверхность (температура воздуха)	–	–	0,04	242

Полное термическое сопротивление элемента, включая сопротивление обеих поверхностей (R_{tot}) определяется по формуле 8.4 раздела 8 настоящего Пособия и составляет $2,2215 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Таблица 10.15 – Результаты расчеты температурных деформаций VI – VIII поясов

Слой	Материал внутренней поверхности	Теплопроводность, Вт/(м·К)	Толщина, м	Термическое сопротивление, $\text{м}^2\text{К}/\text{Вт}$	Температура, К
-	Вода	–	–	–	368
0	Внутренняя стенка (в месте контакта металла с водой)	–	–	0,13	360,5094
1	Конструкционная сталь (в месте контакта внутренней стенки с минеральной ватой)	60	0,005	0,000083	360,5046

Таблица 10.15 – Результаты расчеты температурных деформаций VI – VIII поясов
(продолжение)

Слой	Материал внутренней поверхности	Теплопроводность, Вт/(м·К)	Толщина, м	Термическое сопротивление, м²К/Вт	Температура, К
2	Минеральная вата (в месте контакта минеральной ваты с внешней стенкой)	0,039	0,08	2,0513	242,3104
3	Конструкционная сталь (в месте контакта внешней стенки с оцинкованным листом)	60	0,005	0,000083	242,3056
4	Оцинкованный лист (в месте контакта оцинкованного листа с воздухом)	60	0,0008	0,0000133	242,3048
5	Наружная поверхность (температура воздуха)	–	–	0,04	242

Полное термическое сопротивление элемента, включая сопротивление обеих поверхностей (R_{tot}) определяется по формуле 8.4 раздела 8 настоящего Пособия и составляет 2,2215 м²·К/Вт.

Теплый период года.

Таблица 10.16 – Результаты расчеты температурных деформаций I и II поясов

Слой	Материал внутренней поверхности	Теплопроводность, Вт/(м·К)	Толщина, м	Термическое сопротивление, м²К/Вт	Температура, К
-	Вода	–	–	–	368
0	Внутренняя стенка (в месте контакта металла с водой)	–	–	0,13	364,4425
1	Конструкционная сталь (в месте контакта внутренней стенки с минеральной ватой)	60	0,014	0,00023	364,4361
2	Минеральная вата (в месте контакта минеральной ваты с внешней стенкой)	0,039	0,08	2,0513	308,3014
3	Конструкционная сталь (в месте контакта внешней стенки с оцинкованным листом)	60	0,014	0,00023	308,295

Таблица 10.16 – Результаты расчеты температурных деформаций I и II поясов
(продолжение)

Слой	Материал внутренней поверхности	Теплопроводность, Вт/(м·К)	Толщина, м	Термическое сопротивление, м ² К/Вт	Температура, К
4	Оцинкованный лист (в месте контакта оцинкованного листа с воздухом)	60	0,0008	0,0000133	308,2946
5	Наружная поверхность (температура воздуха)	–	–	0,04	307,2

Полное термическое сопротивление элемента, включая сопротивление обеих поверхностей (R_{tot}) определяется по формуле 8.4 раздела 8 настоящего Пособия и составляет 2,2218 м²·К/Вт.

Таблица 10.17 – Результаты расчеты температурных деформаций III пояса

Слой	Материал внутренней поверхности	Теплопроводность, Вт/(м·К)	Толщина, м	Термическое сопротивление, м ² К/Вт	Температура, К
-	Вода	–	–	–	368
0	Внутренняя стенка (в месте контакта металла с водой)	–	–	0,13	364,4424
1	Конструкционная сталь (в месте контакта внутренней стенки с минеральной ватой)	60	0,012	0,0002	364,4369
2	Минеральная вата (в месте контакта минеральной ваты с внешней стенкой)	0,039	0,08	2,0513	308,3005
3	Конструкционная сталь (в месте контакта внешней стенки с оцинкованным листом)	60	0,012	0,0002	308,295
4	Оцинкованный лист (в месте контакта оцинкованного листа с воздухом)	60	0,0008	0,0000133	308,2947
5	Наружная поверхность (температура воздуха)	–	–	0,04	307,2

Полное термическое сопротивление элемента, включая сопротивление обеих поверхностей (R_{tot}) определяется по формуле 8.4 раздела 8 настоящего Пособия и составляет 2,2217 м²·К/Вт.

Таблица 10.18 – Результаты расчеты температурных деформаций IV пояса

Слой	Материал внутренней поверхности	Теплопроводность, Вт/(м·К)	Толщина, м	Термическое сопротивление, м ² К/Вт	Температура, К
-	Вода	—	—	—	368
0	Внутренняя стенка (в месте контакта металла с водой)	—	—	0,13	364,4422
1	Конструкционная сталь (в месте контакта внутренней стенки с минеральной ватой)	60	0,009	0,00015	364,4381
2	Минеральная вата (в месте контакта минеральной ваты с внешней стенкой)	0,039	0,08	2,0513	308,2992
3	Конструкционная сталь (в месте контакта внешней стенки с оцинкованным листом)	60	0,009	0,00015	308,2951
4	Оцинкованный лист (в месте контакта оцинкованного листа с воздухом)	60	0,0008	0,0000133	308,2947
5	Наружная поверхность (температура воздуха)	—	—	0,04	307,2

Полное термическое сопротивление элемента, включая сопротивление обеих поверхностей (R_{tot}) определяется по формуле 8.4 раздела 8 настоящего Пособия и составляет 2,2216 м²·К/Вт.

Таблица 10.19 – Результаты расчеты температурных деформаций V пояса

Слой	Материал внутренней поверхности	Теплопроводность, Вт/(м·К)	Толщина, м	Термическое сопротивление, м ² К/Вт	Температура, К
-	Вода	—	—	—	368
0	Внутренняя стенка (в месте контакта металла с водой)	—	—	0,13	364,442
1	Конструкционная сталь (в месте контакта внутренней стенки с минеральной ватой)	60	0,006	0,0001	364,4393

Таблица 10.19 – Результаты расчеты температурных деформаций V пояса
(продолжение)

Слой	Материал внутренней поверхности	Теплопроводность, Вт/(м·К)	Толщина, м	Термическое сопротивление, м ² К/Вт	Температура, К
2	Минеральная вата (в месте контакта минеральной ваты с внешней стенкой)	0,039	0,08	2,0513	308,2979
3	Конструкционная сталь (в месте контакта внешней стенки с оцинкованным листом)	60	0,006	0,0001	308,2951
4	Оцинкованный лист (в месте контакта оцинкованного листа с воздухом)	60	0,0008	0,0000133	308,2948
5	Наружная поверхность (температура воздуха)	–	–	0,04	307,2

Полное термическое сопротивление элемента, включая сопротивление обеих поверхностей (R_{tot}) определяется по формуле 8.4 раздела 8 настоящего Пособия и составляет 2,2215 м²·К/Вт.

Таблица 10.20 – Результаты расчеты температурных деформаций VI – VIII поясов

Слой	Материал внутренней поверхности	Теплопроводность, Вт/(м·К)	Толщина, м	Термическое сопротивление, м ² К/Вт	Температура, К
-	Вода	–	–	–	368
0	Внутренняя стенка (в месте контакта металла с водой)	–	–	0,13	364,442
1	Конструкционная сталь (в месте контакта внутренней стенки с минеральной ватой)	60	0,005	0,000083	364,4397
2	Минеральная вата (в месте контакта минеральной ваты с внешней стенкой)	0,039	0,08	2,0513	308,2974
3	Конструкционная сталь (в месте контакта внешней стенки с оцинкованным листом)	60	0,005	0,000083	308,2951

Таблица 10.20 – Результаты расчеты температурных деформаций VI – VIII поясов
(продолжение)

Слой	Материал внутренней поверхности	Теплопроводность, Вт/(м·К)	Толщина, м	Термическое сопротивление, м ² К/Вт	Температура, К
4	Оцинкованный лист (в месте контакта оцинкованного листа с воздухом)	60	0,0008	0,0000133	308,2948
5	Наружная поверхность (температура воздуха)	–	–	0,04	307,2

Полное термическое сопротивление элемента, включая сопротивление обеих поверхностей (R_{tot}) определяется по формуле 8.4 раздела 8 настоящего Пособия и составляет 2,2215 м²·К/Вт.

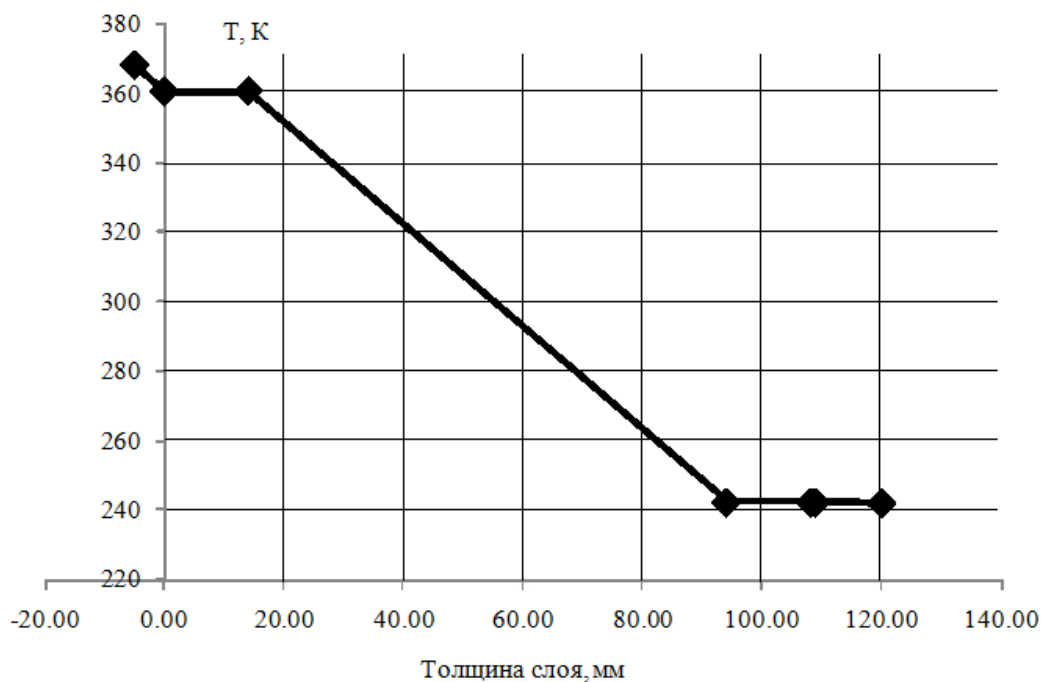


Рисунок 10.6 — Распределение температуры (температурный профиль) для I и II поясов бака-аккумулятора горячей воды (холодный период года)

