

Сәулет, қала құрылысы және құрылыс
саласындағы мемлекеттік нормативтер
ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ЕРЕЖЕЛЕР ЖИНАҒЫ

Государственные нормативы в области
архитектуры, градостроительства и строительства
СВОД ПРАВИЛ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

**ЖАБДЫҚТАР МЕН ҚҰБЫР ЖОЛДАРЫН
ЖЫЛУМЕН ОҚШАУЛАУДЫ ЖОБАЛАУ**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ
ОБОРУДОВАНИЯ И ТРУБОПРОВОДОВ**

ҚР ЕЖ 4.02-102-2012
СП РК 4.02-102-2012

Ресми басылым
Издание официальное

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

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

Астана 2015

АЛҒЫ СӨЗ

- 1 ӘЗІРЛЕГЕН:** «ҚазҚСҒЗИ» АҚ, «НТЦ» ЖШС
- 2 ҰСЫНҒАН:** Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігі Құрылыс, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері және жер ресурстарын басқару комитетінің Техникалық реттеу және нормалау басқармасы
- 3 БЕКІТІЛІП, ҚОЛДАНЫСҚА ЕНГІЗІЛДІ:** Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігі Құрылыс, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері және жер ресурстарын басқару комитетінің 2014 жылғы 29-желтоқсандағы № 156-НҚ бұйрығымен 2015 жылғы 1-шілдеден бастап

ПРЕДИСЛОВИЕ

- 1 РАЗРАБОТАН:** АО «КазНИИСА», ТОО «НТЦ»
- 2 ПРЕДСТАВЛЕН:** Управлением технического регулирования и нормирования Комитета по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства национальной экономики Республики Казахстан
- 3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ:** Приказом Комитета по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства национальной экономики Республики Казахстан от «29» декабря 2014 года № 156-НҚ с 1 июля 2015 года

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	IV
1 ҚОЛДАНЫЛУ САЛАСЫ	1
2 НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР	2
3 ТЕРМИНДЕР МЕН АНЫҚТАМАЛАР	2
4 ҚОЛАЙЛЫ ҚҰРЫЛЫСТЫҚ ШЕШІМДЕР	3
4.1 Механикалық қауіпсіздікті қамтамасыз ету	3
4.2 Өрт қауіпсіздігі талаптарын қамтамасыз ету	7
4.3 Адамның денсаулығын қорғау, гигиена, қоршаған ортаны қорғау және пайдалануға жарамдылығы бойынша жылу-техникалық материалдарға қойылатын талаптарды қамтамасыз ету	8
4.4 Материалдарды таңдау кезінде қауіпсіздік пен қолжетімділікті қамтамасыз ету	9
4.5 Энергия үнемделуін және жылу шығынының азаюын қамтамасыз ету	9
4.6 Табиғи ресурстарды ұтымды пайдалану әдістері	10
5 ЖАБДЫҚ ПЕН ҚҰБЫРЛАРДЫҢ ЖЫЛУ ОҚШАУЛАНУЫН ЕСЕПТЕУ ӘДІСТЕРІ	11
5.1 Жылу оқшаулау конструкцияларындағы стационарлық жылу берілісінің есептік формулалары	11
5.2 Құбырлар мен жабдықтың жылу оқшаулануын есептеу	15
5.2.1 Жылу оқшаулау қалыңдығын жылу ағынының нормаланған тығыздығы бойынша есептеу	16
5.2.2 Оқшаулаудың қалыңдығын құбырлармен тасымалданатын зат температурасы төмендеуінің (жоғарылауының) берілген шамасы бойынша есептеу	19
5.2.3 Оқшаулаудың қалыңдығын оның бетінің берілген температурасы бойынша есептеу	20
5.2.4 Беткі қабатында ауадағы ылғалдың суға айналуын болдырмайтын оқшаулау қалыңдығын есептеу	22
5.3 Жылу желілері құбырларының жылу оқшаулануын есептеу	23
5.3.1 Жер үстімен төсеу	23
5.3.2 Адам өте алмайтын каналдарда жер астымен төсеу	23
5.3.3 Жер астымен каналсыз төсеу	26
А ҚОСЫМШАСЫ (<i>міндетті</i>) Жылу оқшаулау материалдары мен бұйымдарының есепті техникалық сипаттамалары	29
Б ҚОСЫМШАСЫ (<i>ақпараттық</i>) Тығыздалатын материалдардан жасалған жылу оқшаулау бұйымдарының қалыңдығы мен көлемін анықтау	32
В ҚОСЫМШАСЫ (<i>ақпараттық</i>) Құбырлардың жылу оқшаулануын есептеу мысалы	34
Г ҚОСЫМШАСЫ (<i>ақпараттық</i>) Жабдық пен құбырларға арналған жылу оқшаулау конструкцияларының шекті қалыңдықтары	36
Д ҚОСЫМШАСЫ (<i>ақпараттық</i>) Жылу оқшаулаудың қорғаныстық жабындарының номенклатурасы, техникалық сипаттамалары және қызмет ету мерзімі	37

КІРІСПЕ

Осы ережелер жинағы өнеркәсіптік жылу оқшаулауды жобалаудағы заманауи үрдістерді, стандарттау және нормалау жөніндегі халықаралық ұйымдардың ұсынымдарын есепке ала отырып әзірленген. Нормативтік құжатта механикалық және өрт қауіпсіздігі, энергияны үнемдеу және жылу шығынын азайту, табиғи ресурстарды ұтымды пайдалану жөніндегі қолайлы құрылыстық шешімдер мазмұндалған. Құжатта жабдық пен құбырлардың жылу оқшаулануының қалыңдығын жылу ағынының нормаланған тығыздығы; құбырлармен тасымалданатын зат температурасы төмендеуінің (жоғарылауының) берілген шамасы; оның бетінің берілген температурасы бойынша есептеу әдістері келтірілген. Ережелер жинағына жылу оқшаулау материалдарының есепті сипаттамалары, тығыздалу коэффициентіне қарай тығыздалатын талшықты жылу оқшаулау материалдарының көлемі мен қалыңдығын анықтау ережелері, жабдық пен құбырларға арналған жылу оқшаулау конструкцияларының шекті қалыңдықтары енгізілген. Жылу оқшаулауды есептеу мысалы келтірілген. Жылу оқшаулаудың қорғаныстық жабындарының номенклатурасы, техникалық сипаттамалары және қызмет ету мерзімі.

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ЕРЕЖЕЛЕР ЖИНАҒЫ
СВОД ПРАВИЛ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**ЖАБДЫҚТАР МЕН ҚҰБЫР ЖОЛДАРЫН
ЖЫЛУМЕН ОҚШАУЛАУДЫ ЖОБАЛАУ**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ
ОБОРУДОВАНИЯ И ТРУБОПРОВОДОВ**

Енгізілген күні 2015-07-01

1 ҚОЛДАНЫЛУ САЛАСЫ

1.1 Осы ережелер жинағы халықаралық нормалау қағидаларына сәйкес, сәулет, қала құрылысы және құрылыс саласындағы мемлекеттік нормативтерді дамыту үшін әзірленген және құрылыс саласындағы халықаралық ынтымақтастықтың техникалық кедергілерін жоюға бағытталған.

1.2 Ережелер жинағы техникалық шешімдерді және олардың 4.02-02 ҚР ҚН функционалдық талаптарына сәйкестігіне қол жеткізу тәсілдерін ұсынады. Жабдық пен құбырлардың жылу оқшаулануының жұмыс сипаттамаларының ең төмен деңгейіне қол жеткізуді қамтамасыз ететін қолайлы құрылыстық шешімдерді ұсынады.

1.3 Қолайлы құрылыстық шешімдер 4.02-02 ҚР ҚН талаптарын орындаудың жалғыз тәсілі болып табылмайды және қауіпсіздік, сенімділік және төзімділік талаптарына жауап беретін материалдар мен технологиялардың қолданылуын шектемейді.

1.4 Ғимараттарда, құрылыстарда және ашық жерде орналасқан, ішіндегі заттарының температурасы минус 180-нен 600°С-қа дейінгі жабдықтың, құбырлардың, газ жолдарының және ауа өткізгіштердің, соның ішінде төсеудің барлық тәсілдерімен өткізілген, олардың пайдаланудағы сенімділігін, қауіпсіз пайдаланылуын және энергия үнемдеудің қажетті деңгейін қамтамасыз етуге арналған жылу желілері құбырларының сыртқы беттерінің жылу оқшаулануын жобалау кезінде осы ережелер жинағын сақтау ұсынылады. Жобалау кезінде ЕурАзЭҚ мүше елдерінің аумағында қолданылатын технологиялық жобалау нормаларында және басқа да нормативтік құжаттарда мазмұндалатын, жылу оқшаулауға қойылатын талаптар сақталуы тиіс.

1.5 Осы ережелер жарылғыш заттары бар және оларды тасымалдайтын жабдық пен құбырлардың, сұйытылған газдардың изотермиялық қоймаларының, жарылғыш заттарды өндіруге және сақтауға арналған ғимараттар мен үй-жайлардың, атом станциялары мен қондырғыларының жылу оқшаулануын жобалауда қолданылмайды.

2 НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР

Осы ережелер жинағын қолдану үшін келесі сілтемелік нормативтік құжаттар қажет:
17.11.2010 ж. № 1202 «Ғимараттар мен құрылыстардың, құрылыс материалдары мен бұйымдарының қауіпсіздігіне қойылатын талаптар» техникалық регламенті.

16.01.2009 ж. №14 «Өрт қауіпсіздігіне қойылатын жалпы талаптар» техникалық регламенті.

EN 15316-1:2007 Ғимараттардағы жылыту жүйелері – Энергетикалық талаптар жүйесін және жүйе тиімділігін есептеу әдістемесі – 1-бөлім.

EN 15316-3-3 Ғимараттардағы жылыту жүйелері – Энергетикалық талаптар жүйесін және жүйе тиімділігін есептеу әдістемесі – 3-3-бөлім: ыстық сумен жабдықтау, жылыту.

EN 15316-4-4 Ғимараттардағы жылыту жүйелері – Энергетикалық талаптар жүйесін және жүйе тиімділігін есептеу әдістемесі – 4-4-бөлім: Жылу энергиясы жүйесі, құрамдастырылған генерацияның құрылыстық-интеграцияланған жүйесі.

ҚР ҚН EN 1991-1-5:2003/2011 Ұлттық қосымшасымен. Күш түсетін конструкцияларға жасалатын ықпалдар. 1-5-бөлім. Жалпы ықпалдар. Температуралық ықпалдар.

ҚР ҚН 1.01-01-2011 Сәулет, қала құрылысы және құрылыс саласындағы мемлекеттік нормативтер. Негізгі ережелер.

ҚР ҚН 4.02-02-2011 Жабдықтар мен құбыр жолдарын жылумен оқшаулау.

ҚР ҚНжЕ 41-02-2003 Жылу желілері.

ҚНжЕ 41-03-2003 Жабдық пен құбырлардың жылу оқшаулануы.

ҚР ҚНжЕ 2.04.01-2001 Құрылыс климатологиясы.

ҚР ЕЖ 4.02-102-2003 Жабдық пен құбырлардың жылу оқшаулануын жобалау.

МемСТ 618-73 Техникалық мақсаттарға арналған алюминий жұқалтыр. Техникалық шарттар.

МемСТ 4640-93 (2004 ж. шығ.) Минералды мақта. Техникалық шарттар.

МемСТ 10499-95 (2004 ж. шығ.) Шыны штапель талшықтан жасалған жылу оқшаулау бұйымдары. Техникалық шарттар.

МемСТ 17314-81 Болат ыдыс пен аппараттардың жылу оқшаулануын бекітуге арналған құрылғылар. Конструкциясы және өлшемдері. Техникалық талаптар.

МемСТ 30732-2001 Полиэтилен қабықшадағы көбікті полиуретаннан жасалған жылу оқшаулауы бар болат құбырлар және қалыпқа келтірілген бұйымдар. Техникалық шарттар.

ЕСКЕРТПЕ Осы ережелер жинағын пайдалану кезінде ағымдағы жылдағы ахуал бойынша «Қазақстан Республикасының стандарттау жөніндегі нормативтік құжаттарының көрсеткіші», «Стандарттау жөніндегі мемлекетаралық нормативтік құжаттардың көрсеткіші», «Қазақстан Республикасы аумағында қолданылатын сәулет, қала құрылысы және құрылыс саласындағы нормативтік құқықтық және нормативтік-техникалық актілердің тізімі» атты жыл сайын басып шығарылатын ақпараттық көрсеткіштер бойынша сілтемелік стандарттар мен нормативтік құжаттардың қолданылуын тексеру мақсатқа сай болады. Егер сілтемелік құжат ауыстырылған (өзгертілген) болса, онда осы ережелер жинағын пайдалану кезінде ауыстырылған (өзгертілген) құжатты басшылыққа алу қажет. Егер сілтемелік құжат ауыстырылмастан, алып тасталған болса, онда оған сілтеме жасалатын ереже осы сілтемені қозғамайтын бөлікте қолданылады.

3 ТЕРМИНДЕР МЕН АНЫҚТАМАЛАР

Осы ережелер жинағында 4.02-02 ҚР ҚН-да тиісті анықтамаларымен келтірілген терминдер қолданылады.

4 ҚОЛАЙЛЫ ҚҰРЫЛЫСТЫҚ ШЕШІМДЕР

4.1 Механикалық қауіпсіздік талаптарын қамтамасыз ету

4.1.1 Каналсыз төсеу кезіндегі құбырлардың жылу оқшаулау конструкциясының сығылуға беріктігі 0,4 МПа-дан кем болмауы тиіс.

Жылу оқшаулау қабатының материалын таңдау кезінде температурасы 19-дан 0°C-қа дейінгі беттерді теріс температуралы беттерге жатқызу ұсынылады.

4.1.2 Соққы әсерлері мен дірілге ұшырайтын жабдық пен құбырлар үшін өте жұқа базальт немесе асбест талшық негізіндегі жылу оқшаулау бұйымдарын немесе пайдалану жағдайларындағы дірілге төзімділігі аккредиттелген ұйымдар орындаған сынақтардың нәтижелерімен расталған басқа да материалдарды қолдану ұсынылады.

Дірілге ұшырайтын объектілер үшін қорғаныстық сылақ жабындарын қолдану кезінде қорғаныстық сылақ жабынын кейіннен бояй отырып, жабыстыруды қарастыру мақсатқа сай болады.

4.1.3 Құбырларды жер астымен каналсыз төсеу және адам өте алмайтын каналдарда төсеу кезінде металл жамылғы қабатын қолдануға болмайды.

Сыртында полимер жабыны бар жұқа табақты металдан жасалған жамылғы қабатын күн сәулесінің тікелей ықпалына ұшырайтын жерлерде қолдануға болмайды.

4.1.4 Құбырларды каналмен төсеу кезінде және үй-жайларда, туннельдерде, ғимараттардың жертөлелері мен шатырларында орналасқан оқшауланатын объектілер үшін алюминий жұқалтырдан немесе шыны матадан (шыны кенеп, шыны жөке) және көбіктенген синтетикалық каучуктан жабыны бар, талшықты материалдардан жасалған бұйымдар (кәштелген) негізіндегі жылу оқшаулау конструкцияларында жамылғы қабатын қарастырмау ұсынылады.

4.1.5 Жабық қуысты көбіктенген полимерлерден жасалған жылу оқшаулау материалдары қолданылған жағдайда, бу оқшаулау қабатын қолдану қажеттігі есеппен негізделуі тиіс. Бу оқшаулау қабаты алып тасталған жағдайда, бұйымдардың түйіскен жерлерін су буларын өткізбейтін материалдармен герметикалауды қарастыру мақсатқа сай болады.

4.1.6 Жабдық пен құбырлардың пайдалану барысында жүйелі түрде бақылап отыруды қажет ететін элементтері үшін құрастырмалы-жинамалы алынып-салынбалы жылу оқшаулау конструкциялары қарастырылады.

Алынып-салынбалы жылу оқшаулау конструкцияларын люктарды, ернемекті жалғастыруларды, арматураны, құбырлардың тығыздамалы және сильфонды компенсаторларын, сондай-ақ оқшауланатын беттердің жай-күйін тексеретін және өлшейтін жерлерде оқшаулау үшін қолдану мақсатқа сай болады.

4.1.7 Жылу оқшаулау конструкциясы оның деформациясын және пайдалану барысында жылу оқшаулау қабатының сырғып түсуін болдырмауы тиіс. Жабдық пен құбырлардың жылу оқшаулау конструкцияларының құрамында, қағида бойынша, конструкциялардың механикалық беріктігін және пайдаланудағы сенімділігін қамтамасыз ететін тірек элементтер мен жүкті жеңілдету құрылғылары қарастырылады.

ҚР ЕЖ 4.02-102-2012

Құбырлар мен жабдықтың вертикаль бөліктерінде биіктігі бойында әрбір 3-4 м сайын тірек конструкцияларын қарастыру ұсынылады.

Жылу оқшаулау конструкцияларының тұтастығын сақтау мақсатында оқшауланатын объект материалдары мен жылу оқшаулау конструкциясы материалдарының температуралық кеңею коэффициенттерінің айырмашылығына байланысты конструкцияда пайда болатын кернеулерді бейтараптандыру үшін температуралық жіктер қарастырылуы тиіс: оқшауланатын беттің температурасы 200°C-қа дейін болғанда – әрбір 5 м сайын; 200-300°C болғанда – әрбір 4 м сайын; 300-400°C болғанда – әрбір 2,7 м сайын, 400°C-тан астам болғанда – әрбір 2 м сайын.

4.1.8 Заттары теріс температурадағы жабдық пен құбырлардың жылу оқшаулау конструкцияларында жылу оқшаулау қабатының бүкіл жалпақтығы арқылы өтетін металдан жасалған бекіту бөлшектері қолданылмауы тиіс. Бекіту бөлшектерін немесе олардың бөліктерін жылу өткізгіштігі 0,23 Вт/ (м·°C)-тан аспайтын материалдардан қарастыру мақсатқа сай болады.

Ағаштан жасалған бекіту бөлшектерін антипиренмен және антисептикалық құраммен өңдеу ұсынылады.

Көміртекті болаттан даярланған бекіту элементтерінде, қағида бойынша, коррозияға қарсы жабын болуы тиіс.

4.1.9 Жылу оқшаулау конструкциясын теріс температурадағы бетке бекіту үшін қарастырылатын бөлшектерде, қағида бойынша, коррозияға қарсы жабын болуы тиіс немесе олар коррозияға төзімді материалдардан даярлануы тиіс.

Оқшауланатын бетпен жанасатын бекіту бөлшектерін:

- минус 40-тан 400°C-қа дейінгі температурадағы беттер үшін – көміртекті болаттан;
- 400-ден жоғары және минус 40°C-тан төмен температурадағы беттер үшін – оқшауланатын бет жасалған материалдан қарастыру ұсынылады.

Жылу оқшаулау қабатын қоршаған ортаның есепті температурасы минус 40°C-тан төмен болатын аудандарда ашық жерде орналасқан жабдық пен құбырлардың жылу оқшаулау конструкцияларының жамылғы қабатына бекіту элементтерін легирленген болаттан немесе алюминийден қолдану мақсатқа сай болады.

4.1.10 Жылу оқшаулаудың жамылғы қабатының конструкциясында, қағида бойынша, оқшауланатын объект пен жылу оқшаулау конструкциясының температуралық деформацияларын бейтараптандыру мүмкіндігі болады.

Горизонталь құбырлардың қорғаныстық жабындарындағы температуралық жіктерді – компенсаторларда, тіректер мен бұрылыстарда, ал вертикаль құбырларда тірек конструкциялары орнатылатын жерлерде қарастыру ұсынылады.

Қалыпталған қатты бұйымдармен оқшаулау кезінде температуралық жіктер орналасқан жерлерде талшықты материалдардан ендірмелерді қарастыру мақсатқа сай болады.

4.1.11 Қоршаған орта ауасының есепті температурасы минус 40°C және одан төмен болатын аудандарда ашық жерде орналасқан жабдық пен құбырлардың жылу оқшаулау конструкцияларының жамылғы қабатына материал таңдауды, қолданыстағы нормативтік құжаттар бойынша материалдарды қолданудың температуралық шектерін есепке ала отырып, жүргізу ұсынылады.

4.1.12 Заттары теріс температурадағы жабдық пен құбырлардың жылу оқшаулауы жамылғы қабатының бекіту конструкциясы бу оқшаулау қабатының пайдалану барысында зақымдалу мүмкіндігін болдырмауы тиіс.

4.1.13 Теріс температурадағы жабдық пен құбырлар үшін, тұтас желімдеусіз орама материалдардан бу оқшаулау қабатын қолданған жағдайда, бу оқшаулау қабатының жіктерін герметикаландыруды қарастыру мақсатқа сай болады; оқшауланатын беттің температурасы минус 60°C-тан төмен болған жағдайда да жамылғы қабатының жіктерін герметиктермен немесе желімделетін таспалы материалдармен герметикаландыру қарастырылуы тиіс.

4.1.14 Оң температурадағы жабдық пен құбырлардың жылу оқшаулау конструкциясында толассыз жылу өткізгіш қосындылар болмауы тиіс.

Оң температурадағы жабдық пен құбырлардың жылу оқшаулау конструкцияларының құрамында тірек сөрелер мен жүкті жеңілдету құрылғыларын жобалау кезінде жылу ағыны тығыздығының және жылу өткізгіш қосындылар өтетін жерлерде жылу оқшаулау конструкциясының бетіндегі температураның жоғарылауын болдырмайтын жылуды аз өткізетін материалдардан жасалған тіректер немесе төсемдер түріндегі конструкциялық элементтер қарастырылуы тиіс.

4.1.15 Жылу желілері құбырларын құрғақ топырақта каналсыз төсеу үшін су өткізбейтін жамылғы қабаты бар, көбікті полиуретаннан немесе полимер бетоннан жасалған қалыпталған жеке-дара бұйымдармен (қабықтар, сегменттер) оқшаулау қолданылуы мүмкін, бұл ретте жылу оқшаулау бұйымдарын суға және температураға төзімді мастикалармен немесе желімдермен бекіту қажет.

4.1.16 Соққы әсерлері мен дірілге ұшырайтын жабдық пен құбырлар үшін өте жұқа базальт немесе асбест талшық негізіндегі жылу оқшаулау бұйымдарын қолдану ұсынылады.

Ішіндегі заттары теріс температурадағы жабдық пен құбырларға арналған жылу оқшаулау конструкцияларындағы бу оқшаулау материалы қабаттарының санын 1-кесте бойынша қабылдау ұсынылады.

1-кесте – Оқшауланатын беттің температурасы мен пайдалану мерзіміне қарай бу оқшаулау материалы қабаттарының саны

Гидрооқшаулау материалы	Қалыңдығы, мм	Жылу оқшаулау конструкциясындағы бу оқшаулау материалы қабаттарының саны					
		Минус 60-тан 19°C-қа дейін		Минус 61-ден минус 100°C-қа дейін		Минус 100°C-тан төмен	
		8 жыл	12 жыл	8 жыл	12 жыл	8 жыл	12 жыл
Полиэтилен пленка	0,15-0,2	2	2	2	2	3	-
Желімдеуші поливинилбутирал пленка	0,21-0,3	1	2	2	2	2	3
Қызуға төзімді полиэтилен пленка	0,31-0,5	1	1	1	1	2	2
Алюминий жұқалтыр	0,06-0,1	1	2	2	2	2	2
Изол	2	1	2	2	2	2	2
Рубероид	1	3	-	-	-	-	-
	1,5	2	3	3	-	-	-

1-кесте – Оқшауланатын беттің температурасы мен пайдалану мерзіміне қарай бу оқшаулау материалы қабаттарының саны (соңы)

ЕСКЕРТПЕ 1 Бу өткізгіштікке кедергі жасаудың кестеде келтірілгендерден төмен емес деңгейін қамтамасыз ететін басқа материалдарды қолдануға болады.
ЕСКЕРТПЕ 2 Бу өткізгіштік коэффициенті 0,1 мг/(м·сағ·Па)-дан төмен, жабық кеуекті материалдар үшін барлық жағдайларда бір бу оқшаулау қабаты алынады.

Дірілге ұшырайтын объектілер үшін қорғаныстық сылақ жабындарын қолдану кезінде қорғаныстық сылақ жабынын кейіннен бояй отырып, жабыстыру қарастырылуы тиіс.

Оқшаулау бетінде берілген температураны қамтамасыз етуге арналған жылу оқшаулау конструкцияларында жамылғы қабаты ретінде қаралық дәрежесі 0,9-дан төмен емес материалдарды қолдану ұсынылады (сәулелену коэффициенті 5,0 Вт/(м²·К⁴)-дан төмен емес).

Құбырларды каналсыз төсеу кезінде негізгі қабаттың жылу өткізгіштігі жылу оқшаулау материалының және топырақтың түріне қарай 2-кестеге сәйкес анықталады.

Жамылғы қабаты үшін қолданылатын металл табақтардың, таспалардың қалыңдығын жылу оқшаулау конструкциясының сыртқы диаметріне немесе пішініне қарай 3-кесте бойынша қабылдау ұсынылады.

