

R E P U B L I C A M O L D O V A



N O R M A T I V Î N C O N S T R U C Ț I I

G.04.08

REȚELE ȘI ECHIPAMENTE AFERENTE CONSTRUCȚIILOR

NCM G.04.08:2017

**Instalații termice, de ventilare și condiționare a aerului
Izolația termică a utilajului și a conductelor**

EDIȚIE OFICIALĂ

MINISTERUL ECONOMIEI ȘI INFRASTRUCTURII

CHIȘINĂU 2017

NORMATIV ÎN CONSTRUCȚII

NCM G.04.08:2017

ICS 91.140.40

Instalații termice, de ventilare și condiționare a aerului

Izolația termică a utilajului și a conductelor

Cuvinte cheie: izolație termică, utilaj, conductă, proiectare.

Preambul

- 1 ELABORAT de către Institutul de Cercetări Științifice în Construcții "INCERCOM" Î.S.: ing. Eremencov N. – conducătorul temei, ing. Efremov C.
- 2 ACCEPTAT de către Comitetul Tehnic pentru Normare Tehnică și Standardizare în Construcții CT-C 10 G "Instalații termice de ventilare și condiționare a aerului", procesul-verbal nr. din2017.
- 3 APROBAT ȘI PUS ÎN APLICARE prin ordinul Ministerului Economiei și Infrastructurii nr. din2017 (Monitorul Oficial al Republicii Moldova, 2017, nr., art.), cu aplicare din 2017.
- 4 ÎNLOCUIEȘTE NCM G.04.08-2006 "Izolația termică a utilajului și a conductelor"

Cuprins:

Introducere:	IV
1. Domeniu de aplicare.....	1
2. Referințe normative	1
3. Termeni și definiții	2
4. Prevederi generale	3
5. Cerințe față de materialele și construcțiile izolației termice	6
6. Proiectarea izolației termice.....	10
6.1. Calculul grosimii stratului de termoizolare conform densității normate a fluxului termic	10
6.2. Determinarea grosimii izolației conform valorii predeterminate a fluxului termic	21
6.3. Determinarea grosimii izolației termice conform cerințelor tehnologice	21
6.4. Determinarea grosimii izolației termice conform scăderii (majorării) predeterminate a temperaturii substanței, transportată de conducte (conducte de abur).....	21
6.5. Determinarea grosimii termoizolației conform cantității predeterminate de condensat în conductele de abur.....	22
6.6. Determinarea grosimii izolației termice conform timpului predeterminat de oprire a mișcării substanței lichide în conducte cu scopul de preîntâmpinare a înghețului sau mărirea viscozității.....	22
6.7. Determinarea grosimii izolației termice conform temperaturii predeterminate pe suprafața izolației.....	22
6.8. Determinarea grosimii izolației termice cu scopul de a preîntâmpina condensarea umezelii din aerul ambiant pe stratul de acoperire a izolației termice a utilajului și a conductelor, ce conțin substanțe cu temperaturi mai joase decât temperatura aerului ambiant.....	23
Anexa A (informativă) Grosimi limită ale construcțiilor termoizolante pentru utilaj și conducte	27
Anexa B (informativă) Calculul grosimii efective a izolației pentru rețelele termice.....	28
Anexa C (informativă) Normarea valorilor calculate ale conductivității termice a izolației în construcții datorită influenței umidității	33
Anexa D (informativă) Determinarea grosimii optime a stratului termoizolant al conductelor sistemelor de alimentare cu căldură	35
Bibliografie.....	40

Introducere:

Prezentul Normativ în Construcții conține cerințe obligatorii de proiectare a izolației suprafeței exterioare a utilajului, conductelor, canalelor de gaze, conductelor de aer, amplasate în clădiri, edificii și în exteriorul clădirilor (la aer deschis) cu temperatura substanțelor ca se conțin în ele de la minus 180 până la 600 °C, inclusiv conductelor rețelelor termice.

Prezentul Normativ va înlocui normativul în construcții NCM G/04/08-2006 „Izolarea termică a utilajului și a conductelor”.

Documentul normativ conține cerințe față de construcțiile termoizolante, piesele și materialele, ce se includ în componența construcțiilor, norme de densitate a fluxului termic din partea suprafețelor izolate a utilajului și a conductelor cu temperaturi pozitive și negative la amplasare lor la aer deschis, în încăperi, canale de netrecut și la pozarea fără canale. În document sunt expuse regulile de determinare a volumului și grosimii materialelor compactate fibroase termoizolante în dependență de coeficientul de compactare.

În prezentul Normativ în Construcții se analizează problema calculării grosimii optime a izolației termice. Se propune un model de calcul simplificat și o metodologie bazată pe evaluarea eficienței proiectelor investiționale. Este demonstrat, că atunci când se calculează utilizând un model simplificat, care nu ia în considerare fluxurile financiare, se obțin valori supraevaluate ale grosimii izolației termice.

În condiții moderne, un factor necesar în funcționarea eficientă a întreprinderilor industriale, precum și a întreprinderilor, care furnizează căldură diversilor consumatori, prezintă utilizarea rațională a energiei termice. Rolul determinant în reducerea pierderilor de căldură în timpul transportului agentului termic aparține izolației termice. În acest sens devine actuală problema calculării pierderilor de căldură la transportarea agentului termic, luând în considerare factorii de influență.

În prezent, determinarea pierderilor de căldură în timpul transportului agentului termic prezintă o sarcină importantă atât pentru producătorii de energie termică, cât și pentru consumatorii săi, deoarece rezultatele obținute afectează valoarea finală a tarifului pentru energia termică.

N O R M A T I V Î N C O N S T R U C Ţ I I

Izolația termică a utilajului și a conductelor

Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов

Thermal insulation of equipment and pipe lines

Data punerii în aplicare: 2017-0X-0X

1. Domeniu de aplicare

1.1 Prezentul Normativ în Construcții trebuie respectat la proiectarea izolației termice a suprafeței exterioare a utilajului, a conductelor, a conductelor de gaze și conductelor de aer, amplasate în clădiri, în construcții și în exteriorul clădirilor (la aer liber) cu temperatura substanțelor ce se conțin de la minus 180 până la 600 °C, inclusiv și a conductelor rețelelor termice privind toate metodele de pozare și conductele cu încălzire prin abur și apă prin intermediul sateliților.

1.2 Prezentul Normativ în Construcții nu se extinde la proiectarea izolației termice a utilajului și a conductelor, ce conțin și transportă substanțe explozive, depozite izotermice ale gazelor lichefiate, clădirilor și încăperilor pentru producere și depozitare a substanțelor explozive, a stațiilor atomice și instalațiilor.

2. Referințe normative

Documentele normative, la care se fac trimitere în prezentul Normativ în Construcții sunt:

NCM G.04.07:2014	Rețele termice
СНиП 2.04.05-91	Отопление, вентиляция и кондиционирование
СНиП 2.01.01-82	Строительная климатология и геофизика.
SM EN 1363-1:2016	Încercări de rezistență la foc. Partea 1: Condiții generale
SM EN 14303:2017	Produse termoizolante pentru echipamente din clădiri și instalații industriale. Produse fabricate industrial din vată minerală (MW). Specificație
SM SR EN 13501-3+A1:2012	Clasificare la foc a produselor și elementelor de construcție. Partea 3: Clasificare pe baza rezultatelor încercărilor de rezistență la foc pentru produse și elemente utilizate în instalații tehnice ale construcțiilor: conducte și clapete rezistente la foc
SM EN ISO 4126-1:2014	Dispozitive de securitate pentru protecția împotriva suprapresiunilor. Partea 1: Supape de siguranță
SM SR EN ISO 7345:2012	Izolație termică. Mărimi fizice și definiții
SM SR EN ISO 8497:2013	Izolație termică. Determinarea caracteristicilor privind transferul de căldură în regim staționar la izolațiile termice pentru conducte.
SM SR EN ISO 9229:2011	Izolație termică. Vocabular
SM SR EN ISO 9251:2011	Izolație termică. Condiții de transfer de căldură și proprietăți ale

	materialelor. Vocabular
SM SR EN ISO 12241:2011	Izolarea termică a instalațiilor pentru construcții și a instalațiilor industriale. Reguli de calcul
GOST 7076-99	Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме.
GOST 10296-79	Изол. Технические условия
GOST 10354-82	Пленка полиэтиленовая. Технические условия
GOST 10923-93	Рубероид. Технические условия
GOST 14918-80	Сталь тонколистовая оцинкованная с непрерывных линий. Технические условия
GOST 17177-94	Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Методы испытаний.
GOST 25898-2012	Материалы и изделия строительные. Методы определения паропроницаемости и сопротивления паропроницанию.
GOST 25951-83	Пленка полиэтиленовая термоусадочная. Технические условия
GOST 30244-94	Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть.
GOST 30732-2006	Трубы и фасонные изделия стальные с тепловой изоляцией из пенополиуретана с защитной оболочкой. Технические условия
GOST 31309-2005	Материалы строительные теплоизоляционные на основе минеральных волокон. Общие технические условия
GOST 12.1.004-91	Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования.

3. Termeni și definiții

În prezentul Normativ în Cconstrucții se prevăd termenii conform SM SR EN ISO 9229, precum și următorii termeni cu definițiile corespunzătoare:

3.1 coeficient de calcul a conductibilității termice: coeficient de conductibilitatea termică a materialului termoizolant în condiții de exploatare cu evidența temperaturii acestuia, umidității, compactării de montare și prezenței rosturilor în construcția termoizolantă.

3.2 coeficient de conductibilitate termică, λ , W/(m·°C): cantitatea de căldură, ce se transmite într-o unitate de timp printr-o unitate de suprafață a suprafeței izotermice la gradientul de temperatură egal cu o unitate.

3.3 compactarea materialelor de termoizolare: caracteristica de montare, ce determină densitatea materialului termoizolant după instalarea acestuia în poziția proiectată în construcție. Compactarea materialelor se caracterizează prin coeficientul de compactare, semnificația căruia se determină prin raportul volumului materialului sau piesei către volumul acestuia în construcție.

3.4 construcție termoizolantă: construcție alcătuită din unul sau câteva straturi de material termoizolant (piese), stratul de protecție – acoperire și elemente de fixare. În componența construcției termoizolante pot fi incluse straturile de izolare a vaporilor de apă, de protecție și de nivelare.

3.5 construcție termoizolantă din multe straturi: construcție, compusă din două și mai multe straturi diferite de materiale termoizolante.

3.6 deformații de temperatură: dilatarea termică sau comprimarea suprafeței ce se izolează și a elementelor construcției sub acțiunea modificărilor condițiilor de temperatură la montare și la exploatare a obiectului ce se izolează.

3.7 densitatea materialului termoizolant плотность теплоизоляционного материала, ρ , kg/m³: mărimea fizică, ce se determină prin raportul masei materialului la volumul ocupat, inclusiv pori și goluri.

3.8 permeabilitate la vaporii de apă, μ , mg/(m·h·Pa): capacitatea materialului de a fi permeabil la vaporii de apă, ce se conțin în aer, sub influența diferenței presiunilor parțiale ale acestora pe suprafețele opuse ale stratului de material.

3.9 rezistență la temperatură: capacitatea materialului de a păstra proprietățile mecanice și fizice la mărirea și micșorarea temperaturii. Se caracterizează prin temperaturi limitate de aplicare, la care în material se depistează deformații inelastice (la majorarea temperaturii) sau la distrugerea structurii (la micșorarea temperaturii) sub sarcina de compresiune.

3.10 sateliți de abur și de apă: conducte de diametru mic, destinate pentru încălzirea conductei principale și amplasate în comun cu conducta principală a construcției termoizolante.

3.11 strat de acoperire: element al construcției, ce se instalează pe suprafața exterioară a izolației termice pentru protecția de la deteriorările mecanice și influența mediului ambiant.

3.12 strat izolator față de aburi: element a construcției termoizolante a utilajului și a conductelor cu temperatura mai joasă decât temperatura mediului ambiant, care protejează stratul termoizolant de la pătrunderea în el a vaporilor de apă în urma diferenței de presiuni parțiale de abur la suprafața rece și în mediul ambiant.

3.13 strat de nivelare: element al construcției termoizolante executate din materiale elastice în rulou sau din foi, se instalează sub un strat moale de acoperire (de exemplu, din pânză de lac sticlă) pentru nivelarea formei suprafeței.

3.14 strat de siguranță: element al construcției termoizolante, ce se include, de regulă, în componența construcției termoizolante pentru utilaj și conducte cu temperatura suprafeței mai joasă decât temperatura mediului ambiant cu scopul de a proteja stratul izolator față de aburi de la deteriorările mecanice.

4. Prevederi generale

4.1 Construcția termoizolantă trebuie să asigure parametrii agentului termic și de răcire la exploatare, nivelul normat de pierderi termice de utilaj și de conducte, inofensivă pentru om temperatura suprafețelor exterioare ale acestora.

4.2 Construcțiile de izolație termică ale conductelor și ale utilajului trebuie să corespundă cerințelor:

- eficienței energetice – să aibă proporția optimală între costul construcției termoizolante și costul pierderilor termice prin izolare în decursul termenului de exploatare calculate;
- fiabilitate de exploatare și durabilitate – a suporta fără micșorarea proprietăților termoizolante și distrugerile de exploatare, de temperatură, mecanice, chimice și alte influențe în decursul termenului de exploatare calculat;
- siguranță pentru mediul ambiant și a personalului de deservire privind exploatarea și utilizarea.

Materialele, ce se utilizează în construcțiile termoizolante, nu trebuie să elimine în procesul de exploatare substanțe nocive, antiincendiar și antiexplozive, substanțe cu miros neplăcut, precum și bacteriile de provocare a bolilor, viruși, ciuperci, în cantități, ce nu depășesc concentrațiile maxime admisibile, abordate în norme sanitare.