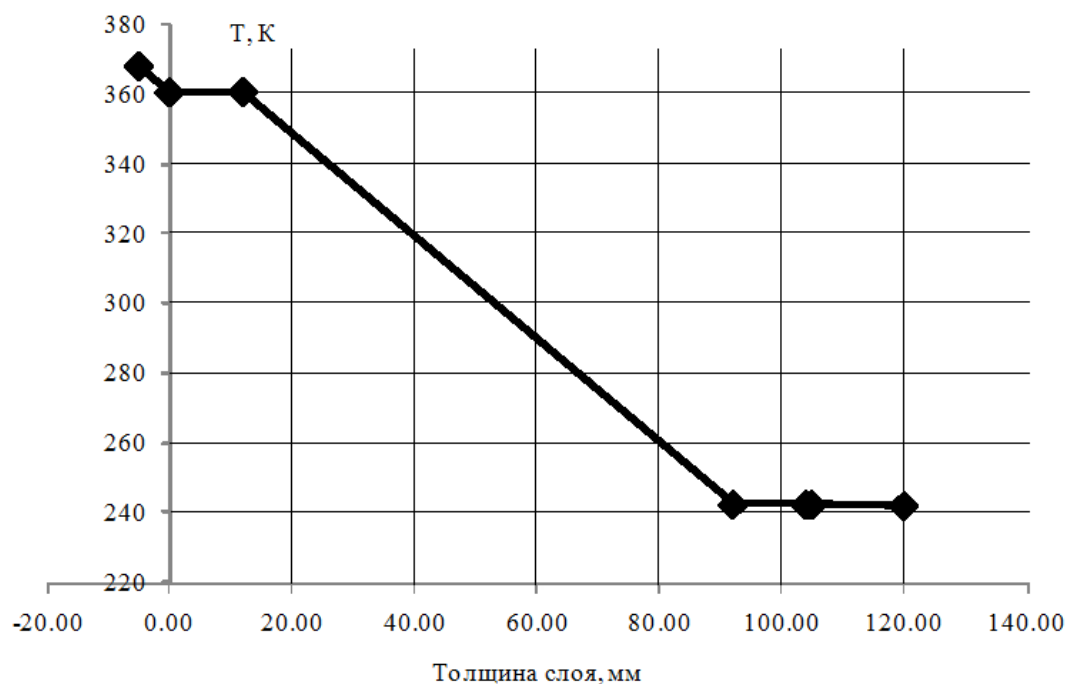


Рисунок 10.7 — Распределение температуры (температурный профиль) для III пояса бака-аккумулятора горячей воды (холодный период года)

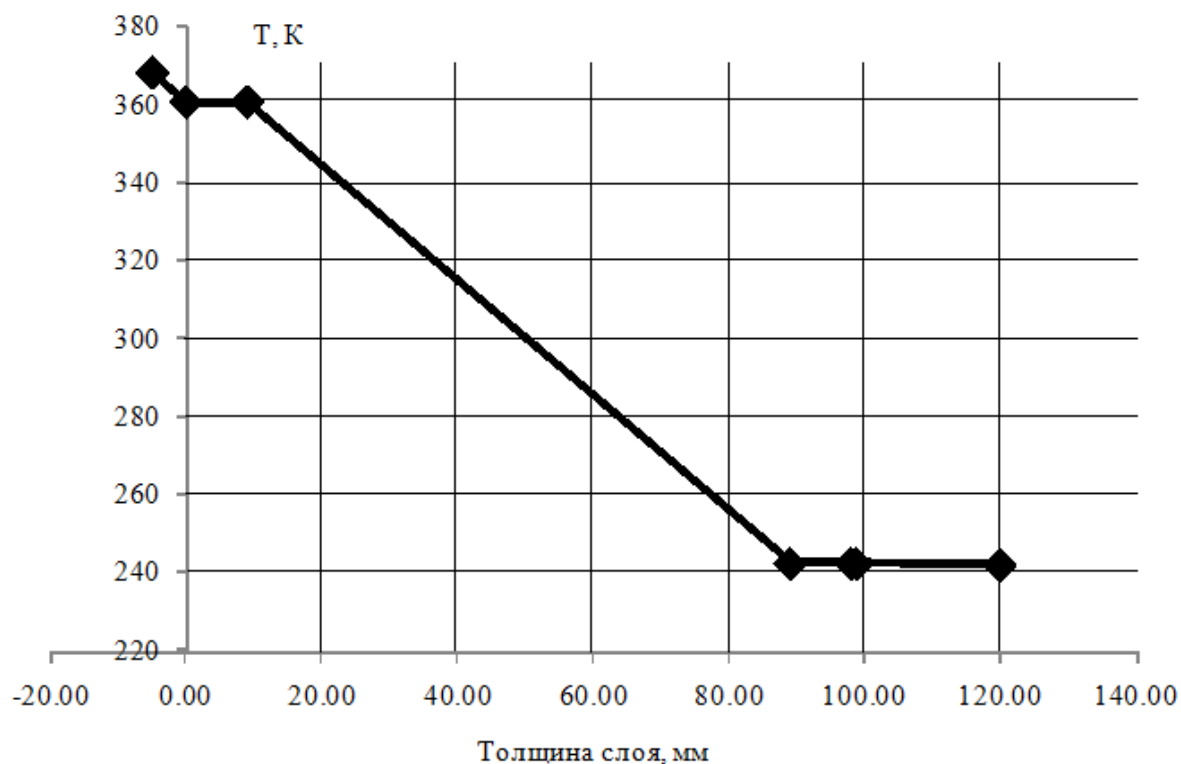


Рисунок 10.8 — Распределение температуры (температурный профиль) для IV пояса бака-аккумулятора горячей воды (холодный период года)

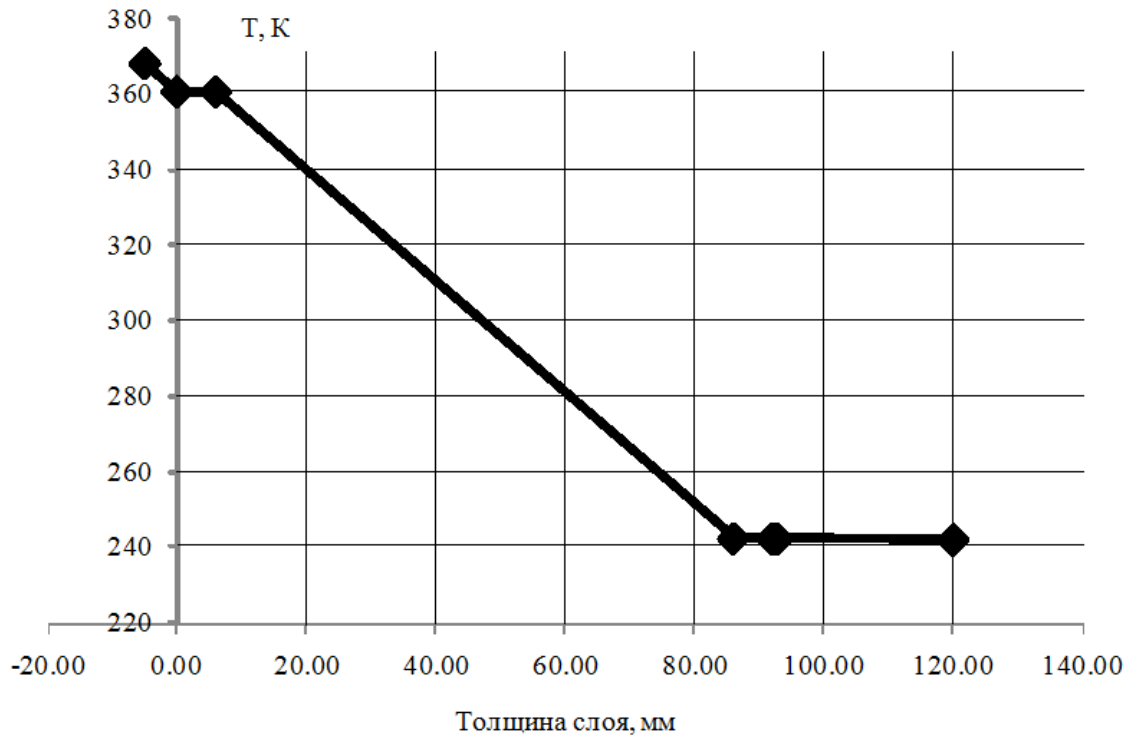


Рисунок 10.9 — Распределение температуры (температурный профиль) для V пояса бака-аккумулятора горячей воды (холодный период года)

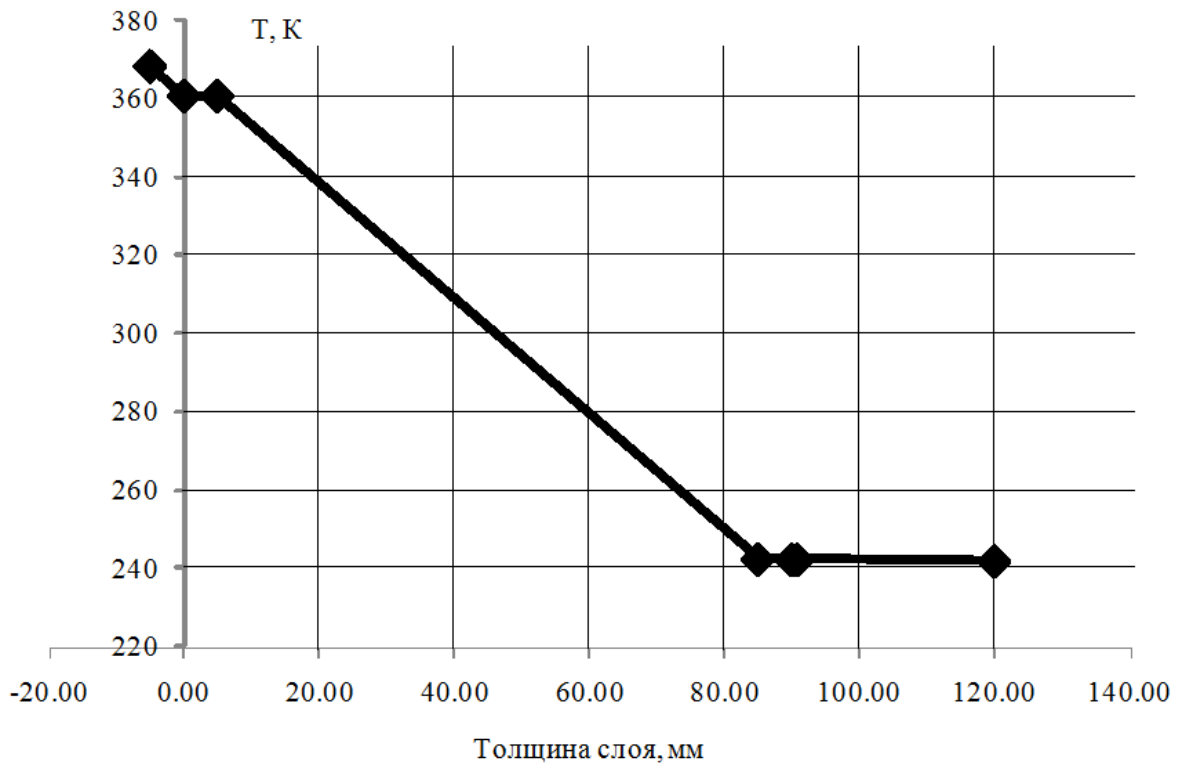


Рисунок 10.10 — Распределение температуры (температурный профиль) для VI–VIII поясов бака-аккумулятора горячей воды (холодный период года)