2-кесте – К ылғалдану коэффициенті

Жылу оқшаулау қабатының материалы	К ылғалдану коэффициенті		
	Топырақ түрі		
	Ылғалдылығы төмен	Ылғалды	Сумен қаныққан
Көбікті полиуретан	1,0	1,0	1,0
Арматураланған көбікті бетон	1,05	1,05	1,1
Көбікті полимер минерал	1,05	1,05	1,1

3-кесте – Жылу оқшаулаудың жамылғы қабаты үшін металл табақтардың қалыңдығы

Жамылғы қабатының материалы	Оқшаулау диаметрі, мм болғанда табақтың қалыңдығы, мм			
	350 және одан төмен	350-ден жоғары және 600-ге дейін	600-ден жоғары және 1600-ге дейін	1600-ден жоғары және жайпақ беттер
Тоттанбайтын болаттан жасалған табақтар мен таспалар	0,5	0,5	0,8	0,8
Полимер жабынды жұқа табақты болаттан жасалған табақтар	0,5	0,8	0,8	1,0
Алюминийден және алюминий қорытпалардан жасалған табақтар	0,3	0,5	0,8	1,0
Алюминийден және алюминий қорытпалардан жасалған таспалар	0,25	0,3	0,8	1,0

Қалыңдығы 0,25-0,3 мм болатын, алюминийден және алюминий қорытпалардан

жасалған табақтар мен таспаларды кеңірдектенген етіп қабылдау ұсынылады. Үй-жайда орналасқан жылу оқшауланған беттің сыланған жамылғы қабаты матамен желімделуі тиіс. Қатты немесе талшықты материалдарға төсеу кезінде сылақ жабынының қалыңдығын оқшауланатын объектінің диаметріне қарай 4-кесте бойынша қабылдау ұсынылады.

4-кесте – Сылақ жабынының қалыңдығы

Оқшаулау материалының түрі (негіздеме)	Сылақ жабынының қалыңдығы, мм		
	Оқшауланатын объект түрі		
	Құбырлардың сыртқы диаметрі, мм		Жабдық
	133-ке дейін	159 және одан жоғары	
Қатты бұйымдар	10	15	20
Талшықты бұйымдар	15	15—20	20—25

4.2 Өрт қауіпсіздігі талаптарын қамтамасыз ету

4.2.1 Жылу оқшаулау конструкцияларында қолданылатын материалдар пайдалану барысында шекті мүмкіндіктегі шоғырлануынан асатын көлемде өрт және жарылыс қаупі бар заттарды бөлмеуі тиіс.

4.2.2 Жанғыштық тобы Ж3 және Ж4 болатын материалдардан жасалған жылу оқшаулау конструкцияларын:

а) IV дәрежелі отқа төзімділіктегі ғимараттардан, бір пәтерлі тұрғын үйлерден және салқындатылатын тоңазытқыш үй-жайларынан басқа ғимараттарда;

б) жеке тұрған жабдықтан басқа сыртқы технологиялық қондырғыларда;

в) жанғыш заттарды тасымалдайтын кабельдер мен құбырлар болған жағдайда, эстакадаларда және галереяларда орналасқан жабдық пен құбырлар үшін қарастыруға болмайды.

Бұл ретте Ж3 немесе Ж4 тобындағы жанғыш материалдарды:

- қалыңдығы 2 мм-ден аспайтын бу оқшаулау қабаты;
- қалыңдығы 0,4 мм-ден аспайтын бояу қабаты немесе пленка;
- ең көп дегенде құбыр ұзындығының әрбір 30 м сайын жанбайтын материалдардан ұзындығы 3 м ендірмелерді жіберу кезінде, I және II отқа төзімділік дәрежесіндегі ғимараттарда тек сыртқа ғана шығатын техникалық жертөле қабаттары мен еден астында орналасқан құбырлардың жамылғы қабаты;

- құйма көбікті полиуретаннан жасалған жылу оқшаулау қабаты және сыртқы технологиялық қондырғылардағы мырышпен қапталған болаттан жасалған жамылғы қабаты үшін қолдану мүмкін болады.

Биіктігі 6 м және одан асатын сыртқы технологиялық қондырғылар үшін қолданылатын Ж1 және Ж2 тобындағы әлсіз жанатын материалдардан жасалған жамылғы қабатын шыны мата негізінде алу ұсынылады.

4.2.3 Жер үстімен өткізілетін құбырлар үшін Ж3 және Ж4 тобындағы жанғыш материалдардан жасалған жылу оқшаулау конструкцияларын қолдану кезінде:

ҚР ЕЖ 4.02-102-2012

- ең көп дегенде құбыр ұзындығының әрбір 100 м сайын жанбайтын материалдардан ұзындығы 3 м ендірімелерді;

- ішінде жанғыш газдар мен сұйықтықтар бар технологиялық қондырғылардан кем дегенде 5 м қашықтықта жылу оқшаулау конструкцияларының жанбайтын материалдардан жасалған бөліктерін қарастыру мақсатқа сай болады.

Құбыр өртке қарсы тосқауылды кесіп өтетін жағдайда, жылу оқшаулау конструкцияларын өртке қарсы тосқауылдың көлемі шегінде жанбайтын материалдардан қарастыру ұсынылады.

Жылу өткізу конструкцияларын жанбайтын қабықтағы жанғыш материалдардан жасалған жылу оқшаулауда қолданған жағдайда, қағида бойынша, өртке қарсы ендірімелер қарастырылмайды.

4.3 Адамның денсаулығын қорғау, гигиена, қоршаған ортаны қорғау және пайдалануға жарамдылығы бойынша жылу-техникалық материалдарға қойылатын талаптарды қамтамасыз ету

4.3.1 Жылу оқшаулау конструкцияларында қолданылатын материалдар пайдалану барысында шекті мүмкіндіктегі шоғырлануынан асатын көлемде зиянды, жағымсыз иіс шығаратын заттарды, сондай-ақ ауру тудыратын бактерияларды, вирустарды және зендерді бөлмеуі тиіс.

4.3.2 Үй-жайлардағы ауаның құрамында шаңның болуына жоғары санитарлық-гигиеналық талаптар қойылатын объектілерді жобалау кезінде жылу оқшаулау конструкцияларында үй-жайлардағы ауаны ластайтын материалдарды қолдануға болмайды.

Жұқа және өте жұқа минералды (базальт және шыны) талшықтар негізіндегі жылу оқшаулау бұйымдарын, барлық жағынан шыны немесе кремнезем матамен қоршалған, герметикалық қорғаныс жабыны бар өте жұқа минералды талшықтан жасалған бұйымдарды немесе аталған санитарлық-гигиеналық талаптарға сәйкестігі аккредиттелген ұйымдар орындаған сынақтардың нәтижелерімен расталған басқа да материалдарды қолдану мақсатқа сай болады.

4.3.3 Тамақ өнімдерін сақтау мен қайта өңдеуге арналған үй-жайлардағы металл емес материалдардан жасалған жамылғы қабатының астына, қағида бойынша, ұяшықтары 12x12 мм-ден аспайтын, диаметрі 1 мм-ден кем емес сымнан жасалған болат тор орнату қарастырылады.

4.3.4 Жылу оқшаулауды жобалау кезінде ылғал болған жағдайда жабдық пен құбырлардың металл беттеріне жылу оқшаулау материалының немесе оның құрамына енетін химиялық заттардың коррозиялық ықпал ету мүмкіндігін есепке алу ұсынылады. Оқшауланатын беттің материалына (көміртекті болат, легирленген болат, түсті металлдар және қоспалар) және коррозия түріне (тотығу, сілтілі коррозия, кернеуден шытынау) қарай жобалауға берілетін техникалық тапсырмада жылу оқшаулау материалының құрамында суда еритін хлоридтерді, фторидтерді, бос сілтілерді және рН материалын шектеу талаптарын көрсету мақсатқа сай болады.

4.3.5 Жер үстімен және жер астымен төселген жабдық пен құбырларды оқшаулау үшін қолданылатын жылу оқшаулау материалдары мен бұйымдарының есепті

сипаттамаларын, конструкциядағы тығыздықты, пайдалану жағдайларындағы ылғалдылықты, бекіту элементтерінің суық көпірлерінің ықпалын және жіктерді есепке ала отырып, қабылдау ұсынылады.

4.3.6 Агрессивті орта ықпалына ұшырайтын жылу оқшаулау конструкциялары үшін металл жабындарының коррозиядан қорғалуын қарастыру мақсатқа сай болады.

Жамылғы қабаты ретінде мырышпен қапталған жұқа табақты болат пайдаланылған жағдайда, мырыш жабынының қалыңдығы, ортаның агрессивті ықпалының дәрежесін және жамылғы қабатының болжалды қызмет ету мерзімін есепке ала отырып, бірақ 20 мкм-ден кем емес болып таңдалады.

Жамылғы қабаты ретінде алюминийден және алюминий қоспаларынан жасалған табактар мен таспалар және боялмаған болат тордағы жылу оқшаулау қабаты қолданылған немесе қаңқа орнатылған жағдайда, жамылғы қабатының астына орама материалдан жасалған төсемді орнату немесе жамылғы қабатын ішкі жағынан битумды лакпен бояу қарастырылуы тиіс.

4.3.7 Жер астында каналмен төселетін құбырларға арналған жылу оқшаулау қабаты ретінде қолданылатын, минералды мақтадан (тас мақтадан және шыны талшықтарынан) жасалған бұйымдар су жұқпайтын болулары тиіс.

Ылғалмен әрекеттесу кезінде құрылымы бұзылатын жылу оқшаулау материалдарын (құрамында асбест бар мастикалық оқшаулау, әкті-кремнеземді, перлитті-цементті және совелитті бұйымдар) қолдануға болмайды.

4.4 Материалдарды таңдау кезінде қауіпсіздік пен қолжетімділікті қамтамасыз ету

4.4.1 Жабдық пен құбырлардың жылу оқшаулау конструкцияларының құрамында жылу оқшаулау және жамылғы қабаттары ретінде қолданылатын материалдардың өнімнің сапасына қойылатын талаптарға, санитарлық-гигиеналық талаптарға және өрт қауіпсіздігі талаптарына сәйкестігі аккредиттелген ұйымдар орындаған сынақтардың нәтижелерімен расталуы тиіс.

4.4.2 Ішіндегі заттарының температурасы теріс болатын жабдық пен құбырларды жылу оқшаулау конструкциялары үшін және адам өте алмайтын каналдарда жер астымен төселген құбырларды оқшаулау үшін құрамында асбест бар жылу оқшаулау материалдарын қолдануға болмайды.

4.4.3 Жылу оқшаулау материалдары мен жамылғы қабаттарын таңдау кезінде жылу оқшаулау конструкциясы элементтерінің оқшауланатын объектінің құрамындағы заттардың ықтимал әсер етуін қоса алғандағы қоршаған ортаның химиялық тұрғыдан агрессивті факторларына төзімділігін есепке алу ұсынылады.

Құрамында күшті тотықтандырғыштар (сұйық оттегі) бар жабдық пен құбырлар конструкцияларын оқшаулау үшін құрамында органикалық заттар бар жылу оқшаулау материалдарын қолдануға болмайды.

Металл жабындар үшін, қағида бойынша, коррозияға қарсы қорғау қарастырылады немесе агрессивті орта ықпалына ұшырамайтын материал таңдалады.

4.5 Энергия үнемделуін және жылу шығынының азаюын қамтамасыз ету

ҚР ЕЖ 4.02-102-2012

4.5.1 Ішіндегі заттарының температурасы 20°C-тан 300°C-қа дейінгі аралықтағы жабдық пен құбырлардың жылу оқшаулау конструкцияларында төсеудің барлық (каналсыз төсеуден басқа) тәсілдері үшін тығыздығы 200 кг/м³-ден аспайтын және құрғақ күйіндегі жылу өткізгіштік коэффициенті, орташа температура 25°C болғанда, 0,06 Вт/(м·К)-ден аспайтын жылу оқшаулау материалдары мен бұйымдарын қолдану ұсынылады.

Шартты өткіні 50 мм-ге дейінгі құбырларды оқшаулау үшін асбест бауларды қолдануға болады.

4.5.2 Ішіндегі заттарының температурасы 300°C-тан басталатын және одан жоғары жабдық пен құбырлардың көп қабатты жылу оқшаулау конструкцияларының бірінші жылу оқшаулау қабаты ретінде тығыздығы 350 кг/м³-ден аспайтын және жылу өткізгіштік коэффициенті, орташа температура 300°C болғанда, 0,12Вт/(м·К)-ден аспайтын жылу оқшаулау материалдары мен бұйымдарын қолдануға болады.

4.5.3 Ішіндегі заттарының температурасы 300°C және одан жоғары жабдық пен құбырлардың жылу оқшаулау конструкцияларының екінші және одан кейінгі жылу оқшаулау қабаттары ретінде төсеудің барлық (каналсыз төсеуден басқа) тәсілдері үшін тығыздығы 200 кг/м³-ден аспайтын және жылу өткізгіштік коэффициенті, орташа температура 125°C болғанда, 0,08 Вт/(м·К)-ден аспайтын жылу оқшаулау материалдары мен бұйымдарын қолдану ұсынылады.

4.5.4 Оң температурадағы құбырлардың жылу оқшаулау қабаты үшін каналсыз төсеу кезінде тығыздығы 400 кг/м³-ден аспайтын және жылу өткізгіштігі, материалдың температурасы 25°C және тиісті мемлекеттік стандарттарда немесе техникалық шарттарда көрсетілген ылғалдылық болған жағдайда, 0,07 Вт/(м·К)-ден аспайтын материалдарды қолдану мақсатқа сай болады.

4.5.5 Теріс температурадағы жабдық пен құбырлардың жылу оқшаулау қабаты үшін тығыздығы 200 кг/м³-ден аспайтын және конструкциядағы есепті жылу өткізгіштігі, заттардың температурасы минус 40°C және одан жоғары болғанда, 0,05 Вт/(м·К)-ден аспайтын және минус 40°C болғанда 0,04Вт/(м·К)-ден аспайтын жылу оқшаулау материалдары мен бұйымдарын қолдану ұсынылады.

4.5.6 Оқшаулау бетінде берілген температураны қамтамасыз етуге арналған жылу оқшаулау конструкцияларында жамылғы қабаты ретінде қаралық дәрежесі 0,9-дан төмен емес материалдарды қолдану ұсынылады (сәулелену коэффициенті 5,0 Вт/(м²·К⁴)-дан төмен емес).

4.5.7 Каналсыз төсеу кезінде полиэтилен қабықтағы көбікті полиуретаннан жасалған оқшаулауы бар, алдын ала оқшауланған құбырлар оқшаулау ылғалдылығын жедел қашықтықтан бақылау (ЖҚБ) жүйесімен жабдықталуы тиіс.

4.6 Табиғи ресурстарды ұтымды пайдалану әдістері

Ішіндегі заттарының температурасы минус 180-нен 600°C-қа дейінгі жабдықтың сыртқы бетінің жылу оқшаулауын жобалау кезінде табиғи ресурстарды үнемді және ұтымды пайдалану үшін жылу оқшаулау қабатының параметрлерін белгілеуді келесі есіптік әдістермен жүргізу ұсынылады:

- а) жабдық пен құбырлардың оқшауланған беті арқылы жылу ағынының нормаланған тығыздығы бойынша;
- б) жылу ағынының берілген мәні бойынша;
- в) оқшаулау бетіндегі берілген температура бойынша;
- г) ішіндегі заттарының температурасы қоршаған орта температурасынан төмен болатын жабдық пен құбырлардың жылу оқшаулануының жамылғы қабатында қоршаған ортадағы ылғалдың суға айналуын болдырмау мақсатында;
- д) құбырлармен тасымалданатын зат температурасы төмендеуінің (жоғарылауының) берілген мәні бойынша;
- е) белгілі бір уақыт ішінде сыйымды ыдыстарда сақталатын заттың салқындауының (жылуының) берілген мәні бойынша;
- ж) құбырлардағы сұйық заттың қатып қалуын болдырмау немесе тұтқырлығын арттыру мақсатында оның қозғалысын тоқтата тұрудың берілген уақыты бойынша;
- к) бу өткізгіштердегі конденсаттың берілген мөлшері бойынша;
- л) құрамында еріген кезде конденсацияланған су буларында агрессивті өнімдердің түзілуіне алып келуі мүмкін су булары мен газдар болатын газ тәріздес заттарды тасымалдайтын объектілердің ішкі беттерінде ылғалдың суға айналуын болдырмау мақсатында.

5 ЖАБДЫҚ ПЕН ҚҰБЫРЛАРДЫҢ ЖЫЛУ ОҚШАУЛАНУЫН ЕСЕПТЕУ ӘДІСТЕРІ

5.1 Жылу оқшаулау конструкцияларындағы стационарлық жылу берілісінің есептік формулалары

Жайпақ беттер арқылы берілетін жылу ағынының беттік тығыздығы мына формулалар бойынша есептеледі:

бір қабатты жайпақ қабырға

$$q_F = \frac{t_{iшкі} - t_c}{R_{iшкі} + R_{қаб.} + R_{оқи.} + R_c}, \quad (1)$$

n қабаттан тұратын көп қабатты жайпақ қабырға

$$q_F = \frac{t_{iшкі} - t_c}{R_{iшкі} + R_{қаб.} + \sum_{i=1}^n R_i + R_c}, \quad (2)$$

Цилиндрлік беттер арқылы берілетін жылу ағынының сызықты тығыздығы мына формулалар бойынша есептеледі:

бір қабатты цилиндрлік қабырға

$$q_L = \frac{t_{iшкі} - t_c}{R_{iшкі}^L + R_{қаб.}^L + R_{оқиш.}^L + R_c^L}, \quad (3)$$

n қабаттан тұратын көп қабатты цилиндрлік қабырға

$$q_L = \frac{t_{iшкі} - t_c}{R_{iшкі}^L + R_{қаб.}^L + \sum_{i=1}^n R_i^L + R_c^L}, \quad (4)$$

мұндағы q_F – жайпақ жылу оқшаулау конструкциясы арқылы берілетін жылу ағынының беттік тығыздығы, Вт/м²;

$t_{iшкі}$ – оқшауланатын объектінің ішіндегі орта температурасы, °C;

t_c – қоршаған орта температурасы, °C;

$R_{iшкі}$ – оқшауланатын объекті қабырғасының ішкі бетіндегі жылу берілісіне кедергі, м²·°C/Вт;

R_c – дәл сол, жылу оқшаулаудың сыртқы бетінде, м²·°C/Вт;

$R_{қаб.}$ – оқшауланатын объект қабырғасының термиялық кедергісі, м²·°C/Вт;

$R_{оқиш.}$ – дәл сол, оқшаулаудың жайпақ қабатында, м²·°C/Вт;

$\sum_{i=1}^n R_i$ – n қабатты жайпақ оқшаулаудың толық термиялық кедергісі;

R_i – i -ші қабаттың термиялық кедергісі, м²·°C/Вт;

q_L – цилиндрлік жылу оқшаулау конструкциясы арқылы берілетін жылу ағынының сызықты тығыздығы, Вт/м;

$R_{iшкі}^L$ – оқшауланатын объектінің ішкі қабырғасының жылу берілісіне сызықты термиялық кедергісі, м·°C/Вт;

R_c^L – дәл сол, сыртқы оқшаулауда, м·°C/Вт;

$R_{қаб.}^L$

– оқшауланатын объектінің цилиндрлік қабырғасының сызықты термиялық кедергісі, м·°C/Вт;

$R_{оқиш.}^L$ – дәл сол, оқшаулаудың цилиндрлік қабатында, м·°C/Вт;

$\sum_{i=1}^n R_i^L$ – n қабатты цилиндрлік оқшаулаудың толық сызықты термиялық кедергісі;

R_i^L – i -ші қабаттың сызықты термиялық кедергісі, м·°C/Вт.

(1) – (4) теңдеулерде қабырғалардың жылу берілісіне кедергілері мен термиялық кедергілері мына формулалар бойынша анықталады:

$$R_{iшкі} = \frac{1}{\alpha_{iшкі}}; R_c = \frac{1}{\alpha_c};$$

$$R_{оқш.} = \frac{\delta_{оқш.}}{\alpha_{оқш.}},$$

$$R_{қаб.} = \frac{\delta_{қаб.}}{\alpha_{қаб.}}; R_i = \frac{\delta_i}{\alpha_i};$$

(5)

$$R_{ішкі}^L = \frac{1}{\pi d_{ішкі}^{қаб.} \alpha_{ішкі}}; R_c^L = \frac{1}{\pi d_c^{оқш.} \alpha_c}; R_{оқш.}^L = \frac{1}{2\pi \lambda_{оқш.}} \cdot \ln \frac{d_c^{оқш.}}{d_c^{қаб.}};$$

(6)

$$R_{қаб.}^L = \frac{1}{2\pi \lambda_{қаб.}} \cdot \ln \frac{d_c^{қаб.}}{d_{ішкі}^{қаб.}}; R_i^L = \frac{1}{2\pi \lambda_i} \cdot \ln \frac{d_c^i}{d_{ішкі}^i};$$

(7)

мұндағы $\alpha_{ішкі}$, α_c – оқшауланатын объект қабырғасының ішкі бетінің және оқшаулаудың сыртқы бетінің жылу беру коэффициенттері, Вт/(М²·°С);

$\lambda_{қаб.}$, $\lambda_{оқш.}$, λ_i – тиісінше оқшауланатын объект қабырғасы материалының, бір қабатты оқшаулаудың, n қабатты оқшаулаудың i -ші қабаты оқшаулауының жылу өткізгіштік коэффициенттері, Вт/(М·°С);

$\delta_{қаб.}$, $\delta_{оқш.}$, δ_i – тиісінше оқшауланатын объект қабырғасының, бір қабатты оқшаулаудың, n қабатты оқшаулаудың i -ші қабатының қалыңдығы, м;

$d_{ішкі}^{қаб.}$, $d_c^{қаб.}$ – оқшауланатын объект қабырғасының ішкі және сыртқы диаметрлері, м;

$d_c^{оқш.}$ – оқшаулаудың сыртқы диаметрі, м;

d_c^i , $d_{ішкі}^i$ – n қабатты оқшаулаудың i -ші қабатының сыртқы және ішкі диаметрлері, м.

Көп қабатты оқшаулаудағы температуралардың бөлінуі мына формулалар бойынша есептеледі:

- жайпақ пішінді оқшауланатын объект қабырғасының ішкі және сыртқы беттеріндегі температуралар:

$$t_{ішкі}^{қаб.} = t_{ішкі} - q_F R_{ішкі}; t_c^{қаб.} = t_{ішкі}^{қаб.} - q_F R_{қаб.};$$

(8)

- 1-ші және 2-ші қабаттар шекарасындағы, оқшаулаудың бірінші қабатының сыртқы бетіндегі t_1^c температурасы

$$t_1^c = t_c^{қаб.} - q_F R_1;$$

(9)

- және ары қарай, 2-ші қабаттан бастап, $(i-1)$ -ші және i -ші қабаттар шекараларында

$$t_i^c = t_{(i-1)}^c - q_F R_i;$$

(10)

- n қабатты қабырғаның i -ші қабатының сыртқы бетіндегі температура:

$$t_i^c = t_c + q_F R_c;$$

(11)

Цилиндрлік көп қабатты оқшаулау конструкцияларында температуралардың бөлінуі мына формулалар бойынша есептеледі:

$$t_{iшкі}^{қаб.} = t_{iшкі} - q_L R_{iшкі}^L; \quad t_c^{қаб.} = t_{iшкі}^{қаб.} - q_L R_{қаб.}^L; \quad (12)$$

$$t_1^c = t_c^{қаб.} - q_L R_1^L; \quad (13)$$

$$t_i^c = t_{(i-1)}^{қаб.} - q_L R_i^L; \quad (14)$$

$$t_i^c = t_c - q_L R_c^L; \quad (15)$$

(8) – (15) формулаларға енетін жылу ағындарының беттік және сызықты тығыздықтарының мәндері (1) – (4) бойынша, ал термиялық кедергілер (5) – (7) бойынша анықталады.

(2), (4) формулалар бойынша көп қабатты конструкцияларды есептеу кезінде оқшаулау қабаттарының жылу өткізгіштік коэффициенттерін білу қажет. Олар температураға байланысты болатындықтан, әрбір қабаттың орташа температуралары белгілі болулары тиіс, оларды анықтау үшін қабаттардың шекараларындағы температураларды білу қажет. Оларды есептеу үшін бірнеше есеп операциясын өткізуді көздейтін бірізді жуықтату әдісі пайдаланылады.

Бірінші кезеңде барлық қабаттар үшін оқшаулаудың орташа температурасы ішкі және сыртқы орта температураларының жарты қосындысына тең болып қабылданады, бұл температурада барлық жылу оқшаулау қабаттарының жылу өткізгіштігі анықталады. Содан соң (2), (4) бойынша q_F немесе q_L мәндерін анықтайды және (8) – (11) формулалар бойынша жайпақ қабырғалар үшін, (12) – (15) формулалар бойынша цилиндрлік қабырғалар үшін қабаттар шекараларындағы температуралар мен әрбір қабаттың орташа температурасын есептейді.

Екінші кезеңде қабаттардың бірінші кезеңде табылған орташа температуралары бойынша тағы да барлық қабаттардың жылу өткізгіштігін анықтайды, содан соң жылу ағындарының тығыздықтарын табады және қайтадан әр қабаттың температураларын есептейді, осылайша, есептің талап етілетін дәлдігіне қол жеткізілгенге дейін жалғастыра береді. Мысалы, k -шы және $(k-1)$ -ші қадамдағы қабаттардың температуралары бір-бірінен 5%-дан аспайтын шамада өзгешеленетін кезге дейін. Практикалық есептерде осы мақсатта 3-4-тен аспайтын есеп операциясын жүргізу қажет.

Жер астында орналасқан объектілердің жылу оқшаулауын есептегенде, олардың айналасындағы топырақ массивімен жылулық әрекеттесуі есепке алынады.

Топырақпен шектесетін жылу оқшаулау конструкциялары арқылы берілетін жылу ағынының тығыздығы бұл жағдайда сыртқы жылу берілісіне термиялық кедергілер R_c және R_c^L топырақтың термиялық кедергісімен алмастырылатын (1) – (4) формулалар бойынша анықталады.