4.3 La alegerea materialelor și pieselor, ce se includ în componența construcțiilor termoizolante pentru suprafețele cu temperaturile pozitive ale agentului termic (20 °C și mai înaltă), trebuie de luat în considerare următorii factorii:

- locul amplasării obiectului izolat (СНП 2.01.01);
- temperatura suprafeței izolate;
- temperatura mediului ambiant;
- cerințele privind securitatea contra incendiilor;
- agresiunea mediului înconjurător sau a substanțelor, ce se conțin în obiectele ce se izolează;
- acțiuni de coroziune;
- materialul suprafeței obiectului ce se izolează;
- sarcinile admisibile pe suprafața ce se izolează;
- prezența vibrației și acțiunilor de lovitură;
- durabilitatea cerută a construcției termoizolante;
- cerințe sanitaro–igienice;
- temperatura de aplicare a materialului termoizolant;
- conductibilitatea termică a materialului termoizolant;
- deformațiile de temperatură ale suprafețelor ce se izolează;
- configurația și dimensiunile suprafeței ce se izolează;

- condiții de montare (constrângere, înălțimi mari, sezonalitate și altele);
- condiții de demontare și utilizare.

Construcția termoizolantă a conductelor rețelelor termice cu pozare subterană fără canale trebuie să reziste fără distrugere:

- acțiunile apelor subterane;
- sarcinile de la greutatea solului amplasat deasupra și a transportului trecător.

La alegerea materialelor termoizolante și construcțiilor pentru suprafețele cu temperatura agentului termic 19 °C și mai joasă, precum și cu temperatura negativă, suplimentar trebuie de luat în considerare umiditatea relativă a aerului ambiant, precum umiditatea și permeabilitatea la vaporii de apă a materialului termoizolant.

4.4 În componența construcției izolării termice pentru suprafețele cu temperatura pozitivă în calitate de elemente obligatorii trebuie să includă:

- a) stratul termoizolant;
- b) stratul de acoperire;
- c) elementele de fixare.

4.5 În componența construcției de izolare termică pentru suprafețele cu temperatura negativă în calitate de elemente obligatorii trebuie să se includă:

- a) stratul termoizolant;
- b) strat izolator față de aburi;
- c) stratul de acoperire;
- d) elementele de fixare.

Stratul izolator față de aburi trebuie să se prevadă, de asemenea la temperatura suprafeței de izolare mai joasă de 12 °C. Instalarea stratului izolator față de aburi la temperatura mai înaltă de 12 °C trebuie să se prevadă pentru utilaj și conducte cu temperatura mai joasă decât temperatura mediului ambiant, dacă temperatura de calcul a suprafeței izolate mai joasă decât temperatura „punctului de rouă” la presiunea de calcul și umiditatea aerului înconjurător.

Necesitatea instalării stratului izolator față de aburi în construcția izolației termice pentru suprafețele cu regim de temperatură variabil (de la temperatura "pozitivă" la cea "negativă" și invers) se determină prin calcul pentru a exclude acumularea umezelii în construcția termoizolantă.

Acoperirile anticorozive a suprafeței ce se izolează nu se includ în componența construcțiilor termoizolante.

4.6 În dependență de deciziile constructive aplicate în componența construcției termoizolante pot să se includă:

- a) stratul de nivelare;
- b) stratul de protecție.

Stratul de protecție trebuie să se prevadă la aplicarea stratului de acoperire din metal pentru preântâmpinarea deteriorării materialelor izolatoare față de aburi.

5. Cerințe față de materialele și construcțiile izolației termice

5.1 În construcțiile de termoizolare a utilajului și conductelor cu temperatura substanțelor ce se conțin în ele în diapazonul de la 20 până la 300 °C pentru toate metodele de pozare, cu excepția celor fără canale, trebuie să se aplice materiale termoizolante și piese cu densitatea nu mai mare de 200 kg/m³ și coeficientul de conductibilitate termică în stare uscată nu mai mare de 0,06 W/(m·K) la temperatura medie de 25 °C. Se admite aplicarea cablurilor de azbest pentru izolarea conductelor cu trecerea convențională până la 50 mm inclusiv.

Alegerea materialului termoizolant pentru o construcție concretă se realizează în baza cerințelor tehnice, prezentate în sarcina tehnică la proiectarea izolației termice.

5.2 În calitate de primul strat termoizolant al construcțiilor cu multe straturi de termoizolare a utilajului și conductelor cu temperaturi ale substanțelor, ce se conțin în diapazonul de la 300 °C și mai mult, se permite de a fi aplicate materialele termoizolante și piesele cu densitatea nu mai mare de 350 kg/m³ și cu coeficientul de conductibilitate termică la temperatura medie 300°C nu mai mare de 0,12 W/(m·K).

5.3 În calitate de al doilea și a următoarelor straturi termoizolante a construcțiilor de termoizolare a utilajului și conductelor cu temperatura substanțelor ce se conțin de 300 °C și mai mare pentru toate metodele de pozare, cu excepția celei fără canale, trebuie să fie aplicate materialele termoizolante și piesele cu densitatea nu mai mare de 200 kg/m³ și cu coeficientul de conductibilitate termică la temperatura medie de 125 °C nu mai mare de 0,08 W/(m·K).

5.4 Pentru stratul termoizolant a conductelor cu temperatura pozitivă în condițiile pozării fără canale trebuie să fie aplicate materialele cu densitatea nu mai mare de 400 kg/m³ și coeficientul de conductibilitate termică nu mai mare de 0,07 W/(m·K) la temperatura materialului de 25 °C și umiditatea, indicată în standardele de stat corespunzătoare sau în condițiile tehnice.

5.5 Pentru stratul termoizolant al utilajului și al conductelor cu temperaturi negative trebuie să fie aplicate materialele termoizolante și piesele cu densitatea nu mai mare de 200 kg/m³ și cu conductibilitatea termică de calcul în construcție nu mai mare de 0,05 W/(m·K) la temperatura substanțelor minus 40 °C și mai înaltă, și nu mai mult de 0,04 W/(m·K) – la minus 40 °C.

La alegerea materialului stratului termoizolant al suprafeței cu temperatura de la 19 până la 0 °C trebuie să se refere la suprafețele cu temperaturi negative.

5.6 Corespunderea materialelor, ce se aplică în calitate de straturi termoizolante și de acoperire în componența construcțiilor termoizolante ale utilajului și ale conductelor, cerințelor privind calitatea producției, cerințelor sanitaro-igienice și cerințelor de securitate împotriva incendiilor trebuie să fie certificate de rezultatele încercărilor îndeplinite de către organizațiile de acreditare.

5.7 Construcția izolării termice a conductelor în condițiile pozării fără canale trebuie să posedă o rezistență la comprimare nu mai mică de 0,4 MPa.

La pozarea rețelelor termice fără canal trebuie primordial de aplicat preventiv țevi izolate prefabricate în condiții de uzină ținând seama de temperatura admisibilă de aplicare a materialelor termoizolante și de graficul de lucru al rețelelor termice.

Aplicarea izolării de presărare a conductelor în cazul pozării subterane în canale și fără canale nu se permite.

5.8 La pozare fără canal a conductelor preliminar izolate cu izolație din spumă de poliuretan în membrană din polietilenă, trebuie să fie utilizate cu sistemul de control la distanță a umidității izolației.

5.9 Nu se permite utilizarea materialelor termoizolante cu conținut de azbest pentru construcții de izolație termică a utilajului și a conductelor cu temperaturi negative a substanțelor ce se conțin și pentru izolația conductelor cu pozare subterană în canale de netrecut.

5.10 La alegerea materialelor termoizolante și a straturilor de acoperire trebuie de luat în considerare stabilitatea elementelor construcției termoizolante față de factorii chimici agresivi ai mediului ambiant, incluzând posibila influență a substanțelor, ce se conțin în obiectul, ce se izolează.

Nu se permite aplicarea materialelor termoizolante, ce conțin substanțe organice, pentru izolația construcțiilor utilajului și conductelor, ce conțin oxidanți puternici (oxigen lichid).

Pentru acoperiri metalice trebuie să se prevadă protecție anticorozivă sau să se selecteze materialul, ce nu se supune influenței mediului ambiant.

5.11 Pentru utilajul și conductele, ce se supun influenței de lovire și vibrațiilor, se recomandă să fie aplicate piese termoizolante pe baza fibrelor din bazalt foarte subțiri sau fibrelor din azbest, sau alte materiale, stabilitatea la vibrații a le căroră în condiții de exploatare este confirmată de rezultatele încercărilor, îndeplinite de către organizațiile de acreditare.

Pentru obiectele, ce se supun vibrației, la aplicarea acoperirilor din mortar de protecție trebuie să fie prevăzută înclierea acoperirilor din mortar de protecție cu vopsire ulterioară.

5.12 La proiectarea obiectelor cu cerințe sanitaro-igienice sporite privind conținutul prafului în aerul încăperilor în construcțiile de termoizolare nu se permite aplicarea materialelor, ce impurifică aerul în încăperi.

Se recomandă aplicarea pieselor termoizolante pe bază de vată minerală cu diametrul fibrelor nu mai mare de 5 mkm, articolelor din fibre de sticlă foarte subțiri în încăptușiri din toate părțile din țesătură de sticlă sau bioxid de siliciu și sub acoperire ermetică de protecție sau alte materiale, corespunderea căroră specificată de cerințele sanitaro-igienice este confirmată de rezultatele încercărilor, îndeplinite de către organizațiile de acreditare.

5.13 În construcțiile de izolație termică, destinate pentru asigurarea temperaturii stabilite pe suprafața izolației, în calitate de strat de acoperire se recomandă de a fi aplicate materiale cu gradul de negreață nu mai mic de 0,9 (cu coeficientul de radiație numai mic de $5,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$).

5.14 Nu se permite aplicarea stratului de acoperire din metal în caz de pozare subterană fără canale și pozarea conductelor în canale de ne trecut.

Stratul de acoperire din foi de metal subțiri cu acoperire exterioară de polimeri nu se permite de a fi aplicate în locurile, supuse influenței directe a razelor solare.

5.15 Stratul de acoperire se permite de a nu-l prevedea în construcțiile termoizolante pe baza pieselor din materiale fibroase cu acoperire (cache) din folie de aluminiu sau din țesătură de sticlă (pânză din fibre de sticlă, rogojină din fibre de sticlă) și cauciuc sintetic spumegat pentru obiectele ce se izolează, amplasate în încăperi, tuneluri, subsoluri și cerdacuri a clădirii, și în caz de pozare a conductelor în canale.

5.16 Numărul de straturi a materialului izolator față de vapori în construcțiile termoizolate pentru utilaj și conducte cu temperaturi negative ale substanțelor ce se conțin, se recomandă de a fi admise în conformitate cu Anexa B (tabelul B.4) din CP G.04.05.

5.17 La aplicarea materialelor termoizolante din polimeri înspumați cu pori închiși, necesitatea aplicării stratului izolator față de vapori trebuie să fie argumentată prin calcul. La excluderea stratului cu strat izolator față de vapori trebuie să se prevadă ermetizarea îmbinărilor articolelor cu materiale, impermeabile la vaporii de apă.

5.18 Construcțiile termoizolante din materiale cu grupul de inflamabilitate C3 și C4 nu se permite de se prevedea pentru utilaj și conducte, amplasate:

- a) în clădiri, cu excepția clădirilor de categoria IV de inflamabilitate, în casele de locuit cu un apartament și în încăperile răcite ale frigiderilor;
- b) în instalațiile tehnologice exterioare, cu excepția utilajului instalat separat;
- c) pe estacade și în galerii în prezența cablurilor și conductelor, ce transportă substanțe inflamabile.

În acest caz se admite aplicarea materialelor inflamabile grupelor C3 sau C4 pentru:

- stratul izolator față de vapori cu grosimea nu mai mare de 2 mm;
- stratul de vopsire sau de peliculă cu grosimea nu mai mare de 0,4 mm;
- stratul de acoperire a conductelor, amplasate în etajele tehnice de subsol și în spațiul între planșeu și sol cu ieșirea numai în exterior în clădirile de categoria I și II de inflamabilitate la instalarea inserțiilor cu lungimea de 3 m din materiale neinflamabile nu mai mult decât peste 30 m de lungime a conductei;
- stratului termoizolant din spumă poliuretanică de turnare, stratul de acoperire din oțel zincat în instalațiile exterioare tehnologice.

Stratul de acoperire din materiale slab inflamabile din grupele C1 și C2, ce se aplică pentru instalațiile tehnologice exterioare cu înălțimea de 6 m și mai mult, trebuie să fie pe bază de țesătură din sticlă.

5.19 Izolația termică a conductelor și a utilajului trebuie să asigure îndeplinirea necondiționată a cerințelor de securitate și protecția mediului înconjurător.

Pentru conductele pozate suprateran la construcțiile termoizolante din materiale inflamabile din grupele C3 și C4 trebuie să se prevadă:

- inserții cu lungimea de 3 m din materiale neinflamabile nu mai mult decât peste 100 m de lungime a conductei;

- sectoarele construcțiilor termoizolante din materiale neinflamabile la distanța nu mai mică de 5 m de la instalațiile tehnologice, ce conțin gaze și lichide inflamabile.

La intersecția de conductă a barierei antiincendiară trebuie să se prevadă construcții termoizolante din materiale neinflamabile în limitele dimensiunii barierei antiincendiară.

La aplicarea construcțiilor conductelor termice în izolație termică din materiale inflamabile în înveliș neinflamabil se permite de a nu se executa inserații antiincendiară.

Cerințele față de securitatea antiincendiară a construcțiilor termoizolante ale conductelor rețelilor termice se determină conform NCM G.04.07.

5.20 Pentru elementele utilajului și ale conductelor, ce necesită în procesul de exploatare supraveghere sistematică, trebuie să se prevadă construcții termoizolante prefabricate – demontabile, detașabile.

Construcțiile termoizolante detașabile trebuie să se aplice pentru izolația gurilor de acces, îmbinări prin flanșe, armăturii și compensatoarelor conductelor, precum și în locurile măsurărilor și verificării stării suprafețelor ce se izolează.

5.21 Articolele din vată minerală (lână de rocă și fibră de sticlă), ce se aplică în calitate de strat termizolant pentru conductele cu pozare subterană cu canale, trebuie să fie hidrofobizate.

Nu se permite aplicarea materialelor de termoizolare supuse distrugerii la acțiune reciprocă cu umezeala (izolație de mastic, ce conține azbest, articole din var-silice, perlit-ciment și din sovelit).