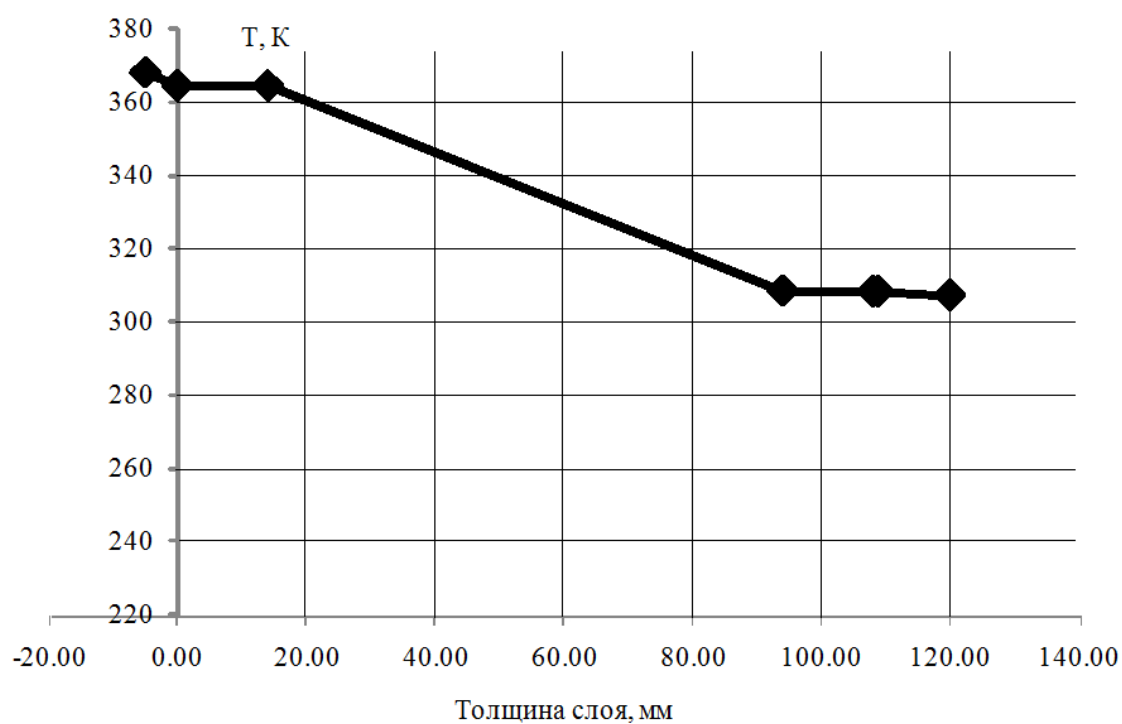


Рисунок 10.11 — Распределение температуры (температурный профиль) для I и II поясов бака-аккумулятора горячей воды (теплый период года)

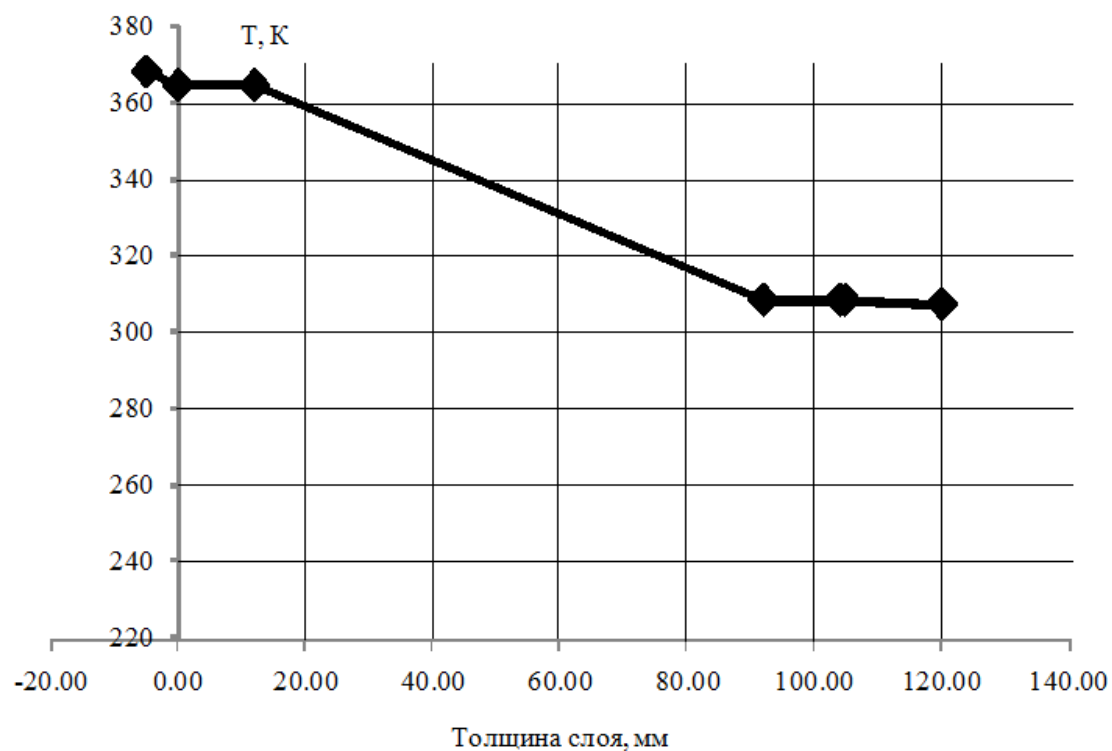


Рисунок 10.12 — Распределение температуры (температурный профиль) для III пояса бака-аккумулятора горячей воды (теплый период года)

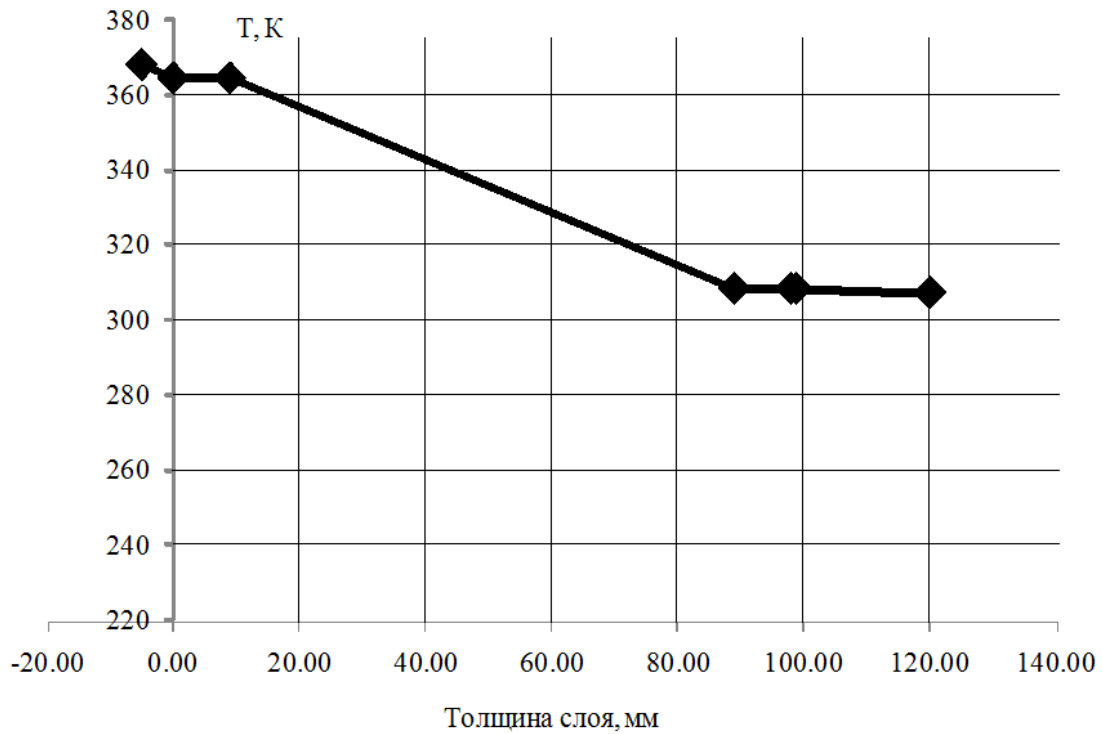


Рисунок 10.13 — Распределение температуры (температурный профиль) для IV пояса бака-аккумулятора горячей воды (теплый период года)