Жалпы алғанда, топырақтың термиялық кедергісі оқшауланатын объектінің сыртқы пішініне және оның топырақ массивінде орналасуына, оның температурасы мен жылу өткізгіштігіне байланысты болады, бұл жылу оқшаулау қабатында температуралар мен жылу ағындарының бөлінуіне ықпал етеді.

Инженерлік есептерде жылу оқшаулау қабатындағы температуралық өрістің бір өлшемділігі туралы жорамал қабылданады, бұл практика үшін жеткілікті дәлдікпен жер асты объектілерінің жайпақ және цилиндрлік жылу оқшаулау конструкцияларының термиялық кедергісін есептеуде (5) – (7) формулаларын

пайдалануға мүмкіндік береді.

5.2 Құбырлар мен жабдықтың жылу оқшаулануын есептеу

Жылу оқшаулауды практикалық есептеулерде жеңілдетілген есептік формулаларды пайдалануға мүмкіндік беретін бірқатар жорамалдар қабылданады.

Сұйық және газ тәрізді орталар үшін ішкі ортадан оқшауланатын объект қабырғасының ішкі бетіне жылу берілуіне жасалатын кедергі, жылу оқшаулау қабатының термиялық кедергісімен салыстырғанда, тым елеусіз болып табылады және практикалық есептерде оны есепке алмауға болады.

5-кесте – Құбырлар үшін қосымша жоғалтулар коэффициентінің мәндері

Оқшауланатын объект түрі	<i>K</i> коэффициенті
Ашық жердегі, адам өте алмайтын каналдардағы, туннельдердегі және үй-жайлардағы құбырлар:	
а) Шартты өткіні, мм төмендегідей болатын жылжымалы тіректердегі болат құбырлар:	
150-ге дейін	1,2
150 және одан жоғары	1,15
б) Аспалы тіректердегі болат құбырлар	1,05
в) Жылжымалы және аспалы тіректердегі металл емес құбырлар	1,7
Каналсыз төселетін құбырлар	1,15

Металдан жасалған оқшауланатын жабдық пен құбырлар қабырғаларының жылу өткізгіштігі оқшаулаудың жылу өткізгіштігінен ондаған есеге артық болады, сондықтан қабырғаның термиялық кедергісін де ескермеуге болады, бұл есептің дәлдігін аса төмендетпейді.

6-кесте – α жылу бергіштік коэффициентінің мәндері, Вт/(М²·°С)

Оқшауланған объект	Жабық үй-жайда		Ашық жерде, жел жылдамдығында ^{б)} , м/с		
	Сәулелену коэффициенті төмен жабындар ^{а)}	Сәулелену коэффициенті жоғары жабындар ^{б)}	5	10	15
Горизонтал құбырлар	7	10	20	26	35
Вертикал құбырлар, жабдық, жайпақ қабырға	8	12	26	35	52

^{а)} Оларға мырышпен қапталған болаттан, алюминий қорытпалардан жасалған табактардан және оксидті пленкасы бар алюминийден жасалған жабындар жатады.

^{б)} Оларға сылақ, асбестті-цементті жабындар, шыны пластиктер, әр түрлі бояулар (алюминий ұнтағы бар бояудан басқа) жатады.

^{в)} Жел жылдамдығы туралы мәліметтер болмаған жағдайда, 10 м/с жылдамдығына сәйкес мәндер қабылданады.

Аталған жорамалдарды есепке ала отырып, практикалық есептерде құбырлар мен жабдықтың оқшауланған қабырғалары арқылы берілетін жылу ағынын анықтау үшін мына формулалар қолданылады:

жайпақ беттер және диаметрі 2 м-ден асатын цилиндрлік беттер үшін

$$q_F = \frac{(t_h - t_c)K}{\sum_{i=1}^n R_i + R_c}; \quad (16)$$

диаметрі 2 м-ге дейінгі құбырлар үшін

$$q_L = \frac{(t_{iшкі} - t_c)K}{\sum_{i=1}^n R_i^L + R_c^L}; \quad (17)$$

мұндағы K – жылу оқшаулау конструкцияларында бекіту бөлшектері мен тіректердің болуына байланысты олардағы жылу өткізгіш қосындылар арқылы жылу жоғалтылуын есепке алатын қосымша жоғалтулар коэффициенті 5-кесте бойынша алынады.

(16), (17) формулаларындағы жылу оқшаулау қабаттарының термиялық кедергісі мен сыртқы жылу берілуіне жасалатын кедергі оқшаулаудың жылу өткізгіштігі A қосымшасына сәйкес, ал оқшаулау бетіндегі жылу бергіштік коэффициенті 6-кесте бойынша алынатын (5), (6) формулалар бойынша анықталады.

5.2.1 Жылу оқшаулау қалыңдығын жылу ағынының нормаланған тығыздығы бойынша есептеу

Жылу оқшаулау қалыңдығын жылу ағынының нормаланған тығыздығы - q_F^c , q_L^c бойынша есептеу бір қабатты конструкциялар үшін келесі формулалар бойынша орындалады.

Диаметрі 2 м және одан жоғары болатын жайпақ және цилиндрлік беттер үшін мына формула қолданылады:

$$\delta_{оқш.} = \lambda_{оқш.} \left[\frac{K(t_{iшкі} - t_c)}{q_F^c} - R_c \right], \quad (18)$$

Диаметрі 2 м-ге дейінгі бір қабатты цилиндрлік беттер үшін мына формула қолданылады:

$$\ln B = 2\pi \cdot \lambda_{оқш.} \left[\frac{K(t_{iшкі} - t_c)}{q_L^c} - R_c^L \right], \quad (19)$$

Құбырлардың тіректері арқылы қосымша жылу жоғалтулар коэффициенті K жылу оқшаулау қалыңдығын жылу ағынының нормаланған тығыздығы бойынша есептеуде 1-ге тең болып қабылданады.

(19) формула бойынша есептегенде алдын ала $\ln B$ шамасын анықтайды,

мұндағы $B = \frac{d_c^{қаб.} + 2\delta_{оқш.}}{d_c^{қаб.}}$. R_c^L жуықтатылған мәндері 7-кесте бойынша қабылданады.

Содан соң B шамасын табады және мына формула бойынша оқшаулаудың талап етілетін қалыңдығын анықтайды:

$$\delta_{оқш.} = \frac{d_c^{қаб.} (B - 1)}{2}, \quad (20)$$

Екі қабатты жылу оқшаулау конструкциялары үшін қабаттар қалыңдығын жылу ағынының нормаланған тығыздығы бойынша есептеу келесі тәртіпте жүргізіледі.

7-кесте – R_c^L болжалды мәндері, м·°C/Вт

Құбырдың шартты диаметрі, мм	Үй-жайлардың ішінде						Ашық жерде		
	Сәулелену коэффициенті төмен беттер үшін			Сәулелену коэффициенті жоғары беттер үшін					
	жылу тасымалдағыштың температурасы, °C болғанда								
	100	300	500	100	300	500	100	300	500
32	0,50	0,35	0,30	0,33	0,22	0,17	0,12	0,09	0,07
40	0,45	0,30	0,25	0,29	0,20	0,15	0,10	0,07	0,05
50	0,40	0,25	0,20	0,25	0,17	0,13	0,09	0,06	0,04
100	0,25	0,19	0,15	0,15	0,11	0,10	0,07	0,05	0,04
125	0,21	0,17	0,13	0,13	0,10	0,09	0,05	0,04	0,03
150	0,18	0,15	0,11	0,12	0,09	0,08	0,05	0,04	0,03
200	0,16	0,13	0,10	0,10	0,08	0,07	0,04	0,03	0,03
250	0,13	0,10	0,09	0,09	0,07	0,06	0,03	0,03	0,02
300	0,11	0,09	0,08	0,08	0,07	0,06	0,03	0,02	0,02
350	0,10	0,08	0,07	0,07	0,06	0,05	0,03	0,02	0,02
400	0,09	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04	0,02	0,02	0,02
500	0,075	0,065	0,06	0,05	0,045	0,04	0,02	0,02	0,016
600	0,062	0,055	0,05	0,043	0,038	0,035	0,017	0,015	0,014
700	0,055	0,051	0,045	0,038	0,035	0,032	0,015	0,013	0,012
800	0,048	0,045	0,042	0,034	0,031	0,029	0,013	0,012	0,011
900	0,044	0,041	0,038	0,031	0,028	0,026	0,012	0,011	0,010
1000	0,040	0,037	0,034	0,028	0,026	0,024	0,011	0,010	0,009
2000	0,022	0,020	0,017	0,015	0,014	0,013	0,006	0,006	0,005
ЕСКЕРТПЕ 1 Диаметрлер мен температураның аралық мәндері үшін							R_c^L шамасы интерполяциялау		
арқылы анықталады.									
ЕСКЕРТПЕ 2 Жылу тасымалдағыштың температурасы 100°C-тан төмен болғанда, 100°C-қа сәйкес									
мәліметтер алынады.									

Таңдалған жылу оқшаулау материалдарының бірінің ең жоғары қолданылу температурасы оқшауланатын объект қабырғасының температурасынан төмен болған жағдайда, екі қабатты жылу оқшаулау конструкцияларында бірінші қабат ретінде

ҚР ЕЖ 4.02-102-2012

оқшауланатын бетке мүмкін болатын қолданылу температурасы одан жоғарырақ материал орнатылады.

Бірінші қабаттың қалыңдығы екі қабаттың арасындағы $t_{1,2}$ температурасының негізгі оқшаулау материалының ең жоғары қолданылу температурасынан аспауы шартынан анықталады.

Жайпақ қабырға мен диаметрі 2 м және одан жоғары цилиндрлік объектілер үшін бірінші қабаттың қалыңдығын есептеуде мына формула қолданылады:

$$\delta_{оқш.1} = \lambda_{оқш.1} \left[\frac{(t_{ішкі} - t_{1,2})}{q_F^c} \right], \quad (21)$$

Екінші қабат үшін (18) формула қолданылады, онда $t_{ішкі}$ мәнінің орнына $t_{1,2}$ ауыстырып қойылады.

Диаметрі 2 м-ге дейінгі цилиндрлік объектілерді есептеуде бір қабатты конструкцияға ұқсас мына теңдеу қолданылады:

$$\ln B_1 = 2\pi \cdot \lambda_{оқш.1} \left[\frac{(t_{ішкі} - t_{1,2})}{q_L^c} \right], \quad (22)$$

онда $\ln B_1$ шамасын анықтайды, содан соң $B_1 = \frac{d_c^{қаб.} + 2\delta_{оқш.1}}{d_c^{қаб.}}$ теңдеуі арқылы B_1 мен бірінші қабат қалыңдығын табады, м:

$$\delta_{оқш.1} = \frac{d_c^{қаб.} (B_1 - 1)}{2},$$

Екінші қабаттың қалыңдығы (19) формуланың көмегімен анықталады, онда $t_{ішкі}$ мәнінің орнына $t_{1,2}$ мәні ауыстырып қойылады, ал $B-B_2$ орнына

$$B_2 = \frac{d_{оқш.1} + 2\delta_{оқш.2}}{d_{оқш.1}},$$

$\ln B_2$ анықтаған соң, B_2 -ні, содан соң екінші қабат оқшаулауының қалыңдығын табады, м:

$$\delta_{оқш.2} = \frac{d_{оқш.1} (B_2 - 1)}{2}, \quad (23)$$

Жылу оқшаулаудың талап етілетін қалыңдығын жылу ағынының нормаланған тығыздығы бойынша есептеу бірізді жуықтатулар әдісімен орындала алады. Бір қабатты цилиндрлік конструкция үшін есептеу бірізділігі мынадай.

Есептің талап етілетін дәлдігімен анықталатын, мысалы, 1, 2, 3, 4,..., i бірізді қадамдарының көмегімен $\delta_1 = \delta_{01}$; $\delta_2 = \delta_{02}$; $\delta_3 = \delta_{03}$, ..., $\delta_i = \delta_{0i}$ оқшаулау қалыңдығы үшін 0,001м болатын δ_0 , м оқшаулау қалыңдығының бастапқы мәнін негізге ала отырып, келесі

теңдеу бойынша $q_L^1; q_L^2; \dots; q_L^i$ жылу ағындарының сызықты тығыздығын есептейді:

$$q_L^i = \frac{\pi(t_{i\text{шкі}} - t_{1,2})}{\frac{1}{\alpha_c(d_c^{\text{қаб.}} + 2\delta_0 i)} + \frac{1}{2\lambda_{\text{оқш.}}} \cdot \ln \frac{d_c^{\text{қаб.}} + 2\delta_0 i}{d_c^{\text{қаб.}}}}, \quad (24)$$

i есептеулерінің әрбір қадамында q_L^c нормативтік үлестік ағынының берілген мәнімен q_L^i салыстырылады.

$$q_L^i - q_L^c \leq 0 \quad (25)$$

шарты орындалған жағдайда, есептеулер аяқталады, ал $\delta = \delta_0 i$ табылған шамасы жылу жоғалтулардың берілген шамасын қамтамасыз ететін ізделіп отырған шама болып табылады.

Нормаланатын жылу жоғалтулар бойынша оқшаулау қалыңдығын анықтау кезінде қоршаған ортаның жылу оқшаулау конструкциясымен жылулық әрекеттесуіне себепші болатын есептік параметрлер ретінде мыналарды қабылдау қажет:

- оқшауланатын объектідегі заттың бір жыл ішіндегі орташа температурасы ретінде $t_{i\text{шкі}}$ ішкі орта температурасын;

- оқшауланатын объект үй-жайда орналасқан, ашық жерде орналасқан жағдайда, жел жылдамдығы 10 м/с болғанда (6-кесте бойынша) немесе 41-03 ҚНЖЕ 6.1.1-6.1.6 тармақтары бойынша жылу оқшаулаудың сыртқы бетінен жылу берілу коэффициенті.

5.2.2 Оқшаулаудың қалыңдығын құбырлармен тасымалданатын зат температурасы төмендеуінің (жоғарылауының) берілген шамасы бойынша есептеу

Жылу сыйымдылығы C , кДж/(кг·°C) заттың шығыны G , кг/сағ. кезінде құбырмен тасымалданатын зат температурасының бастапқы $t'_{i\text{шкі}}$ -ден соңғы $t''_{i\text{шкі}}$ -ге дейін берілген төмендеуін қамтамасыз ету үшін ұзындығы l , м болатын құбыр оқшаулауының талап етілетін толық термиялық кедергісі $R^L = R_{\text{оқш.}}^L + R_c^L$ мына формулалардан анықталады:

$$\frac{t'_{i\text{шкі}} - t_c}{t''_{i\text{шкі}} - t_c} \geq 2 \quad \text{болғанда,} \quad R_1^L = \frac{3,6 Kl}{GC \ln \frac{t'_{i\text{шкі}} - t_c}{t''_{i\text{шкі}} - t_c}}; \quad (26)$$

$$\frac{t'_{i\text{шкі}} - t_c}{t''_{i\text{шкі}} - t_c} \leq 2 \quad \text{болғанда,} \quad R_2^L = \frac{3,6 Kl \left(\frac{t'_{i\text{шкі}} + t''_{i\text{шкі}}}{2} - t_c \right)}{GC(t'_{i\text{шкі}} - t''_{i\text{шкі}})}; \quad (27)$$

мұндағы t_c — қоршаған ортаның есепті температурасы, °C.

R_1^L және R_2^L табылған мәндері бойынша $\delta_{\text{оқш.}}$, м талап етілетін оқшаулау қалыңдығын анықтау үшін мына формула пайдаланылады:

$$\ln B_{1,2} = 2\pi \cdot \lambda_{оқш.} (R_{1,2}^L - R_c^L) \quad (28)$$

7-кесте бойынша R_c жуықтатылған мәндерін ала және (28) формула бойынша $\ln B$ анықтай отырып, B шамасын және содан соң (20) формула бойынша оқшаулау қалыңдығын табады:

$$\delta_{оқш.1,2} = \frac{d_c^{қаб.} (B_{1,2} - 1)}{2},$$

Тасымалданатын зат температурасының төмендеуінің (жоғарылауының) берілген шамасы бойынша оқшаулауды есептеген кезде, қоршаған орта параметрлерінің келесі мәндері қабылданады.

Құбыр үй-жайда орналасқан жағдайда:

- сыртқы орта температурасы 20°C;
- жылу бергіштік коэффициенті (6-кесте бойынша).

Ашық жерде орналасқан жағдайда – ең суық бескүндіктің орташа температурасы (41-03 ҚНЖЕ 6.4-тармағы).

5.2.3 Жылу оқшаулау қалыңдығын сыртқы бетінің берілген температурасы бойынша есептеу

Оқшаулау қалыңдығын оның сыртқы бетінің t_6 берілген температурасы бойынша анықтау оқшаулау қызмет көрсететін құрамды күйіп қалудан қорғайтын құрал ретінде қажет болған жағдайда жүргізіледі. Бұл ретте беттік температура келесі шамалардан, °C аспайтындай болып қабылдануы тиіс.

- үй-жайлардың қызмет көрсетілетін немесе жұмыс аймағында орналасқан және ішінде:

- температурасы 100°C-тан жоғары45
- температурасы 100°C және одан төмен.....35
- бу шарпуының температурасы 45°C-тан аспайтын35

заттар болатын оқшауланатын объектілер үшін;

- ашық жерде, қызмет көрсетілетін немесе жұмыс аймағында орналасқан, металл жамылғы қабаты 55
- жамылғы қабатының басқа түрлері.....60 бар оқшауланатын

объектілер үшін.

Қызмет көрсетілетін немесе жұмыс аймағы шектерінен тыс орналасқан құбырлардың жылу оқшаулауының беттік температурасы жамылғы қабаты материалдарын қолданудың температуралық шектерінен аспауы, бірақ 75 °C-тан жоғары болмауы тиіс. Жылу ағындарының: $\delta_{оқш.}$, м оқшаулау қабаты арқылы өтетін кондуктивті жылу ағынының $t_{iшкі}-t_6$ температуралар айырмашылығы есебінен және сыртқы беттен шығарылатын конвективті жылу ағынының t_6-t_c айырмашылығы есебінен тығыздықтарының тең болуы шартынан былай деп жазуға болады:

$$R_{оқш.} = \frac{t_{iшкі} - t_6}{t_6 - t_c} R_c \quad (29)$$

$$R_{\text{окш.}}^L = \frac{t_{\text{ішкі}} - t_{\delta}}{t_{\delta} - t_c} R_c^L \quad (30)$$

Талап етілетін беттік температураны негізге ала отырып, (29), (30) формулалардан оқшаулау қалыңдығын есептеуге арналған формулаларды аламыз:

- жайпақ жылу оқшаулау конструкциялары үшін

$$\delta_{\text{окш.}} = \frac{\lambda_{\text{окш.}}(t_{\text{ішкі}} - t_{\delta})}{\alpha_c(t_{\delta} - t_c)}; \quad (31)$$

- цилиндрлік жылу оқшаулау конструкциялары үшін

$$\ln B = \ln \frac{d_c^{\text{қаб.}} + 2\delta_{\text{окш.}}}{d_c^{\text{қаб.}}} = 2\pi \cdot \lambda_{\text{окш.}} \cdot R_c^L \cdot \frac{t_{\text{ішкі}} - t_{\delta}}{t_{\delta} - t_c}; \quad (32)$$

мұнда R_c^L болжалды мәні 7-кесте бойынша қабылданады.

$$\delta_{\text{окш.}} = \frac{d_c^{\text{қаб.}}(B - 1)}{2}$$

Қарастырылған әдіс жуықтатылған болып табылады. Нақтырақ нәтижелерді бірізді жуықтатулар әдісімен алуға болады.

Есеп мына формула бойынша орындалады:

$$\left(\frac{t_{\text{ішкі}} - t_{\delta}}{t_{\delta} - t_c} \right)_i = \frac{\ln \frac{d_c^{\text{қаб.}} + 2\delta_0 i}{d_c^{\text{қаб.}}} \alpha_c (d_c^{\text{қаб.}} + 2\delta_0 i)}{2\lambda_{\text{окш.}}}; \quad (33)$$

Есептің талап етілетін дәлдігімен анықталатын, мысалы, 1, 2, 3, ..., i бірізді қадамдарымен $\delta_1 = \delta_0 1$; $\delta_2 = \delta_0 2$; $\delta_3 = \delta_0 3$, ..., $\delta_i = \delta_0 i$ оқшаулау қалыңдықтары үшін 0,001м болатын δ_0 , м оқшаулау қалыңдығының бастапқы мәнін негізге ала отырып, (33) теңдеу бойынша шамаларды есептеу жүргізіледі:

$$\left(\frac{t_{\text{ішкі}} - t_{\delta}}{t_{\delta} - t_c} \right)_1; \left(\frac{t_{\text{ішкі}} - t_{\delta}}{t_{\delta} - t_c} \right)_2; \left(\frac{t_{\text{ішкі}} - t_{\delta}}{t_{\delta} - t_c} \right)_3; \dots; \left(\frac{t_{\text{ішкі}} - t_{\delta}}{t_{\delta} - t_c} \right)_i; \left(\frac{t_{\text{ішкі}} - t_{\delta}}{t_{\delta} - t_c} \right)_p$$

i есептеулердің әрбір қадамында мәні берілген мәнімен салыстырылады.

$$\left(\frac{t_{\text{ішкі}} - t_{\delta}}{t_{\delta} - t_c} \right)_i - \left(\frac{t_{\text{ішкі}} - t_{\delta}}{t_{\delta} - t_c} \right)_p \geq 0, \quad (34)$$

шарты орындалған жағдайда, есептеулер аяқталады, ал $\delta_i = \delta_0 i$ табылған шамасы оқшаулау бетінің талап етілетін температурасын қамтамасыз ететін, 1 мм-ге дейінгі дәлдікпен

берілген шама болып табылады.

Берілген беттік температура бойынша оқшаулау қалыңдығын есептеу кезінде 41-03 ҚНЖЕ 6.7-тармағы бойынша қоршаған ортаның келесі есептік параметрлері қабылданады:

- $t_{iшкі}$ ішкі орта температурасы – жобалауға берілетін техникалық тапсырма бойынша;

- t_c сыртқы орта температурасы – оқшауланатын объект ашық жерде орналасқан жағдайда, ең ыстық айдың ең жоғары орташа температурасы ретінде, үй-жайда орналасқан жағдайда – 20°C;

- үй-жайда және ашық жерде орналасқан, жамылғы қабатының ең аз сәулелену коэффициенті (6-кестеге берілген ескертпелерді қараңыз) – 6 Вт/(м²·°C), ең көп сәулелену коэффициенті 11 Вт/(м²·°C) болатын объекті оқшаулауының сыртқы бетіндегі жылу бергіштік коэффициенті.

5.2.4 Беткі қабатында ауадағы ылғалдың суға айналуын болдырмайтын оқшаулау қалыңдығын есептеу

Бұл есеп үй-жайларда орналасқан және ішіндегі заттарының температурасы қоршаған орта температурасынан төмен болатын оқшауланған объектілер үшін жасалады.

Бұл жағдайда оқшаулау сыртқы ауа мен оқшаулау беті температураларының ($t_c - t_б$) талап етілетін, ауадағы ылғалдың суға айналуын болдырмайтын есептік айырмасын қамтамасыз етуі тиіс (8-кесте бойынша).

Есеп мына формулалар бойынша орындалады:

- жайпақ бет үшін

$$R_{оқш.} = \frac{t_б - t_{iшкі}}{t_c - t_б} R_c; \quad \delta_{оқш.} = \frac{\lambda_{оқш.}(t_б - t_{iшкі})}{\alpha_c(t_c - t_б)}; \quad (35)$$

- цилиндрлік бет үшін

$$R_{оқш.}^L = \frac{t_б - t_{iшкі}}{t_c - t_б} R_c^L; \quad \ln B = 2\pi \cdot \lambda_{оқш.} \cdot R_c^L \cdot \frac{t_б - t_{iшкі}}{t_c - t_б}. \quad (36)$$

Жайпақ конструкциялар үшін оқшаулаудың талап етілетін қалыңдығы 5.2.3 бөлімінде мазмұндалған әдістеме бойынша анықталады.

8-кесте – $t_c - t_б$ есептік айырмасы, °C

$t_c, °C$	Ауаның салыстырмалы ылғалдылығы, φ %					
	40	50	60	70	80	90
10	13,4	10,4	7,8	5,5	3,5	1,6
15	14,2	10,9	9,1	5,7	3,6	1,7
20	14,8	11,3	8,4	5,9	3,7	1,8
25	15,3	11,7	8,7	6,1	3,8	1,9
30	15,9	12,2	9,0	6,3	4,0	2,0

Есептерде t_c сыртқы ауа температурасы үй-жайдағы ауа температурасына тең.

$t_{iшкі}$ ішкі орта температурасы мен φ үй-жайдағы ауаның салыстырмалы ылғалдылығын жобалауға берілетін техникалық тапсырмаға сәйкес қабылдайды.

α_c оқшаулаудың сыртқы бетіне жылу бергіштік коэффициенті сәулелену коэффициенті төмен беттер үшін – $5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$, сәулелену коэффициенті жоғары беттер үшін $7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$ болып қабылданады (6-кестеге берілген ескертпені қараңыз).

5.3 Жылу желілері құбырларының жылу оқшаулануын есептеу

5.3.1 Жер үстімен төсеу

Жылу желілерінің жер үстімен төселген беруші және кері ағынды құбырларының оқшауланған беті арқылы жылу жоғалтулар, $\delta_{\text{оқш.}}$, м оқшаулау қалыңдығы белгілі болған жағдайда, (17) формула бойынша, ал осы формулаға енетін термиялық кедергілер (6) формула бойынша анықталулары тиіс. $t_{\text{ішкі}}$ және t_c ішкі және сыртқы орта температуралары ретінде жылу тасымалдағыш пен қоршаған ортаның есептік температуралары алынады, ал α_c жылу бергіштік коэффициенті 6-кесте бойынша қабылданады.