5.22 La proiectarea izolației de căldură trebuie să se ia în considerare posibilitatea acțiunii corozive a materialului termoizolant sau substanțele chimice ce intră în componența sa pe suprafețe metalice ale utilajului și conductelor în prezența umezelii. În dependență de materialul suprafeței izolate (oțel carbon, oțel aliat, metale neferoase și aliaje) și tipul de corozie (oxidare, corozie alcalină, cracare sub presiune) în sarcina tehnică de proiectare trebuie să se indice cerințele conform limitării conținutului de material termoizolant solubil în apă clorurată, fluorură, baze libere și pH-ul materialului.

5.23 Izolația termică a conductelor cu încălzirea acestora prin intermediul sateliților prevede pozarea lor în construcția termoizolantă comună.

Soluțiile constructive ale izolației termice se determină de numărul de sateliți și de amplasarea lor relativă conductei în construcții.

Se aplică sisteme de încălzire, ce prevăd parțial sau total încălzirea conductei.

Pentru a îmbunătăți eficiența schimbului de căldură dintre satelit și conductă se aplică soluții constructive (distanțieri, garnituri), ce asigură utilizarea maximă a suprafeței de cedare a căldurii suprafeței satelitului, limitate de construcția termoizolantă.

Pentru a reduce pierderile de căldură prin sectorul construcției termoizolante, ce contactează cu aerul din spațiul, limitat de construcția termoizolantă, prin reducerea componentei de radiație a fluxului de căldură, pot fi aplicate mantale interioare (ecrane) din folie de aluminiu cu grosimea 0,1 mm sau foi din folie sau materiale rulate, luând în considerare temperatura admisibilă de aplicare a acestora.

6. Proiectarea izolației termice

6.1. Calculul grosimii stratului de termoizolare conform densității normate a fluxului termic

6.1.1 Normele densității fluxului termic prin suprafața izolată a obiectelor, trebuie să se admită:

a) *pentru utilaj și conducte cu temperaturi pozitive, amplasate:*

- la aer liber – conform tabelelor 1 și 2;
- în încăperi – conform tabelelor 3 și 4;

b) *pentru utilaj și conducte cu temperaturi negative, amplasate:*

- la aer liber – conform tabelului 5;
- în încăpere – conform tabelului 6;

c) *la pozarea în canalele netrecătoare:*

- pentru conducte de apă cu două țevi ale rețelelor termice – conform tabelelor 7 și 8;
- pentru conducte de vapori cu condensatoare la pozarea lor comună în canale netrecătoare – conform tabelului 9;
- pentru conducte de apă cu două țevi ale rețelelor termice la pozarea fără canale – conform tabelelor 10 - 11.

Normele de densitate ale fluxului termic pentru conductele din metal cu pereții groși, trebuie de admis conform diametrului convențional, ce corespunde țevelor standard cu același diametru exterior.

La proiectarea izolației termice pentru conductele tehnologice, ce se pozează în canale și fără canale, normele de densitate ale fluxului termic trebuie să fie acceptate precum la conductele, ce se pozează la aer liber;

6.1.2 La amplasarea obiectelor ce se izolează trebuie să se ia în considerare modificarea costului căldurii în dependență de regiunea de construcție și metoda pozării conductei (locul instalării utilajului):

- normele de densitate ale fluxului termic pentru suprafețe plane și cilindrice cu trecerea convențională mai mare de 1400 mm q^{reg} , se determină conform formulei:

$$q^{reg} = qK \quad (1)$$

- normele de densitate ale fluxului termic pentru suprafața cilindrică cu trecerea convențională 1400 mm și mai puțin, q_l^{reg} se determină conform formulei:

$$q_l^{reg} = q_l K \quad (2)$$

unde:

q - densitatea normată de suprafață a fluxului termic, W/m², ce se admite conform tabelelor 1 - 6;

q_l - densitatea liniară normată a fluxului termic (la 1 metru lungime al obiectului cilindric), W/m^2 ce se admite conform tabelelor 1 – 11;

K - coeficient, ce ia în considerare modificarea costului căldurii și construcției termoizolante în dependență de regiunea construcției și metoda de pozare a conductei (locul de instalare a utilajului), (a se vedea tabelul 12).

Tabelul 1 - Norme de densitate ale fluxului termic pentru utilaj și conducte cu temperaturi pozitive la amplasare la aer liber și numărul de ore de lucru mai mare de 5000

Trecerea condiționată a conductei, mm	Temperatura agentului termic, °C												
	20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
	Densitatea fluxului termic, W/m												
15	4	9	17	25	35	45	56	68	81	94	109	124	140
20	4	10	19	28	39	50	62	75	89	103	119	135	152
25	5	11	20	31	42	54	67	81	95	111	128	145	163
40	5	12	23	35	47	60	75	90	106	123	142	161	181
50	6	14	26	38	51	66	81	98	115	133	153	173	195
65	7	16	29	43	58	74	90	108	127	147	169	191	214
80	8	17	31	46	62	78	96	115	135	156	179	202	226
100	9	19	34	50	67	85	104	124	146	168	192	217	243
125	10	21	38	55	74	93	114	136	159	183	208	235	263
150	11	23	42	61	80	101	132	156	182	209	238	267	298
200	14	28	50	72	95	119	154	182	212	242	274	308	343
250	16	33	57	82	107	133	173	204	236	270	305	342	380
300	18	37	64	91	118	147	191	224	259	296	333	373	414
350	22	45	77	108	140	173	208	244	281	320	361	403	446
400	25	49	84	117	152	187	223	262	301	343	385	430	476
450	27	54	91	127	163	200	239	280	322	365	410	457	505
500	30	58	98	136	175	215	256	299	343	389	436	486	537
600	34	67	112	154	197	241	286	333	382	432	484	537	593
700	38	75	124	170	217	264	313	364	416	470	526	583	642
800	43	83	137	188	238	290	343	397	453	511	571	633	696
900	47	91	150	205	259	315	372	430	490	552	616	681	749
1000	52	100	163	222	281	340	400	463	527	592	660	729	801
1400	70	133	215	291	364	439	514	591	670	750	833	918	1098
Mai mare de 1400 și suprafețe plane	Densitatea fluxului termic, W/m^2												
	15	27	41	54	66	77	89	100	110	134	153	174	192

NOTĂ - Semnificații intermediare ale normelor de densitate ale fluxului termic trebuie să se determine prin interpolare.

Tabelul 2 - Norme de densitate ale fluxului termic pentru utilaj și conducte cu temperaturi pozitive la amplasare la aer liber și numărul de ore de lucru 5000 și mai puțin

Trecerea convențională a conductei, mm	Temperatura agentului termic, °C												
	20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
	Densitatea fluxului termic, W/m												
15	4	10	18	28	38	49	61	74	87	102	117	133	150
20	5	11	21	31	42	54	67	81	96	112	128	146	164
25	5	12	23	34	46	59	73	88	104	120	138	157	176
40	6	14	26	39	52	67	82	99	116	135	154	174	196
50	7	16	29	43	57	73	90	107	126	146	167	189	212
65	8	18	33	48	65	82	100	120	141	162	185	209	234
80	9	20	36	52	69	88	107	128	150	172	197	222	248
100	10	22	39	57	76	96	116	139	162	187	212	239	267
125	12	25	44	63	84	113	137	162	189	216	245	276	307
150	13	27	48	70	92	123	149	176	205	235	266	298	332
200	16	34	59	83	109	146	176	207	240	274	310	347	385
250	19	39	67	95	124	166	199	234	270	307	346	387	429
300	22	44	76	106	138	184	220	258	297	338	380	424	469
350	27	54	92	128	164	202	241	282	324	368	413	460	508
400	30	60	100	139	178	219	260	304	349	395	443	493	544
450	33	65	109	150	192	235	280	326	373	422	473	526	580
500	36	71	118	162	207	253	300	349	399	451	505	561	618
600	42	82	135	185	235	285	338	391	447	504	563	624	686
700	47	91	150	204	259	314	371	429	489	551	614	679	746
800	53	102	166	226	286	346	407	470	535	602	670	740	812
900	59	112	183	248	312	377	443	511	581	652	725	800	877
1000	64	123	199	269	339	408	479	552	626	702	780	860	941
1400	87	165	264	355	444	532	621	712	804	898	995	1092	1193
Mai mare de 1400 și suprafețe plane	Densitatea fluxului termic, W/m ²												
	19	35	54	70	85	99	112	125	141	158	174	191	205

NOTĂ - Semnificații intermediare ale normelor de densitate ale fluxului termic trebuie să se determine prin interpolare.

Tabelul 3 - Norme de densitate ale fluxului termic pentru utilaj și conducte cu temperaturi pozitive la amplasare în încăpere și numărul de ore de lucru mai mult de 5000

Trecerea convențională a conductei, mm	Temperatura agentului termic, °C											
	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
	Densitatea fluxului termic, W/m											
15	6	14	23	33	43	54	66	79	93	107	122	138
20	7	16	26	37	48	60	73	87	102	117	134	151
25	8	18	28	40	52	65	79	94	110	126	144	162
40	9	21	32	45	59	73	89	105	122	141	160	180
50	10	23	36	50	64	80	96	114	133	152	173	194
65	12	26	41	56	72	89	107	127	147	169	191	214
80	13	28	44	60	77	95	114	135	156	179	202	227
100	14	31	48	65	84	103	124	146	169	193	218	244

Trecerea convențională a conductei, mm	Temperatura agentului termic, °C											
	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
	Densitatea fluxului termic, W/m											
125	16	35	53	72	92	113	136	159	184	210	237	265
150	18	38	58	79	100	123	147	172	199	226	255	285
200	22	46	70	93	118	144	172	200	230	262	294	328
250	26	53	79	106	134	162	193	224	257	291	327	364
300	29	60	88	118	148	179	212	246	281	318	357	396
350	33	66	97	129	161	195	230	267	305	344	385	428
400	36	72	106	139	174	210	247	286	326	368	411	456
450	39	78	114	150	187	225	264	305	348	392	437	484
500	43	84	123	161	200	241	282	326	370	417	465	514
600	49	96	139	181	225	269	315	363	412	462	515	569
700	55	107	153	200	247	295	344	395	448	502	558	616
800	61	118	169	220	270	322	376	431	487	546	606	668
900	67	130	185	239	294	350	407	466	527	589	653	718
1000	74	141	201	259	318	377	438	501	565	631	699	768
1400	99	187	263	337	411	485	561	638	716	797	880	964
Mai mare de 1400 și suprafețe plane	Densitatea fluxului termic, W/m ²											
	23	41	56	69	82	94	106	118	130	141	153	165

NOTĂ - Semnificații intermediare ale normelor de densitate ale fluxului termic trebuie să se determine prin interpolare.

Tabelul 4 - Norme de densitate ale fluxului termic pentru utilaj și conducte cu temperaturi pozitive la amplasare în încăperea și numărul de ore de lucru 5000 și mai puțin

Trecerea convențională a conductei, mm	Temperatura agentului termic, °C											
	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
	Densitatea fluxului termic, W/m											
15	6	16	25	35	46	58	71	85	99	114	130	147
20	7	18	28	40	52	65	79	93	109	126	143	161
25	8	20	31	43	56	70	85	101	118	136	154	174
40	10	23	36	49	64	80	96	114	132	152	172	194
50	11	25	40	54	70	87	105	124	144	165	187	210
65	13	29	45	62	79	98	118	139	161	184	208	233
80	14	32	49	66	85	105	126	148	171	195	221	247
100	16	35	54	73	93	115	137	161	186	212	239	267
125	18	39	60	81	103	126	151	176	203	231	261	291
150	21	44	66	89	113	138	164	192	221	251	282	315
200	26	53	80	107	134	163	194	225	258	292	328	365
250	30	62	92	122	153	185	218	253	290	327	366	407
300	34	70	103	136	170	205	241	279	319	359	402	446
350	38	77	113	149	186	224	263	304	347	391	436	483
400	42	85	123	162	201	242	284	328	373	419	467	517
450	46	92	134	175	217	260	305	351	398	448	498	551
500	51	100	144	189	233	279	327	375	426	478	532	587
600	58	114	164	214	263	314	367	420	476	533	592	652

Trecerea convențională a conductei, mm	Temperatura agentului termic, °C											
	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
	Densitatea fluxului termic, W/m											
700	65	127	182	236	290	345	402	460	520	582	645	710
800	73	141	202	261	320	379	441	504	568	635	703	772
900	81	156	221	285	349	413	479	547	616	687	760	834
1000	89	170	241	309	378	447	518	590	663	739	816	896
1400	120	226	318	406	492	580	668	758	850	943	1038	1136
Mai mare de 1400 și suprafețe plane	Densitatea fluxului termic, W/m ²											
	26	46	63	78	92	105	119	132	145	158	171	190

NOTĂ - Semnificații intermediare ale normelor de densitate ale fluxului termic trebuie să se determine prin interpolare.

Tabelul 5 - Norme de densitate ale fluxului termic pentru utilaj și conducte cu temperaturi negative la amplasarea acestora la aer liber

Trecerea convențională a conductei, mm	Temperatura agentului răcire, °C										
	0	-10	-20	-40	-60	-80	-100	-120	-140	-160	-180
	Densitatea fluxului termic, W/m										
20	3	3	4	6	7	9	10	12	14	16	17
25	3	4	5	6	8	9	11	12	15	17	18
40	4	5	5	7	9	10	12	13	16	18	19
50	5	5	6	8	9	11	13	14	16	19	20
65	6	6	7	9	10	12	14	15	17	20	21
80	6	6	8	10	11	13	15	16	18	21	22
100	7	7	9	11	13	14	17	18	20	22	23
125	8	8	9	12	14	16	18	20	21	23	25
150	8	9	10	13	16	17	20	21	23	25	27
200	10	10	12	16	18	20	23	25	27	29	31
250	11	12	14	18	20	23	26	27	30	33	35
300	12	13	16	20	23	25	28	30	34	36	39
350	14	15	18	22	24	27	30	33	36	38	41
400	16	16	2	23	26	29	32	34	38	40	43
450	17	18	21	26	28	31	34	37	39	42	45
500	19	21	23	27	30	33	36	38	41	44	46
Mai mare de 500	Densitatea fluxului termic, W/m ²										
	11	12	12	13	14	15	15	16	17	18	19

NOTĂ - Semnificații intermediare ale normelor de densitate ale fluxului termic trebuie să se determine prin interpolare.