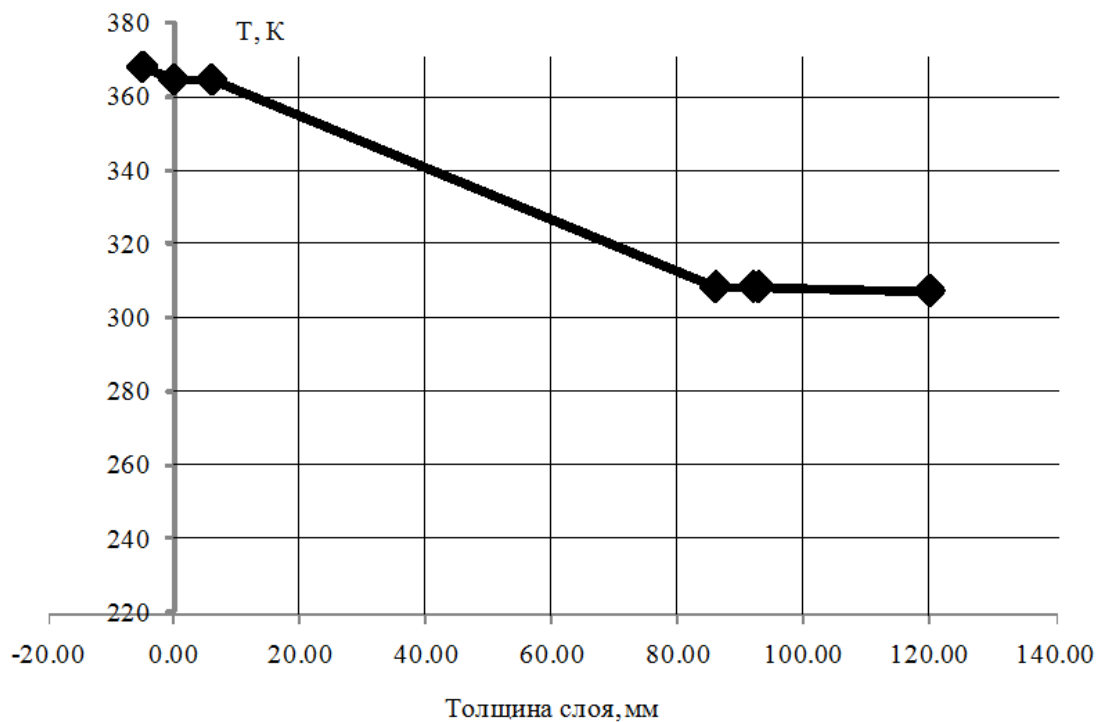


Рисунок 10.14 — Распределение температуры (температурный профиль) для V пояса бака-аккумулятора горячей воды (теплый период года)

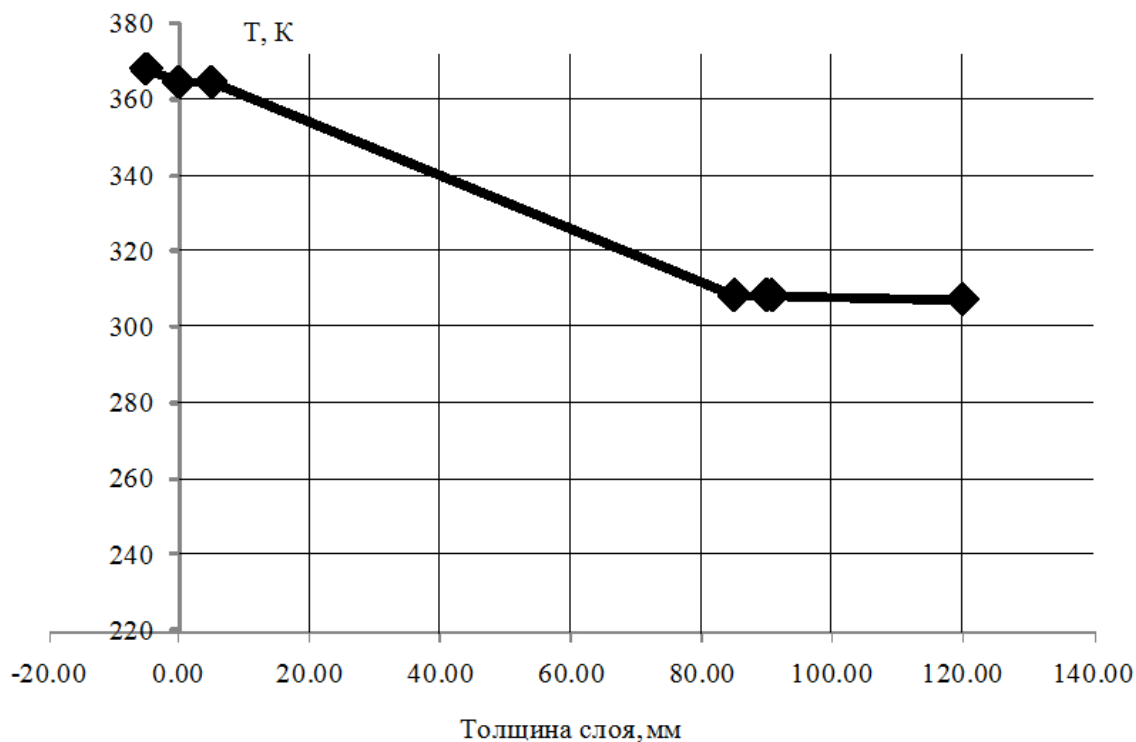


Рисунок 10.15 — Распределение температуры (температурный профиль) для VI–VIII поясов бака-аккумулятора горячей воды (теплый период года)

Эпюры составляющих линейного температурного перепада между внутренней и внешней поверхностями стенки бака – аккумулятора горячей воды приведены на рисунках 10.16 – 10.25.

Холодный период года.

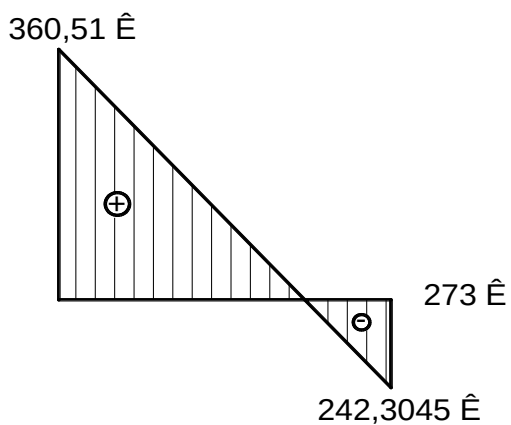


Рисунок 10.16 — Эпюра линейного температурного перепада для I и II поясов бака-аккумулятора горячей воды
(360,51 K; 273 K; 242,3045 K)

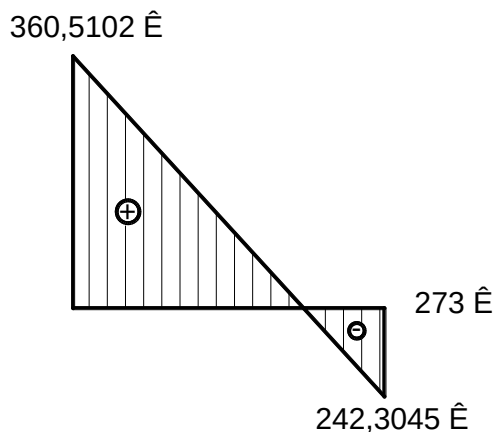


Рисунок 10.17 — Эпюра линейного температурного перепада для III пояса бака-аккумулятора горячей воды
(360,5102 K; 273 K; 242,3045 K)

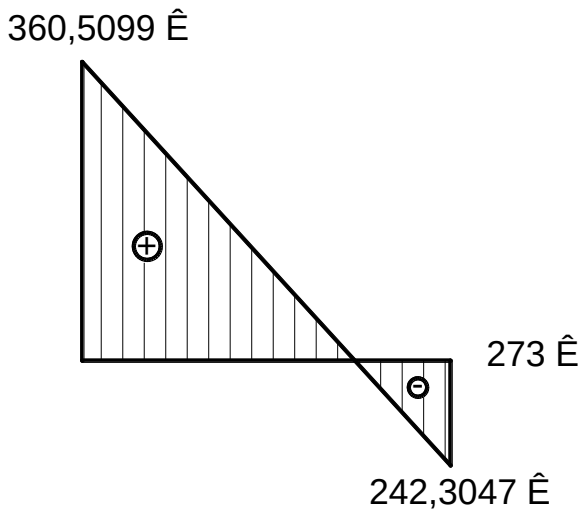


Рисунок 10.18 — Эпюра линейного температурного перепада для IV пояса бака-аккумулятора горячей воды (360,5099 К; 273 К; 242,3047 К)

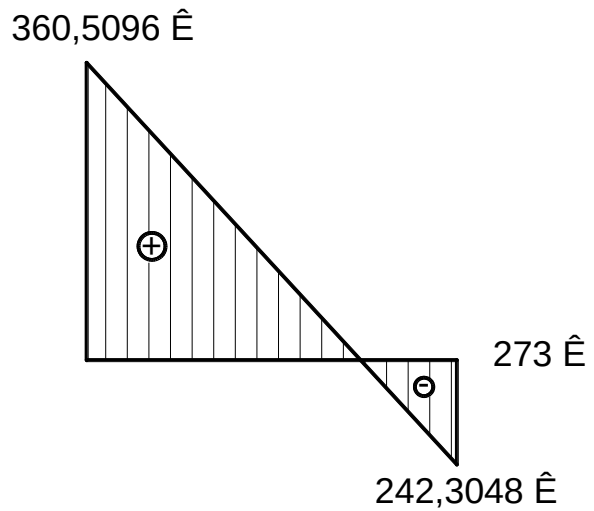
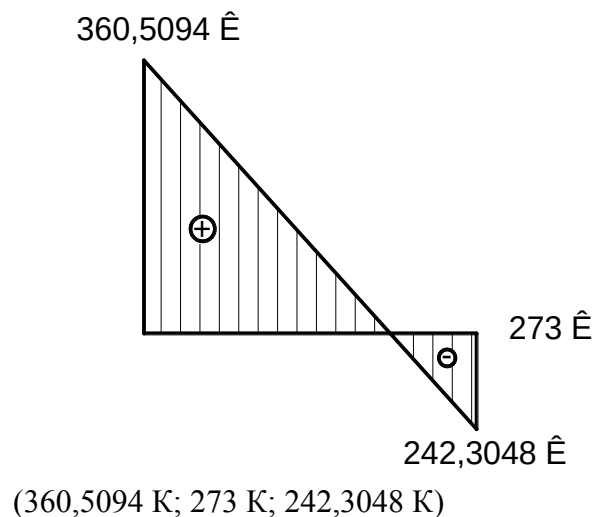


Рисунок 10.19 — Эпюра линейного температурного перепада для V пояса бака-аккумулятора горячей воды (360,5096 К; 273 К; 242,3048 К)



(360,5094 К; 273 К; 242,3048 К)

Теплый период года.