Жылу желілері құбырларының оқшаулану қалыңдығын беруші және кері ағынды жылу өткізгіштерден шығатын жылу ағындары тығыздығының нормаланған мәндері бойынша анықтаған кезде 5.2.1 бөлімінде мазмұндалған есептеу әдістемесі пайдаланылады. Бұл ретте беруші және кері ағынды құбырлардағы жылу тасымалдағыштың есептік температуралары 9-кесте бойынша қабылданады.

9-кесте – Сумен жылыту желілеріндегі жылу тасымалдағыштың орташа жылдық температуралары

Құбыр	Есептік температуралық режимдер, $^\circ\text{C}$		
	95 - 70	150 - 70	180 - 70
Беруші	65	90	110
Кері ағынды	50	50	50

Сыртқы ортаның есепті температурасын: жылу желісі жыл бойы жұмыс істеген жағдайда – сыртқы ауаның орташа жылдық температурасы, тек жылыту маусымында жұмыс істеген жағдайда – жылыту маусымының орташа температурасы ретінде қабылдайды α_c есепті жылу бергіштік коэффициентін 6-кесте бойынша алады.

5.3.2 Адам өте алмайтын каналдарда жер астымен төсеу

Жер бетінен канал осіне дейін H , м тереңдікте ені b және биіктігі h , м адам өте алмайтын құбырда төселетін қос құбырлы жылу желілерінің оқшауланған беті арқылы жылу жоғалтулар мына формула бойынша анықталады:

$$q_{1,2}^L = q_1^L + q_2^L = \frac{(t_{\text{кан}} - t_c) K}{R_{\text{кан}} + R_m^k}; \quad (37)$$

$t_{\text{кан}}$ каналдағы ауа температурасы мына формула бойынша анықталады:

$$t_{кан} = \frac{\frac{t_{в1}}{R_{оқш.1}^L + R_{н1}^L} + \frac{t_{в2}}{R_{оқш.2}^L + R_{н2}^L} + \frac{t_c}{R_{кан} + R_m^κ}}{\frac{1}{R_{оқш.1}^L + R_{н1}^L} + \frac{1}{R_{оқш.2}^L + R_{н2}^L} + \frac{1}{R_{кан} + R_m^κ}}, \quad (38)$$

мұндағы

$$R_{оқш.1}^L = \frac{1}{2\pi\lambda_{оқш.}} \cdot \ln \frac{d_1 + 2\delta_{оқш.1}}{d_1}; \quad R_{оқш.2}^L = \frac{1}{2\pi\lambda_{оқш.}} \cdot \ln \frac{d_2 + 2\delta_{оқш.2}}{d_2}; \quad (39)$$

$$R_{н1}^L = \frac{1}{2\pi\alpha_k(d_1 + 2\delta_{оқш.1})}; \quad R_{н2}^L = \frac{1}{2\pi\alpha_k(d_2 + 2\delta_{оқш.2})}; \quad (40)$$

$$R_{кан} = \frac{1}{\pi\alpha_k \cdot \frac{2bh}{b+h}}; \quad (41)$$

q_1^L, q_2^L – беруші және кері ағынды құбырлардан шығатын жылу ағынының сызықты тығыздықтары, Вт/м;

d_1, d_2 – беруші және кері ағынды құбырлардың сыртқы диаметрлері, м;

$t_{в1}, t_{в2}$ – беруші және кері ағынды құбырлардың температуралары, °С;

K – қосымша жоғалтулар коэффициенті (5-кесте бойынша);

$R_{оқш.1}^L, R_{оқш.2}^L$ – беруші және кері ағынды құбырлар оқшаулауының термиялық кедергілері, м·°С/Вт;

$R_{н1}^L, R_{н2}^L$ – беруші және кері ағынды құбырлар оқшаулауының бетінен жылу берілісіне жасалатын термиялық кедергілер, м·°С/Вт;

$R_{кан}$ – ауадан каналдың бетіне жылу берілуіне жасалатын термиялық кедергі, м·°С/Вт;

h, b – тиісінше каналдың биіктігі мен ені, м;

α_k – каналдағы жылу бергіштік коэффициенті 11 Вт/(м²·°С) тең болып қабылданады;

$\lambda_{оқш.}$ – конструкциядағы оқшаулаудың жылу өткізгіштігі, Вт/(м·°С);

$\delta_{оқш.1}, \delta_{оқш.2}$ – беруші және кері ағынды құбырлар оқшаулауының қалыңдықтары, м;

$R_m^κ$ – топырақтың термиялық кедергісі, Вт/(м·°С) мына формула бойынша анықталады:

$$R_m^κ = \frac{\ln \left[3,5 \frac{H}{h} \left(\frac{h}{b} \right)^{0,25} \right]}{\left(5,7 + 0,5 \frac{b}{h} \right) \lambda_m}; \quad (42)$$

λ_m – топырақтың жылу өткізгіштігі, Вт/(м·°С) (10-кесте бойынша);

H – орналасу тереңдігі, құбырлар осінен жер бетіне дейінгі арақашықтық, м.

Жылу оқшаулаудың талап етілетін қалыңдығын жылу ағынының нормаланған тығыздығы бойынша есептеу техникалық талаптарға қарай екі нұсқада орындала алады:

а) Беруші және кері ағынды құбырлар үшін жеке-жеке берілген \bar{q}_1^L және \bar{q}_2^L жылу ағынының нормативтік сызықты тығыздықтары бойынша, бұл жағдайда әрбір құбыр үшін оқшаулау қалыңдығы анықталады.

б) Беруші және кері ағынды құбырлардан шығатын жылу ағынының $\bar{q}_{1,2}^L$ жиынтық нормативтік сызықты тығыздығы бойынша, бұл жағдайда екі құбыр үшін бірдей оқшаулау қалыңдығы анықталады.

10-кесте – Топырақтың жылу өткізгіштігі

Топырақ түрі	Орташа тығыздығы, кг/м ³	Топырақтың салмақтық ылғал мөлшері, %	Жылу өткізгіштік коэффициенті, Вт/(м·°C)
Құм	1480	4	0,86
		5	1,11
	1600	15	1,92
		23,8	1,92
Саздақ	1100	8	0,71
		15	0,9
	1200	8	0,83
		15	1,04
	1300	8	0,98
		15	1,2
	1400	8	1,12
		15	1,36
		20	1,63
	1500	8	1,27
		15	1,56
		20	1,86
	1600	8	1,45
		15	1,78
	2000	5	1,75
		10	2,56
		11,5	2,68
Балшықты	1300	8	0,72
		18	1,08
		40	1,66
	1500	8	1,0
		18	1,46
		40	2,0
	1600	8	1,13
		27	1,93

Беруші және кері ағынды құбырлар үшін жеке-жеке берілген \bar{q}_1^L және \bar{q}_2^L жылу ағынының нормативтік сызықты тығыздықтары бойынша оқшаулау қалыңдығын есептеу келесі бірізділікте орындалады.

Бірінші кезеңде мына формула бойынша каналдағы температураны есептеп шығарады

$$t_{кан} = t_c + K (\bar{q}_1^L + \bar{q}_2^L) \cdot (R_{кан} + R_m), \quad (43)$$

Содан соң әрбір құбыр үшін мына формулалар бойынша $\ln B_1$ және $\ln B_2$ мәндері есептеп шығарылады:

$$\ln B_1 = 2\pi\lambda_{оқш.} \cdot \left(\frac{t_{\epsilon 1} - t_{кан}}{\bar{q}_1^L} - R_{н1}^L \right); \quad (44)$$

$$\ln B_2 = 2\pi\lambda_{оқш.} \cdot \left(\frac{t_{\epsilon 2} - t_{кан}}{\bar{q}_2^L} - R_{н2}^L \right); \quad (45)$$

мұнда $R_{н1}^L$ және $R_{н2}^L$ жуықтатылған мәндері 7-кесте бойынша қабылданады.

Ары қарай, B_1 және B_2 есептеп шығарылғаннан кейін, (20) формула бойынша беруші және кері ағынды құбырлар үшін талап етілетін, нормативтік сызықты жылу жоғалтуларды қамтамасыз ететін оқшаулау қалыңдықтарын есептеп шығарады:

$$\delta_{оқш.1} = \frac{d_1(B_1 - 1)}{2}; \quad \delta_{оқш.2} = \frac{d_2(B_2 - 1)}{2}.$$

Жылу желілерінің қос құбырлы каналдық төсемдерінің оқшаулауын есептеген кезде ішкі орта температуралары ретінде беруші және кері ағынды құбырлардағы жылу тасымалдағыштың орташа жылдық температуралары қабылданады (9-кесте бойынша).

Сыртқы ортаның есептік температурасы ретінде құбырдың орналасу тереңдігіндегі топырақтың бір жыл ішіндегі орташа температурасы алынады. Топырақ бетінен канал жабынына дейінгі арақашықтық 0,7 м және одан аз болған жағдайда, сыртқы ортаның есептік температурасы ретінде сыртқы ауаның жер үстімен төсеу кезінде алынған дәл сол температурасы алынуы тиіс.

Оқшаулау қалыңдығын жылу ағынының нормаланған тығыздығы бойынша есептеу кезіндегі K қосымша жылу жоғалтулар коэффициенті 1-ге тең болып қабылданады.

5.3.3 Жер астымен каналсыз төсеу

Жер бетінен құбырлардың осіне дейін H , м бірдей қашықтықта топырақта орналасқан каналсыз төселген қос құбырлы жылу желілері құбырларының жылу жоғалтулары мына формулалар бойынша анықталады:

$$q_1^L = \frac{(t_{\epsilon 1} - t_c)(R_{оқш.2}^L + R_{m2}^{\kappa}) - (t_{\epsilon 2} - t_c) \cdot R_0}{(R_{оқш.1}^L + R_{m1}^{\kappa})(R_{оқш.2}^L + R_{m2}^{\kappa}) - R_0^2} K; \quad (46)$$

$$q_2^L = \frac{(t_{в2} - t_c)(R_{оқш.1}^L + R_{m1}^κ) - (t_{в1} - t_c) \cdot R_0}{(R_{оқш.2}^L + R_{m2}^κ)(R_{оқш.1}^L + R_{m1}^κ) - R_0^2} K; \quad (47)$$

$$q_{1,2}^L = q_1^L + q_2^L, \quad (48)$$

мұндағы $R_m^κ$ – каналсыз төсеу кезіндегі топырақтың термиялық кедергісі, $м^{\circ}C/Вт$, мына формула бойынша анықталады:

$$R_m^κ = \frac{1}{2\pi\lambda_m} \ln \left[\frac{2H}{d} + \sqrt{\left(\frac{2H}{d} \right)^2 - 1} \right], \quad (49)$$

мұндағы d – оқшауланған құбырдың сыртқы диаметрі, м; беруші құбырда – d_1 , кері ағынды құбырда – d_2 ;

λ_m – топырақтың жылу өткізгіштігі, $Вт/(м^{\circ}C)$;

H – орналасу тереңдігі – құбырлар осінен жер бетіне дейінгі арақашықтық, м;

R_0 – екі құбырдың жылулық әрекеттесуіне байланысты термиялық кедергі, $м^{\circ}C/Вт$ мына формуладан анықталады:

$$R_0 = \frac{\ln \sqrt{1 + \left(\frac{2H}{K_{1,2}} \right)^2}}{2\pi \cdot \lambda_m}, \quad (50)$$

мұндағы $K_{1,2}$ – горизонталь орналасқан құбырлардың осьтері арасындағы арақашықтық, м.

(46), (47) формулаларындағы қалған шамалардың мәндері дәл каналдық төсеуге арналған (39) формуладағыдай.

Дәл қос құбырлы жылу желілерін өтпелі каналдарда төсеу кезіндегідей, жылу оқшаулаудың талап етілетін қалыңдығын жылу ағынының нормаланған тығыздығы бойынша есептеу техникалық талаптарға қарай екі нұсқада орындала алады:

а) Беруші және кері ағынды құбырлар үшін жеке-жеке берілген \bar{q}_1^L және \bar{q}_2^L жылу ағынының сызықты тығыздықтарының нормативтік мәндері бойынша.

б) Беруші және кері ағынды құбырлардан шығатын жылу ағынының $\bar{q}_{1,2}^L$ жиынтық нормативтік сызықты тығыздығы бойынша.

Каналсыз төселген жылу желілері құбырларын оқшаулаудың қалыңдығын беруші және кері ағынды құбырлар үшін жеке-жеке берілген \bar{q}_1^L және \bar{q}_2^L жылу ағынының сызықты тығыздықтарының нормативтік мәндері бойынша есептеу мына формулалар бойынша орындалады:

$$\ln \frac{d_1 + 2\delta_{оқш.1}}{d_1} = \frac{2\pi\lambda_{оқш.1}\lambda_m}{\lambda_m - \lambda_{оқш.1}} \left(\frac{t_{в1} - t_c - \bar{q}_2^L R_0}{\bar{q}_1^L} - R_{m1}^δ \right); \quad (51)$$

$$\ln \frac{d_1 + 2\delta_{оқш.2}}{d_2} = \frac{2\pi\lambda_{оқш.2}\lambda_m}{\lambda_m - \lambda_{оқш.2}} \left(\frac{t_{в2} - t_c - \bar{q}_1^L R_0}{\bar{q}_2^L} - R_{m2}^δ \right).$$

(51), (52) формулаларының көмегімен $B_1 = \frac{d_1 + 2\delta_{\text{окш.1}}}{d_1}$ және $B_2 = \frac{d_2 + 2\delta_{\text{окш.2}}}{d_2}$ мәндерін анықтап алып, 5.3.2 бөлімінде каналдық төсеу үшін жасағандай, оқшаулау қалыңдығын есептеп шығарады.

Каналсыз төселген қос құбырлы жылу желілерінің беруші және кері ағынды құбырларын оқшаулаудың қалыңдығын жылу ағынының $\bar{q}_{1,2}^L$, Вт/м жиынтық нормативтік сызықты тығыздығы бойынша есептеу бірізді жуықтатулар әдісімен (іріктеу әдісімен) орындалады.

Бірінші кезеңде беруші және кері ағынды құбыр үшін бірдей $\delta_{\text{окш.1}} = \delta_{\text{окш.2}} = \delta_0$ оқшаулау қалыңдығының бастапқы мәні беріледі және (46) – (48) формулалар бойынша жылу ағынының $q_{1,2}^L$ жиынтық сызықты тығыздығы есептеп шығарылады.

Алынған есептік мәнді 41-03 ҚНЖЕ-нің 11-, 12-кестелері бойынша жылу ағынының $\bar{q}_{1,2}^L$ нормативтік сызықты тығыздығымен салыстырады.

Екінші кезеңде салыстыру нәтижесіне қарай оқшаулау қалыңдығын арттырады немесе азайтады және есепті сол бірізділікте $q_{1,2}^L$ жаңа есептік мәні алынғанға дейін қайталайды.

Есепті $q_{1,2}^L$ жылу ағыны тығыздығының есептік мәні $\bar{q}_{1,2}^L$ нормативтік мәнінен есептеу дәлдігінің берілген дәрежесіне, мысалы, 1%-дан аспайтын шамаға өзгешеленетін болғанға дейін қайталайды. δ_i соңғы мәні беруші және кері ағынды құбырлар үшін жылу оқшаулаудың есепті қалыңдығы ретінде қабылданады.

Каналсыз төселетін қос құбырлы жылу желілері құбырларының оқшаулануын есептеуге арналған жылу тасымалдағыш пен сыртқы ортаның есептік параметрлері адам өте алмайтын каналдардағыдай қабылданады.

А қосымшасы
(міндетті)

**А.1 кестесі – Жылу оқшаулау материалдары мен бұйымдарының
есепті техникалық сипаттамалары**

Материал, бұйым	Конструкциядағы орташа тығыздық, кг/м ³	Температурасы °С болатын беттер үшін конструкциядағы жылу өткізгіштігі $\lambda_{окш.}$, Вт/(м·°С)		Қолдану температурасы, °С	Жанғыштық тобы
		20 және одан жоғары	19 және одан төмен		
Минерал мақталы сырмалы төсеніштер	90	$0,041 + 0,00022 t_m$	0,041-0,032	Мата, тор, шыны талшықтан жасалған кенеп негізінде жасалған төсеніштер үшін минус 180-нен 450-ге дейін; металл тор негізінде жасалған төсеніштер үшін 700-ге дейін	Жанбайтын
	100	$0,045 + 0,00021 t_m$	0,044-0,035		
	125	$0,049 + 0,0002 t_m$	0,048-0,037		
Синтетикалық байланыстырғыш негізіндегі минералды мақтадан жасалған жылу оқшаулағыш тақталар	65	$0,04 + 0,00029 t_m$	0,039-0,03	Минус 60-тан 400-ге дейін Минус 180-нен 400-ге дейін	Жанбайтын
	95	$0,043 + 0,00022 t_m$	0,042-0,031		
	120	$0,044 + 0,00021 t_m$	0,043-0,032		
	180	$0,052 + 0,0002 t_m$	0,051-0,038		
Минерал мақталы жартылай цилиндрлер мен цилиндрлер	50	$0,04 + 0,00003 t_m$	0,039-0,029	Минус 180-нен 400-ге дейін	Жанбайтын
	80	$0,044 + 0,00022 t_m$	0,043-0,032		
	100	$0,049 + 0,00021 t_m$	0,048-0,036		
	150	$0,05 + 0,0002 t_m$	0,049-0,035		
	200	$0,053 + 0,00019 t_m$	0,052-0,038		
Байланыстырғышсыз өте жұқа базальт талшықтан жасалған төсеніштер мен мақта	80	$0,032 + 0,00019 t_m$	0,031-0,24	Минус 180-нен 600-ге дейін	Жанбайтын
Минерал мақтадан жасалған жылу оқшаулағыш бау	200	$0,056 + 0,00019 t_m$	0,055-0,04	Минус 180-нен 600-ге дейін	ЖБ – Ж1
Асбест бау	100-160	$0,093 + 0,00019 t_m$	-	20-дан 220-ға дейін	Ж1

А.1 кестесі – Жылу оқшаулау материалдары мен бұйымдарының есепті техникалық сипаттамалары (жалғасы)					
Синтетикалық байланыстырғыш негізінде шыны штапель талшықтан жасалған төсеніштер	50 70	$0,04 + 0,0003 t_m$ $0,042 + 0,00028 t_m$	0,039-0,029 0,041-0,03	Минус 60-тан 180-ге дейін	Жанбайтын
Синтетикалық байланыстырғыш негізінде шыны штапель талшықтан жасалған сырмалы төсеніштер	50	$0,04 + 0,0002 t_m$	0,037-0,03	Минус 60-тан 300-ге дейін	Жанбайтын
Байланыстырғышсыз өте жұқа шыны талшықтан жасалған төсеніштер мен мақта	70	$0,033 + 0,00014 t_m$	0,032-0,024	Минус 180-нен 400-ге дейін	Жанбайтын
Көбікті шыныдан жасалған жылу оқшаулау бұйымдары	130	$0,05 + 0,0002 t_m$	0,05- 0,038	Минус 150-ден 350-ге дейін	Жанбайтын
Арматураланған көбікті бетон	200-300	$0,055 + 0,0002 t_m$	0,055	Минус 60-тан 300-ге дейін	Жанбайтын
Перлитті, қопсыған, ұсақ құм	110 150 225	$0,052 + 0,00012 t_m$ $0,055 + 0,00012 t_m$ $0,058 + 0,00012 t_m$	0,051-0,038 0,054-0,04 0,057-0,042	Минус 180-нен 875-ке дейін	Жанбайтын

**А.1 кестесі – Жылу оқшаулау материалдары мен бұйымдарының
есепті техникалық сипаттамалары (соңы)**

Көбікті полистиролдан жасалған жылу оқшаулау бұйымдары	30	$0,033 + 0,00018 t_m$	0,032-0,024	Минус 180-нен 70-ке дейін	ЖЗ – Ж4
	50	$0,036 + 0,00018 t_m$	0,035-0,026		
	100	$0,041 + 0,00018 t_m$	0,04-0,03		
Көбікті полиуретаннан жасалған жылу оқшаулау бұйымдары	40	$0,030 + 0,00015 t_m$	0,029-0,024	Минус 180-нен 130-ға дейін	Ж2 – Ж4
	50	$0,032 + 0,00015 t_m$	0,031-0,025		
	70	$0,037 + 0,00015 t_m$	0,036-0,027		
Көбікті полимер минерал	200-250	$0,047 + 0,0002 t_m$	0,047	Минус 60-тан 150-ге дейін	Ж1
Көбіктенген каучуктан жасалған жылу оқшаулау бұйымдары	60-80	$0,034 + 0,0002 t_m$	0,033	Минус 60-тан 125-ке дейін	Ж1 – Ж3
Көбікті полиэтиленнен жасалған жылу оқшаулау бұйымдары	50	$0,035 + 0,00018 t_m$	0,033	Минус 70-тен 70-ке дейін	ЖЗ – Ж4
Инетесімді шыны жаймалар	160-190	0,038-0,057	0,053-0,047	Минус 200-ден 50-ге дейін қоса алғанда	Жанбайтын
Жылу мен дыбыс оқшаулағыш құбырлар	30	$0,036 + 0,0001 t_m$	0,0344	Минус 80-нен 100-ге дейін қоса алғанда	Орташа жанғыш Ж2
Алдын ала көбікті полиуретанмен қызу оқшауланған болат құбырлар	55-60	0,033		Минус 60-тан 150-ге дейін қоса алғанда	Ж2, ЖЗ, Ж4
Конденсатты бұру жүйесі бар жылу оқшаулау бұйымдары	30-60	0,030		Температураның 150-ге дейін қысқа мерзімді жоғарылауымен минус 60-тан 130-ға дейін қоса алғанда	Ж2, ЖЗ, Ж4

ЕСКЕРТПЕ 1 Жылу оқшаулау қабатының орташа температурасы; °С:
 $t_m = (t_{\text{ішкі}} + 40)/2$ – жазғы уақытта ашық жерде, үй-жайда, каналдарда, туннельдерде, ғимараттардың техникалық еден асты қоймаларында, шатырларында және жертөлелерінде,
 $t_m = t_{\text{ішкі}}/2$ – қысқы уақытта ашық жерде, мұндағы $t_{\text{ішкі}}$ – оқшауланатын жабдықтың (құбырдың) ішіндегі орта температурасы.

ЕСКЕРТПЕ 2 Температурасы – 19 °С және одан төмен беттер үшін конструкциядағы жылу оқшаулау материалының есепті жылу өткізгіштігінің көбірек мәні оқшауланатын беттің минус 60-тан 19 °С-қа дейінгі температурасына, ал азырақ мәні минус 61 °С және одан төмен температурасына қатысты болады.

Б ҚОСЫМШАСЫ*(ақпараттық)***Тығыздалатын материалдардан жасалған жылу оқшаулау бұйымдарының қалыңдығы мен көлемін анықтау**

Б.1 Тығыздалатын материалдардан жасалған жылу оқшаулау бұйымының қалыңдығы оны оқшауланатын бетке орнатқанға дейін, K_c тығыздалу коэффициентін есепке ала отырып, келесі формулалар бойынша анықталуы тиіс (мәндер Б.1 кестесінде келтірілген):

- цилиндрлік бет үшін

$$\delta_1 = \delta K_c \frac{d + \delta}{d + 2\delta}; \quad (\text{Б.1})$$

- жайпақ бет үшін

$$\delta_2 = \delta K_c, \quad (\text{Б.2})$$

мұндағы δ_1, δ_2 – жылу оқшаулау бұйымының оқшауланатын бетке орнатқанға дейінгі (тығыздаусыз) қалыңдығы, м;

δ – конструкцияда тығыздалған жылу оқшаулау қабатының есепті қалыңдығы, м;

d – оқшауланатын жабдықтың, құбырдың сыртқы диаметрі, м;

K_c – осы қосымшаның В.1 кестесі бойынша қабылданатын жылу оқшаулау бұйымдарының тығыздалу коэффициенті.

ЕСКЕРТПЕ (Б.1) формуласында $K_c \frac{d + \delta}{d + 2\delta}$ көбейтіндісі бірден аз болған жағдайда, ол бірге тең болып қабылдануы тиіс.

Б.2 Көп қабатты оқшаулау жағдайында бұйымның тығыздалғанға дейінгі қалыңдығы әр қабат үшін жеке анықталуы тиіс. Кейінгі жылу оқшаулау қабатының қалыңдығын анықтау кезінде сыртқы диаметр (d) ретінде алдыңғы қабат оқшаулауының диаметрі қабылданады.

Б.3 Жылу оқшаулау қабаты үшін тығыздалатын материалдардан жасалған жылу оқшаулау бұйымдарының көлемі тығыздалғанға дейін мына формула бойынша анықталуы тиіс:

$$V = V_i K_c, \quad (\text{Б.3})$$

мұндағы V – жылу оқшаулау материалының немесе бұйымының тығыздалғанға дейінгі көлемі, м³;

V_i – жылу оқшаулау материалының немесе бұйымының тығыздауды есепке алғандағы, конструкциядағы көлемі, м³.