Tabelul 6 - Norme de densitate ale fluxului termic pentru utilaj și conducte cu temperaturi negative la amplasare în încăpere

Trecerea convențională a conductei, mm	Temperatura agentului răcire, °C										
	0	-10	-20	-40	-60	-80	-100	-120	-140	-160	-180
	Densitatea fluxului termic, W/m										
20	5	6	6	7	8	9	10	10	11	13	14
25	6	7	7	8	9	10	11	14	16	17	20
40	7	7	8	9	11	12	13	16	17	19	21
50	7	8	9	10	12	13	15	17	19	20	22
65	8	9	9	11	13	14	16	18	20	21	23
80	9	9	10	12	13	15	17	19	20	22	24
100	10	10	11	13	14	16	18	20	21	23	25
125	11	11	12	14	16	18	20	21	23	26	27
150	12	13	13	16	17	20	21	23	25	27	30
200	15	16	16	19	21	23	25	27	30	31	34
250	16	17	19	20	23	26	27	30	33	36	38
300	19	20	21	23	26	29	31	34	37	39	41
350	21	22	23	26	29	31	34	36	38	41	44
400	23	24	26	28	30	34	36	38	41	44	46
450	25	27	28	30	33	35	37	40	42	45	48
500	28	29	30	33	35	37	40	42	45	47	49
Более 500	Плотность теплового потока, Вт/м ²										
	15	16	17	18	19	19	20	21	22	22	23
NOTĂ - Semnificații intermediare ale normelor de densitate ale fluxului termic trebuie să se determine prin interpolare.											

Tabelul 7 - Norme de densitate ale fluxului termic pentru conducte ale rețelelor de apă cu două țevi în cazul pozării subterane în canale și durata anuală de lucru mai mult de 5000 h

Trecerea convențională a conductei, mm	Temperatura medie anuală a agentului termic (tur/retur), °C	
	65/50	90/50
	Densitatea totală liniară a fluxului termic, W/m	
25	19	24
32	21	26
40	22	28
50	25	30
65	29	35
80	31	37
100	34	40
125	39	46
150	42	50
200	52	61
250	60	71
300	67	79
350	75	88
400	81	96
450	89	104
500	96	113
600	111	129
700	123	144

Trecerea convențională a conductei, mm	Temperatura medie anuală a agentului termic (tur/retur), °C	
	65/50	90/50
	Densitatea totală liniară a fluxului termic, W/m	
800	137	160
900	151	176
1000	166	192
1200	195	225
1400	221	256

NOTA 1 - Temperaturile medii anuale de calcul ale apei în rețelele termice de apă 65/50, 90/50 °C corespund diagramelor de temperatură 95 - 70, 150 - 70.

NOTA 2 - Semnificații intermediare ale normelor de densitate ale fluxului termic trebuie să se determine prin interpolare.

Tabelul 8 – Norme de densitate ale fluxului termic pentru conducte ale rețelelor de apă cu două țevi în cazul pozării subterane în canale și durata anuală de lucru 5000 h și mai puțin

Trecerea convențională a conductei, mm	Temperatura medie anuală a agentului termic (tur/retur), °C	
	65/50	90/50
	Densitatea totală liniară a fluxului termic, W/m	
25	21	26
32	24	29
40	25	31
50	29	34
65	32	39
80	35	42
100	39	47
125	44	53
150	49	59
200	60	71
250	71	83
300	81	94
350	89	105
400	98	115
450	107	125
500	118	137
600	134	156
700	151	175
800	168	195
900	186	216
1000	203	234
1200	239	277
1400	273	316

NOTĂ –a se vedea notele de la tabelul 7.

Tabelul 9 – Norme de densitate ale fluxului termic prin suprafața de izolare a conductelor de aburi cu conducte de condens la pozarea lor comună în canale de ne trecut

Trecerea convențională a conductelor, mm		Conductă de abur	Conductă de condens	Conductă de abur	Conductă de condens	Conductă de abur	Conductă de condens	Conductă de abur	Conductă de condens	Conductă de abur	Conductă de condens	Conductă de abur	Conductă de condens
		Temperatura de calcul a agentului termic, °C											
		115	100	150	100	200	100	250	100	300	100	350	100
25	25	22	18	30	18	41	18	51	18	64	18	79	18
32	25	23	18	32	18	43	18	54	18	69	18	83	18
40	25	25	18	33	18	45	18	58	18	73	18	88	18
50	25	27	18	36	18	52	18	64	18	79	18	95	18
65	32	31	21	43	21	58	21	71	21	88	20	103	20
80	40	35	23	46	23	62	23	81	22	98	22	117	21
100	40	38	23	49	23	66	23	81	22	98	22	117	21
125	50	42	24	53	24	72	24	88	23	107	23	126	23
150	65	45	27	58	27	78	27	94	26	115	26	142	26
200	80	52	27	68	27	89	27	108	28	131	28	153	28
250	100	58	31	75	31	99	31	119	31	147	31	172	31
300	125	64	33	83	33	110	33	133	33	159	33	186	33
350	150	70	38	90	38	118	38	143	37	171	37	200	34
400	180	75	42	96	42	127	42	153	41	183	41	213	41
450	200	81	44	103	44	134	44	162	44	193	43	224	43
500	250	86	50	110	50	143	50	173	49	207	49	239	48
600	300	97	55	123	55	159	55	190	54	227	54	261	53
700	300	105	55	133	55	172	55	203	54	243	53	280	53
800	300	114	55	143	55	185	55	220	54	-	-	-	-

NOTĂ - Semnificații intermediare ale normelor de densitate ale fluxului termic trebuie să se determine prin interpolare.

Tabelul 10 – Norme de densitate ale fluxului termic pentru conducte în cazul pozării subterane fără canale și durata anuală de lucru mai mult de 5000 h

Trecerea convențională a conductei, mm	Temperatura medie anuală a agentului termic (tur/retur), °C	
	65/50	90/50
	Densitatea totală liniară a fluxului termic, W/m	
25	27	32
32	29	35
40	31	37
50	35	41
65	41	49
80	45	52
100	49	58
125	56	66
150	63	73
200	77	93
250	92	106
300	105	121
350	118	135
400	130	148
450	142	162
500	156	176
600	179	205
700	201	229
800	226	257
900	250	284
1000	275	312
1200	326	368
1400	376	425
NOTĂ – a se vedea notele de la tabelul 7		

Tabelul 11 - Norme de densitate ale fluxului termic pentru conducte în cazul pozării subterane fără canale și durata anuală de lucru 5000 h și mai puțin

Trecerea convențională a conductei, mm	Temperatura medie anuală a agentului termic (tur/retur), °C	
	65/50	90/50
	Densitatea totală liniară a fluxului termic, W/m	
25	30	35
32	32	38
40	35	41
50	40	47
65	46	55
80	51	60
100	57	67
125	65	76
150	74	86
200	93	107
250	110	125
300	126	144
350	140	162
400	156	177

Trecerea convențională a conductei, mm	Temperatura medie anuală a agentului termic (tur/retur), °C	
	65/50	90/50
	Densitatea totală liniară a fluxului termic, W/m	
450	172	196
500	189	214
600	219	249
700	147	290
800	278	312
900	310	349
1000	341	391
1200	401	454
1400	467	523
NOTĂ – a se vedea notele de la tabelul 7		

Tabelul 12

Regiunea construcției	Coeficient <i>K</i>			
	Metoda de pozare a conductelor și locul de amplasare al utilajului			
	la aer liber	în încăpere, tunel	în canalul de ne trecut	fără canal
Sud	1,0	1,0	1,0	1,0
Centru	0,98	0,98	0,95	0,94
Nord	0,98	0,98	0,95	0,94

6.1.3 Caracteristicile de calcul ale materialelor termoizolante și articolelor, ce se aplică pentru izolarea utilajului și conductelor cu pozare supraterană și subterană trebuie să se admită ținând cont de densitatea în construcții, umidității în condițiile de exploatare, rosturi și influenței punților de frig ale elementelor de fixare.

Coeficientul de conductibilitate termică al materialelor de etanșare în cazul densității optime în construcții trebuie să se admită conform datelor încercărilor de certificare sau conform datelor prezentate în Anexa de informare B din CP G.04.05.

6.1.4 La pozare fără canale a conductelor, conductibilitatea termică stratului principal a construcției de termoizolare λ_k se determină conform formulei

$$\lambda_k = \lambda_0 K \quad (3)$$

unde:

λ_0 - conductibilitatea termică a materialului uscat a stratului principal (de bază), W/(m K);

K - Coeficientul, ce ia în considerare mărirea conductibilității de la umezire, care se admite în dependență de tipul materialului termoizolant și tipul solului conform tabelului 13.

Tabelul 13

Materialul stratului termoizolant	Coeficientul de umidificare <i>K</i>		
	Tipul solului conform SM GOST 25100		
	puțin umidificat	umed	saturat cu apă
Spumă poliuretanică	1,0	1,0	1,0
Armobeton celular	1,05	1,05	1,1
Polimermineral expandat	1,05	1,05	1,1

6.1.5 Drept temperatură de calcul a mediului înconjurător la calcule conform densității normale a fluxului termic trebuie să se admită:

- a) pentru suprafețe de izolație, amplasate la aer liber: pentru utilajul tehnologic și conducte-medie pe an;
- b) pentru conductele rețelelor termice la funcționarea anuală – medie pe an;
- c) pentru conductele rețelelor termice, ce funcționează numai în perioada de încălzire, - medie pentru perioada cu temperatura medie în 24 de ore a aerului atmosferic 8 °C și mai joasă;
- d) pentru suprafețe de izolație, amplasate în încăperi – 20 °C;
- e) pentru conducte, amplasate în tuneluri – 40 °C;
- f) pentru pozarea subterană în canale sau la pozarea fără canale ale conductelor – temperatura medie pe an a solului la adâncimea pozării axei conductei. La valoarea de adâncire a părții de sus a acoperirii canalului (la pozarea în canale) sau partea de sus a construcției termoizolante a conductelor (la pozare fără canale) 0,7 m și mai puțin pentru temperatura de calcul a mediului ambiant trebuie să se accepte aceeași temperatură a aerului exterior, ca și la pozarea supraterană.

6.1.6 Temperatura agentului termic a utilajului tehnologic și a conductelor la calcule conform densității normale a fluxului termic trebuie să se accepte în corespundere cu sarcina la proiectare.

Pentru conductele rețelelor termice în calitate de temperatură de calcul a agentului termic se admite:

- a) pentru rețele termice pe apă:
 - pentru conducta tur la temperatura constantă a apei din rețea și reglarea cantitativă – temperatura maximă a agentului termic;
 - pentru conducta tur cu temperatura variabilă a apei din rețea și reglarea calitativă - în conformitate cu tabelul 14;
 - pentru conducte retur ale rețelelor termice pe apă – 50 °C;
- b) pentru rețele de aburi – temperatura maximă a aburilor, medie conform lungimii conductei cu aburi a sectorului examinat;
- c) pentru rețele cu condensat și rețele de alimentare cu apă caldă – temperatura maximă a condensatului sau a apei fierbinți.

Tabelul 14

Regimurile de temperatură ale rețelelor termice de apă, °C	95 - 70	150 - 70
Temperatura de calcul a agentului termic t_w , °C	65	90

6.1.7 La determinarea temperaturii solului în câmpul de temperatură a conductei subterane a rețelelor termice temperatura agentului termic trebuie să se admită:

- pentru rețelele termice de apă – conform graficului de temperatură de reglare la temperatura medie lunară a aerului exterior pentru luna de calcul;
- rețelele de aburi – temperatura maximă a aburilor în locul de examinare a conductei de abur (luând în considerare căderea temperaturii aburilor de-a lungul conductei);
- pentru rețelele cu condensat și rețelele de alimentare cu apă caldă – temperatura maximă a condensatului sau a apei.

6.2. Determinarea grosimii izolației conform valorii predeterminate a fluxului termic

La calcularea grosimii izolației termice conform valorii predeterminate a fluxului termic, temperaturile de calcul ale agentului termic și a mediului ambiant se admit conform punctelor 6.1.5 și 6.1.6.

6.3. Determinarea grosimii izolației termice conform cerințelor tehnologice

La calcularea grosimii izolației a utilajului și a conductelor cu temperaturi pozitive, amplasate la aer liber, în calitate de temperatură de calcul a mediului ambiant se admite temperatura medie a celor mai reci cinci zile cu asigurarea 0,92.

La calcularea grosimii izolației a utilajului și a conductelor cu temperaturi negative, amplasate la aer liber, în calitate de temperatură de calcul a mediului ambiant se admite temperatura medie maximă a celei mai calde.

Pentru utilaj și conducte amplasate în încăperi, temperatura de calcul a aerului înconjurător se admite în conformitate cu sarcina de proiectare, dar în lipsa datelor despre temperatura aerului înconjurător se admite egală cu 20 °C.

Temperatura de calcul a agentului termic (substanței), transportată de conducte, se admite în conformitate cu sarcina de proiectare.

6.4. Determinarea grosimii izolației termice conform scăderii (majorării) predeterminate a temperaturii substanței, transportată de conducte (conduce de abur)

La calculul grosimii izolației termice conform scăderii (majorării) predeterminate a temperaturii substanței, transportate de conducte, temperatura de calcul a mediului ambiant trebuie să se admită pentru conductele, amplasate:

- la aer liber și în încăperi – în conformitate cu 6.3;
- în tuneluri – 40 °C;
- în canale sau la pozarea conductelor fără canale – temperatura minimă medie lunară a solului la adâncimea pozării axei conductei.

Temperatura de calcul a agentului termic se admite în conformitate cu sarcina de proiectare.

6.5. Determinarea grosimii termoizolației conform cantității predeterminate de condensat în conductele de abur

La calculul grosimii izolației termice a conductelor de abur a aburului supraîncălzit și saturat, temperatura de calcul a mediului ambiant trebuie să se admită în conformitate cu 6.3.

Parametrii de calcul ai aburului se acceptă în conformitate cu sarcina de proiectare.

6.6. Determinarea grosimii izolației termice conform timpului predeterminat de oprire a mișcării substanței lichide în conducte cu scopul de preîntâmpinare a înghețului sau mărirea viscozității

La calculul grosimii izolației termice conform timpului predeterminat de oprire a mișcării în conducte cu scopul de a preîntâmpina înghețul acestora sau de a mări viscozitatea, parametrii de calcul a aerului ambiant și a agentului termic trebuie să se accepte în conformitate cu pct. 6.3 și sarcina de proiectare.