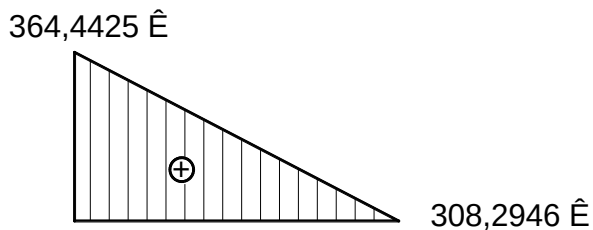


Рисунок 10.21 — Эпюра линейного температурного перепада для I и II поясов бака-аккумулятора горячей воды (364,4349 К; 308,4946 К)

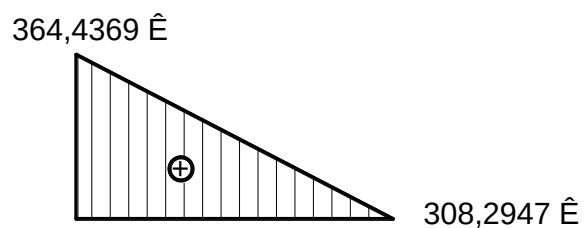


Рисунок 10.22 — Эпюра линейного температурного перепада для III пояса бака-аккумулятора горячей воды (364,4369; 308,2947 К)

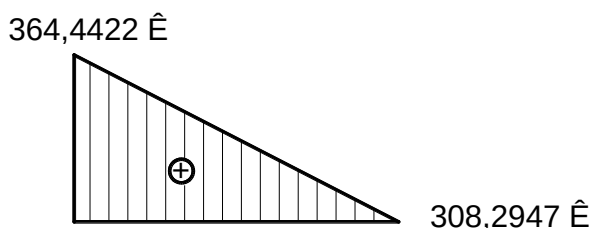


Рисунок 10.23 — Эпюра линейного температурного перепада для IV пояса бака-аккумулятора горячей воды (364,4422 К; 308,2947 К)

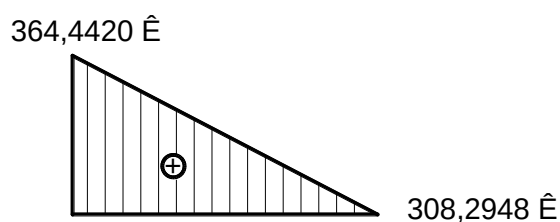


Рисунок 10.24 — Эпюра линейного температурного перепада для V пояса бака-аккумулятора горячей воды (364,4420 К; 308,2948 К)

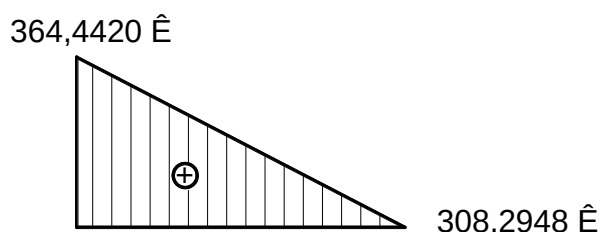


Рисунок 10.25 — Эпюра линейного температурного перепада для VI – VIII поясов бака-аккумулятора горячей воды (364,4420 К; 308,2948 К)

ПРИМЕР 13 Определение линейного температурного перепада в пределах каждого слоя стенки стального трубопровода из конструкционной стали.

Определить для холодного периода года линейный температурный перепад в пределах каждого слоя стенки стального трубопровода из конструкционной стали, проложенного в г.Катон-Карагай Восточно-Казахстанской области и предназначенного для транспортировки горячей воды температурой 70°C (343 К). Внутренний диаметр трубопровода – 450 мм, внешний диаметр трубопровода – 460 мм. Для теплоизоляции используется минеральная вата термостойкостью до 750°C толщиной 100 мм с плотностью 90 кг/м³. Для защиты минеральной ваты от воздействия влаги используется металлический оцинкованный лист толщиной 1,00 мм.

В соответствии с приложением В к настоящему Пособию определяется минимальная температура наружного воздуха с годовой вероятностью превышения 0,02°C, которая для г.Катон-Карагай составляет -37°C (236 К).

В связи с тем, что тепловой поток внутри трубопровода распространяется горизонтально, термическое сопротивление на внутренней (R_{in}) и внешней (R_{out}) поверхностях стенки бака определяются в соответствии с разделом 8 и таблицей 8.4 настоящего Пособия и составляют 0,13 и 0,04 м²·К/Вт соответственно.

Для определения полного термического сопротивления элемента, включая сопротивления обеих поверхностей, необходимо определить теплопроводность каждого

НТП РК 01-01-5.1-2013

слоя конструкции. В соответствии приложением А (таблица А.2) настоящего Пособия теплопроводность конструкционной стали составляет $60 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$, а минеральной ваты с термостойкостью до 750°C и плотностью $90 \text{ кг/м}^3 - 0,038 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$.

Результаты расчета линейного температурного перепада в пределах каждого слоя стенки трубопровода горячей воды для холодного периода года представлены в Таблице 10.21 и на Рисунке 10.26.

Таблица 10.21 – Результаты расчеты температурных деформаций в пределах стенки стального трубопровода

Слой	Материал внутренней поверхности	Теплопроводность, Вт/(м·К)	Толщина, м	Термическое сопротивление, м ² К/Вт	Температура, К
-	Вода	—	—	—	343
0	Внутренняя стенка (в месте контакта металла с водой)	—	—	0,13	338,0353
1	Конструкционная сталь (в месте контакта стенки трубопровода с минеральной ватой)	60	0,01	0,00017	338,0289
2	Минеральная вата (в месте контакта минеральной ваты с внешней стенкой)	0,038	0,1	2,6316	237,5282
3	Оцинкованный лист (в месте контакта оцинкованного листа с воздухом)	60	0,001	0,000017	237,5276
4	Наружная поверхность (температура воздуха)	—	—	0,04	236

Полное термическое сопротивление элемента, включая сопротивление обеих поверхностей (R_{tot}) определяется по формуле 8.4 раздела 8 настоящего Пособия и составляет $2,802 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$.

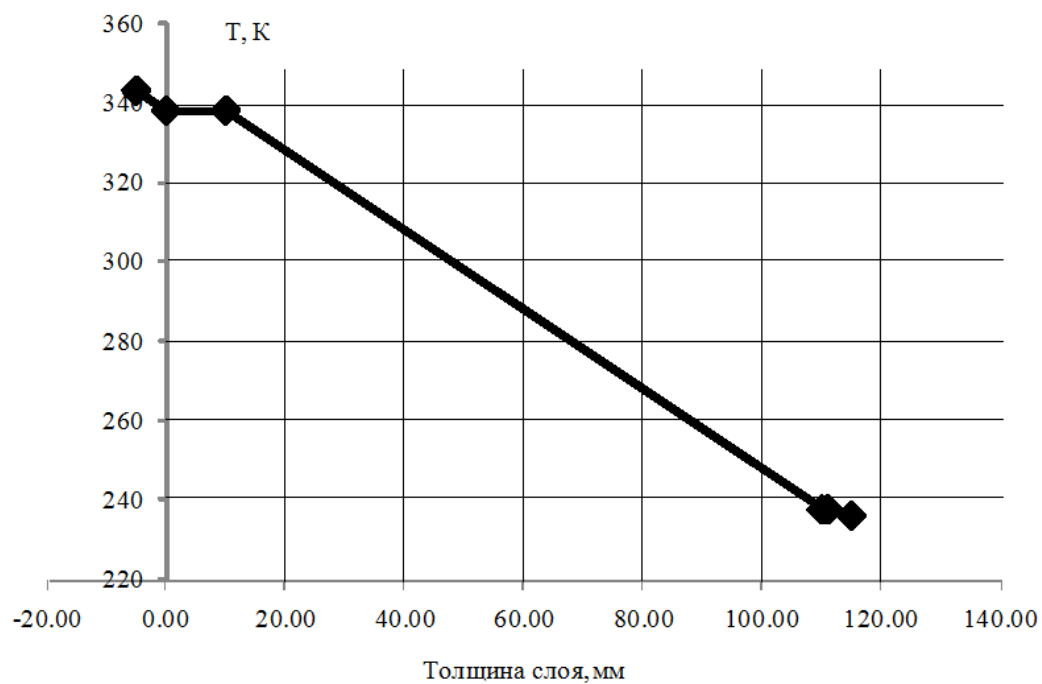


Рисунок 10.26 — Распределение температуры (температурный профиль) для трубопровода горячей воды (холодный период года)

Приложение А
(информационное)

Значения показателей теплотехнических свойств строительных материалов

Таблица А.1 — Коэффициенты линейного температурного расширения

Материал	$\alpha_T \cdot 10^{-6}, 1/^\circ\text{C}$
Алюминий, алюминиевые сплавы	24
Нержавеющая сталь	16
Строительная сталь, ковкое железо или чугун	12
Многослойная сталь и бетонные конструкции	12
Бетон, за исключением:	10
– бетона на легких заполнителях	7
Каменная кладка	6 – 10 (см. примечание 1)
Бронза	18,0
Гранит	7,9
Натрий-кальций-силикатное стекло	9,0
Боросиликатное стекло	3,3
ABS – стекло, армированное волокнами	30,4
Щелочноземельное силикатное стекло	8,0
Газобетонные блоки	8,0
Древесина вдоль направления волокон	5,0
Древесина поперек направления волокон	30 – 70
Древесина (пихта, ель)	3,7
Древесина (дуб, параллельно волокнам)	4,9
Древесина (дуба, перпендикулярно волокнам)	5,4
Древесина (сосна)	5,0
Железобетон	12,0
Каучук, твердый	77,0
Силикатный кирпич	8,0
Мрамор	5,5-14,1
Строительный (известковый) раствор	9,0
Строительный (цементный) раствор	10,0
Штукатурка	16,4
Эбонит	76,6

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Значения для каменной кладки изменяются в зависимости от типа перевязки камней.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Для составных конструкций коэффициент линейного температурного расширения стальной компоненты сечения может быть принят равным $10 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$ для исключения ограничивающих эффектов от различных значений α_T .