Б.1 кестесі – K_c тығыздалу коэффициентінің мәндері

Жылу оқшаулау материалдары мен бұйымдары	K_c тығыздалу коэффициенті
Минерал мақталы сырмалы төсеніштер	1,2
«ТЕХМАТ» жылу оқшаулау төсеніштері	1,35-1,2
Өте жұқа базальт талшықтан жасалған төсеніштер мен кенептер шартты өткіні төмендегідей, мм болатын құбырлар мен жабдыққа төсеу кезінде:	
орташа тығыздығы 23 кг/м^3 болғанда, $D_{\text{ш}} < 800$	3,0
орташа тығыздығы $50-60 \text{ кг/м}^3$ болғанда, дәл сондай	1,5*
орташа тығыздығы 23 кг/м^3 болғанда, $D_{\text{ш}} \geq 800$	2,0
орташа тығыздығы $50-60 \text{ кг/м}^3$ болғанда, дәл сондай	1,5*
Синтетикалық байланыстырғыш негізінде шыны штапель талшықтан жасалған төмендегідей маркалы төсеніштер:	
М-45, 35, 25	1,6
М-15	2,6
«URSA» шыны штапель талшығынан жасалған, төмендегідей маркалы төсеніштер:	
М-11	3,6-4,0*
М-15, М-17	2,6
М-25:	
құбырларға	1,5-1,8**
жабдыққа төсеу кезінде	1,4
Төмендегідей маркалы синтетикалық байланыстырғыш негізіндегі минерал мақталы тақталар:	
35, 50	1,5
75	1,2
100	1,1
125	1,05
Шыны штапель талшықтан жасалған тақталар:	
П-30	1,1
П-15, П-17, и П-20	1,2
75,100,150 маркалы перлитті қопсыған ұсақ құм	1,5
<p>* М-11 маркалы «URSA» төсеніштерінің тығыздалу коэффициенті шартты өткіні 40 мм дейінгі құбырларға төсеу кезінде – 4,0, шартты өткіні 50 мм және одан астам құбырларға төсеу кезінде – 3,6.</p> <p>** М-25 маркалы «URSA» төсеніштерінің тығыздалу коэффициенті шартты өткіні 100 мм дейінгі құбырларға төсеу кезінде – 1,8, шартты өткіні 100 мм-ден астам және 250 мм-ге дейінгі құбырларға төсеу кезінде – 1,6, шартты өткіні 250 мм-ден астам құбырларға төсеу кезінде – 1,5.</p>	

В ҚОСЫМШАСЫ

(ақпараттық)

Құбырлардың жылу оқшаулануын есептеу мысалы

Каналда төселген қос құбырлы жылу желісі үшін, жылу ағынының нормаланған тығыздығын негізге ала отырып, жылу оқшаулаудың қалыңдығын анықтау.

Бастапқы мәліметтер

Жылу тасымалдағыштың орташа жылдық температурасы $t_{\text{орт.1}} = 90^\circ\text{C}$, $t_{\text{орт.2}} = 50^\circ\text{C}$. Каналдың биіктігі – 0,92м, ені – 0,92м, тереңдігі – 1,2 м. 10-кесте бойынша топырақтың жылу өткізгіштік коэффициенті – 2 Вт/(м °C), каналдағы жылу бергіштік коэффициенті – 11 Вт/(м °C) (В.1 кестесі бойынша).

В.1 кестесі – α жылу бергіштік коэффициентінің мәндері, Вт / (м²·°C)

Оқшауланған объект	Жабық үй-жайда		Ашық жерде, жел жылдамдығында ^{в)} , м/с		
	Сәулелену коэффициенті төмен жабындар ^{а)}	Сәулелену коэффициенті жоғары жабындар ^{б)}			
			5	10	15
Горизонтал құбырлар	7	10	20	26	35
Вертикал құбырлар, жабдық, жайпақ қабырға	8	12	26	35	52

^{а)} Оларға мырышпен қапталған болаттан, алюминий қорытпалардан жасалған табақтардан және оксидті пленкасы бар алюминийден жасалған жабындар жатады.

^{б)} Оларға сылақ, асбестті-цементті жабындар, шыны пластиктер, әр түрлі бояулар (алюминий ұнтағы бар бояудан басқа) жатады.

^{в)} Жел жылдамдығы туралы мәліметтер болмаған жағдайда, 10 м/с жылдамдығына сәйкес мәндер қабылданады.

Жылу өткізгіштердің диаметрлері $d_c = 0,377$ м. Жылу желісінің бір жыл ішіндегі жұмыс сағаттарының саны – 5000 сағаттан астам. Жылу оқшаулау – көбікті полиуретаннан жасалған жылу оқшаулау бұйымдары.

$$R_m^{\kappa} = \frac{\ln \left[3,5 \frac{H}{h} \left(\frac{h}{b} \right)^{0,25} \right]}{\left(5,7 + 0,5 \frac{b}{h} \right) \lambda_m};$$

В.1

$$R_{\text{т}}^{\kappa} = \frac{\ln \left[3,5 \cdot \frac{1,2}{0,92} \cdot \left(\frac{0,92}{1,6} \right)^{0,25} \right]}{\left(5,7 + 0,5 \cdot \frac{1,6}{0,92} \right) \cdot 2} = 0,105$$

$R_{\text{к}}^{\text{т}}$, м·°C/Вт каналдың бетіне ауаның жылу беруіне термиялық кедергіні мына формула бойынша анықтайды:

$$R_{\text{кан}} = \frac{1}{\pi \alpha_{\kappa} \cdot \frac{2bh}{b+h}}; \quad \text{B.2}$$

$$R_{\text{кан}} = \frac{1}{3,14 \cdot 11 \cdot \frac{2 \cdot 1,6 \cdot 0,92}{1,6 + 0,92}} = 0,247$$

$R_{\text{с}}$, м·°C/Вт беруші құбырдың оқшаулау бетінің жылу беруіне термиялық кедергіні мына формула бойынша анықтайды:

$$R_{\text{с1}}^L = \frac{1}{2\pi \alpha_{\kappa} (d_1 + 2\delta_{\text{окш.1}})} \quad \text{B.3}$$

$$R_{\text{і}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 11 \cdot (0,377 + 0,1)} = 0,03$$

$t_{\text{кан}}$, °C каналдағы ауа температурасын мына формула бойынша анықтайды:

$$t_{\text{кан}} = t_{\text{с}} + K(\bar{q}_1^L + \bar{q}_2^L) \cdot (R_{\text{кан}} + R_{\text{т}}) \quad \text{B.4}$$

$$t_{\text{кан}} = 5 + 1,15 \cdot (50 + 20) \cdot (0,247 + 0,03) = 15,45$$

$$\ln B_1 = 2\pi \lambda_{\text{окш.}} \cdot \left(\frac{t_{\text{с1}} - t_{\text{кан}}}{\bar{q}_1^L} - R_{\text{н1}}^L \right);$$

Формула бойынша анықталады:

$$\ln \frac{d_{\text{н1}}^{\text{окш.}}}{d_{\text{н1}}} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,035 \left(\frac{90 - 15,45}{50} - 0,03 \right) = 0,035$$

$$\frac{d_{\text{н1}}^{\text{окш.}}}{d_{\text{н1}}} = 1,388$$

Бұдан келіп шығатыны: $B_1 =$

Натурал логарифмдер кестесі бойынша B_1 анықтай отырып, $\delta_{\text{окш.}}$ жылу оқшаулаудың талап етілетін қалыңдығын мына формула бойынша есептеп шығарады:

$$\delta_{\text{окш.1}} = \frac{d_1 (B_1 - 1)}{2}, \quad \text{B.5}$$

$$\delta_{\text{окш.}} = \frac{0,377 \cdot (1,388 - 1)}{2} = 0,073$$

Кері ағынды желілік су құбыры оқшаулауының қалыңдығын тікелей желілік су құбырының қалыңдығына тең етіп қабылдайды.

Г ҚОСЫМШАСЫ

(ақпараттық)

Г.1 кестесі – Жабдық пен құбырларға арналған жылу оқшаулау конструкцияларының шекті қалыңдықтары

Сыртқы диаметрі, мм	Құбыр төсеу тәсілі					
	Жер үсті		Туннельде		Адам өте алмайтын каналда	
	Төмендегідей температурадағы, °С					
	жылу оқшаулау қабатының шекті қалыңдығы, мм					
	19 және одан төмен	20 және одан астам	19 және одан төмен	20 және одан астам	150-ге дейін қоса алғанда	151 және одан астам
18	80	80	80	80	50	60
25	120	120	100	100	60	80
32	140	140	120	100	80	100
45	140	140	120	100	80	100
57	150	150	140	120	90	120
76	160	160	160	140	90	140
89	180	170	180	160	100	140
108	180	180	180	160	100	160
133	200	200	180	160	100	160
159	220	220	200	160	120	180
219	230	230	200	180	120	200
273	240	230	220	180	120	200
325	240	240	240	200	120	200
377	260	240	260	200	120	200
426	280	250	280	220	140	220
476	300	250	300	220	140	220
530	320	260	320	220	140	220
630	320	280	320	240	140	220
720	320	280	320	240	140	220
820	320	300	320	240	140	220
920	320	300	320	260	140	220
1020 және одан астам	320	320	320	260	140	220
<p>ЕСКЕРТПЕ 1 Каналдарда орналасқан құбырлар үшін оқшаулау қалыңдығы тасымалданатын заттардың оң температураларына арнап көрсетілген. Тасымалданатын заттары теріс температурадағы құбырлар үшін шекті қалыңдықтар туннельдерде төсеу кезіндегідей қабылдануы тиіс.</p> <p>ЕСКЕРТПЕ 2 Оқшаулаудың есепті қалыңдығы шекті қалыңдықтан артық болған жағдайда, неғұрлым тиімдірек жылу оқшаулау материалын алу және, бұл технологиялық үдеріс шарттары бойынша мүмкін болса, жылу оқшаулаудың шекті қалыңдығымен шектелуі қажет.</p>						

Д ҚОСЫМШАСЫ

(ақпараттық)

**Д.1 кестесі – Жылу оқшаулаудың қорғаныстық жабындарының
номенклатурасы, техникалық сипаттамалары және
болжалды қызмет ету мерзімі**

Материал	Жанғыштық тобы	Қолданылатын қалыңдық, мм	Қызмет ету мерзімі, жыл	
			Үй-жайдан тыс	Үй-жайда
Металдан жасалған				
Алюминийден және алюминий қорытпалардан жасалған табақтар	Жанбайтын	0,3-1,0	12-15	14-17
Алюминийден және алюминий қорытпалардан жасалған таспалар	Жанбайтын	0,3-1,0	10-12	12-14
Үздіксіз жолақтардан тұратын мырышпен қапталған жұқа табақты болат	Жанбайтын	0,35-0,1	10-12	12-14
Полимер жабынды суықтай илемделген орама болат (металл қатпар)	Қиын жанатын	0,8-1,3	6-7	10-12
Электролиттік тұрғыдан мырышпен қапталған, суықтай илемделген жұқа табақты прокат	Жанбайтын	0,7-1,0	10-12	12-14
Жабындық жұқа табақты суықтай илемделген прокат (боялған)	Жанбайтын	0,7-1,2	6-7	10-12
Синтетикалық полимерлер негізінде				
Орама шыны пластик	Қиын жанатын	Беттік тығыздығы 0,41-1,1 г/м ²	6-8	8-9
Орама шыны пластик	Қиын жанатын	Беттік тығыздығы 0,25 г/м ²	5-6	6-8
Жылу оқшаулағыш шыны пластик	Қиын жанатын	0,25-0,5	6-8	8-9
ФСП шыны пластигі	Жанғыш	0,6	5-6	6-8
КАСТ-В,КАСТ-В-ТЭ шыны тексолиті	Жанғыш	0,5-1,2	6-8	8-9
Табақтық жамылғы шыны тексолит	Қиын жанатын	0,3-0,8	6-8	8-9

**Д.1 кестесі. Жылу оқшаулаудың қорғаныстық жабындарының
номенклатурасы, техникалық сипаттамалары және
болжалды қызмет ету мерзімі (жалғасы)**

Материал	Жанғыштық тобы	Қолданылатын қалыңдық, мм	Қызмет ету мерзімі, жыл	
			Үй-жайдан тыс	Үй-жайда
Каландрленген винипласт пленка	Жанғыш	0,4-1,0	3-4	5-6
Жылу оқшаулау жабынына арналған қайталама поливинилхлорид шикізаттан жасалған пленка	Жанғыш	1,3	3-4	5-6
Табиғи полимерлер негізінде				
Изол	Жанғыш	2	2-3	4-6
РКК-350, РКК-400 маркалы рубероид	Жанғыш	2,0-3,0	2-3	6-7
Жабындық пергамин	Жанғыш	1,0-1,5	2-3	4-6
Шыны рубероид	Жанғыш	2,5	3-4	6-8
Минералды				
Жылу оқшаулау конструкцияларына арналған тексолиттік шыны цемент	Жанбайтын	1 ,5-2,0	5-6	8-10
Жылу оқшаулау жабынына арналған СЦ-ХЛД, СЦ-КЛП маркалы синтезделген цемент	Қиын жанатын	1,8-2,5	5-6	8-10
Асбестті-цементті табақтар	Жанбайтын	6-10	6-8	8-10
Асбестті-цементті толқынды табақтар	Жанбайтын	5-8	6-8	8-10
Асбестті-цементті, құмды-цементті сылақтар	Жанбайтын	10-20	4-5	8-10
Қабатталған				
Жылу оқшаулау конструкцияларына арналған қабатталған алюминий жұқалтыр	Қиын жанатын	0,5-1,5	4-5	6-7
Фольгоизол	Жанғыш	2,0-2,5	4-6	6-7
Фольгорубероид	Жанғыш	1,5-2,0	5-6	6-8
АСТ маркалы фольгоизол	Қиын жанатын	0,25	4-5	6-7

УДК 699.86

МКС 91.120

Негізгі сөздер: жылу оқшаулау, жабдық, құбырлар, бу өткізгіштік, температураға төзімділік, жамылғы қабаты, бу оқшаулау қабаты, сақтандыру қабаты, функционалдық талаптар

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	
1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ	1
2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ	2
3 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	3
4 ПРИЕМЛЕМЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ	3
4.1 Обеспечение механической безопасности	3
4.2 Обеспечение требований пожарной безопасности	7
4.3 Обеспечение требований к теплотехническим материалам по защите здоровья человека, гигиене, охране окружающей среды и пригодности к эксплуатации	8
4.4 Обеспечение безопасности и доступности при выборе материалов	9
4.5 Обеспечение экономии энергии и сокращения расхода тепла	9
4.6 Методы рационального использования природных ресурсов	10
5 МЕТОДЫ РАСЧЕТА ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ И ТРУБОПРОВОДОВ	11
5.1 Расчётные формулы стационарной теплопередачи в теплоизоляционных конструкциях	11
5.2 Расчет тепловой изоляции трубопроводов и оборудования	14
5.2.1 Расчет тепловой изоляции по нормированной плотности теплового потока	15
5.2.2 Расчет толщины изоляции по заданной величине снижения (повышения) температуры вещества, транспортируемого трубопроводами	18
5.2.3 Расчет толщины изоляции по заданной температуре ее поверхности	19
5.2.4 Расчет толщины изоляции, предотвращающей конденсацию влаги из воздуха на ее поверхности	21
5.3 Расчет тепловой изоляции трубопроводов тепловых сетей	22
5.3.1 Надземная прокладка	22
5.3.2 Подземная прокладка в непроходных каналах	23
5.3.3 Подземная бесканальная прокладка	26
ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное) Расчетные технические характеристики теплоизоляционных материалов и изделий	28
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (информационное) Определение толщины и объема изделий из уплотняющихся материалов	30
ПРИЛОЖЕНИЕ В (информационное) Пример расчета тепловой изоляции трубопроводов	32
ПРИЛОЖЕНИЕ Г (информационное) Предельные толщины теплоизоляционных конструкций для оборудования и трубопроводов	34
ПРИЛОЖЕНИЕ Д (информационное) Номенклатура, технические характеристики и срок службы защитных покрытий тепловой изоляции	35

ВВЕДЕНИЕ

Настоящий свод правил разработан с учетом современных тенденций в проектировании промышленной тепловой изоляции и рекомендаций международных организаций по стандартизации и нормированию. Нормативный документ содержит приемлемые строительные решения по механической и пожарной безопасности, экономии энергии и сокращении расхода тепла, рациональному использованию природных ресурсов. В документе приведены методы расчета толщины тепловой изоляции оборудования и трубопроводов по: нормированной плотности теплового потока; заданной величине снижения (повышения) температуры вещества, транспортируемого трубопроводами; заданной температуре ее поверхности. В свод правил включены расчетные характеристики теплоизоляционных материалов, правила определения объема и толщины уплотняющихся волокнистых теплоизоляционных материалов в зависимости от коэффициента уплотнения, предельные толщины теплоизоляционных конструкций для оборудования и трубопроводов. Приведен пример расчета тепловой изоляции, номенклатура, технические характеристики и срок службы защитных покрытий тепловой изоляции.

СП РК 4.02-102-2012

ДЛЯ ЗАМЕТОК

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ЕРЕЖЕЛЕР ЖИНАҒЫ
СВОД ПРАВИЛ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ И
ТРУБОПРОВОДОВ
EQUIPMENT AND PIPELINES HEAT INSULATION DESIGLING**

Дата введения 2015-07-01

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.1 Настоящий свод правил разработан в соответствии с международными принципами нормирования, в поддержку государственных нормативов в области архитектуры, градостроительства и строительства и направлен на устранение технических барьеров в международном сотрудничестве в области строительства.

1.2 Настоящий свод правил рекомендует технические решения и предлагает способы достижения их соответствия функциональным требованиям СН РК 4.02-02. Предлагает приемлемые строительные решения обеспечивающие достижение минимального уровня рабочих характеристик тепловой изоляции оборудования и трубопроводов.

1.3 Приемлемые строительные решения не являются единственным способом выполнения требований СН РК 4.02-02 и не ограничивают применение материалов и технологий, отвечающих требованиям безопасности, надежности и долговечности.

1.4 Настоящий свод правил рекомендуется соблюдать при проектировании тепловой изоляции наружной поверхности оборудования, трубопроводов, газоходов и воздухопроводов, расположенных в зданиях, сооружениях и на открытом воздухе с температурой содержащихся в них веществ от минус 180 до 600⁰С, в том числе трубопроводов тепловых сетей при всех способах прокладки и предназначенной для обеспечения их эксплуатационной надежности, безопасной эксплуатации и необходимого уровня энергосбережения. При проектировании следует соблюдать требования к тепловой изоляции, содержащиеся в нормах технологического проектирования и других нормативных документах, действующих на территории стран-членов ЕАЭС.

1.5 Настоящий свод правил не распространяется на проектирование тепловой изоляции оборудования и трубопроводов, содержащих и транспортирующих взрывчатые вещества, изотермических хранилищ сжиженных газов, зданий и помещений для производства и хранения взрывчатых веществ, атомных станций и установок.

2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

Для применения настоящего свода правил необходимы следующие ссылочные нормативные документы:

Технический регламент «Требования к безопасности зданий и сооружений, строительных материалов и изделий» от 17.11 2010 г. № 1202.

Технический регламент «Общие требования к пожарной безопасности» от 16.01.2009 г. № 14.

EN 15316-1:2007 Системы отопления в зданиях - Методика расчета энергетической системы требований и эффективности системы - Часть 1.

EN 15316-3-3 Системы отопления в зданиях - Методика расчета энергетической системы требований и эффективности системы - Часть 3-3: горячего водоснабжения, отопления.

EN 15316-4-4 Отопительные системы в зданиях - Методика расчета энергетической системы требований и эффективности системы - Часть 4-4: Системы тепловой энергии, строительно-интегрированной системы когенерации.

СН РК EN 1991-1-5:2003/2011 с Национальным приложением. Воздействия на несущие конструкции. Часть 1-5. Общие воздействия. Температурные воздействия.

СН РК 1.01-01-2011 Государственные нормативы в области архитектуры, градостроительства и строительства. Основные положения.

СН РК 4.02-02-2011 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов.

СНиП РК 41-02-2003 Тепловые сети.

СНиП 41-03-2003 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов.

СНиП РК 2.04.01-2001 Строительная климатология.

СП РК 4.02-102-2003 Проектирование тепловой изоляции оборудования и трубопроводов.

ГОСТ 618–73 Фольга алюминиевая для технических целей. Технические условия.

ГОСТ 4640–93 (изд. 2004) Вата минеральная. Технические условия.

ГОСТ 10499-95 (изд. 2004) Изделия теплоизоляционные из стеклянного штапельного волокна. Технические условия.

ГОСТ 17314–81 Устройства для крепления тепловой изоляции стальных сосудов и аппаратов. Конструкция и размеры. Технические требования.

ГОСТ 30732–2001 Трубы и фасонные изделия стальные с тепловой изоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке. Технические условия.

ПРИМЕЧАНИЕ При пользовании настоящим сводом правил 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 настоящим сводом правил 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 настоящем своде правил применяются термины с соответствующими определениями по СН РК 4.02-02.

4 ПРИЕМЛЕМЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ

4.1 Обеспечение требований механической безопасности

4.1.1 Конструкция тепловой изоляции трубопроводов при бесканальной прокладке должна обладать прочностью на сжатие не менее 0,4 МПа.

При выборе материала теплоизоляционного слоя, поверхности с температурой от 19 до 0°C рекомендуется относить к поверхностям с отрицательными температурами.

4.1.2 Для оборудования и трубопроводов, подвергающихся ударным воздействиям и вибрации, рекомендуется применять теплоизоляционные изделия на основе базальтового супертонкого или асбестового волокна или другие материалы, вибростойкость которых в условиях эксплуатации подтверждена результатами испытаний, выполненных аккредитованными организациями.

Для объектов, подвергающихся вибрации, при применении штукатурных защитных покрытий целесообразно предусматривать оклейку штукатурного защитного покрытия с последующей окраской.

4.1.3 Применение металлического покровного слоя при подземной бесканальной прокладке и прокладке трубопроводов в непроходных каналах не рекомендуется.

Покровный слой из тонколистового металла с наружным полимерным покрытием не рекомендуется применять в местах, подверженных прямому воздействию солнечных лучей.

4.1.4 Покровный слой рекомендуется не предусматривать в теплоизоляционных конструкциях на основе изделий из волокнистых материалов с покрытием (кэшированных) из алюминиевой фольги или стеклоткани (стеклохолста, стеклорогожи) и вспененного синтетического каучука для изолируемых объектов, расположенных в помещениях, тоннелях, подвалах и чердаках зданий, и при канальной прокладке трубопроводов.

4.1.5 При применении теплоизоляционных материалов из вспененных полимеров с закрытыми порами необходимость применения пароизоляционного слоя должна быть обоснована расчетом. При исключении пароизоляционного слоя целесообразно предусматривать герметизацию стыков изделий материалами, не пропускающими водяные пары.

4.1.6 Для элементов оборудования и трубопроводов, требующих в процессе эксплуатации систематического наблюдения, предусматривают сборно-разборные съемные теплоизоляционные конструкции.

Съемные теплоизоляционные конструкции целесообразно применять для изоляции люков, фланцевых соединений, арматуры, сальниковых и сильфонных компенсаторов трубопроводов, а также в местах измерений и проверки состояния изолируемых поверхностей.

4.1.7 Конструкция тепловой изоляции должна исключать её деформацию и сползание теплоизоляционного слоя в процессе эксплуатации. В составе

теплоизоляционных конструкций оборудования и трубопроводов, как правило, предусматриваются опорные элементы и разгружающие устройства, обеспечивающие механическую прочность и эксплуатационную надежность конструкций.

На вертикальных участках трубопроводов и оборудования опорные конструкции рекомендуется предусматривать через каждые 3 – 4 м по высоте.

Для компенсации напряжений, возникающих в конструкции вследствие различия коэффициентов температурного расширения материалов изолируемого объекта и материалов теплоизоляционной конструкции для сохранения целостности теплоизоляционных конструкций следует предусматривать компенсационные температурные швы: при температуре изолируемой поверхности до 200°C – через 5 м; 200-300°C – через 4 м; 300-400°C – через 2,7 м; более 400°C – через – 2 м.

4.1.8 В конструкциях тепловой изоляции оборудования и трубопроводов с отрицательными температурами веществ не рекомендуется применять металлические крепежные детали, проходящие через всю толщину теплоизоляционного слоя. Крепежные детали или их части целесообразно предусматривать из материалов с теплопроводностью не более 0,23 Вт/(м·°C).

Деревянные крепежные детали рекомендуется обрабатывать антипиреном и антисептическим составом.

Элементы крепления, изготовленные из углеродистой стали, как правило, имеют антикоррозийное покрытие.

4.1.9 Детали, предусматриваемые для крепления теплоизоляционной конструкции на поверхности с отрицательными температурами, как правило, имеют антикоррозионное покрытие или изготавливаться из коррозионно-стойких материалов.

Крепежные детали, соприкасающиеся с изолируемой поверхностью, рекомендуется предусматривать:

- для поверхностей с температурой от минус 40 до 400°C – из углеродистой стали;
- для поверхностей с температурой выше 400 и ниже минус 40°C – из того же материала, что и изолируемая поверхность.

Элементы крепления теплоизоляционного слоя и покровному слою теплоизоляционных конструкций оборудования и трубопроводов, расположенных на открытом воздухе в районах с расчетной температурой окружающего воздуха ниже минус 40°C, целесообразно применять из легированной стали или алюминия.

4.1.10 Конструкция покровного слоя тепловой изоляции, как правило, допускают возможность компенсации температурных деформаций изолируемого объекта и теплоизоляционной конструкции.

Температурные швы в защитных покрытиях горизонтальных трубопроводов рекомендуется предусматривать у компенсаторов, опор и поворотов, а на вертикальных трубопроводах – в местах установки опорных конструкций.