6.7. Determinarea grosimii izolației termice conform temperaturii predeterminate pe suprafața izolației

6.7.1 Temperatura la suprafața izolației termice trebuie să se admită nu mai mare, °C:

a) pentru suprafețe izolate, amplasate în zona de lucru sau de deservire a încăperilor și care conțin substanțe cu temperatura:

- mai mare de 500 °C.....55
- de la 150 până la 500 °C.....45
- 150 °C și mai puțin.....40
- cu izbucniri de vapori mai joase de 45 °C.....35

b) pentru suprafețe izolate, amplasate la aerul deschis în zona de lucru sau de deservire:

- în cazul stratului de acoperire din metal.....55
- pentru alte tipuri de straturi de acoperire.....60

Temperatura la suprafața izolației termice a conductelor, amplasate în afara limitelor zonei de lucru sau de deservire, nu trebuie să depășească limitele de temperatură privind aplicarea materialelor stratului de acoperire, dar nu mai înaltă de 75 °C.

6.7.2 Temperatura de calcul a aerului ambiant trebuie să se admită pentru suprafețe, amplasate:

- la aer liber – media maximă a celei mai calde luni;
- în încăpere – în conformitate cu 6.3.

6.7.3 La necesitate pentru îndeplinirea concomitentă a cerințelor 6.1 - 6.5 și 6.7 se admite mai mult valoarea grosimii de calcul a izolației.

6.8. Determinarea grosimii izolației termice cu scopul de a preîntâmpina condensarea umezelii din aerul ambiant pe stratul de acoperire a izolației termice a utilajului și a conductelor, ce conțin substanțe cu temperaturi mai joase decât temperatura aerului ambiant

Prezentul calcul trebuie să se îndeplinească numai pentru suprafețele izolate, amplasate în încăperi.

Temperatura de calcul și umiditatea relativă a aerului se acceptă în conformitate cu sarcina de proiectare.

Pentru suprafețele izolate cu temperaturi negative, amplasate în încăperi, grosimea stratului termoizolant, determinată conform condițiilor 6.1, 6.2, trebuie să fie verificată conform 6.8. În rezultatul comparării se admite o valoare mai mare pentru grosimea stratului.

6.9 La calculul grosimii izolației termice cu scopul de a preîntâmpina condensarea umezelei pe suprafețele interioare ale conductelor de gaze conductelor de gaze, ce transportă gaze, care conțin vapori de apă sau vapori de apă și gaze, care la dizolvarea în vapori de apă condensați pot să ducă la formarea produselor agresive, temperatura de calcul a mediului ambiant trebuie să se admită în conformitate cu pct. 6.3.

Parametrii de calcul ale gazelor trebuie să se admită în conformitate cu sarcina de proiectare.

6.10 La calculul izolației termice a conductelor cu preîncălzirea acestora prin intermediul sateliților de abur și de apă, temperatura de calcul a aerului ambiant trebuie să se admită:

- la aer liber – media pentru cele mai reci cinci zile sau în conformitate cu sarcina de proiectare;
- în încăperi - în conformitate cu sarcina de proiectare, iar în lipsa indicațiilor despre temperatura aerului ambiant – 20 °C;
- în tuneluri – 40 °C;

Temperatura de calcul a agentului termic în conductă și a sateliților încălzitori al acestuia se admite în conformitate cu sarcina de proiectare a izolației termice.

6.11 Construcția de termoizolare cu stratul termoizolant din material omogen, instalat în câteva straturi, în calcule se admite ca un strat.

Calculul grosimii stratului termoizolant a construcției, compus din două și mai multe straturi din materiale eterogene, trebuie să se efectueze reieșind din faptul că, temperatura între straturi nu depășește temperatura maximă de aplicare a materialului termoizolant a straturilor ulterioare. Grosimea fiecărui strat se calculează separat.

6.12 Grosimea de calcul a stratului termoizolant în construcții cu izolație termică pe bază de materiale fibroase și articole (saltele, plăci, pânze) trebuie să se rotundească până la valori cu divizibilitatea de 10 mm.

În construcții pe baza cilindrilor din vată minerală, materiale aspre celulare, materiale din cauciuc sintetic înpumat, polietilenă și masă plastică expandată trebuie să se accepte cea mai apropiată la grosimea calculată a articolelor conform documentelor normative către materialele corespunzătoare.

Dacă grosimea de calcul a stratului termoizolant nu coincide cu grosimea materialului selectat din nomenclatură, atunci trebuie să se admită conform nomenclurii în vigoare cea mai apropiată și mai mare grosime a materialului termoizolant.

Se permite să se accepte cea mai apropiată și mai mică grosime a stratului termoizolant în cazurile de calcul conform temperaturii la suprafața izolației și normelor densității fluxului termic, dacă diferența între grosimea calculată și de nomenclatură nu depășește 3 mm.

6.13 Grosimea minimă a stratului termoizolant trebuie să se admită:

- la izolare cu cilindri din materiale fibroase – egale cu grosimea minimă, prevăzută de standardele de stat sau de cerințele tehnice;
- la izolare cu țesături, pânză din fibre de sticlă, cordoane – 20 mm;
- la izolare cu piese din materiale fibroase de comprimare – 20 mm;
- la izolare cu materiale aspre, piese din polimeri înpumați - egală cu grosimea minimă, prevăzută de standardele de stat sau de cerințele tehnice.

6.14 Grosimea limită a stratului termoizolant în construcțiile de izolare termică a conductelor se prezintă în anexa D.

Dacă grosimea de calcul este mai mare decât poate să asigure, în conformitate cu anexa D, materialul termoizolant selectat, trebuie să se aplice un material termoizolant mai eicient.

Aplicarea construcțiilor cu grosime mai mare a stratului termoizolant necesită un studiu de fezabilitate.

6.15 Grosimea stratului termoizolant în construcțiile de izolație termică sudate, de mufă și armatură de flanșă nedemontabilă trebuie să se accepte egală cu grosimea izolației conductei.

Grosimea stratului termoizolant în construcții demontabile de termoizolare cu cuplări de flanșă și armatură de flanșă cu temperatura pozitivă și negativă a substanțelor ce se transportă trebuie să se admită egală cu grosimea izolației conductei.

6.16 Pentru suprafețele cu temperatura mai înaltă de 300 °C și mai joasă de minus 60 °C nu se permite aplicarea construcțiilor cu un strat. Pentru construcții cu multe straturi consecutive trebuie să acopere rosturile stratului precedent.

6.17 Grosimea și volumul pieselor termoizolante comandate din materiale de comprimare trebuie să se determine conform anexei recomandabile C din CP G.04.05.

6.18 Grosimea materialelor din metal și din compozit, ce se aplică în calitate de strat de acoperire, în dependență de diametrul exterior al conductei sau de configurația construcției termoizolante trebuie să se admită conform anexei B (tabelul B.2 și B.3) din CP G.04.05.

6.19 În calitate de strat de acoperire a construcțiilor termoizolante cu diametru de izolație mai mare de 1600 mm și plane, amplasate în încăperi cu mediu neagresiv și puțin agresiv, se permite să se

aplice foile de metal și panglicile cu grosimea 0,7-0,8 mm, dar pentru conducte cu diametru izolației mai mare de 600 până la 1600 mm – 0,6 mm.

6.20 Foile și panglicile de aluminiu și din aliaje de aluminiu cu grosimea de 0,25 - 0,3 mm se recomandă să se aplice gofrate.

6.21 Stratul de acoperire din tencuială a suprafeței termoizolante, amplasat în încăpere, trebuie să fie înțeliat cu țesătură. Grosimea acoperirii din tencuială la pozare conform materialelor aspre sau fibroase în dependență de diametrul obiectului izolat se recomandă să se accepte conform tabelului 15.

Tabelul 15

Tip de material izolat (baza)	Grosimea acoperirii de tencuială, mm		
	Tipul obiectului izolat		
	conducte cu diametrul exterior, mm		utilaj
	până la 133 inclusiv	159 și mai mare	
Piese aspre	10	15	20
Piese fibroase	15	15 - 20	20 - 25

6.22 Pentru construcții termoizolante, ce se expun la acțiunea mediilor agresive, trebuie să se prevadă protecția acoperirilor metalice de la coroziune.

La utilizarea în calitate de strat de acoperire table subțiri din oțel galvanizat, grosimea suprafeței de acoperire de zinc de alege ținând cont de nivelul acțiunii mediului agresiv și termenul de exploatare preconizat al stratului de acoperire, dar nu mai puțin de 20 mkm.

La aplicarea în calitate de strat de acoperire foile și panglicile din aluminiu și aliajele din aluminiu, și stratul termoizolant în plasă de oțel nevopsită sau la construcția carcasei trebuie să se prevadă instalarea sub stratul de acoperire din material de rulo sau vopsirea stratului de acoperire din interior cu lac de bitum.

6.23 Sub stratul de acoperire din materiale nemetalice în încăperile de depozitare și prelucrare ale produselor alimentare, trebuie să se prevadă instalarea plasei de oțel din sârmă cu diametru nu mai puțin de 1 mm cu celule de dimensiuni nu mai mari de 12x12 mm.

6.24 Construcția izolației termice trebuie să excludă deformarea acesteia și alunecarea stratului termoizolant în procesul de exploatare. În componența construcțiilor termoizolante ale utilajului și ale conductelor trebuie să se prevadă elemente de sprijin și mecanisme de descărcare, ce asigură rezistență mecanică și fiabilitate operațională a construcțiilor.

Pe sectoarele verticale ale conductelor și ale utilajului, construcțiile de sprijin trebuie să se prevadă peste fiecare 3 – 4 m conform înălțimii.

6.25 În construcțiile izolației termice ale utilajului și ale conductelor cu temperaturi negative ale substanțelor nu trebuie să se aplice elemente de fixare din metal, ce trec prin toată grosimea stratului termoizolant. Elementele de fixare sau părțile acestora trebuie să se prevadă din materiale cu conductibilitatea termică nu mai mare de 0,23 W/(m·°C).

Elementele de fixare din lemn trebuie să fie tratate cu antipirin și cu compoziție antiseptică.

Elementele de fixare, confecționate din oțel-carbon, trebuie să conțină un strat anticoroziv.

6.26 Amplasarea elementelor de fixare pe suprafețele izolate trebuie să se admită în conformitate cu SM EN ISO 4126-1.

6.27 Elementele, prevăzute pentru fixarea construcției termoizolante pe suprafețele cu temperaturi negative, trebuie să posedă un strat anticoroziv sau să se confecționeze din materiale rezistente la coroziune.

Elementele de fixare, ce se contactează cu suprafața izolată, trebuie să se prevadă:

- pentru suprafețe cu temperatura de la minus 25 până la 400 °C – din oțel carbon;
- pentru suprafețe cu temperatura mai mare de 400 și mai mică de minus 25 °C – din același material ca și suprafața izolată.

Elementele de fixare ale straturilor termoizolante și de acoperire ale construcțiilor termoizolante, ce se referă la utilaj și conducte, amplasate la aer liber în regiunile cu temperatura de calcul a aerului ambiant mai joasă de minus 25 °C, trebuie să se aplice din oțel inoxidabil sau din aluminiu.

6.28 Construcția stratului de acoperire a izolației termice trebuie să permită posibilitatea de a compensa deformațiile de temperatură ale obiectului ce se izolează și ale construcției termoizolante.

Rosturile de temperatură în straturile de protecție ale conductelor orizontale trebuie să se prevadă la compensatoarele pilonilor de sprijin și cotiturilor, dar referitor conductelor verticale – în locurile de instalare a construcțiilor de sprijin.

La izolare cu articole aspre fasonate trebuie să se prevadă inserții din materiale fibroase în locurile de organizare a rosturilor de temperatură.

6.29 Alegerea materialului pentru stratul de acoperire al construcțiilor utilajului și conductelor, amplasate la aer liber în regiunile cu temperatura de calcul a aerului ambiant minus 25 °C și mai joasă, trebuie să se efectueze luând în considerare limitele de temperatură privind aplicarea materialelor conform documentelor normative în vigoare.

6.30 Construcția de fixare a stratului de acoperire a izolației termice, ce se referă la utilaj și conducte cu temperaturi negative ale substanțelor trebuie să excludă posibilitatea deteriorării a stratului izolat față de vapori în procesul de exploatare.

6.31 Pentru utilajul și conductele cu temperaturi negative privind aplicarea stratului izolat față de vapori din materiale tip rulou fără etichetă completă, trebuie să se prevadă etanșarea rosturilor a stratului izolat față de vapori, la temperatura suprafeței izolate mai joasă de minus 60 °C, de asemenea trebuie să se prevadă etanșarea rosturilor stratului de acoperire cu etanșanți sau cu materiale adezive din peliculă.

6.32 Pentru pozarea conductelor rețelelor termice fără canale în soluri uscate este posibilă aplicarea izolației din piese fasonate în bucăți (învelișuri, segmente) din spumă poliuretanică sau beton polimer cu strat de acoperire impermeabil la apă, în acest caz piesele termoizolante trebuie să se pună pe masticuri sau adezivi impermeabili și rezistenți la temperatură.

Anexa A
(informativă)

Grosimi limită ale construcțiilor termoizolante pentru utilaj și conducte

Tabelul A.1 – Grosimi limită ale construcțiilor termoizolante pentru utilaj și conducte

Diametrul exterior, mm	Mod de pozare al conductelor					
	suprateran		în tunel		în canalul de netrecut	
	Grosimea limită a stratului termoizolant, mm, la temperatura, °C					
	19 și mai joasă	20 și mai mult	19 și mai joasă	20 și mai mult	până la 150 inclusiv	151 și mai mult
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 și mai mult	320	320	320	260	140	220

NOTA 1 - Pentru conducte, amplasate în canale, grosimea izolației este indicată pentru temperaturi pozitive ale substanțelor transportate. Pentru conductele cu temperaturi negative ale substanțelor transportate, grosimile limită trebuie să se admită aceleași, ca și în cazul pozării în tuneluri.

NOTA 2 - În cazul, dacă grosimea de calcul a izolației este mai mare decât cea limită, trebuie să se admită un material termoizolant mai eficient și să se limiteze de grosimea limită a izolației termice, dacă acest fapt este admisibil conform condițiilor procesului tehnologic.