Таблица А.2 – Значения коэффициента теплопроводности λ

Материал	Плотность ρ , кг/м ³	Температура T , °C	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·K)
Стекло			
- кальций-натрий-силикатное стекло (включая флоат-стекло);	2500	–	1,00
- кварцевое стекло;	2200	–	1,40
- стеклянные блоки	2000	–	1,20
Пеностекло	130	20	0,05
		200	0,09
		300	0,12
Алюминиевые сплавы	2800	–	160
Бронза	8700	–	65
Латунь	8400	–	120
Медь	8900	–	380
Железо, литье	7500	–	50
Свинец	11300	–	35
Сталь	7800	–	50
Цинк	7200	–	110
Поликарбонаты	1200	–	0,20
Политетрафторэтилен (PTFE)	2200	–	0,25
Поливинилхлорид (PVC)	1390	–	0,17
Полиметилметакрилат (PMMA)	1180	–	0,18
Полиацетат	1410	–	0,30
Полиамид (нейлон)	1150	–	0,25
Полиэтилен (полиэтилен высокой плотности)	980	–	0,50
Полиэтилен (полиэтилен низкой плотности)	920	–	0,33
Полистирол	1050	–	0,16
Полипропилен	910	–	0,22
Полипропилен с 25 % стекловолокна	1200	–	0,25
Полиуретан (PU)	1200	–	0,20
Гипс	600		0,18
	900	–	0,30
	1200		0,43
	1500		0,56
Гипсокартонный лист	700		0,21
	900	–	0,25

Таблица А.2 – Значения коэффициента теплопроводности λ (продолжение)

Материал	Плотность ρ , кг/м ³	Температура T , °C	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·К)
Гипсовая теплоизоляционная штукатурка	600	—	0,18
Гипсовая штукатурка	1000 1300	—	0,40 0,57
Гипс, песок	1600	—	0,80
Известь, песок	1600	—	0,80
Цемент, песок	1800	—	1,00
Бетон	2400	—	2,1
Легкий бетон	1000	—	0,47
	1200	—	0,59
	1400	—	0,72
	1600	—	0,87
	1800	—	0,99
	2000	—	1,2
Гранит	2500-2700	—	2,80
Мрамор	2800	—	3,5
Древесина	450 500 700	—	0,12 0,13 0,18
Древесные плиты: - фанера;	300 500 700 1000	—	0,09 0,13 0,17 0,24
	1200	—	0,23
- цементно-стружечная плита;	300 600 900	—	0,10 0,14 0,18
	650	—	0,13
- ориентированно-стружечная плита (OSB)	250 400 600 800	—	0,07 0,10 0,14 0,18
	1800 2000 2200	—	0,81 0,96 1,00
Кирпич	1800 2000 2200	—	0,81 0,96 1,00

Таблица А.2 – Значения коэффициента теплопроводности λ (продолжение)

Материал	Плотность ρ , кг/м ³	Температура T , °C	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·K)
Кирпич из диатомовой глины	800	200	0,18
	800	400	0,19
	800	600	0,21
	500 ^a	200	0,09
	500 ^a	400	0,10
	500 ^a	600	0,11
Кислотостойкий кирпич	—	—	1,2
Керамический пустотный	1000	—	0,52
Газосиликат (газопенобетон)	1000	—	0,47
Минеральная вата термостойкостью до 750°C	90	50	0,038
		100	0,045
		150	0,053
		200	0,064
		250	0,076
		300	0,090
		400	0,122
		500	0,168
		600	0,230
Минеральная вата термостойкостью до 750°C	125	50	0,039
		100	0,046
		150	0,053
		200	0,061
		250	0,070
		300	0,080
		400	0,105
		500	0,140
		600	0,180
Нержавеющая сталь:	7900	—	15
		—	15
		—	15
		—	14
		—	15
		—	15
		—	14

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(информационное)

**Климатические параметры холодного и теплого периода года,
высотные отметки местности**

Таблица Б.1 - Климатические параметры

Населенный пункт	Температура воздуха наиболее холодных суток, °С, обеспеченностью 0,98	Температура воздуха наиболее теплых суток, °С, обеспеченностью 0,98	Высота над уровнем моря, м
Акмолинская область			
Астана	-41	29,5	350
Атбасар	-40	29,9	304
Кокшетау	-39	—	229
Актюбинская область			
Актобе	-38	31,7	219
Караулкельды	-39	—	—
Уил	-39	33,5	103
Шалкар	-39	—	176
Алматинская область			
Алматы	-30	31,5	851
Баканас	-41	—	396
Жаркент	-32	31,5	658
Талдыкорган	-34	—	602
Атырауская область			
Атырау	-33	34,2	-15
Ганюшкино	-30	—	-22
Восточно-Казахстанская область			
Аягоз	-42	—	655
Бакты	-38	—	917
Зайсан	-39	30,7	603
Зыряновск	-46	—	669
Катон-Карагай	-37	—	1050
Кокпекты	-45	—	511
Риддер	-45	—	811
Семей	-44	—	196
Усть-Каменогорск	-46	—	292
Шемонаиха	-46	—	320
Жамбылская область			
Тараз	-30	—	653
Фурмановка	-32	—	—

Таблица Б.1- Климатические параметры (продолжение)

Населенный пункт	Температура воздуха наиболее холодных суток, °С, обеспеченностью 0,98	Температура воздуха наиболее теплых суток, °С, обеспеченностью 0,98	Высота над уровнем моря, м
Западно-Казахстанская область			
Джамбейты	-39	–	–
Уральск	-38	31,7	37
Карагандинская область			
Балхаш	-37	29,8	352
Карсакпай	-39	31,8	488
Караганда	-39	29,5	553
Каркаралинск	–	–	870
Кызылординская область			
Аральское море	-35	34	62
Казалинск	-32	–	68
Кызылорда	-34	–	129
Костанайская область			
Амангельды	-40	–	142
Аркалык	-37	33,5	386
Костанай	-40	29,6	156
Мангистауская область			
Актау	-21	–	-15
Павлодарская область			
Баянаул	-39	–	504
Павлодар	-40	–	123
Северо-Казахстанская область			
Петропавловск	-40	28,4	142
Южно-Казахстанская область			
Туркестан	-29	37,1	207
Шымкент	-26	–	604

Приложение В
(информационное)

**Статистический анализ температурных изменений для
железобетонных стеновых панелей**

Анализ проведен для армированных и предварительно напряженных железобетонных конструкций, подвергающихся воздействию линейных изменений температуры.

Для проведения анализа к железобетонным конструкциям экспериментального здания были подключены температурные датчики (термопары). В частности, датчики помещались на плите на уровне земли отдельного здания (рисунок В.1).

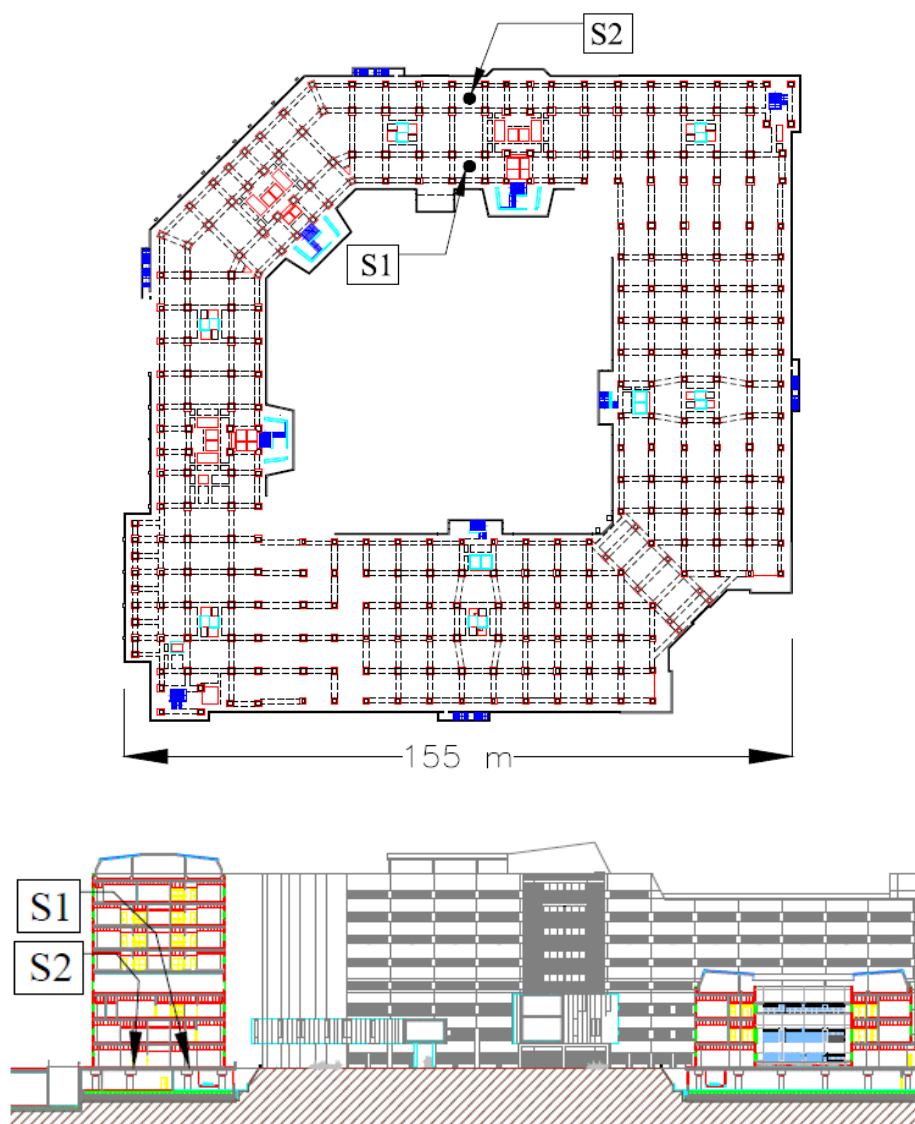


Рисунок В.1 – План и разрез отдельного здания с указанием

Результаты анализа, проведенного в течение года, показывают, что как для сечения S1, так и для сечения S2 фактический профиль температуры в конструктивном элементе хорошо аппроксимируется равномерным распределением.