При изоляции жесткими формованными изделиями целесообразно предусматривать вставки из волокнистых материалов в местах устройства температурных швов.

4.1.11 Выбор материала покровному слою теплоизоляционных конструкций оборудования и трубопроводов, расположенных на открытом воздухе в районах с расчетной температурой окружающего воздуха минус 40°C и ниже, рекомендуется производить с учетом температурных пределов применения материалов по действующим

нормативным документам.

4.1.12 Конструкция крепления покровного слоя тепловой изоляции оборудования и трубопроводов с отрицательными температурами веществ должна исключать возможность повреждения пароизоляционного слоя в процессе эксплуатации.

4.1.13 Для оборудования и трубопроводов с отрицательными температурами при применении пароизоляционного слоя из рулонных материалов без сплошной наклейки целесообразно предусматривать герметизацию швов пароизоляционного слоя; при температуре изолируемой поверхности ниже минус 60°C следует также предусматривать герметизацию швов покровного слоя герметиками или пленочными клеящимися материалами.

4.1.14 Конструкция тепловой изоляции оборудования и трубопроводов с положительными температурами не должна иметь сквозных теплопроводных включений.

При проектировании опорных полок и разгружающих устройств в составе теплоизоляционных конструкций оборудования и трубопроводов с положительными температурами следует предусматривать конструктивные элементы в виде прокладок или опор из малотеплопроводных материалов, предотвращающих увеличение плотности теплового потока и температуры на поверхности теплоизоляционной конструкции в местах прохождения теплопроводных включений.

4.1.15 Для бесканальной прокладки трубопроводов тепловых сетей в сухих грунтах, возможно применение изоляции из штучных формованных изделий (скорлупы, сегменты) из пенополиуретана или полимербетона с водонепроницаемым покровным слоем при этом теплоизоляционные изделия следует укладывать на водостойких и температуростойких мастиках и клеях.

4.1.16 Для оборудования и трубопроводов, подвергающихся ударным воздействиям и вибрации, рекомендуется применять теплоизоляционные изделия на основе базальтового супертонкого или асбестового волокна.

Число слоев пароизоляционного материала в теплоизоляционных конструкциях для оборудования и трубопроводов с отрицательными температурами содержащихся в них веществ рекомендуется принимать по таблице 1.

Таблица 1 – Число слоев пароизоляционного материала в зависимости от температуры изолируемой поверхности и срока эксплуатации

Гидроизоляционный материал	Толщина, мм	Число слоев пароизоляционного материала в теплоизоляционной конструкции					
		От минус 60 до 19°C		От минус 61 до минус 100°C		ниже минус 100°C	
		8 лет	12 лет	8 лет	12 лет	8 лет	12 лет
Полиэтиленовая пленка	0,15-0,2	2	2	2	2	3	-
Пленка поливинилбутиральная клеящая	0,21-0,3	1	2	2	2	2	3
Пленка полиэтиленовая термоусадочная	0,31-0,5	1	1	1	1	2	2
Фольга алюминиевая	0,06-0,1	1	2	2	2	2	2

Таблица 1 – Число слоев пароизоляционного материала в зависимости от температуры изолируемой поверхности и срока эксплуатации (окончание)

Изол	2	1	2	2	2	2	2
Рубероид	1	3	-	-	-	-	-
	1,5	2	3	3	-	-	-
<p>ПРИМЕЧАНИЕ 1 Допускается применение других материалов, обеспечивающих уровень сопротивления паропрооницанию не ниже, чем у приведенных в таблице.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 2 Для материалов с закрытой пористостью, имеющих коэффициент паропрооницаемости менее 0,1 мг/(м·ч·Па), во всех случаях принимается один пароизоляционный слой.</p>							

Для объектов, подвергающихся вибрации, при применении штукатурных защитных покрытий следует предусматривать оклейку штукатурного защитного покрытия с последующей окраской.

В конструкциях тепловой изоляции, предназначенных для обеспечения заданной температуры на поверхности изоляции, в качестве покровного слоя рекомендуется применять материалы со степенью черноты не ниже 0,9 (с коэффициентом излучения не ниже 5,0 Вт/(м²·К⁴).

При бесканальной прокладке трубопроводов теплопроводность основного слоя определяется в зависимости от вида теплоизоляционного материала и типа грунта в соответствии с таблицей 2.

Толщину металлических листов, лент, применяемых для покровного слоя, в зависимости от наружного диаметра или конфигурации теплоизоляционной конструкции рекомендуется принимать по таблице 3.

Таблица 2 – Коэффициент увлажнения K

Материал теплоизоляционного слоя	Коэффициент увлажнения K		
	Тип грунта		
	Маловлажный	Влажный	Насыщенный водой
Пенополиуретан	1,0	1,0	1,0
Армопенобетон	1,05	1,05	1.1
Пенополимерминерал	1,05	1,05	1.1

Таблица 3 – Толщина металлических листов для покровного слоя тепловой изоляции

Материал покровного слоя	Толщина листа, не менее, при диаметре изоляции, мм			
	350 и менее	Св. 350 до 600	Св. 600 до 1600	Св. 1600 и плоские поверхности
Листы и ленты из нержавеющей стали	0,5	0,5	0,8	0,8
Листы из тонколистовой стали с полимерным покрытием	0,5	0,8	0,8	1,0
Листы из алюминия и алюминиевых сплавов	0,3	0,5	0,8	1,0
Ленты из алюминия и алюминиевых сплавов	0,25	0,3	0,8	1,0

Листы и ленты из алюминия и алюминиевых сплавов толщиной 0,25 – 0,3 мм рекомендуется применять гофрированными. Штукатурный покровный слой теплоизолированной поверхности, расположенной в помещении, должен быть оклеен тканью. Толщину штукатурного покрытия при укладке по жестким или волокнистым материалам в зависимости от диаметра изолируемого объекта рекомендуется принимать по таблице 4.

Таблица 4 – Толщина штукатурного покрытия

Вид изоляционного материала (основание)	Толщина штукатурного покрытия, мм		
	Вид изолируемого объекта		
	Трубопроводы наружным диаметром, мм		Оборудование
	до 133 вкл.	159 и более	
Жесткие изделия	10	15	20
Волокнистые изделия	15	15—20	20—25

4.2 Обеспечение требований пожарной безопасности

4.2.1 Материалы, используемые в теплоизоляционных конструкциях не должны выделять в процессе эксплуатации пожароопасные и взрывоопасные вещества в количествах, превышающих предельно допустимые концентрации.

4.2.2 Теплоизоляционные конструкции из материалов с группой горючести Г3 и Г4 не рекомендуется предусматривать для оборудования и трубопроводов, расположенных:

- а) в зданиях, кроме зданий IV степени огнестойкости, многоквартирных жилых домов и охлаждаемых помещений холодильников;
- б) в наружных технологических установках, кроме отдельно стоящего оборудования;
- в) на эстакадах и галереях при наличии кабелей и трубопроводов, транспортирующих горючие вещества.

При этом возможно применение горючих материалов группы Г3 или Г4 для:

- пароизоляционного слоя толщиной не более 2 мм;
- слоя окраски или пленки толщиной не более 0,4 мм;
- покровного слоя трубопроводов, расположенных в технических подвальных этажах и подпольях с выходом только наружу в зданиях I и II степеней огнестойкости при устройстве вставок длиной 3м из негорючих материалов не более чем через 30м длины трубопровода;
- теплоизоляционного слоя из заливочного пенополиуретана и покровном слое из оцинкованной стали в наружных технологических установках.

Покровный слой из слабогорючих материалов группы Г1 и Г2, применяемых для наружных технологических установок высотой 6 м и более, рекомендуется на основе стеклоткани.

4.2.3 Для трубопроводов надземной прокладки при применении теплоизоляционных конструкций из горючих материалов группы Г3 и Г4, целесообразно предусматривать:

- вставки длиной 3 м из негорючих материалов не более чем через 100 м длины трубопровода;

- участки теплоизоляционных конструкций из негорючих материалов на расстоянии не менее 5 м от технологических установок, содержащих горючие газы и жидкости.

При пересечении трубопроводом противопожарной преграды рекомендуется предусматривать теплоизоляционные конструкции из негорючих материалов в пределах размера противопожарной преграды.

При применении конструкций теплопроводов в тепловой изоляции из горючих материалов в негорючей оболочке, как правило, противопожарные вставки не предусматриваются.

4.3 Обеспечение требований к теплотехническим материалам по защите здоровья человека, гигиене, охране окружающей среды и пригодности к эксплуатации

4.3.1 Материалы, используемые в теплоизоляционных конструкциях не должны выделять в процессе эксплуатации вредные, неприятно пахнущие вещества в количествах, превышающих предельно допустимые концентрации, а также болезнетворные бактерии, вирусы и грибки.

4.3.2 При проектировании объектов с повышенными санитарно-гигиеническими требованиями к содержанию пыли в воздухе помещений в конструкциях теплоизоляции не рекомендуется применение материалов, загрязняющих воздух в помещениях.

Целесообразно применение теплоизоляционных изделий на основе тонких и супертонких минеральных (базальтовых и стеклянных) волокон, изделий из супертонкого минерального волокна в обкладках со всех сторон из стеклянной или кремнеземной ткани и под герметичным защитным покрытием или других материалов, соответствие которых, указанным санитарно-гигиеническим требованиям подтверждено результатами испытаний, выполненных аккредитованными организациями.

4.3.3 Под покровный слой из неметаллических материалов в помещениях хранения и переработки пищевых продуктов, как правило, предусматривают установку сетки стальной из проволоки диаметром не менее 1 мм с ячейками размером не более 12х12 мм.

4.3.4 При проектировании тепловой изоляции рекомендуется учитывать возможность коррозионного воздействия теплоизоляционного материала или входящих в его состав химических веществ на металлические поверхности оборудования и трубопроводов в присутствии влаги. В зависимости от материала изолируемой поверхности (сталь углеродистая, сталь легированная, цветные металлы и сплавы) и вида коррозии (окисление, щелочная коррозия, растрескивание под напряжением) в техническом задании на проектирование целесообразно указывать требования по ограничению содержания в теплоизоляционном материале водорастворимых хлоридов, фторидов, свободных щелочей и pH материала.

4.3.5 Расчетные характеристики теплоизоляционных материалов и изделий, применяемых для изоляции оборудования и трубопроводов надземной и подземной прокладок, рекомендуется принимать с учетом плотности в конструкции, влажности в условиях эксплуатации, швов и влияния мостиков холода элементов крепления.

4.3.64 Для теплоизоляционных конструкций, подвергающихся воздействию агрессивных сред, целесообразно предусматривать защиту металлических покрытий от

коррозии.

При использовании в качестве покровного слоя стали тонколистовой оцинкованной толщина цинкового покрытия выбирается с учётом степени агрессивного воздействия среды и предполагаемого срока службы покровного слоя, но не менее 20 мкм.

При применении в качестве покровного слоя листов и лент из алюминия и алюминиевых сплавов и теплоизоляционного слоя в стальной неокрашенной сетке или при устройстве каркаса следует предусматривать установку под покровный слой прокладки из рулонного материала или окраску покровного слоя изнутри битумным лаком.

4.3.7 Изделия из минеральной ваты (каменной ваты и стекловолокна), применяемые в качестве теплоизоляционного слоя для трубопроводов подземной канальной прокладки должны быть гидрофобизированы.

Не допускается применение теплоизоляционных материалов подверженных деструкции при взаимодействии с влагой (асбестосодержащая мастичная изоляция, изделия известково-кремнеземистые, перлитцементные и совелитовые).

4.4 Обеспечение безопасности и доступности при выборе материалов

4.4.1 Соответствие материалов, применяемых в качестве теплоизоляционного и покровного слоев в составе теплоизоляционных конструкций оборудования и трубопроводов требованиям к качеству продукции, санитарно-гигиеническим требованиям и требованиям пожарной безопасности должно быть подтверждено результатами испытаний, выполненных аккредитованными организациями.

4.4.2 Не целесообразно применять асбестосодержащие теплоизоляционные материалы для конструкций тепловой изоляции оборудования и трубопроводов с отрицательными температурами содержащихся в них веществ, и для изоляции трубопроводов подземной прокладки в непроходных каналах.

4.4.3 При выборе теплоизоляционных материалов и покровных слоев рекомендуется учитывать стойкость элементов теплоизоляционной конструкции к химически агрессивным факторам окружающей среды, включая возможное воздействие веществ, содержащихся в изолируемом объекте.

Не рекомендуется применение теплоизоляционных материалов, содержащих органические вещества, для изоляции конструкций оборудования и трубопроводов, содержащих сильные окислители (жидкий кислород).

Для металлических покрытий, как правило, предусматривается антикоррозионная защита или выбирается материал, не подверженный воздействию агрессивной среды.

4.5 Обеспечение экономии энергии и сокращения расхода тепла

4.5.1 В конструкциях теплоизоляции оборудования и трубопроводов с температурами содержащихся в них веществ в диапазоне от 20°C до 300°C для всех способов прокладки (кроме бесканальной), рекомендуется применять теплоизоляционные материалы и изделия с плотностью не более 200 кг/м³ и коэффициентом

теплопроводности в сухом состоянии не более 0,06 Вт/(м·К) при средней температуре 25°C.

Допускается применение асбестовых шнуров для изоляции трубопроводов условным проходом до 50 мм включительно.

4.5.2 В качестве первого теплоизоляционного слоя многослойных конструкций теплоизоляции оборудования и трубопроводов с температурами содержащихся в них веществ в диапазоне от 300°C и более допускается применять теплоизоляционные материалы и изделия с плотностью не более 350 кг/м³ и коэффициентом теплопроводности при средней температуре 300°C не более 0,12 Вт/(м·К).

4.5.3 В качестве второго и последующих теплоизоляционных слоев конструкций теплоизоляции оборудования и трубопроводов с температурой содержащихся в них веществ 300°C и более для всех способов прокладки, (кроме бесканальной), рекомендуется применять теплоизоляционные материалы и изделия с плотностью не более 200 кг/м³ и коэффициентом теплопроводности при средней температуре 125°C не более 0,08 Вт/(м·К).

4.5.4 Для теплоизоляционного слоя трубопроводов с положительной температурой при бесканальной прокладке целесообразно применять материалы с плотностью не более 400 кг/м³ и теплопроводностью не более 0,07 Вт/(м·К) при температуре материала 25°C и влажности, указанной в соответствующих государственных стандартах или технических условиях.

4.5.5 Для теплоизоляционного слоя оборудования и трубопроводов с отрицательными температурами рекомендуется применять теплоизоляционные материалы и изделия с плотностью не более 200 кг/м³ и расчетной теплопроводностью в конструкции не более 0,05 Вт/(м·К) при температуре веществ минус 40°C и выше и не более 0,04 Вт/(м·К) - при минус 40°C.

4.5.6 В конструкциях тепловой изоляции, предназначенных для обеспечения заданной температуры на поверхности изоляции, в качестве покровного слоя рекомендуется применять материалы со степенью черноты не ниже 0,9 (с коэффициентом излучения не ниже 5,0 Вт/(м²·К⁴).

4.5.7 При бесканальной прокладке предварительно изолированные трубопроводы с изоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке должны быть снабжены системой оперативного дистанционного контроля влажности изоляции (ОДК).

4.6 Методы рационального использования природных ресурсов

Для экономного и рационального использования природных ресурсов при проектировании тепловой изоляции наружной поверхности оборудования с температурой содержащихся в них веществ от минус 180 до 600°C назначение параметров теплоизоляционного слоя рекомендуется производить расчетными методами:

а) по нормированной плотности теплового потока через изолированную поверхность оборудования и трубопроводов;

б) по заданному значению теплового потока;

в) по заданной температуре на поверхности изоляции;

г) с целью предотвращения конденсации влаги из окружающего воздуха на покровном слое тепловой изоляции оборудования и трубопроводов, содержащих вещества с температурой ниже температуры окружающего воздуха;

д) по заданному значению снижения (повышения) температуры вещества, транспортируемого трубопроводами;

е) по заданному значению охлаждения (нагрева) вещества, сохраняемого в емкостях в течение определенного времени;

ж) по заданному времени приостановки движения жидкого вещества в трубопроводах в целях предотвращения его замерзания или увеличения вязкости;

к) по заданному количеству конденсата в паропроводах;

л) с целью предотвращения конденсации влаги на внутренних поверхностях объектов, транспортирующих газообразные вещества, содержащие водяные пары и газы, которые при растворении в сконденсированных водяных парах могут привести к образованию агрессивных продуктов.

5 МЕТОДЫ РАСЧЕТА ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ И ТРУБОПРОВОДОВ

5.1 Расчётные формулы стационарной теплопередачи в теплоизоляционных конструкциях

Поверхностная плотность теплового потока через плоские поверхности рассчитывается по формулам:

- однослойная плоская стенка

$$q_F = \frac{t_{\text{с}} - t_{\text{н}}}{R_{\text{вн}} + R_{\text{см}} + R_{\text{уз}} + R_{\text{н}}}, \quad (1)$$

- многослойная плоская стенка из n слоев

$$q_F = \frac{t_{\text{с}} - t_{\text{н}}}{R_{\text{вн}} + R_{\text{см}} + \sum_{i=1}^n R_i + R_{\text{н}}}, \quad (2)$$

Линейная плотность теплового потока через цилиндрические поверхности рассчитывается по формулам:

- однослойная цилиндрическая стенка

$$q_L = \frac{t_{\text{с}} - t_{\text{н}}}{R_{\text{вн}}^L + R_{\text{см}}^L + R_{\text{уз}}^L + R_{\text{н}}^L}, \quad (3)$$

- многослойная цилиндрическая стенка из n -слоёв

$$q_L = \frac{t_{\text{с}} - t_{\text{н}}}{R_{\text{вн}}^L + R_{\text{см}}^L + \sum_{i=1}^n R_i^L + R_{\text{н}}^L}, \quad (4)$$

где q_F – поверхностная плотность теплового потока через плоскую теплоизоляционную конструкцию, Вт/м²;

$t_в$ – температура среды внутри изолируемого объекта, °C;

t_n – температура окружающей среды, °C;

$R_{вн}$ – сопротивление теплоотдаче на внутренней поверхности стенки изолируемого объекта, м²·°C/Вт;

R_n – то же, на наружной поверхности теплоизоляции, м²·°C/Вт;

$R_{см}$ – термическое сопротивление стенки изолируемого объекта, м²·°C/Вт;

$R_{из}$ – то же, плоского слоя изоляции, м²·°C/Вт;

$\sum_{i=1}^n R_i$ – полное термическое сопротивление n -слойной плоской изоляции;

R_i – термическое сопротивление i -го слоя, м²·°C/Вт;

q_L – линейная плотность теплового потока через цилиндрическую теплоизоляционную конструкцию, Вт/м;

$R_{вн}^L$ – линейное термическое сопротивление теплоотдаче внутренней стенки изолируемого объекта, м·°C/Вт;

R_n^L – то же, наружной изоляции, м·°C/Вт;

$R_{см}^L$ – линейное термическое сопротивление цилиндрической стенки изолируемого объекта, м·°C/Вт;

$R_{из}^L$ – то же, цилиндрического слоя изоляции, м·°C/Вт;

$\sum_{i=1}^n R_i^L$ – полное линейное термическое сопротивление n -слойной цилиндрической изоляции;

R_i^L – линейное термическое сопротивление i -го слоя, м·°C/Вт.

В уравнениях (1) – (4) сопротивления теплоотдаче и термические сопротивления стенок определяются по формулам:

$$R_{вн} = \frac{1}{\alpha_{вн}}; R_n = \frac{1}{\alpha_n}; R_{из} = \frac{\delta_{из}}{\alpha_{из}}; R_{см} = \frac{\delta_{см}}{\alpha_{см}}; R_i = \frac{\delta_i}{\alpha_i}; \quad (5)$$

$$R_{вн}^L = \frac{1}{\pi d_{вн}^{см} \alpha_{вн}}; R_n^L = \frac{1}{\pi d_n^{из} \alpha_n}; R_{из}^L = \frac{1}{2\pi \lambda_{из}} \cdot \ln \frac{d_n^{из}}{d_n^{см}}; \quad (6)$$

$$R_{см}^L = \frac{1}{2\pi \lambda_{см}} \cdot \ln \frac{d_n^{см}}{d_{вн}^{см}}; R_i^L = \frac{1}{2\pi \lambda_i} \cdot \ln \frac{d_n^i}{d_{вн}^i}; \quad (7)$$

где $\alpha_{вн}$, α_n – коэффициенты теплоотдачи внутренней поверхности стенки изолируемого объекта и наружной поверхности изоляции, Вт/(м²·°C);

$\lambda_{см}$, $\lambda_{из}$, λ_i – коэффициенты теплопроводности соответственно материала стенки изолируемого объекта однослойной изоляции, изоляции i -го слоя n -слойной изоляции, Вт/(м·°C);

$\delta_{ст}, \delta_{из}, \delta_i$ – толщина соответственно стенки изолируемого объекта, однослойной изоляции i -го слоя n -слойной изоляции, м;

$d_{вн}^{cm}, d_n^{cm}$ – внутренний и наружный диаметры стенки изолируемого объекта, м;

$d_n^{из}$ – наружный диаметр изоляции, м;

$d_n^i, d_{вн}^i$ – наружный и внутренний диаметры i -го слоя n -слойной изоляции, м.

Распределение температур в многослойной изоляции рассчитывается по формулам:

- температуры на внутренней и наружной поверхностях стенки изолируемого объекта плоской формы:

$$t_{вн}^{cm} = t_в - q_F R_{вн}; t_n^{cm} = t_{вн}^{cm} - q_F R_{cm}; \quad (8)$$

- температура t_1^H на наружной поверхности первого слоя изоляции, на границе 1-го и 2-го слоев

$$t_1^H = t_n^{cm} - q_F R_1; \quad (9)$$

- и далее, начиная со 2-го слоя, на границах $(i-1)$ -го и i -го слоев

$$t_i^H = t_{(i-1)}^H - q_F R_i; \quad (10)$$

- температура на наружной поверхности i -слоя n -слойной стенки:

$$t_i^H = t_n + q_F R_n; \quad (11)$$

Распределения температур в цилиндрических многослойных изоляционных конструкциях рассчитывается по формулам:

$$t_{вн}^{cm} = t_в - q_L R_{вн}^L; t_n^{cm} = t_{вн}^{cm} - q_L R_{cm}^L; \quad (12)$$

$$t_1^H = t_n^{cm} - q_L R_1^L; \quad (13)$$

$$t_i^H = t_{(i-1)}^{cm} - q_L R_i^L; \quad (14)$$

$$t_i^H = t_n - q_L R_n^L; \quad (15)$$

Значения поверхностной и линейной плотности тепловых потоков, входящих в формулы (8) – (15), определяются по (1) – (4), а термические сопротивления – по (5) – (7).

При расчёте многослойных конструкций по формулам (2), (4) необходимо знать коэффициенты теплопроводности изоляционных слоев. Поскольку они зависят от температуры, должны быть известны средние температуры каждого слоя, для определения которых необходимо знать температуры на границах слоев. Для их расчета используется метод последовательных приближений, предусматривающий проведение нескольких расчетных операций.

На первом этапе, для всех слоев средняя температура изоляции принимается равной полусумме температур внутренней и наружной среды, при этой температуре определяется теплопроводность всех теплоизоляционных слоев. Затем, по (2), (4) определяют значения q_F или q_L и по (8) – (11) для плоской и по формулам (12) – (15) цилиндрической стенок рассчитывают температуры на границах слоев и средние температуры каждого слоя.

На втором этапе по найденным на первом этапе средним температурам слоев вновь определяют теплопроводность всех слоев, затем находят плотности потоков тепла и снова рассчитывают послойные температуры, и так далее до требуемой точности расчета. Например, до тех пор, пока послойные температуры на k -м и $(k-1)$ -м шаге будут отличаться не более чем на 5%. В практических расчётах для этой цели необходимо проведение не более 3-4 расчетных операций.

При расчёте тепловой изоляции объектов, расположенных под землёй, учитывается их тепловое взаимодействие с массивом окружающего грунта.

Плотность теплового потока через теплоизоляционные конструкции, граничащие с грунтом, определяется в этом случае по формулам (1) – (4), в которых термические сопротивления внешней теплоотдаче R_n и $R_{\text{н}}^L$ заменяются термическим сопротивлением грунта.

В общем случае термическое сопротивление грунта зависит от конфигурации и расположения изолируемого объекта в массиве грунта, его температуры и теплопроводности, что влияет на распределение температур и тепловых потоков в теплоизоляционном слое.

В инженерных расчётах принимается допущение об одномерности температурного поля в теплоизоляционном слое, что позволяет с достаточной для практики точностью использовать формулы (5) – (7) для расчёта термического сопротивления плоских и цилиндрических теплоизоляционных конструкций подземных объектов.

5.2 Расчёт тепловой изоляции оборудования и трубопроводов

В практических расчётах тепловой изоляции принимается ряд допущений, позволяющих использовать упрощённые расчетные формулы.

Сопротивление теплоотдаче от внутренней среды к внутренней поверхности стенки изолируемого объекта для жидких и газообразных сред является пренебрежимо малым в сравнении с термическим сопротивлением теплоизоляционного слоя и в практических расчётах может не учитываться.

Таблица 5 – Значения коэффициента дополнительных потерь для трубопроводов

Тип изолируемого объекта	Коэффициент K
Трубопроводы на открытом воздухе, в непроходных каналах, тоннелях и помещениях:	
а) Стальные на подвижных опорах, условным проходом, мм:	
до 150	1,2
150 и более	1,15
б) Стальные на подвесных опорах	1,05
в) Неметаллические на подвижных и подвесных опорах	1,7
Трубопроводы бесканальной прокладки	1,15

Теплопроводность стенок изолируемого оборудования и трубопроводов, изготовленных из металла, в десятки раз превышает теплопроводность изоляции, поэтому термическим сопротивлением стенки, также, можно пренебречь без заметного снижения точности расчета.