Anexa B

(informativă)

Calculul grosimii efective a izolației pentru rețelele termice

În conformitate cu СНиП 41-02, alegerea materialului izolației termice și construcției conductei termice trebuie realizată în funcție de optimul economic al cheltuielilor totale de exploatare și a investițiilor capitale în conductele de căldură, incluzând construcțiile însoțitoare și structurile asociate rețelelor termice.

În general, alegerea grosimii termoizolante a conductelor termice în construcția complexelor industriale, întreprinderilor, secțiilor și celor de producere practic nu influențează la costul total al obiectului din industrie.

Grosimea izolației termice se alege în conformitate cu СНиП 41-03 la parametrii setați, luând în considerare datele climatice ale punctului de construcție, costul construcției termoizolante și energiei termice.

Pentru conductele de căldură ale rețelelor termice, ca obiecte de construcție independentă, izolația termică este unul dintre elementele principale, împreună cu țevile, construcțiile de sprijin pentru acestea, dispozitivele de drenaj etc., precum și canalele, camerele, stațiile de pompare.

Prin urmare, alegerea grosimii stratului termoizolant principal trebuie să se efectueze conform cheltuielilor totale maxime de exploatare și investițiilor capitale în studiul de fezabilitate tehnico-economic al metodei de pozare, construcției conductei termice și, în general, al tehnologiei de alimentare cu căldură:

$$C = K_{iz} + a \cdot T_{en.term.} \cdot q_{pierd} \cdot \frac{n_{an}}{1000} \quad (B.1)$$

unde:

C – cheltuieli totale, lei/metru liniar;

K_{iz} – investiții capitale în metodă, lei/metru liniar;

$T_{en.term.}$ – tariful de perspectivă la energia termică, lei/GJ;

q_{pierd} – pierderi anuale de energie termică, GJ/an;

n_{an} – timpul de funcționare al conductelor termice, h/an;

a – indicator de anuitate:

$$a = \frac{(1 + \rho)^n - 1}{\rho(1 + \rho)^n} \quad (B.2)$$

unde:

ρ – renta de calcul egală cu dobânda la împrumutul bancar, cu excepția ratei anuale a inflației și a procentului de creștere relativă pe termen lung a prețurilor la energia termică, %/100;

n – perioada de amortizare, ani.

Tabelul B.1 - Calculul pierderilor termice specifice a conductei de căldură cu o singură țevă cu pozare în canal

Nº	Denumire	Semnificație	Unitate de măsură	Formula de calcul	Rezultat	Notă
1	2	3	4	5	6	7
P1	Pierderi termice a conductei de căldură cu o singură țevă cu pozare în canal	q_{ACM}	W/m	$(t_{can} - t_{sol})K/(R_{can} + R_{sol}^k)$	39,475749	1 W=0,86 kcal/h
P2	Temperatura aerului în canal	t_{can}	°C	A/B	19,056135	
	- numărător	A		$[t_{ACM}/(R_{iz}+R_e)] + [t_{sol}/(R_{can}+R_{sol}^k)]$	88,207526	t_{sol} în loc de t_E
	- numitor	B		$[1/(R_{iz}+R_e)] + [1/(R_{can}+R_{sol}^k)]$	4,6288256	
P3	Rezistența termică a izolației conductei	R_{iz}	(m·°C)/W	$[1/(2\pi\lambda_{iz}^p)] \times \ln[(d_e + 2\delta_{iz})/d_e]$	1,0262044	
P4	Rezistența termică a transferului de căldură de la suprafața izolației conductei la aerul din interiorul canalului	R_e	(m·°C)/W	$1/[\pi\alpha_{e,iz} (d_e + 2\delta_{iz})]$	0,1665645	
P7	Rezistența termică a transferului de căldură din aer la peretele canalului	R_{can}	(m·°C)/W	$1/[\pi\alpha_k 2bh/(b+h)]$	0,0482532	
P5	Rezistența termică a solului	R_{sol}^k	(m·°C)/W	C/D	0,2155684	
	- numărător	C		$\ln[3,5(H_{ech}/h)(h/b)^{0,25}]$	2,0942467	
	- numitor	D		$[5,7+0,5(b/h)]\lambda_{sol}$	9,715	
P6	Adâncimea echivalentă a solului, luând în considerare rezistența transferului de căldură de la suprafața solului către aerul înconjurător în rezistența termică totală a solului	H_{ech}	m	$H+\lambda_{sol}/\alpha_{sol}$	1,2414286	

Tabelul B.2 – Date inițiale și calculate

No	Denumire	Semnificație	Unitate de măsură	Formula de calcul	Rezultat	Notă
1	2	3	4	5	6	7
I1	Schema rețelei termice			Cu o singură țeavă într-un canal cu o celulă		de facto
I2	Diametrul exterior al conductei:	d_1	m		0,159	de asemenea
I3	Tipul pozării			În canal KJ 90 x 45		de facto
I4	Adâncimea pozării de la suprafața pământului până la axa canalului	H	m		1,20	de facto
I5	Dimensiunea canalului:					de facto
	- înălțimea:	h	m		0,45	dimensiuni interioare
	- lățimea:	b	m		0,9	
I6	Temperatura medie a solului la adâncimea pozării axei canalului	t_{sol}	°C	Date climatice ale localității	10	se admite
I7	Conductivitatea termică a solului	λ_{sol}	W/(m·°C)		1,45	de asemenea
I8	Temperatura medie anuală a apei calde menajere:	t_{ACM}	°C		60	
I9	Izolația termică a conductei:			preș de izolație din fibre discontinue de sticlă 70		se prezintă conform CP G.04.05
	Coeficientul conductivității termice a izolației termice la începutul exploatării	λ_{iz}	W/(m·°C)	$0,042 + 0,00028 \times (t_{ACM} + 40)/2$	0,056	calcul

Tabelul B.2 – Date inițiale și calculate (sfârșit)

No	Denumire	Semnificație	Unitate de măsură	Formula de calcul	Rezultat	Notă
1	2	3	4	5	6	7
I10	Coeficientul de calcul al conductivității termice a izolației termice după t ani de exploatare:			preș de izolație din fibre discontinue de sticlă 70		
	- a conductei	λ_{iz}^p	W/(m·°C)	$[(1+\exp kt)/2] \times \lambda_{iz}$	0,063	calcul
	- constanta performanței izolației	k	1/an		0,046	tabelul 8 [10]
	- durata de exploatare	t	ani	durata normată de exploatare a izolației este 40000 ore	5	se prezintă
I11	Coeficientul transferului de căldură la aerul exterior pe suprafața solului	α_{sol}	W/m ² °C		35	se admite
I12	Coeficientul transferului de căldură de la aerul din canal către suprafața interioară a acestuia	α_c	W/m ² °C		11	conform CP G.04.05
I13	Grosimea izolației conductei	δ_{iz}	m	se admite (se prezintă)	0,04	
I14	Coeficientul transferului de căldură de la suprafața izolației în aerul din canal	$\alpha_{e.iz}$	W/m ² °C		8	tabelul H2 [11]
I15	Coeficientul pierderilor suplimentare	K		ia în considerare pierderile termice prin incluziunile de căldură într-o construcție termoizolantă	1,15	conform CP G.04.05

Tabelul B.3 – Capitolul economic

E1	Cheltuieli totale specifice	C	lei/metru liniar	$K_{iz} + a \cdot T_{en.term.} \cdot q^{an} \cdot (n_{an}/1000)$	10001,494	
E2	Investiții specifice	K_{iz}	lei/metru liniar		0	se prezintă
E3	Tariful de perspectivă al energiei termice	$T_{en.term.}$	lei/Gcal		987	ANRE
E4	Pierderi anuale de energie termică	q^{an}	Gcal/(an·m)	$q_{pierd} \cdot n_{an} \cdot 0,86 \cdot 10^{-6}$	0,2973945	
E5	timpul de funcționare al conductelor termice	n_{an}	h/an		8760	exploatare
E6	Indicator de anuitate	a		$[(1+p)^n - 1]/[p(1+p)^n]$	3,8896513	
E7	Renta de calcul	ρ	%/100	egală cu dobânda la împrumutul bancar, cu excepția ratei anuale a inflației și a procentului de creștere relativă pe termen lung a prețurilor la energia termică	0,09	
E8	Perioada de amortizare	n	ani	perioada de amortizare este întotdeauna mai mică decât durata de exploatare $n \leq t$	5	

Anexa C (informativă)

Normarea valorilor calculate ale conductivității termice a izolației în construcții datorită influenței umidității

Proprietățile de protecție termică ale construcțiilor termoizolante ale conductelor, așa cum arată practica, se reduc în procesul de exploatare.

Deformările de temperatură și de umiditate modifică în mod semnificativ structura poroasă a stratului termoizolant din expandat în procesul exploatării, ceea ce conduce la o creștere accentuată a componentei radiante în transferul de căldură, precum și la creșterea conductivității umidității, ceea ce determină o majorare a conductivității termice și a conductivității totale a stratului termoizolant.

Reducerea proprietăților termoizolante ale construcțiilor termoizolante în procesul de exploatare determină durabilitatea lor.

Durabilitatea obiectului tehnic se caracterizează prin păstrarea funcționalității sale înainte de debutul stării de limitare cu sistemul stabilit de operare și mentenanță.

Astfel, privind capacitatea de lucru se subînțelege o astfel de stare a obiectului, în care acesta este capabil să îndeplinească funcțiile specificate, păstrând valorile parametrilor care le definesc în limitele stabilite ale documentației de reglementare.

Evenimentele care implică defectarea în funcționare, prezintă ieșirea din funcțiune a obiectului, care poate fi bruscă – practic ieșirea din funcțiune instantanee a obiectului sau a unui proces gradual, caracterizat printr-o ieșire îndelungată a parametrilor, care determină capacitatea de lucru a acestuia dincolo de limitele toleranțelor de reglementare.

Pentru a asigura densitatea normată necesară a fluxului de căldură prin suprafața izolată a utilajului și a conductelor sistemului de alimentare cu energie termică pentru întreaga perioadă de exploatare τ , ani, în calitate de valoare calculată a conductivității termice λ_{iz}^p la determinarea grosimii izolației, se propune utilizarea integralei medii pentru τ ani de exploatare.

Coeficientul de conductivitate termică λ_{iz}^p se determină prin relația

$$\lambda_{iz}^p(\tau; t_m) = \frac{1 + \exp K\tau}{2} \lambda(\tau = 0; t_m) \quad (C.1)$$

unde:

K – constanta de performanță, 1/an;

τ - durata de exploatare, ani;

t_m – temperatura medie a izolației, °C.

Valorile constantei de performanță K , care caracterizează dinamica scăderii proprietăților termoizolante ale construcțiilor termoizolante în procesul de exploatare sunt prezentate în tabelul C.1.

Значения константы работоспособности K , характеризующей динамику снижения теплоизоляционных свойств теплоизоляционных конструкций в процессе эксплуатации, приведены в таблице C.1.

Tabelul C.1 – Constanta de performanță a materialelor termoizolante K, 1/an

Tipuri de conducte	Condiții de pozare												
	În încăperi încălzite	În subsoluri neîncălzite, mansarde, canale subterane			Supraterană		Subterană în canale de trecere		Subterană în canale de netrecut		Subterană fără canal		
		spumă de cauciuc**	fibroasă	spume*	spumă de cauciuc**	fibroasă	spume*	fibroasă	spume*	fibroasă	armopenobeton	spuma polimer beton	spumă poliuretanică ***
Încălzire și alimentare cu apă caldă menajeră	—	$1,35 \cdot 10^{-2}$	$7 \cdot 10^{-3}$	$6,5 \cdot 10^{-3}$	—	—	—	—	—	—	—	—	
Aprovizionare cu apă rece	$4,2 \cdot 10^{-3}$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Alimentare cu căldură centralizată	—	$1,35 \cdot 10^{-2}$	$7 \cdot 10^{-3}$	—	$1,8 \cdot 10^{-2}$	$7 \cdot 10^{-3}$	$2,2 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-3}$	$4,6 \cdot 10^{-2}$	$2,7 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$1,65 \cdot 10^{-4}$	

* Spume cu structură predominant poroasă închisă, spumă poliuretanică, polistiren expandat, etc.
 ** Spuma de cauciuc tip Aeroflex, spumă de polietilenă Ecoflex, etc.
 *** Spumă poliuretanică într-un înveliș din polietilenă rigidă cu controlul umidității la distanță.

Anexa D

(informativă)

Determinarea grosimii optime a stratului termoizolant al conductelor sistemelor de alimentare cu căldură

Construcțiile termoizolante în funcție de regimul de temperatură de exploatare și de destinație sunt repartizate în următoarele categorii [3]:

- 1 construcții pentru suprafețe cu o temperatură pozitivă superioară temperaturii aerului înconjurător (de la 20 ° C și mai mult);
- 2 construcții pentru suprafețe cu o temperatură inferioară temperaturii aerului înconjurător (de la 19°C și mai puțin);
- 3 construcții pentru suprafețe cu regim variabil de temperaturi (de la temperaturi pozitive la temperaturi sub 19 °C și temperaturi negative).

Există multe variante privind izolația conductelor. Unele dintre ele sunt descrise mai jos.

- 1 Încălzirea cu aplicarea unui cablu de încălzire. Utilizarea unui cablu este foarte convenabilă și productivă, având în vedere că protejarea conductei de îngheț este necesară numai șase luni. În cazul încălzirii țevilor prin cablu se economisesc semnificativ energie și mijloace bănești, care ar fi trebuit cheltuite pentru lucrări funciare, materiale izolante și alte momente. Instrucția de exploatare permite ca cablul să fie amplasat atât în exteriorul țevilor, cât și în interiorul acestora.
- 2 Încălzire cu aer. Greșeala sistemelor moderne termoizolante se conchide în următoarele: adesea nu se ia în considerare faptul că înghețarea solului are loc conform principiului "de sus în jos". Către același proces de îngheț un flux de căldură provine din adâncurile pământului. Dar, deoarece izolația este produsă din toate părțile laterale ale conductei, este, de asemenea, necesară izolarea acesteia de la căldura în creștere. Prin urmare, este mai rațional să se monteze un izolant sub formă de umbrelă deasupra țevilor. În acest caz, stratul de aer va fi un fel de acumulator de căldură.
- 3 "Țeava în țeavă". Aici, în țevile din polipropilenă, se racordează și alte țevi. Privitor avantajelor se referă că conducta poate fi încălzită în orice caz. În plus, este posibilă încălzirea cu ajutorul unui dispozitiv de aspirare a aerului cald. Dar în situații de avarie, se poate rapid de întins un furtun de avarie, astfel împiedicând toate momentele negative.