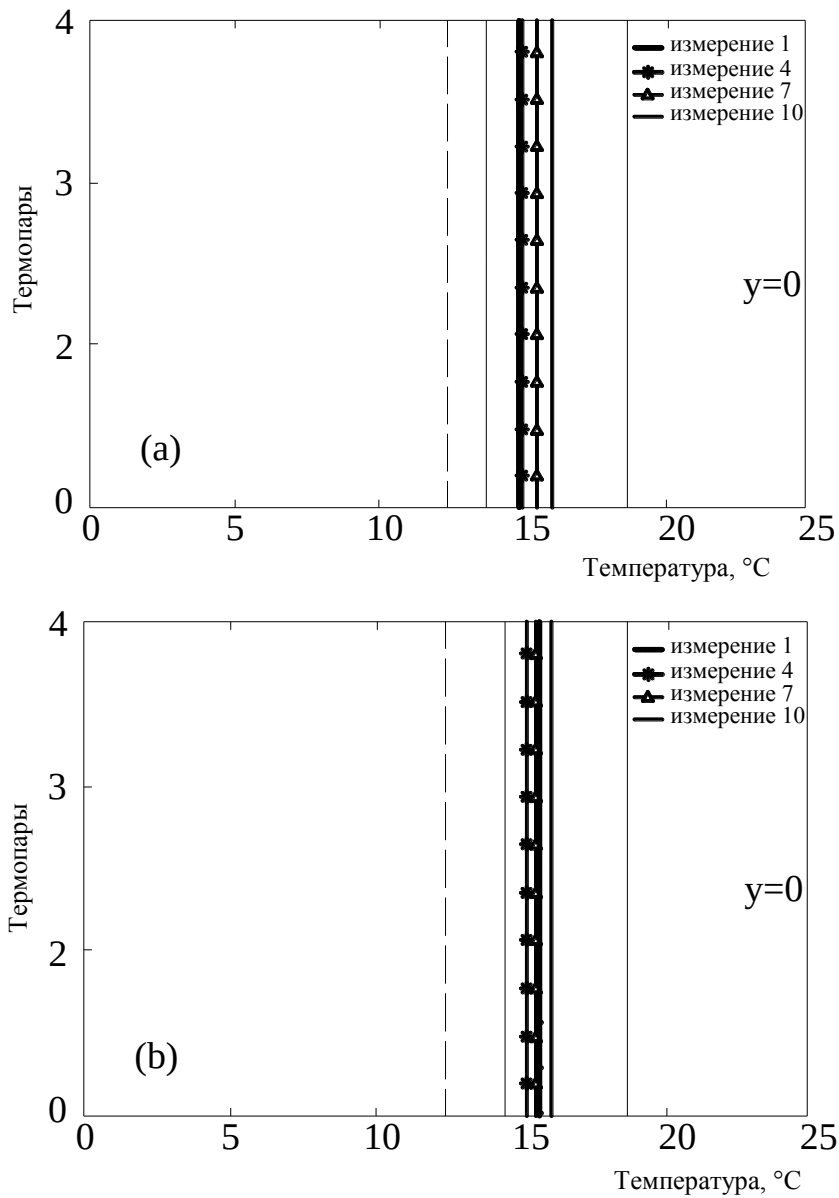


**Рисунок В.3 – Пример температурных профилей для плиты
(в течение одного дня)**

Таблица В.1 – Регистрационные параметры данных, представленных на Рисунке В.3

Измерение	Поперечное сечение S1			Поперечное сечение S2		
	t_0 , °C	b , °C/см	$\Delta T_{4-1,reg}$, °C	t_0 , °C	b , °C/см	$\Delta T_{4-1,reg}$, °C
1-е	15,34	0,004	0,12	15,27	-0,0006	-0,02
4-е	15,06	0,004	0,12	14,95	-0,0027	-0,08
7-е	15,04	-0,004	-0,12	14,93	0,006	0,02
10-е	15,88	-0,003	-0,08	15,84	0	0

Для подтверждения данного результата на Рисунке В.4а показана тенденция изменения разности температур между первым и четвертым датчиками $\Delta T_{4-1,reg}$ (для двух поперечных сечений). По мере уменьшения данной непостоянной составляющей временные ряды экспоненциально сглаживаются. В таблице В.2 представлены статистические параметры данных величин.

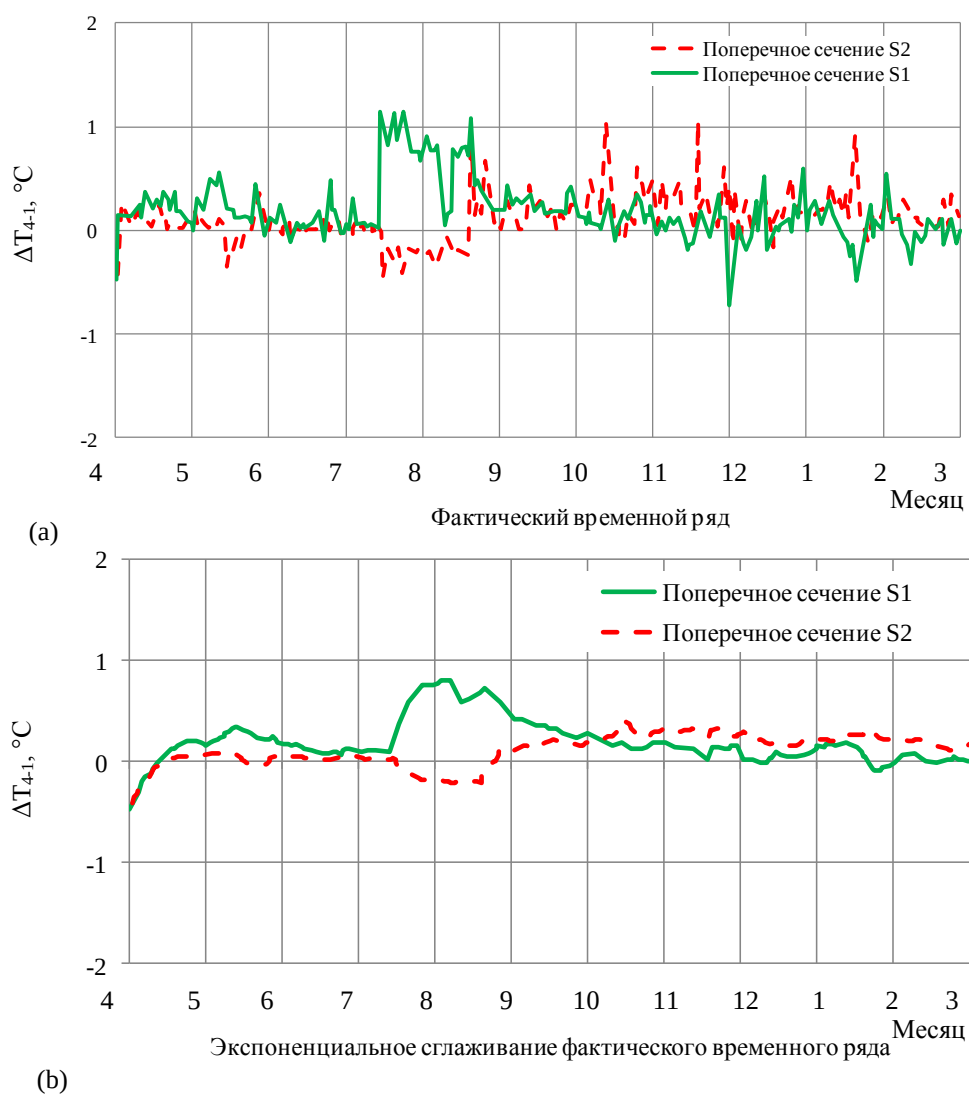


Рисунок В.4 – Максимальные температурные градиенты в двух рассматриваемых поперечных сечениях

Необходимо отметить, что $|\Delta T_{4-1}| < 1.5$ °С: данный результат подтверждает целесообразность рассмотрения равномерного распределения температуры в плите.

Таблица В.2 – Статистические данные для ΔT_{4-1}

Сечение	Минимум, °С	Максимум, °С	Среднее, °С	Среднеквадр. откл. (СКО), °С
Поперечное сечение S1	-0,73	1,37	0,21	0,30
Поперечное сечение S2	-0,46	1,12	0,13	0,22

На Рисунке В.5а показано направление максимального дневного изменения наружной температуры ($\Delta T_{max, air}$), рассчитываемого путем разности между максимальной и минимальной температурами, измеряемыми в течение дня. На этом же рисунке изображено максимальное температурное изменение, происходящее в бетонной конструкции для каждого сечения ($\Delta T_{max,1}$ и $\Delta T_{max,2}$). На рисунке В.5б изображены те же распределения $\Delta T_{max, air}$ и $\Delta T_{max,1}$, но только в виде диаграмм (величины $\Delta T_{max,1}$ и $\Delta T_{max,2}$ различаются незначительно). Также в этом случае в порядке уменьшения эффекта кратковременного максимума временные ряды экспоненциально сглажены. В таблице В.3 представлены статистические параметры величин.

Таблица В.3 – Статистические данные для ΔT_{max}

Сечение	Минимум, °С	Максимум, °С	Среднее, °С	Среднеквадр. откл. (СКО), °С
Температура воздуха	0,87	8,74	3,86	1,46
Поперечное сечение S1	0,12	4,03	0,88	0,55
Поперечное сечение S2	0,18	3,06	0,84	0,44

На Рисунке В.6а изображено направление изменения средней дневной температуры воздуха $\Delta T_{ave, air}$, а также направление изменения средней дневной температуры для двух поперечных сечений ($T_{ave,1}$ и $T_{ave,2}$). На Рисунке В.6б представлена эмпирическая взаимосвязь (линия регрессии) между средней температурой для бетонных плит и температурой наружного воздуха (только для поперечного сечения S1). В Таблице В.4 представлены статистические данные для этих величин.

Диаграммы на Рисунке В.5 показывают, что дневные изменения наружной температуры воздуха происходят в интервале 5-6 °С, тогда как для бетона данные изменения составляют менее 1,5-2 °С, что подтверждает хорошую температурную инерционность материала.