Таблица 6 – Значения коэффициента теплоотдачи α , Вт/(М²·°С)

Изолированный объект	В закрытом помещении		На открытом воздухе при скорости ветра ^{в)} , м/с		
	Покрытия с низким коэффициентом излучения ^{а)}	Покрытия с высоким коэффициентом излучения ^{б)}			
			5	10	15
Горизонтальные трубопроводы	7	10	20	26	35
Вертикальные трубопроводы, оборудование, плоская стенка	8	12	26	35	52
^{а)} К ним относятся покрытия из оцинкованной стали, листов алюминиевых сплавов и алюминия с оксидной пленкой. ^{б)} К ним относятся штукатурки, асбестоцементные покрытия, стеклопластики, различные окраски (кроме краски с алюминиевой пудрой). ^{в)} При отсутствии сведений о скорости ветра принимают значения, соответствующие скорости 10 м/с.					

С учётом указанных допущений в практических расчётах для определения теплового потока через изолированные стенки трубопроводов и оборудования используются следующие формулы:

для плоских поверхностей и цилиндрических диаметром более 2 м

$$q_F = \frac{(t_h - t_n)K}{\sum_{i=1}^n R_i + R_n}; \quad (16)$$

для трубопроводов диаметром менее 2 м

$$q_L = \frac{(t_e - t_n)K}{\sum_{i=1}^n R_i^L + R_n^L}; \quad (17)$$

где K - коэффициент дополнительных потерь, учитывающий теплопотери через теплопроводные включения в теплоизоляционных конструкциях, обусловленных наличием в них крепежных деталей и опор, принимается по таблице 5.

Термическое сопротивление слоёв тепловой изоляции и сопротивление внешней теплоотдаче в (16), (17) определяется по формулам (5), (6), в которых теплопроводность изоляции принимается в соответствии с приложением А, а коэффициент теплоотдачи на поверхности изоляции - по Таблице 6.

5.2.1 Расчет толщины тепловой изоляции по нормированной плотности теплового потока

Расчет толщины тепловой изоляции по нормированной плотности теплового потока

- q_F^H , q_L^H для однослойных конструкций выполняется по следующим формулам.

Для плоских и цилиндрических поверхностей с диаметром 2 м и более используется формула

$$\delta_{из} = \lambda_{из} \left[\frac{K(t_6 - t_n)}{q_F^H} - R_n \right], \quad (18)$$

Для однослойных цилиндрических поверхностей диаметром менее 2 м по формуле:

$$\ln B = 2\pi \cdot \lambda_{из} \left[\frac{K(t_6 - t_n)}{q_L^H} - R_n^L \right], \quad (19)$$

Коэффициент дополнительных тепловых потерь K через опоры трубопроводов в расчёте толщины тепловой изоляции по нормативной плотности теплового потока принимается равным 1.

При расчёте по формуле (19) предварительно определяют величину $\ln B$,

$$B = \frac{d_n^{cm} + 2\delta_{из}}{d_n^{cm}}$$

где d_n^{cm} . Приближенные значения R_n^L принимаются по Таблице 7.

Затем находят величину B и определяют требуемую толщину изоляции по формуле

$$\delta_{из} = \frac{d_n^{cm}(B - 1)}{2}, \quad (20)$$

Для двухслойных теплоизоляционных конструкций расчет толщины слоёв по нормированной плотности теплового потока производится в следующей последовательности.

Таблица 7 – Ориентировочные значения R_n^L , м·°C/Вт

Условный диаметр трубы, мм	Внутри помещений						На открытом воздухе		
	Для поверхностей с малым коэффициентом излучения			Для поверхностей с высоким коэффициентом излучения					
	при температуре теплоносителя, °С								
	100	300	500	100	300	500	100	300	500
32	0,50	0,35	0,30	0,33	0,22	0,17	0,12	0,09	0,07
40	0,45	0,30	0,25	0,29	0,20	0,15	0,10	0,07	0,05
50	0,40	0,25	0,20	0,25	0,17	0,13	0,09	0,06	0,04
100	0,25	0,19	0,15	0,15	0,11	0,10	0,07	0,05	0,04
125	0,21	0,17	0,13	0,13	0,10	0,09	0,05	0,04	0,03
150	0,18	0,15	0,11	0,12	0,09	0,08	0,05	0,04	0,03
200	0,16	0,13	0,10	0,10	0,08	0,07	0,04	0,03	0,03
250	0,13	0,10	0,09	0,09	0,07	0,06	0,03	0,03	0,02
300	0,11	0,09	0,08	0,08	0,07	0,06	0,03	0,02	0,02
350	0,10	0,08	0,07	0,07	0,06	0,05	0,03	0,02	0,02
400	0,09	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04	0,02	0,02	0,02
500	0,075	0,065	0,06	0,05	0,045	0,04	0,02	0,02	0,016

Таблица 7 – Ориентировочные значения R_n^L , м·°C/Вт (окончание)

600	0,062	0,055	0,05	0,043	0,038	0,035	0,017	0,015	0,014
700	0,055	0,051	0,045	0,038	0,035	0,032	0,015	0,013	0,012
800	0,048	0,045	0,042	0,034	0,031	0,029	0,013	0,012	0,011
900	0,044	0,041	0,038	0,031	0,028	0,026	0,012	0,011	0,010
1000	0,040	0,037	0,034	0,028	0,026	0,024	0,011	0,010	0,009
2000	0,022	0,020	0,017	0,015	0,014	0,013	0,006	0,006	0,005

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Для промежуточных значений диаметров и температуры величина R_n^L определяется интерполяцией.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Для температуры теплоносителя ниже 100°С принимаются данные, соответствующие 100°С.

В случае, когда максимальная температура применения одного из выбранных теплоизоляционных материалов ниже температуры стенки изолируемого объекта в двухслойных теплоизоляционных конструкциях, в качестве первого слоя, на изолируемую поверхность устанавливается материал с более высокой допустимой температурой применения.

Толщина первого слоя определяется из условия, чтобы температура между обоими слоями $t_{1,2}$ не превышала максимальной температуры применения основного изоляционного материала.

Для плоской стенки и цилиндрических объектов с диаметром 2 м и более для расчета толщины первого слоя применяется формула

$$\delta_{uz1} = \lambda_{uz1} \left[\frac{(t_g - t_{1,2})}{q_F^H} \right], \quad (21)$$

Для второго слоя применяется Формула (18), в которую вместо значения t_g подставляется $t_{1,2}$.

При расчете цилиндрических объектов с диаметром менее 2м – аналогично однослойной конструкции по уравнению

$$\ln B_1 = 2\pi \cdot \lambda_{uz1} \left[\frac{(t_g - t_{1,2})}{q_L^H} \right], \quad (22)$$

в котором $B_1 = \frac{d_n^{cm} + 2\delta_{uz1}}{d_n^{cm}}$, определяют величину $\ln B_1$, затем находят B_1 и толщину первого слоя, м:

$$\delta_{uz1} = \frac{d_n^{cm}(B_1 - 1)}{2},$$

Толщина второго слоя определяется с помощью формулы (19), в которой вместо

значения t_b подставляется значение $t_{1,2}$, а вместо $B-B_2$

$$B_2 = \frac{d_{uz1} + 2\delta_{uz2}}{d_{uz1}},$$

Определив $\ln B_2$ находят B_2 , а затем толщину изоляции второго слоя, м:

$$\delta_{uz2} = \frac{d_{uz1}(B_2 - 1)}{2}, \quad (23)$$

Расчет требуемой толщины тепловой изоляции по нормативной плотности теплового потока может быть выполнен методом последовательных приближений. Последовательность расчёта для однослойной цилиндрической конструкции следующая.

Задаваясь начальным значением толщины изоляции δ_0 , м, определяемой требуемой точностью расчета, например, 0,001м, с помощью последовательных шагов: 1, 2, 3, 4,..., i для толщины изоляции: $\delta_1=\delta_0 \cdot 1$; $\delta_2=\delta_0 \cdot 2$; $\delta_3=\delta_0 \cdot 3$, ..., $\delta_i=\delta_0 \cdot i$ производят вычисление линейной плотности тепловых потоков q_L^1 ; q_L^2 ;...; q_L^i по уравнению

$$q_L^i = \frac{\pi(t_g - t_{1,2})}{\frac{1}{\alpha_n(d_n^{cm} + 2\delta_0 i)} + \frac{1}{2\lambda_{uz}} \cdot \ln \frac{d_n^{cm} + 2\delta_0 i}{d_n^{cm}}}, \quad (24)$$

На каждом шаге вычислений i производится сравнение q_L^i с заданным значением нормативного удельного потока q_L^H . При выполнении условия

$$q_L^i - q_L^H \leq 0, \quad (25)$$

вычисления заканчиваются, а найденная величина $\delta=\delta_0 i$ является искомой, обеспечивающей заданную величину тепловых потерь.

В качестве расчетных параметров, обуславливающих тепловое взаимодействие окружающей среды с теплоизоляционной конструкцией, при определении толщины изоляции по нормируемым тепловым потерям следует принимать:

- температуру внутренней среды t_g , как среднюю за год температуру вещества в изолируемом объекте;

- коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности теплоизоляции при расположении изолируемого объекта в помещении, при расположении на открытом воздухе, при скорости ветра 10 м/с (по таблице 6), или по п.п.6.1.1 – 6.1.6 СНиП 41-03.

5.2.2 Расчет толщины изоляции по заданному снижению (повышению) температуры вещества, транспортируемого трубопроводами

Требуемое полное термическое сопротивление изоляции $R^L = R_{uz}^L + R_n^L$ трубопровода длиной l , м для обеспечения заданного снижения температуры транспортируемого по нему вещества от начальной t_g' до конечной t_g'' при расходе вещества G , кг/ч, теплоемкостью C , кДж/(кг·°C) определяется из выражений:

$$\text{при } \frac{t'_6 - t_n}{t''_6 - t_n} \geq 2, R_1^L = \frac{3,6Kl}{GC \ln \frac{t'_6 - t_n}{t''_6 - t_n}}; \quad (26)$$

$$\text{при } \frac{t'_6 - t_n}{t''_6 - t_n} \leq 2, R_2^L = \frac{3,6Kl \left(\frac{t'_6 + t''_6}{2} - t_n \right)}{GC(t'_6 - t''_6)}; \quad (27)$$

где t_n – расчетная температура окружающей среды, °С.

Для определения требуемой толщины изоляции $\delta_{из}$, м, по найденным значениям R_1^L и R_2^L используется формула

$$\ln B_{1,2} = 2\pi \cdot \lambda_{из} (R_{1,2}^L - R_n^L), \quad (28)$$

Принимая приближенные значения R_n по таблице 7 и определяя по формуле (28) $\ln B$ находят величину B и затем по формуле (20) толщину изоляции

$$\delta_{из1,2} = \frac{d_n^{cm} (B_{1,2} - 1)}{2},$$

При расчете изоляции по заданной величине снижения (повышения) температуры транспортируемого вещества принимаются следующие значения параметров окружающей среды.

При размещении трубопровода в помещении:

- температура наружной среды 20°С;
- коэффициент теплоотдачи (по таблице 6).

При размещении на открытом воздухе - среднюю температуру наиболее холодной пятидневки (п.6.4 СНиП 41-03).

5.2.3 Расчет толщины тепловой изоляции по заданной температуре наружной поверхности

Определение толщины изоляции по заданной температуре ее наружной поверхности t_n производится в том случае, когда изоляция нужна как средство, предохраняющее обслуживающий персонал от ожогов. При этом температура на поверхности должна приниматься не более, °С:

- для изолируемых объектов, расположенных в рабочей или обслуживаемой зоне помещений и содержащих вещества:

- температурой выше 100°С45

- температурой 100°С и ниже.....35

- температурой вспышки паров не выше 45°С35;

- для изолируемых объектов, расположенных на открытом воздухе, в рабочей или обслуживаемой зоне, при:

- металлическом покровном слое 55

- для других видов покровного слоя60

Температура на поверхности тепловой изоляции трубопроводов, расположенных за пределами рабочей или обслуживаемой зоны, не должна превышать температурных пределов применения материалов покровного слоя, но не выше 75 °С. Из условия равенства плотности тепловых потоков: кондуктивного, проходящего через слой изоляции $\delta_{из}$, м, за счет разности температур $t_в - t_n$, и конвективного, уходящего с наружной поверхности за счет разности $t_n - t_h$, можно написать:

$$R_{из} = \frac{t_в - t_n}{t_n - t_h} R_h \quad (29)$$

$$R_{из}^L = \frac{t_в - t_n}{t_n - t_h} R_h^L \quad (30)$$

Из (29), (30) получим формулы для расчета толщины изоляции исходя из требуемой температуры поверхности:

для плоских теплоизоляционных конструкций

$$\delta_{из} = \frac{\lambda_{из} (t_в - t_n)}{\alpha_h (t_n - t_h)}; \quad (31)$$

для цилиндрических

$$\ln B = \ln \frac{d_h^{cm} + 2\delta_{из}}{d_h^{cm}} = 2\pi \cdot \lambda_{из} \cdot R_h^L \cdot \frac{t_в - t_n}{t_n - t_h}; \quad (32)$$

где ориентировочное значение R_h^L принимается по таблице 7.

$$\delta_{из} = \frac{d_h^{cm} (B - 1)}{2},$$

Рассмотренный метод является приближенным. Более точные результаты могут быть получены методом последовательных приближений.

Расчёт выполняется по формуле:

$$\left(\frac{t_в - t_n}{t_n - t_h} \right)_i = \frac{\ln \frac{d_h^{cm} + 2\delta_0 i}{d_h^{cm}} \alpha_h (d_h^{cm} + 2\delta_0 i)}{2\lambda_{из}}; \quad (33)$$

Задаваясь начальным значением толщины изоляции δ_0 , м, определяемым требуемой точностью расчета, например, 0,001 м, последовательными шагами: 1, 2, 3, ..., i для толщин изоляции: $\delta_1 = \delta_0 1$; $\delta_2 = \delta_0 2$; $\delta_3 = \delta_0 3$, ..., $\delta_i = \delta_0 i$ производится вычисление величин:

$$\left(\frac{t_в - t_n}{t_n - t_h} \right)_1; \left(\frac{t_в - t_n}{t_n - t_h} \right)_2; \left(\frac{t_в - t_n}{t_n - t_h} \right)_3; \dots; \left(\frac{t_в - t_n}{t_n - t_h} \right)_i \text{ по уравнению (33).}$$

На каждом шаге вычислений i производится сравнение $\left(\frac{t_e - t_n}{t_n - t_n}\right)_i$ с заданным значением $\left(\frac{t_e - t_n}{t_n - t_n}\right)_p$. При выполнении условия:

$$\left(\frac{t_e - t_n}{t_n - t_n}\right)_i - \left(\frac{t_e - t_n}{t_n - t_n}\right)_p \geq 0, \quad (34)$$

вычисления заканчиваются, а найденная величина $\delta_i = \delta_0 i$ является с точностью до 1 мм заданной, обеспечивающей требуемую температуру поверхности изоляции.

При расчете толщины изоляции по заданной температуре поверхности принимаются по п.6.7 СНиП 41-03 следующие расчетные параметры окружающей среды:

- температура внутренней среды t_e – по техническому заданию на проектирование;
- температура наружной среды t_n – как средняя максимальная наиболее жаркого месяца, при расположении изолируемого объекта на открытом воздухе, при расположении в помещении – 20°C;

- коэффициент теплоотдачи на наружной поверхности изоляции объекта, расположенного в помещении и на открытом воздухе, при покровном слое с малым коэффициентом излучения (см. примечания к таблице 6) – 6 Вт/(м²·°C), с большим – 11 Вт/(м²·°C).

5.2.4 Расчет толщины изоляции, предотвращающей конденсацию влаги из воздуха на ее поверхности

Данный расчет производится для изолированных объектов, расположенных в помещениях и содержащих вещества с температурой ниже температуры окружающего воздуха.

В этом случае изоляция должна обеспечивать требуемый расчетный перепад между температурами наружного воздуха и поверхностью изоляции ($t_n - t_e$), при котором исключается конденсация влаги из воздуха (по таблице 8).

Расчёт выполняется по формулам:

- для плоской поверхности

$$R_{уз} = \frac{t_n - t_e}{t_n - t_n} R_n; \delta_{уз} = \frac{\lambda_{уз}(t_n - t_e)}{\alpha_n(t_n - t_n)}; \quad (35)$$

- для цилиндрической поверхности

$$R_{уз}^L = \frac{t_n - t_e}{t_n - t_n} R_n^L; \ln B = 2\pi \cdot \lambda_{уз} \cdot R_n^L \cdot \frac{t_n - t_e}{t_n - t_n}; \quad (36)$$

Требуемая толщина изоляции для плоских конструкций определяется по методике, изложенной в разделе 5.2.3.

Таблица 8 – Расчетный перепад $t_n - t_{н}$, °C

t_n , °C	Относительная влажность воздуха, φ %					
	40	50	60	70	80	90
10	13,4	10,4	7,8	5,5	3,5	1,6
15	14,2	10,9	9,1	5,7	3,6	1,7
20	14,8	11,3	8,4	5,9	3,7	1,8
25	15,3	11,7	8,7	6,1	3,8	1,9
30	15,9	12,2	9,0	6,3	4,0	2,0

В расчетах температуру наружной среды t_n равной температуре воздуха в помещении.

Температуру внутренней среды t_v и относительную влажность воздуха в помещении φ принимают в соответствии с техническим заданием на проектирование.

Коэффициент теплоотдачи к наружной поверхности изоляции α_n принимается для поверхностей с низким коэффициентом излучения – $5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$, для поверхностей с высоким коэффициентом излучения – $7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$ (см. примечание к таблице 6).

5.3 Расчет тепловой изоляции трубопроводов тепловых сетей

5.3.1 Надземная прокладка

Тепловые потери через изолированную поверхность подающих и обратных трубопроводов тепловых сетей при надземной прокладке, при известной толщине изоляции $\delta_{из}$, м, следует определять по формуле (17), а термические сопротивления, входящие в эту формулу – по (6). В качестве температур внутренней и наружной сред t_v и t_n принимают расчетные температуры теплоносителя и окружающего воздуха, а коэффициент теплоотдачи α_n – по Таблице 6.

При определении толщины изоляции трубопроводов тепловых сетей по нормированным значениям плотности тепловых потоков от подающих и обратных трубопроводов используется методика расчетов, изложенная в разделе 5.2.1. При этом расчетные температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводе принимают по таблице 9.

Таблица 9 – Среднегодовые температуры теплоносителя в водяных тепловых сетях

Трубопровод	Расчетные температурные режимы, °C		
	95 - 70	150 - 70	180 - 70
Подающий	65	90	110
Обратный	50	50	50

Расчетную температуру наружной среды принимают: при круглогодичной работе тепловой сети – среднегодовую температуру наружного воздуха, при работе только в

отопительный период – среднюю температуру отопительного периода. Расчетный коэффициент теплоотдачи α_n – по таблице 6.

5.3.2 Подземная прокладка в непроходных каналах

Тепловые потери через изолированную поверхность двухтрубных тепловых сетей, прокладываемых в непроходном канале шириной b и высотой h , м, на глубине H , м, от поверхности земли до оси канала определяются по формуле:

$$q_{1,2}^L = q_1^L + q_2^L = \frac{(t_{кан} - t_n)K}{R_{кан} + R_{зр}^к}; \quad (37)$$

Температура воздуха в канале $t_{кан}$ определяется по формуле:

$$t_{кан} = \frac{\frac{t_{в1}}{R_{уз1}^L + R_{н1}^L} + \frac{t_{в2}}{R_{уз2}^L + R_{н2}^L} + \frac{t_n}{R_{кан} + R_{зр}^к}}{\frac{1}{R_{уз1}^L + R_{н1}^L} + \frac{1}{R_{уз2}^L + R_{н2}^L} + \frac{1}{R_{кан} + R_{зр}^к}}, \quad (38)$$

где

$$R_{уз1}^L = \frac{1}{2\pi\lambda_{уз}} \cdot \ln \frac{d_1 + 2\delta_{уз1}}{d_1}; R_{уз2}^L = \frac{1}{2\pi\lambda_{уз}} \cdot \ln \frac{d_2 + 2\delta_{уз2}}{d_2}; \quad (39)$$

$$R_{н1}^L = \frac{1}{2\pi\alpha_k(d_1 + 2\delta_{уз1})}; R_{н2}^L = \frac{1}{2\pi\alpha_k(d_2 + 2\delta_{уз2})}; \quad (40)$$

$$R_{кан} = \frac{1}{\pi\alpha_k \cdot \frac{2bh}{b+h}}; \quad (41)$$

q_1^L, q_2^L – линейные плотности теплового потока от подающего и обратного трубопроводов, Вт/м;

d_1, d_2 – наружные диаметры подающего и обратного трубопроводов, м;

$t_{в1}, t_{в2}$ – температуры подающего и обратного трубопроводов, °С;

K – коэффициент дополнительных потерь (по таблице 5);

$R_{уз1}^L, R_{уз2}^L$ – термические сопротивления изоляции подающего и обратного трубопроводов, м·°С/Вт;

$R_{н1}^L, R_{н2}^L$ – термические сопротивления теплоотдаче от поверхности изоляции подающего и обратного трубопроводов, м·°С/Вт;

$R_{кан}$ – термическое сопротивление теплоотдаче от воздуха к поверхности канала, м·°С/Вт;

h, b – высота и ширина канала, соответственно, м;

α_k – коэффициент теплоотдачи в канале, принимается равным 11 Вт/(м²·°С);

СП РК 4.02-102-2012

$\lambda_{из}$ —теплопроводность изоляции в конструкции, Вт/(м·°C);

$\delta_{из1}, \delta_{из2}$ —толщины изоляции подающего и обратного трубопроводов, м;

R_{cp}^k — термическое сопротивление грунта, Вт/(м·°C), определяется по формуле

$$R_{cp}^k = \frac{\ln \left[3,5 \frac{H}{h} \left(\frac{h}{b} \right)^{0,25} \right]}{\left(5,7 + 0,5 \frac{b}{h} \right) \lambda_{cp}}; \quad (42)$$

$\lambda_{гр}$ — теплопроводность грунта, Вт/(м·°C), (по Таблице 10);

H — глубина заложения, расстояние от оси труб до поверхности земли, м.

Расчёт требуемой толщины тепловой изоляции по нормированной плотности теплового потока в зависимости от технических требований может выполняться в двух вариантах:

а) По нормативным линейным плотностям теплового потока \bar{q}_1^L и \bar{q}_2^L , заданным отдельно для подающего и обратного трубопровода, в этом случае определяется толщина изоляции для каждого трубопровода.

б) По суммарной нормативной линейной плотности теплового потока от подающего и обратного трубопровода — $\bar{q}_{1,2}^L$, в этом случае определяется толщина изоляции, одинаковая для обоих трубопроводов.

Таблица 10 – Теплопроводность грунта

Вид грунта	Средняя плотность, кг/м ³	Весовое влагосодержание грунта, %	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°C)
Песок	1480	4	0,86
		5	1,11
	1600	15	1,92
		23,8	1,92
Суглинок	1100	8	0,71
		15	0,9
	1200	8	0,83
		15	1,04
	1300	8	0,98
		15	1,2
	1400	8	1,12
		15	1,36
		20	1,63
	1500	8	1,27
		15	1,56
		20	1,86

Таблица 10 – Теплопроводность грунта (окончание)

Глинистые	1600	8	1,45
		15	1,78
	2000	5	1,75
		10	2,56
		11,5	2,68
	1300	8	0,72
		18	1,08
		40	1,66
	1500	8	1,0
		18	1,46
		40	2,0
	1600	8	1,13
		27	1,93

Расчёт толщины изоляции по нормативным линейным плотностям теплового потока, заданным отдельно для подающего $-\bar{q}_1^L$ и обратного $-\bar{q}_2^L$ трубопровода выполняется в следующей последовательности.

На первом этапе рассчитывают температуру в канале по формуле:

$$t_{кан} = t_n + K(\bar{q}_1^L + \bar{q}_2^L) \cdot (R_{кан} + R_{зр}), \quad (43)$$

Затем для каждого трубопровода вычисляются значения $\ln B_1$ и $\ln B_2$ по формулам:

$$\ln B_1 = 2\pi\lambda_{из} \cdot \left(\frac{t_{г1} - t_{кан}}{\bar{q}_1^L} - R_{н1}^L \right); \quad (44)$$

$$\ln B_2 = 2\pi\lambda_{из} \cdot \left(\frac{t_{г2} - t_{кан}}{\bar{q}_2^L} - R_{н2}^L \right); \quad (45)$$

где приближенные значения $R_{н1}^L$ и $R_{н2}^L$ принимаются по таблице 7.

Далее, после вычисления B_1 и B_2 , по формуле (20) рассчитывают требуемые толщины изоляции для подающего и обратного трубопроводов, обеспечивающие нормативные линейные потери тепла:

$$\delta_{из1} = \frac{d_1(B_1 - 1)}{2}; \quad \delta_{из2} = \frac{d_2(B_2 - 1)}{2}.$$

При расчете изоляции двухтрубных канальных прокладок тепловых сетей в качестве температур внутренней среды принимают среднегодовые температуры теплоносителя в подающих и обратных трубопроводах (по таблице 9).

За расчётную температуру наружной среды принимают среднюю за год температуру грунта на глубине заложения трубопровода. При расстоянии от поверхности грунта до

перекрытия канала 0,7 м и менее за расчетную температуру наружной среды должна приниматься та же температура наружного воздуха, что и при надземной прокладке.