În practică efectuarea lucrărilor privind izolația conductelor neizolate sau înlocuirea stratului izolant, practic nu există cazuri de determinare a grosimii sale optime, ceea ce duce, în cele din urmă, la pierderi financiare [6]. Primordial, acest lucru se datorează lipsei unor programe corespunzătoare de calcul pentru întreprinderile furnizoare și consumatoare de energie termică și neînțelegerii conducătorilor serviciilor energetice ale întreprinderilor cu privire la importanța acestei lucrări [7]. În prezent, la reconstrucția rețelelor termice sau la pozarea celor noi, pentru determinarea grosimii normale a izolație se aplică [2], precum și [1]. Conform valorilor normale ale densității fluxului de căldură se efectuează calculul corespunzător grosimii normale a izolației, care depinde de coeficientul de conductivitate termică a materialului termoizolant și a schimbării acestuia în procesul de exploatare, de temperatura agentului termic, de parametrii mediului ambiant (viteza vântului (la pozarea supraterană), temperatura mediului ambiant) , de diametrul conductei, de modul de pozare a conductelor, precum și de durata de exploatare a conductei.

Un astfel de calcul permite nu numai reducerea pierderilor de căldură, ci și scăderea temperaturii țevilor, în scopul utilizării lor în condiții de siguranță.

În calitate de exemplu, vom analiza grosimea necesară a izolanului pentru o conductă de alimentare cu apă caldă menajeră. Rezistența termică totală a construcției izolante pentru o țevă cilindrică se reflectă prin următoarea formulă:

$$R_l(d_{iz}) = \frac{\ln\left(\frac{d_{iz}}{d_e}\right)}{\left[2\pi \cdot \lambda_{iz} + \frac{1}{(\alpha_{aer} \cdot \pi \cdot d_{iz})}\right]} \quad (D.1)$$

unde d_{iz} – diametrul exterior a izolanului pentru țevă;

d_e – diametrul exterior al țevii;

λ_{iz} – coeficientul de conductivitate termică a izolanului;

α_{aer} — coeficient de transfer de căldură de la izolan la aer.

Densitatea liniară a fluxului de căldură se determină conform următoarei formule:

$$q_l(d_{iz}) = \frac{t_e - t_{iz}}{R_l(d_{iz})} \quad (D.2)$$

unde t_e – temperatura peretelui exterior al țevii;

t_{iz} – temperatura suprafeței stratului izolan.

Temperatura peretelui interior al conductei se determină conform formulei:

$$t_{PT} = t_e - \frac{q_l - (d_{iz})}{\pi} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_c \cdot d_{int}} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_T} \cdot \ln\left(\frac{d_e}{d_{int}}\right) \right) \quad (D.3)$$

unde d_{int} – diametrul interior al țevii;

α_c – coeficientul de degajare a căldurii de la lichid la perete;

λ_T – coeficientul de conductivitate termică a materialului din care este confecționată țeava.

Bilanțul termic se determină conform formulei:

$$2,75 \cdot \frac{d_e^x \cdot \lambda_{iz}^{1,35} \cdot t_e^{1,73}}{q_l(d_{iz})^{1,5}} - \frac{d_e \cdot 2,75 \cdot \frac{d_e^x \cdot \lambda_{iz}^{1,35} \cdot t_e^{1,73}}{q_l(d_{iz})^{1,5}}}{2} = 0 \quad (D.4)$$

Cu ajutorul acesteia, se determină diametrul exterior necesar al izolanului pentru țevă (d_{iz}). Apoi, se calculează grosimea izolației termice a conductelor conform formulei:

$$\delta = d_{iz} - d_e/2, \text{ m} \quad (\text{D.5})$$

Exemplu de calcul

Date inițiale:

diametrul exterior al conductei – 0,63 m;

diamterul interior – 0,618 m;

temperatura peretelui exterior a conductei – 363 K;

temperatura suprafeței exterioare a izolantului – 293 K;

conductivitatea termică a oțelului – 50 W/(m·K);

conductivitatea termică a izolantului – 0,028 W/(m·K).

Înlocuindu-se valorile din formulele de mai sus, obținem grosimea necesară a izolantului conductei - nu mai puțin de 0,1 m.

Determinarea grosimii necesare a izolației termice, care asigură pierderi de căldură normate, nu este întotdeauna fezabilă din punct de vedere economic [8]. Este fezabil să se calculeze grosimea optimă a stratului de izolație pentru condițiile concrete în zilele de astăzi, ținând seama de evaluarea în perspectivă a schimbărilor principalilor factori de influență.

La un tarif dat al energiei termice și al materialului termoizolant, rata pierderilor de căldură și, în consecință, grosimea optimă a stratului izolant se calculează conform cheltuielilor minime actualizate. Cu toate acestea, trebuie să se țină cont de faptul că, dacă există posibilitatea de a alege tipul și marca materialelor termoizolante, atunci soluția tehnică optimă din punct de vedere economic se admite în baza comparației cheltuielilor minime actualizate cu utilizarea diferitelor variante ale construcțiilor termoizolante [9].

Există o grosime optimă a izolantului, care depinde de tipul acestuia. Dacă această grosime este depășită, izolantul nu dă un efect suplimentar, ci dimpotrivă duce doar la cheltuieli zădarnice de mijloace bănești [4].

Calculul este posibil pentru diferite tipuri de pozări ale conductelor: suprateran, subteran, fără canal și în canal subteran.

În calitate de temperatură de calcul a mediului ambiant, se admite temperatura medie anuală a aerului ambiant pentru pozarea supraterană și temperatura medie anuală a solului la adâncimea pozării axului conductei la pozarea subterană conform СНиП 2-01-01. Temperatura de calcul a agentului termic se admite temperatura medie anuală, în funcție de graficul de temperatură al rețelei termice.

Pentru pierderile de căldură prin izolația termică, neluând în considerare rezistența termică exterioară, este posibilă următoarea expresie:

$$\Delta W = S \Delta t \cdot N \cdot \tau \cdot \lambda \cdot 10^{-3} / \delta \quad (\text{D.6})$$

unde τ - numărul anual de ore de funcționare a izolației termice la diferența de temperatură Δt ;

S, t- suprafața și grosimea izolației termice;

N - numărul de ani pe durata de viață normată;

λ - coeficientul specific de conductivitate termică a izolației termice.

Diferența de temperatură Δt se determină ca valoarea medie în funcție de suprafață și timp, care se bazează pe rezultatele calculului ale regimurilor de temperatură.

La rândul său, cheltuielile pentru izolația termică poate fi calculată prin următoarea relație:

$$C_{CH} = S \delta \cdot C_{YT} \quad (D.7)$$

unde C_{sup} - costul unitar al unei unități de izolație termică, luând în considerare influența grosimii acesteia asupra cheltuielilor suplimentare.

În rezultatul minimizării cheltuielilor totale pentru izolația termică și căldură de la sursă, se poate obține următoarea expresie pentru grosimea optimă a izolației termice:

$$\delta_{OPT} = (10^{-3} \cdot C_s \cdot \tau \cdot N \cdot \Delta t \cdot \lambda / C_{sup})^{0,5} \quad (D.8)$$

unde C_s - costul specific al căldurii primite de la sursă.

Relația (D.8) numai în prima aproximare ne permite să estimăm grosimea optimă a izolației termice, deoarece este obținută fără a lua în considerare schimbarea în timp a energiei sursei de căldură și de situația financiară.

Folosind varianta simplificată a metodologiei de calcul, se poate obține următoarea expresie pentru calculul grosimii optime a izolației termice:

$$\delta_{OPT} = (\lambda \cdot N \cdot \Delta t \cdot \tau \sum_{t=1}^{T_c} (\frac{1+\alpha}{1+i})^t / C_{sup})^{0,5} \quad (D.9)$$

unde T_c – durata de viață; i – dobânda reală de profit; α - rata de creștere a prețurilor pentru energia sursei de căldură. Ipotezele făcute pentru obținerea formulei (9) sunt următoarele:

- condițiile de lucru rămân neschimbate pe întreaga durată de viață;
- costul energiei sursei de căldură crește în timp în progresie geometrică cu o rata anuală α .

În ceea ce privește analiza de actualizare, relația (D.9) obținută cu procentul real al profitului, se determină de formula:

$$i = (n - b)/(1 + b) \quad (D.9)$$

unde n - valoarea nominală a ratei de eficiență economică a investițiilor;

b – indicele inflației.

La determinarea grosimii optime a izolației termice este asigurată sursa de căldură și, corespunzător, costul căldurii furnizate consumatorului. În cazul în care sursa de căldură aparține acestei organizații, activitatea de bază privind înlocuirea izolației termice a conductelor de diferită destinație sau proiectarea de noi rețele termice, calculele se efectuează luând în considerare costul combustibilului economisit [5].

Având în vedere că componenta combustibilului în costul de preț al căldurii G_{cal} este în intervalul de 10-30%, apartenența sursei de căldură poate avea o influență majoră privind alegerea grosimii optime

a izolației. Evidența modificărilor fluxurilor financiare determină o scădere a valorii grosimii optime a izolației termice.

De asemenea, o influență majoră privind valoarea grosimii optime a izolației termice exercită costul în sine a izolației termice. Un interes prezintă compararea grosimilor izolației termice calculate conform normelor СНиП și determinate prin aplicarea calculelor de optimizare.

Este demonstrat că, la calculul conform unui model simplificat, care nu ia în considerare fluxurile financiare, se obțin valori ridicate ale grosimii izolației termice.

Bibliografie

- [1] **СП 41-103-2000.** Проектирование тепловой изоляции оборудования и трубопроводов.
- [2] **СНиП 41-03-2003.** Тепловая изоляция оборудования и теплопроводов.
- [3] **СНиП 2.04.07-86.** Тепловые сети.
- [4] **Полуэктова, Т.Ю.** Определение оптимальной толщины изоляции/ Т.Ю. Полуэктова, В.Г. Хромченков, Ю.В. Яворовский// Шестнадцатая Международная научно-техническая конференция «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика»: тез.докл. В 3-х т. М.: Издательский дом МЭИ, 2010. Т.3. С.489-490.
- [5] **Волкова, Ю.В.** Технологические схемы очистки дымовых газов от оксидов серы/ Ю.В. Волкова, Н.А. Петрикеева// Инженерные системы и сооружения. – Воронеж: ВГАСУ, 2012. – № 2. - С. 10-13
- [6] **Сотникова, О.А.** Расчет экономической эффективности применения конденсационных теплообменных устройств теплогенерирующих установок/ О.А. Сотникова, Н.А. Петрикеева, // Известия высших учебных заведений. Серия «Строительство и архитектура». 2008. - Вып. № 1.- С. 113.
- [7] **Петрикеева, Н.А.** Математическая модель процессов конденсации водяных паров на теплообменных поверхностях/ Н.А. Петрикеева, В.С. Турбин, О.А. Сотникова// Известия Тульского государственного университета. Серия «Строительство, архитектура и реставрация». 2006. – Вып. № 10.- С. 159-163.
- [8] **Петрикеева, Н.А.** Экономически целесообразный уровень теплозащиты зданий при работе систем теплогазоснабжения и вентиляции / Н.А. Петрикеева, О.В. Тюленева, Н.Н. Кучеров// Инженерные системы и сооружения. – Воронеж: ВГАСУ, 2012. – Вып. № 1 (6). - С. 9-12.
- [9] **Шойхет, Б. М.** Региональные нормы по тепловой изоляции промышленного оборудования и трубопроводов/ Б.М. Шойхет, Е.Г. Овчаренко, А.С. Мелех // Энергосбережение. 2001. – Вып. №6. С.65-67.
- [10] **МДС 41-7.2004** Методика оценки влияния влажности на эффективность теплоизоляции оборудования и трубопроводов
- [11] **РД ЭО 0586-2004** Нормы проектирования тепловой изоляции оборудования и трубопроводов атомных станций

Traducerea prezentului document normativ în limba rusă

Начало перевода

1. Область применения

1.1 Настоящие Нормы следуют 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 плюс 600 °С, в том числе трубопроводов тепловых сетей при всех способах прокладки и трубопроводов с обогреваемыми их паровыми и водяными спутниками.

1.2 Настоящие Нормы не распространяются 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

Нормативные документы, на которые в тексте имеются ссылки:

NCM G.04.07:2014	Rețele termice
СНиП 2.04.05-91	Отопление, вентиляция и кондиционирование
СНиП 2.01.01-82	Строительная климатология и геофизика.
SM EN 14303:2017	Produse termoizolante pentru echipamente din clădiri și instalații industriale. Produse fabricate industrial din vată minerală (MW). Specificație
SM EN ISO 4126-1:2014	Dispozitive de securitate pentru protecția împotriva suprapresiunilor. Partea 1: Supape de siguranță
SM SR EN ISO 7345:2012	Izolație termică. Mărimi fizice și definiții
SM SR EN ISO 8497:2013	Izolație termică. Determinarea caracteristicilor privind transferul de căldură în regim staționar la izolațiile termice pentru conducte.
SM SR EN ISO 9229:2011	Izolație termică. Vocabular
SM SR EN ISO 9251:2011	Izolație termică. Condiții de transfer de căldură și proprietăți ale materialelor. Vocabular
SM SR EN ISO 12241:2011	Izolarea termică a instalațiilor pentru construcții și a instalațiilor industriale. Reguli de calcul
SM EN 1363-1:2016	Încercări de rezistență la foc. Partea 1: Condiții generale
SM SR EN 13501-3+A1:2012	Clasificare la foc a produselor și elementelor de construcție. Partea 3: Clasificare pe baza rezultatelor încercărilor de

	rezistență la foc pentru produse și elemente utilizate în instalații tehnice ale construcțiilor: conducte și clapete rezistente la foc
GOST 10296-79	Изол. Технические условия
GOST 10354-82	Пленка полиэтиленовая. Технические условия
GOST 10923-93	Рубероид. Технические условия
GOST 14918-80	Сталь тонколистовая оцинкованная с непрерывных линий. Технические условия
GOST 25951-83	Пленка полиэтиленовая термоусадочная. Технические условия
GOST 30732-2006	Трубы и фасонные изделия стальные с тепловой изоляцией из пенополиуретана с защитной оболочкой. Технические условия
GOST 31309-2005	Материалы строительные теплоизоляционные на основе минеральных волокон. Общие технические условия
GOST 12.1.004-91	Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования.
GOST 7076-99	Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме.
GOST 17177-94	Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Методы испытаний.
GOST 25898-2012	Материалы и изделия строительные. Методы определения паропроницаемости и сопротивления паропроницанию.
GOST 30244-94	Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть.