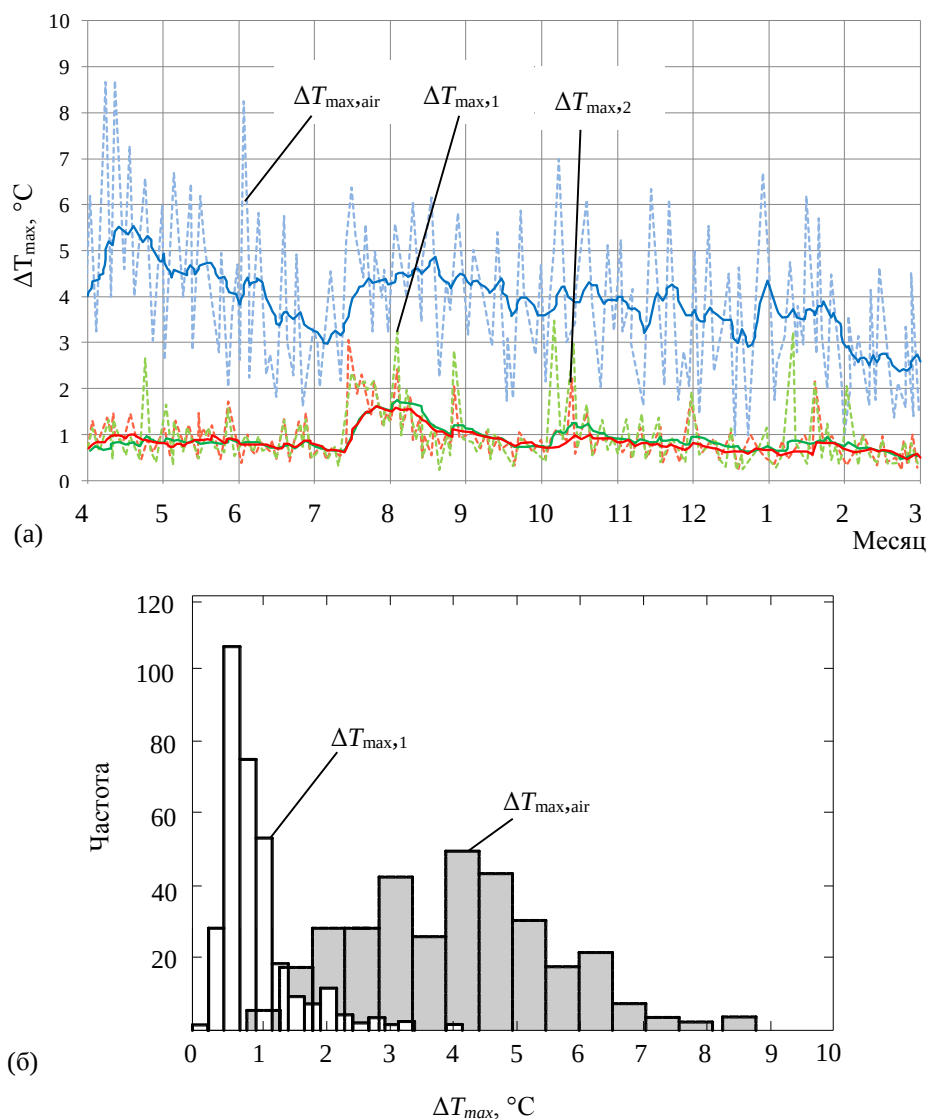


Рисунок В.5 – Максимальные дневные температурные градиенты (а); соответствующие гистограммы, показывающие распределение значений данных (б)

Как можно проследить, средняя температура бетона крайне коррелирована со средней температурой наружного воздуха, коэффициент корреляции при этом составил около единицы, то есть линейная регрессия практически приводит к соответствию между средней температурой плиты, записанной датчиками, и наружной температурой воздуха. По этой причине, в связи с отсутствием исследований или специфических знаний о внутренней температуре бетона, тепловое воздействие на здания и сооружения может быть оценено с использованием максимальных отклонений температуры воздуха для конкретного района строительства (данные доступны из метеорологических отчетов и исследований).

$$\Delta T_{max}, ^\circ\text{C}$$

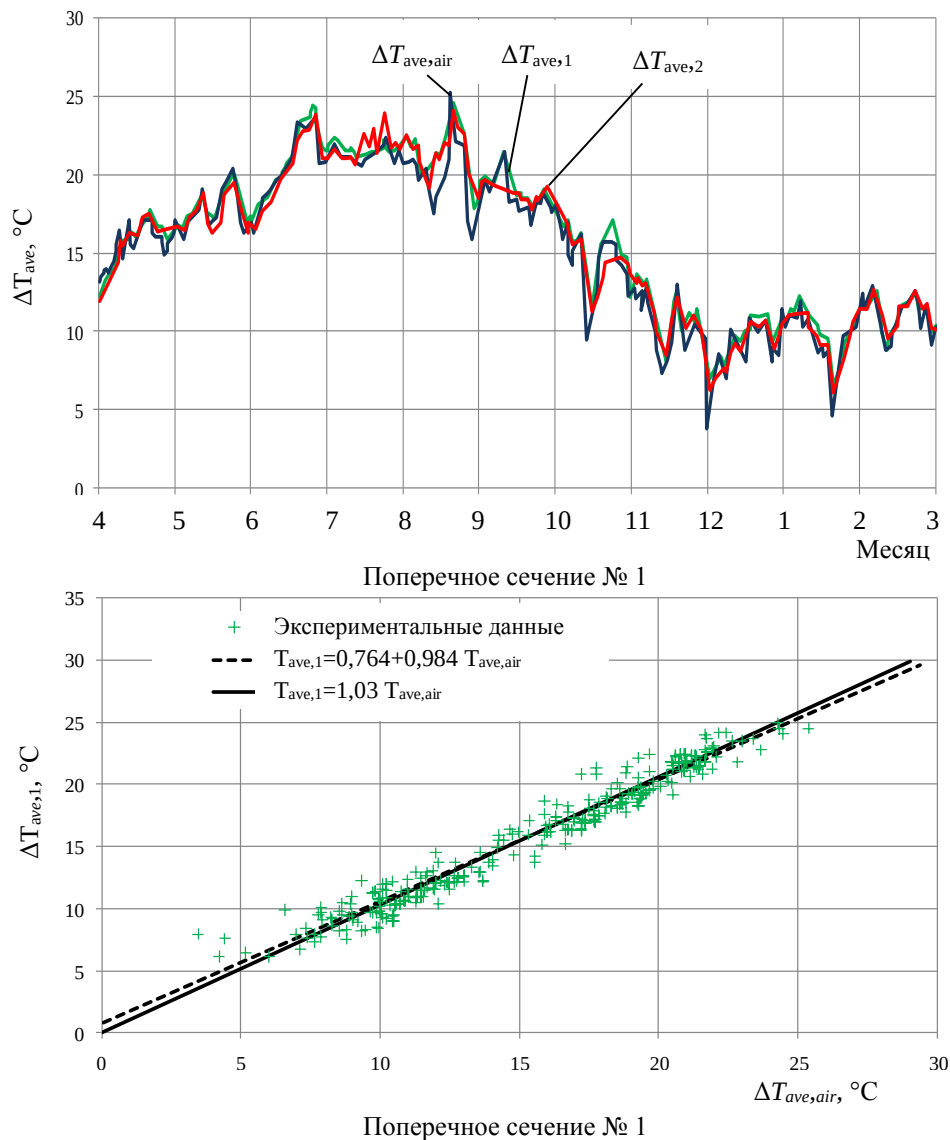


**Рисунок В.6 – Изменение средней дневной температуры (а),
корреляция между $T_{ave,1}$ и $T_{ave,air}$ (б)**

Таблица В.4 – Статистические данные для T_{ave}

Сечение	Минимум, °C	Максимум, °C	Среднее, °C	Коэффициент вариации
Температура воздуха	3,63	25,4	15,31	0,31
Поперечное сечение S1	6,15	24,97	15,83	0,30
Поперечное сечение S2	6,01	24,6	15,55	-0,31

Таким образом, результаты эксперимента подтверждают правильность информации, приведенной в СН РК EN 1991-1-5:2003/2011: распределение температуры по отдельным конструктивным элементам хорошо аппроксимировано равномерным распределением. Экспериментальные результаты также показывают, что различие между средним летним температурным максимумом и средним зимним температурным минимумом (для бетона) ниже, чем значения ΔT_u , приведенные в СН РК EN 1991-1-5:2003/2011.

Однако, ссылаясь на период временного ряда в 50 лет, изменение температуры может быть рассчитано числовым способом. С другой стороны изменения будет постепенно уменьшаться, так как здания и сооружения не защищены только на стадии строительства. Ситуация обстоит по-другому для мостов, где бетон не подвергается дополнительной защите.

При отсутствии исследований или специфических знаний для определения температуры бетона, тепловое воздействие на здания и сооружения возможно определить с использованием максимальных отклонений температуры воздуха, которые доступны из метеорологических отчетов и исследований для конкретного района строительства.

В ином случае вопрос о выборе временного периода остается открытым. Фактически, когда конструкция защищена (то есть имеется теплоизоляция) изменение температуры бетона будет уменьшено. По этой причине, по-видимому, не следует учитывать тот же период временного ряда для мостов.

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] СН РК EN 1990:2002+A1:2005/2011 Основы проектирования несущих конструкций.
- [2] Froli M., Hariga N., Nati G., Orlandini M. (1996). *Longitudinal Thermal Behavior of a Concrete Box Girder Bridge in Italy*. Structural Engineering International, 4, pp. 237-242.
- [3] Barsotti, R., Froli, M., (2000). *Statistical Analysis of Thermal Actions on a Concrete Segmental box-Girder Bridge*, Structural Engineering International, 2, pp. 111-115.
- [4] CS.LL.PP. (2008). *DM 14 Gennaio, Norme tecniche per le costruzioni*. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana 29 (*in Italian*)
- [5] CS.LL.PP. (2009). *Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche delle costruzioni*. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana 47 (*in Italian*).
- [6] Cryer, J. D., Chan, K. (2008). *Time Series Analysis (With Applications in R)*. 2nd ed. Springer Texts in Statistics, 491 pp.

УДК 624.042.5

МКС 91.080

Ключевые слова: здания и сооружения, температурные воздействия, комбинации воздействий, расчетные ситуации, температура наружного воздуха, ограждающие конструкции, распределение температуры

Ресми басылым

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҰЛТТЫҚ ЭКОНОМИКА МИНИСТРЛІГІНІҢ
ҚҰРЫЛЫС, ТҰРҒЫН ҮЙ-КОММУНАЛДЫҚ ШАРУАШЫЛЫҚ ІСТЕРІ ЖӘНЕ
ЖЕР РЕСУРСТАРЫН БАСҚАРУ КОМИТЕТІ**

**Қазақстан Республикасының
НОРМАТИВТІК-ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРАЛЫ**

ҚР НТҚ 01-01-5.1-2013
КҮШ ТҮСЕТІН КОНСТРУКЦИЯЛАРҒА ӘСЕР ЕТУ.
1-5 бөлімі. Жалпы әсер ету. Температуралық 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 01-01-5.1-2013 (к СН РК EN 1991-1-5:2003/2011)
ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НЕСУЩИЕ КОНСТРУКЦИИ.
Часть 1-5. Общие воздействия. Температурные воздействия

Ответственные за выпуск: АО «КазНИИСА»

050046, г. Алматы, ул. Солодовникова, 21
Тел./факс: +7 (727) 392-76-16 – приемная
Тел./факс: +7 (727) 392 76 16 – приемная