Коэффициент дополнительных тепловых потерь K при расчёте толщины изоляции по нормированной плотности теплового потока принимается равным 1.

5.3.3 Подземная бесканальная прокладка

Тепловые потери трубопроводов двухтрубных тепловых сетей бесканальной прокладки, расположенных в грунте на одинаковом расстоянии от поверхности до оси труб H , м, определяются по формулам:

$$q_1^L = \frac{(t_{\text{в}1} - t_{\text{н}})(R_{\text{из}2}^L + R_{\text{зп}2}^{\kappa}) - (t_{\text{в}2} - t_{\text{н}}) \cdot R_0}{(R_{\text{из}1}^L + R_{\text{зп}1}^{\kappa})(R_{\text{из}2}^L + R_{\text{зп}2}^{\kappa}) - R_0^2} K; \quad (46)$$

$$q_2^L = \frac{(t_{\text{в}2} - t_{\text{н}})(R_{\text{из}1}^L + R_{\text{зп}1}^{\kappa}) - (t_{\text{в}1} - t_{\text{н}}) \cdot R_0}{(R_{\text{из}2}^L + R_{\text{зп}2}^{\kappa})(R_{\text{из}1}^L + R_{\text{зп}1}^{\kappa}) - R_0^2} K; \quad (47)$$

$$q_{1,2}^L = q_1^L + q_2^L, \quad (48)$$

где $R_{\text{зп}}^{\kappa}$ – термическое сопротивление грунта при бесканальной прокладке, м·°С/Вт, определяется по формуле:

$$R_{\text{зп}}^{\kappa} = \frac{1}{2\pi\lambda_{\text{зп}}} \ln \left[\frac{2H}{d} + \sqrt{\left(\frac{2H}{d} \right)^2 - 1} \right], \quad (49)$$

где d – наружный диаметр изолированного трубопровода, м; подающего – d_1 , обратного – d_2 ;

$\lambda_{\text{зп}}$ – теплопроводность грунта, Вт/(м·°С);

H – глубина заложения – расстояние от оси труб до поверхности земли, м;

R_0 – термическое сопротивление, обусловленное тепловым взаимодействием двух труб, м·°С/Вт, определяется из выражения

$$R_0 = \frac{\ln \sqrt{1 + \left(\frac{2H}{K_{1,2}} \right)^2}}{2\pi \cdot \lambda_{\text{зп}}}, \quad (50)$$

в котором $K_{1,2}$ – расстояние между осями труб по горизонтали, м.

Остальные значения величин в (46), (47) те же, что и в Формуле (39) для канальной прокладки.

Также как при прокладке двухтрубных тепловых сетей в проходных каналах расчёт требуемой толщины тепловой изоляции по нормированной плотности теплового потока, в зависимости от технических требований, может выполняться в двух вариантах:

а) по нормативным значениям линейной плотности теплового потока \bar{q}_1^L и \bar{q}_2^L , заданным отдельно для подающего и обратного трубопровода;

б) по суммарной нормативной линейной плотности теплового потока от подающего и обратного трубопровода – $\bar{q}_{1,2}^L$.

Расчёт толщины изоляции трубопроводов тепловых сетей бесканальной прокладки по нормативным значениям линейной плотности теплового потока, заданным отдельно для подающего – \bar{q}_1^L и обратного – \bar{q}_2^L трубопровода выполняют по формулам:

$$\ln \frac{d_1 + 2\delta_{из1}}{d_1} = \frac{2\pi\lambda_{из1}\lambda_{сп}}{\lambda_{сп} - \lambda_{из1}} \left(\frac{t_{с1} - t_n - \bar{q}_2^L R_0}{\bar{q}_1^L} - R_{сп1}^\delta \right); \quad (51)$$

$$\ln \frac{d_1 + 2\delta_{из2}}{d_2} = \frac{2\pi\lambda_{из2}\lambda_{сп}}{\lambda_{сп} - \lambda_{из2}} \left(\frac{t_{с2} - t_n - \bar{q}_1^L R_0}{\bar{q}_2^L} - R_{сп2}^\delta \right). \quad (52)$$

Определив с помощью (51), (52) значения $B_1 = \frac{d_1 + 2\delta_{из1}}{d_1}$ и $B_2 = \frac{d_2 + 2\delta_{из2}}{d_2}$,

вычисляют толщины изоляции также как и для канальной прокладки в разделе 5.3.2

Расчёт толщины изоляции подающего и обратного трубопроводов двухтрубных тепловых сетей бесканальной прокладки по суммарной нормативной линейной плотности теплового потока – $\bar{q}_{1,2}^L$, Вт/м, выполняется методом последовательных приближений (методом подбора).

На первом этапе задаются начальным значением толщины изоляции $\delta_{из1} = \delta_{из2} = \delta_0$, одинаковой для подающего и обратного трубопровода, и по формулам (46) – (48) рассчитывают суммарную линейную плотность теплового потока $q_{1,2}^L$.

Полученное расчётное значение сравнивают с нормативной линейной плотностью теплового потока – $\bar{q}_{1,2}^L$ по таблицам 11, 12, СНиП 41-03

На втором этапе увеличивают или уменьшают толщину изоляции в зависимости от результата сравнения и повторяют расчет в той же последовательности до получения нового расчётного значения – $q_{1,2}^L$.

Расчёт повторяют до тех пор, пока расчётное значение плотности теплового потока – $q_{1,2}^L$ будет отличаться от нормативного значения – $\bar{q}_{1,2}^L$ на заданную степень точности расчёта, например, не более, чем на 1%. Последнее значение δ_i принимается в качестве расчётной толщины тепловой изоляции для подающего и обратного трубопровода.

Расчётные параметры теплоносителя и наружной среды для расчета изоляции трубопроводов двухтрубных тепловых сетей бесканальной прокладки принимаются такими же, как и в непроходных каналах.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(обязательное)

Таблица А.1 - Расчетные технические характеристики теплоизоляционных материалов и изделий

Материал, изделие	Средняя плотность в конструкции, кг/м ³	Теплопроводность теплоизоляционного материала в конструкции λ _{из} , Вт/(м·°C) для поверхностей с температурой, °C		Температур а применений, °C	Группа горючести
		20 и выше	19 и ниже		
Маты минераловатные прошивные	90	0,041 + 0,00022 t _м	0,041-0,032	От минус 180 до 450 для матов, на ткани, сетке, холсте из стекловолок на; до 700 - на металлическ ой сетке	Негорючие
	100	0,045 + 0,00021 t _м	0,044-0,035		
	125	0,049 + 0,0002 t _м	0,048-0,037		
Плиты теплоизоляционные из минеральной ваты на синтетическом связующем	65	0,04 + 0,00029 t _м	0,039-0,03	От минус 60 до 400 От минус 180 до 400	Негорючие
	95	0,043 + 0,00022 t _м	0,042-0,031		
	120	0,044 + 0,00021 t _м	0,043-0,032		
	180	0,052 + 0,0002 t _м	0,051-0,038		
Полуцилиндры и цилиндры минераловатные	50	0,04 + 0,00003 t _м	0,039-0,029	От минус 180 до 400	Негорючие
	80	0,044 + 0,00022 t _м	0,043-0,032		
	100	0,049 + 0,00021 t _м	0,048-0,036		
	150	0,05 + 0,0002 t _м	0,049-0,035		
	200	0,053 + 0,00019 t _м	0,052-0,038		
Маты и вата из супертонкого базальтового волокна без связующего	80	0,032 + 0,00019 t _м	0,031-0,24	От минус 180 до 600	Негорючие
Шнур теплоизоляционный из минеральной ваты	200	0,056 + 0,00019t _м	0,055-0,04	От минус 180 до 600	НГ – Г1
Шнур асбестовый	100-160	0,093+0,00019t _м	-	От 20 до 220	Г1
Маты из стеклянного штапельного волокна на синтетическом связующем	50	0,04 + 0,0003 t _м	0,039-0,029	От минус 60 до 180	Негорючие
	70	0,042 + 0,00028 t _м	0,041-0,03		
Маты прошивные из стеклянного штапельного волокна на синтетическом связующем	50	0,04 + 0,0002 t _м	0,037-0,03	От минус 60 до 300	Негорючие
Маты и вата из супертонкого стеклянного волокна без связующего	70	0,033 + 0,00014 t _м	0,032-0,024	От минус 180 до 400	Негорючие
Теплоизоляционные изделия из пеностекла	130	0,05 + 0,0002 t _м	0,05- 0,038	От минус 150 до 350	Негорючие
Армопенобетон	200-300	0,055 + 0,0002 t _м	0,055	От минус 60 до 300	Негорючий
Песок перлитовый, вспученный, мелкий	110	0,052 + 0,00012 t _м	0,051-0,038	От минус 180 до 875	Негорючий
	150	0,055 + 0,00012 t _м	0,054-0,04		
	225	0,058 + 0,00012 t _м	0,057-0,042		

Таблица А.1 - Расчетные технические характеристики теплоизоляционных материалов и изделий (окончание)

Материал, изделие	Средняя плотность в конструкции, кг/м ³	Теплопроводность теплоизоляционного материала в конструкции $\lambda_{из}$, Вт/(м·°С) для поверхностей с температурой, °С		Температура применения, °С	Группа горючести
		20 и выше	19 и ниже		
Теплоизоляционные изделия из пенополистирола	30 50 100	$0,033 + 0,00018 t_m$ $0,036 + 0,00018 t_m$ $0,041 + 0,00018 t_m$	0,032-0,024 0,035-0,026 0,04-0,03	От минус 180 до 70	Г3 - Г4
Теплоизоляционные изделия из пенополиуретана	40 50 70	$0,030 + 0,00015 t_m$ $0,032 + 0,00015 t_m$ $0,037 + 0,00015 t_m$	0,029-0,024 0,031-0,025 0,036-0,027	От минус 180 до 130	Г2 - Г4
Пенополимерминерал	200-250	$0,047 + 0,0002 t_m$	0,047	От минус 60 до 150	Г1
Теплоизоляционные изделия из вспененного каучука	60-80	$0,034 + 0,0002 t_m$	0,033	От минус 60 до 125	Г1-Г3
Теплоизоляционные изделия из пенополиэтилена	50	$0,035 + 0,00018 t_m$	0,033	От минус 70 до 70	Г3-Г4
Полотна иглопробивные стеклянные	160-190	0,038-0,057	0,053-0,047	От минус 200 до 50 включ.	Негорючие
Трубы теплозвукоизоляционные	30	$0,036 + 0,0001 t_m$	0,0344	От минус 80 до 100 включ.	Умеренно горючие Г2
Трубы стальные предварительно термоизолированные пенополиуретаном	55-60	0,033		От минус 60 до 150 включ.	Г2, Г3, Г4
Теплоизоляционные изделия с системой отвода конденсата	30-60	0,030		От минус 60 до 130 включ. с кратковременным повышением температуры до 150	Г2, Г3, Г4
<p>ПРИМЕЧАНИЕ 1 Средняя температура теплоизоляционного слоя, °С: $t_m = (t_b + 40)/2$ - на открытом воздухе в летнее время, в помещении, в каналах, тоннелях, технических подпольях, на чердаках и в подвалах зданий, $t_m = t_b/2$ - на открытом воздухе, воздухе в зимнее время, где t_b - температура среды внутри изолируемого оборудования (трубопровода).</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 2 Большее значение расчетной теплопроводности теплоизоляционного материала в конструкции для поверхностей с температурой – 19 °С и ниже относится к температуре изолируемой поверхности от минус 60 до 19 °С, меньшее - к температуре минус 61 °С и ниже.</p>					

ПРИЛОЖЕНИЕ Б*(информационное)***Определение толщины и объема теплоизоляционных изделий
из уплотняющихся материалов**

Б.1 Толщину теплоизоляционного изделия из уплотняющихся материалов до установки на изолируемую поверхность следует определять с учетом коэффициента уплотнения K_c (значения приведены в Таблице Б.1) по формулам:

- для цилиндрической поверхности

$$\delta_1 = \delta K_c \frac{d + \delta}{d + 2\delta}; \quad (\text{Б.1})$$

- для плоской поверхности

$$\delta_2 = \delta K_c, \quad (\text{Б.2})$$

где δ_1, δ_2 – толщина теплоизоляционного изделия до установки на изолируемую поверхность (без уплотнения), м;

δ – расчетная толщина теплоизоляционного слоя с уплотнением в конструкции, м;

d – наружный диаметр изолируемого оборудования, трубопровода, м;

K_c – коэффициент уплотнения теплоизоляционных изделий, принимаемый по таблице В.1 настоящего приложения.

ПРИМЕЧАНИЕ В случае если в Формуле (Б.1) произведение $K_c \frac{d + \delta}{d + 2\delta}$ меньше единицы, оно должно приниматься равным единице.

Б.2 При многослойной изоляции толщину изделия до его уплотнения следует определять отдельно для каждого слоя. При определении толщины последующего теплоизоляционного слоя за наружный диаметр (d) принимают диаметр изоляции предыдущего слоя.

Б.3 Объем теплоизоляционных изделий из уплотняющихся материалов для теплоизоляционного слоя до уплотнения следует определять по формуле

$$V = V_i K_c, \quad (\text{Б.3})$$

где V – объем теплоизоляционного материала или изделия до уплотнения, м³;

V_i – объем теплоизоляционного материала или изделия в конструкции с учетом уплотнения, м³.

Таблица Б.1 - Значения коэффициента уплотнения K_c

Теплоизоляционные материалы и изделия	Коэффициент уплотнения K_c
Маты минераловатные прошивные	1,2
Маты теплоизоляционные «ТЕХМАТ»	1,35-1,2
Маты и холсты из супертонкого базальтового волокна при укладке на трубопроводы и оборудование условным проходом, мм: $D_y < 800$ при средней плотности 23 кг/м^3 то же, при средней плотности $50-60 \text{ кг/м}^3$ $D_y \geq 800$ при средней плотности 23 кг/м^3 то же, при средней плотности $50-60 \text{ кг/м}^3$	3,0 1,5* 2,0 1,5*
Маты из стеклянного штапельного волокна на синтетическом связующем марки: М-45, 35, 25 М-15	1,6 2,6
Маты из стеклянного штапельного волокна «URSA» марки: М-11 М-15, М-17 М-25 при укладке: на трубы на оборудование	3,6-4,0* 2,6 1,5-1,8** 1,4
Плиты минераловатные на синтетическом связующем марки: 35, 50 75 100 125	1,5 1,2 1,1 1,05
Плиты из стеклянного штапельного волокна П-30 П-15, П-17, и П-20	1,1 1,2
Песок перлитовый вспученный мелкий марок 75,100,150	1,5
* Коэффициент уплотнения матов «URSA» марки М-11 при укладке на трубы условным проходом до 40 мм вкл. – 4,0, при укладке 50 мм и более – 3,6. ** Коэффициент уплотнения матов «URSA» марки М-25 при укладке на трубы условным проходом до 100 мм вкл. – 1,8, св. 100 до 250 мм вкл. – 1,6, св. 250 мм – 1,5.	

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(информационное)

Пример расчета тепловой изоляции трубопроводов

Определить толщину тепловой изоляции исходя из нормируемой плотности теплового потока для двухтрубной тепловой сети канальной прокладки.

Исходные данные

Среднегодовая температура теплоносителя $t_{\text{ср.1}} = 90^\circ\text{C}$, $t_{\text{ср.2}} = 50^\circ\text{C}$. Высота канала 0,92м, ширина 0,92м, глубина 1,2 м. Коэффициент теплопроводности грунта 2 Вт/(м °C) по таблице 10, коэффициент теплоотдачи в канале 11 Вт/(м °C) (по Таблице В.1).

Таблица В.1 – Значения коэффициента теплоотдачи α , Вт / (м²·°C)

Изолированный объект	В закрытом помещении		На открытом воздухе при скорости ветра ^{в)} , м/с		
	Покрытия с малым коэффициентом излучения ^{а)}	Покрытия с высоким коэффициентом излучения ^{б)}			
	5	10	15		
Горизонтальные трубопроводы	7	10	20	26	35
Вертикальные трубопроводы, оборудование, плоская стенка	8	12	26	35	52
<div><div>^{а)} К ним относятся кожухи из оцинкованной стали, листов алюминиевых сплавов и алюминия с оксидной пленкой.</div><div>^{б)} К ним относятся штукатурки, асбестоцементные покрытия, стеклопластики, различные окраски (кроме краски с алюминиевой пудрой).</div><div>^{в)} При отсутствии сведений о скорости ветра принимают значения, соответствующие скорости 10 м/с.</div></div>					

Диаметры теплопроводов $d_n = 0,377$ м. Число часов работы тепловой сети в год более 5000 ч. Тепловая изоляция – изделия теплоизоляционные из пенополиуретана.

$$R_{\text{сп}}^{\kappa} = \frac{\ln \left[3,5 \frac{H}{h} \left(\frac{h}{b} \right)^{0,25} \right]}{\left(5,7 + 0,5 \frac{b}{h} \right) \lambda_{\text{сп}}};$$

В.1

$$R_{гр} = \frac{\ln \left[3,5 \cdot \frac{1,2}{0,92} \cdot \left(\frac{0,92}{1,6} \right)^{0,25} \right]}{\left(5,7 + 0,5 \cdot \frac{1,6}{0,92} \right) \cdot 2} = 0,105$$

Определяют термическое сопротивление теплоотдаче воздуха к поверхности канала $R_{к}^T$, м·°C/Вт по формуле:

$$R_{кан} = \frac{1}{\pi \alpha_{к} \cdot \frac{2bh}{b+h}}; \quad \text{B.2}$$

$$R_{кан} = \frac{1}{3,14 \cdot 11 \cdot \frac{2 \cdot 1,6 \cdot 0,92}{1,6 + 0,92}} = 0,247$$

Определяют термическое сопротивление теплоотдаче поверхности изоляции подающего трубопровода $R_{н}$, м·°C/Вт по формуле

$$R_{н1}^L = \frac{1}{2\pi \alpha_{к} (d_1 + 2\delta_{из1})} \quad \text{B.3}$$

$$R_{г} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 11 \cdot (0,377 + 0,1)} = 0,03$$

Определяют температуру воздуха в канале $t_{кан}$, °C по формуле:

$$t_{кан} = t_{н} + K(\bar{q}_1^L + \bar{q}_2^L) \cdot (R_{кан} + R_{гр}) \quad \text{B.4}$$

$$t_{кан} = 5 + 1,15 \cdot (50 + 20) \cdot (0,247 + 0,03) = 15,45$$

Определяют по формуле: $\ln B_1 = 2\pi \lambda_{из} \cdot \left(\frac{t_{г1} - t_{кан}}{\bar{q}_1^L} - R_{н1}^L \right);$

$$\ln \frac{d_{н1}^{из}}{d_{н1}} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,035 \left(\frac{90 - 15,45}{50} - 0,03 \right) = 0,035 \quad \text{Откуда } B_1 = \frac{d_{н1}^{из}}{d_{н1}} = 1,388$$

Определяя по таблице натуральных логарифмов B_1 , вычисляют требуемую толщину тепловой изоляции $\delta_{из}$, по формуле:

$$\delta_{из1} = \frac{d_1 (B_1 - 1)}{2}, \quad \text{B.5}$$

$$\delta_{из} = \frac{0,377 \cdot (1,388 - 1)}{2} = 0,073$$

Толщину изоляции трубопровода обратной сетевой воды принимают равной толщине трубопровода прямой сетевой воды.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(информационное)

Таблица Г.1 - Предельные толщины теплоизоляционных конструкций для оборудования и трубопроводов

Наружный диаметр, мм	Способ прокладки трубопровода					
	Надземный		В тоннеле		В непроходном канале	
	Предельная толщина теплоизоляционного слоя, мм, при температуре, °С					
	19 и ниже	20 и более	19 и ниже	20 и более	до 150 вкл.	151 и более
18	80	80	80	80	50	60
25	120	120	100	100	60	80
32	140	140	120	100	80	100
45	140	140	120	100	80	100
57	150	150	140	120	90	120
76	160	160	160	140	90	140
89	180	170	180	160	100	140
108	180	180	180	160	100	160
133	200	200	180	160	100	160
159	220	220	200	160	120	180
219	230	230	200	180	120	200
273	240	230	220	180	120	200
325	240	240	240	200	120	200
377	260	240	260	200	120	200
426	280	250	280	220	140	220
476	300	250	300	220	140	220
530	320	260	320	220	140	220
630	320	280	320	240	140	220
720	320	280	320	240	140	220
820	320	300	320	240	140	220
920	320	300	320	260	140	220
1020 и более	320	320	320	260	140	220

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Для трубопроводов, расположенных в каналах, толщина изоляции указана для положительных температур транспортируемых веществ. Для трубопроводов с отрицательными температурами транспортируемых веществ предельные толщины следует принимать такими же, как при прокладке в тоннелях.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 В случае если расчетная толщина изоляции больше предельной, следует принимать более эффективный теплоизоляционный материал и ограничиться предельной толщиной тепловой изоляции, если это допустимо по условиям технологического процесса.

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
(информационное)

Таблица Д.1 - Номенклатура, технические характеристики и ориентировочный срок службы защитных покрытий тепловой изоляции

Материал	Группа горючести	Применяемая толщина, мм	Срок службы, год	
			Вне помещения	В помещении
Металлические				
Листы из алюминия и алюминиевых сплавов	Негорючие	0,3-1,0	12-15	14-17
Ленты из алюминия и алюминиевых сплавов	Негорючие	0,3-1,0	10-12	12-14
Сталь тонколистовая оцинкованная непрерывных линий	Негорючая	0,35-0,1	10-12	12-14
Сталь рулонная холоднокатаная с полимерным покрытием (металлопласт)	Трудно-горючая	0,8-1,3	6-7	10-12
Прокат тонколистовой холоднокатаный, электролитически оцинкованный	Негорючий	0,7-1,0	10-12	12-14
Прокат холоднокатаный тонколистовой кровельный (с окраской)	Негорючий	0,7-1,2	6-7	10-12
На основе синтетических полимеров				
Стеклопластик рулонный	Трудно-горючий	Поверхностная плотность 0,41-1,1 г/м ²	6-8	8-9
Стеклопластик рулонный	Трудно-горючий	Поверхностная плотность 0,25 г/м ²	5-6	6-8
Стеклопластик теплоизоляционный	Трудно-горючий	0,25-0,5	6-8	8-9
Стеклопластик ФСП	Горючий	0,6	5-6	6-8
Стеклотекстолит КАСТ-В,КАСТ-В-ТЭ	Горючий	0,5-1,2	6-8	8-9
Стеклотекстолит покровный листовой	Трудно-горючий	0,3-0,8	6-8	8-9

Таблица Д.1 Номенклатура, технические характеристики и ориентировочный срок службы защитных покрытий тепловой изоляции (продолжение)

Материал	Группа горючести	Применяемая толщина, мм	Срок службы, год	
			Вне помещения	В помещении
Пленка винипластовая каландрированная	Горючая	0,4-1,0	3-4	5-6
Пленка из вторичного поливинилхлоридного сырья для покрытия тепловой изоляции	Горючая	1,3	3-4	5-6
На основе природных полимеров				
Изол	Горючий	2	2-3	4-6
Рубероид, марок РКК-350, РКК-400	Горючий	2,0-3,0	2-3	6-7
Пергамин кровельный	Горючий	1,0-1,5	2-3	4-6
Стеклорубероид	Горючий	2,5	3-4	6-8
Минеральные				
Стеклоцемент текстолитовый для теплоизоляционных конструкций	Негорючий	1,5-2,0	5-6	8-10
Синтецемент марок СЦ-ХЛД, СЦ-КЛП для покрытия тепловой изоляции	Трудно-горючий	1,8-2,5	5-6	8-10
Листы Асбестоцементные	Негорючие	6-10	6-8	8-10
Листы асбестоцементные волнистые	Негорючие	5-8	6-8	8-10
Штукатурки асбестоцементная, песчаноцементная	Негорючие	10-20	4-5	8-10
Дублированные				
Фольга алюминиевая дублированная для теплоизоляционных конструкций	Трудно-горючая	0,5-1,5	4-5	6-7
Фольгоизол	Горючий	2,0-2,5	4-6	6-7
Фольгорубероид	Горючий	1,5-2,0	5-6	6-8
Фольгоизол марки АСТ	Трудно-горючий	0,25	4-5	6-7

УДК 699.86

МКС 91.120

Ключевые слова: тепловая изоляция, оборудование, трубопроводы, паропроницаемость, температуростойкость, покровный слой, пароизоляционный слой, предохранительный слой, функциональные требования

Ресми басылым

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҰЛТТЫҚ ЭКОНОМИКА МИНИСТРЛІГІНІҢ
ҚҰРЫЛЫС, ТҰРҒЫН ҮЙ-КОММУНАЛДЫҚ ШАРУАШЫЛЫҚ ІСТЕРІ ЖӘНЕ
ЖЕР РЕСУРСТАРЫН БАСҚАРУ КОМИТЕТІ**

**Қазақстан Республикасының
ЕРЕЖЕЛЕР ЖИНАҒЫ**

ҚР ЕЖ 4.02-102-2012

**ЖАБДЫҚТАР МЕН ҚҰБЫР ЖОЛДАРЫН
ЖЫЛУМЕН ОҚШАУЛАУДЫ ЖОБАЛАУ**

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**

**СВОД ПРАВИЛ
Республики Казахстан**

СП РК 4.02-102-2012

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИЙ ОБОРУДОВАНИЯ
И ТРУБОПРОВОДОВ**

Ответственные за выпуск: АО «КазНИИСА»

050046, г. Алматы, ул. Солодовникова, 21
Тел./факс: +7 (727) 392-76-16 – приемная