3. Термины и определения

В настоящих Нормах применены термины по SM SR EN ISO 9229, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 расчетный коэффициент теплопроводности: Коэффициент теплопроводности теплоизоляционного материала в эксплуатационных условиях с учетом его температуры, влажности, монтажного уплотнения и наличия швов в теплоизоляционной конструкции;

3.2 коэффициент теплопроводности, λ , Вт/(м·°C): Количество теплоты, передаваемое за единицу времени через единицу площади изотермической поверхности при температурном градиенте, равном единице;

3.3 уплотнение теплоизоляционных материалов: Монтажная характеристика, определяющая плотность теплоизоляционного материала после его установки в проектное положение в конструкции. Уплотнение материалов характеризуется коэффициентом уплотнения, значение которого определяется отношением объема материала или изделия к его объему в конструкции;

3.4 теплоизоляционная конструкция: Конструкция, состоящая из одного или нескольких слоев теплоизоляционного материала (изделия), защитно-покровного слоя и элементов крепления. В состав теплоизоляционной конструкции могут входить пароизоляционный, предохранительный и выравнивающий слои;

3.5 многослойная теплоизоляционная конструкция: Конструкция, состоящая из двух и более слоев различных теплоизоляционных материалов;

3.6 температурные деформации: Тепловое расширение или сжатие изолируемой поверхности и элементов конструкции под воздействием изменения температурных условий при монтаже и эксплуатации изолируемого объекта;

3.7 плотность теплоизоляционного материала, ρ , кг/м³: Физическая величина, определяемая отношением массы материала ко всему занимаемому им объему, включая поры и пустоты;

3.8 паропроницаемость, μ , мг/(м·ч·Па): Способность материала пропускать водяные пары, содержащиеся в воздухе, под действием разности их парциальных давлений на противоположных поверхностях слоя материала;

3.9 температуростойкость: Способность материала сохранять механические и физические свойства при повышении или понижении температуры. Характеризуется предельными температурами применения, при которых в материале обнаруживаются неупругие деформации (при повышении температуры) или разрушение структуры (при понижении температуры) под сжимающей нагрузкой;

3.10 паровые и водяные спутники: Трубопроводы малого диаметра, предназначенные для обогрева основного трубопровода и расположенные в общей с основным трубопроводом теплоизоляционной конструкции.

3.11 покровный слой: Элемент конструкции, устанавливаемый по наружной поверхности тепловой изоляции для защиты от механических повреждений и воздействия окружающей среды;

3.12 пароизоляционный слой: Элемент теплоизоляционной конструкции оборудования и трубопроводов с температурой ниже температуры окружающей среды, предохраняющий теплоизоляционный слой от проникновения в нее паров воды вследствие разности парциальных давлений пара у холодной поверхности и в окружающей среде;

3.13 выравнивающий слой: Элемент теплоизоляционной конструкции, выполняемый из упругих рулонных или листовых материалов, устанавливается под мягкий покровный слой (например из лакостеклоткани) для выравнивания формы поверхности.

3.14 предохранительный слой: Элемент теплоизоляционной конструкции, входящий, как правило, в состав теплоизоляционной конструкции для оборудования и трубопроводов с температурой поверхности ниже температуры окружающей среды с целью защиты пароизоляционного слоя от механических повреждений;

4. Общие положения

4.1 Теплоизоляционная конструкция должна обеспечивать параметры теплохолодоносителя при эксплуатации, нормативный уровень тепловых потерь оборудованием и трубопроводами, безопасную для человека температуру их наружных поверхностей.

4.2 Конструкции тепловой изоляции трубопроводов и оборудования должны отвечать требованиям:

- энергоэффективности - иметь оптимальное соотношение между стоимостью теплоизоляционной конструкции и стоимостью тепловых потерь через изоляцию в течение расчетного срока эксплуатации;
- эксплуатационной надежности и долговечности - выдерживать без снижения теплозащитных свойств и разрушения эксплуатационные температурные, механические, химические и другие воздействия в течение расчетного срока эксплуатации;
- безопасности для окружающей среды и обслуживающего персонала при эксплуатации и утилизации.

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

4.3 При выборе материалов и изделий, входящих в состав теплоизоляционных конструкций для поверхностей с положительными температурами теплоносителя (20 °С и выше), следует учитывать следующие факторы:

- месторасположение изолируемого объекта (СНиП 2.01.01);
- температуру изолируемой поверхности;
- температуру окружающей среды;
- требования пожарной безопасности;
- агрессивность окружающей среды или веществ, содержащихся в изолируемых объектах;
- коррозионное воздействие;
- материал поверхности изолируемого объекта;
- допустимые нагрузки на изолируемую поверхность;
- наличие вибрации и ударных воздействий;
- требуемую долговечность теплоизоляционной конструкции;

- санитарно-гигиенические требования;
- температуру применения теплоизоляционного материала;
- теплопроводность теплоизоляционного материала;
- температурные деформации изолируемых поверхностей;
- конфигурация и размеры изолируемой поверхности;
- условия монтажа (стесненность, высотность, сезонность и др.);
- условия демонтажа и утилизации.

Теплоизоляционная конструкция трубопроводов тепловых сетей подземной бесканальной прокладки должна выдерживать без разрушения:

- воздействие грунтовых вод;
- нагрузки от массы вышележащего грунта и проходящего транспорта.

При выборе теплоизоляционных материалов и конструкций для поверхностей с температурой теплоносителя 19 °С и ниже, а также с отрицательной температурой, дополнительно следует учитывать относительную влажность окружающего воздуха, а также влажность и паропроницаемость теплоизоляционного материала.

4.4 В состав конструкции тепловой изоляции для поверхностей с положительной температурой в качестве обязательных элементов должны входить:

- a) теплоизоляционный слой;
- b) покровный слой;
- c) элементы крепления.

4.5 В состав конструкции тепловой изоляции для поверхностей с отрицательной температурой в качестве обязательных элементов должны входить:

- a) теплоизоляционный слой;
- b) пароизоляционный слой;
- c) покровный слой;
- d) элементы крепления.

Пароизоляционный слой следует предусматривать также при температуре изолируемой поверхности ниже 12 °С. Устройство пароизоляционного слоя при температуре выше 12 °С следует предусматривать для оборудования и трубопроводов с температурой ниже температуры окружающей среды, если расчетная температура изолируемой поверхности ниже температуры «точки росы» при расчетном давлении и влажности окружающего воздуха.

Необходимость установки пароизоляционного слоя в конструкции тепловой изоляции для поверхностей с переменным температурным режимом (от «положительной» к «отрицательной» и наоборот) определяется расчетом для исключения накопления влаги в теплоизоляционной конструкции.

Антикоррозионные покрытия изолируемой поверхности не входят в состав теплоизоляционных конструкций.

4.6 В зависимости от применяемых конструктивных решений в состав конструкции дополнительно могут входить:

- a) выравнивающий слой;
- b) предохранительный слой.

Предохранительный слой следует предусматривать при применении металлического покровного слоя для предотвращения повреждения пароизоляционных материалов.

5. Требования к материалам и конструкциям тепловой изоляции

5.1 В конструкциях теплоизоляции оборудования и трубопроводов с температурами содержащихся в них веществ в диапазоне от 20 до 300 °С для всех способов прокладки, кроме бесканальной, следует 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 °С. Допускается применение асбестовых шнуров для изоляции трубопроводов условным проходом до 50 мм включительно.

Выбор теплоизоляционного материала для конкретной конструкции осуществляется на основании технических требований, изложенных в техническом задании на проектирование тепловой изоляции.

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

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

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

5.5 Для теплоизоляционного слоя оборудования и трубопроводов с отрицательными температурами следует 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 °С и выше и не более 0,04 Вт/(м·К) - при минус 40 °С.

При выборе материала теплоизоляционного слоя поверхности с температурой от 19 до 0 °С следует относить к поверхностям с отрицательными температурами.

5.6 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.

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

При бесканальной прокладке тепловых сетей следует преимущественно применять предварительно изолированные в заводских условиях трубы с учетом допустимой температуры применения теплоизоляционного материала и температурного графика работы тепловых сетей.

Применение засыпной изоляции трубопроводов при подземной прокладке в каналах и бесканально не допускается.

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

5.9 Не допускается 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.

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

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

Для металлических покрытий должна предусматриваться антикоррозионная защита или выбираться материал, не подверженный воздействию агрессивной среды.

5.11 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 следует предусматривать оклейку штукатурного защитного покрытия с последующей окраской.

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

Рекомендуется применение теплоизоляционных изделий на основе минеральной ваты с диаметром волокна не более 5 мкм, изделий из супертонкого стекловолокна 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.

5.13 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).

5.14 Не допускается применение металлического покровного слоя при подземной бесканальной прокладке и прокладке трубопроводов в непроходных каналах.

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

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

5.16 Число слоев пароизоляционного материала в теплоизоляционных конструкциях для оборудования и трубопроводов с отрицательными температурами содержащихся в них веществ рекомендуется принимать по приложению В (таблица В.4) СП G.04.05.

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

5.18 Теплоизоляционные конструкции из материалов с группой горючести С3 и С4 не допускается предусматривать для оборудования и трубопроводов, расположенных:

- a) в зданиях, кроме зданий IV степени огнестойкости, многоквартирных жилых домах и охлаждаемых помещениях холодильников;
- b) в наружных технологических установках, кроме отдельно стоящего оборудования;
- c) на эстакадах и галереях при наличии кабелей и трубопроводов, транспортирующих горючие вещества.

При этом допускается применение горючих материалов группы С3 или С4 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 3 м из негорючих материалов не более чем через 30 м длины трубопровода;
- теплоизоляционного слоя из заливочного пенополиуретана при покровном слое из оцинкованной стали в наружных технологических установках.

Покровный слой из слабогорючих материалов группы С1 и С2, применяемых для наружных технологических установок высотой 6 м и более, должен быть на основе стеклоткани.

5.19 Тепловая изоляция трубопроводов и оборудования должна обеспечивать безусловное выполнение требований безопасности и защиты окружающей среды.

Для трубопроводов надземной прокладки при применении теплоизоляционных конструкций из горючих материалов группы С3 и С4, следует 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 следует предусматривать теплоизоляционные конструкции из негорючих материалов в пределах размера противопожарной преграды.

При применении конструкций теплопроводов в тепловой изоляции из горючих материалов в негорючей оболочке допускается не делать противопожарные вставки.

Требования к пожарной безопасности теплоизоляционных конструкций трубопроводов тепловых сетей определяются по NCM G.04.07.

5.20 Для элементов оборудования и трубопроводов, требующих в процессе эксплуатации систематического наблюдения, следует предусматривать сборно-разборные съемные теплоизоляционные конструкции.

Съемные теплоизоляционные конструкции должны применяться для изоляции люков, фланцевых соединений, арматуры и компенсаторов трубопроводов, а также в местах измерений и проверки состояния изолируемых поверхностей.

5.21 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).

5.22 При проектировании тепловой изоляции следует 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 следует указывать требования по ограничению содержания в теплоизоляционном материале водорастворимых хлоридов, фторидов, свободных щелочей и pH материала.

5.23 Тепловая изоляция трубопроводов с обогревающими их спутниками предусматривает их совместную прокладку в общей теплоизоляционной конструкции.

Конструктивные решения тепловой изоляции определяются числом спутников и их расположением относительно трубопровода в конструкции.

Применяются системы обогрева, предусматривающие частичный и полный обогрев трубопровода.

Для повышения эффективности теплообмена между спутником и трубопроводом применяются конструктивные решения (распорки, подкладки), обеспечивающие максимальное использование теплоотдающей поверхности спутника и тепловоспринимающей поверхности трубопровода в пространстве, ограниченном теплоизоляционной конструкцией.

Для снижения тепловых потерь через участок теплоизоляционной конструкции, контактирующий с воздухом в пространстве, ограниченном теплоизоляционной конструкцией, за счет уменьшения радиационной составляющей теплового потока, могут применяться внутренние обкладки (экраны) из алюминиевой фольги толщиной 0,1 мм или фольгированных листовых и рулонных материалов, с учетом допустимой температуры их применения.

6. Проектирование тепловой изоляции

6.1. Расчет толщины теплоизоляционного слоя по нормированной плотности теплового потока

6.1.1 Нормы плотности теплового потока через изолированную поверхность объектов следует принимать:

a) для оборудования и трубопроводов с положительными температурами, расположенных:

- на открытом воздухе - по таблицам 1 и 2;
- в помещении - по таблицам 3 и 4;

b) для оборудования и трубопроводов с отрицательными температурами, расположенных:

- на открытом воздухе - по таблице 5;
- в помещении - по таблице 6;

c) при прокладке в непроходных каналах:

- для трубопроводов двухтрубных водяных тепловых сетей - по таблицам 7 и 8;
- для паропроводов с конденсатопроводами при их совместной прокладке в непроходных каналах - по таблице 9;
- для трубопроводов двухтрубных водяных тепловых сетей при бесканальной прокладке - по таблицам 10 - 11.

Нормы плотности теплового потока для толстостенных металлических трубопроводов следует принимать по условному диаметру, соответствующему стандартным трубам того же наружного диаметра.

При проектировании тепловой изоляции для технологических трубопроводов, прокладываемых в каналах и бесканально, нормы плотности теплового потока следует принимать как для трубопроводов, прокладываемых на открытом воздухе.

6.1.2 При расположении изолируемых объектов следует учитывать изменение стоимости теплоты в зависимости от района строительства и способа прокладки трубопровода (места установки оборудования):

- нормы плотности теплового потока для плоской и цилиндрической поверхностей с условным проходом более 1400 мм, q^{reg} , определяются по формуле:

$$q^{reg} = qK \quad (1)$$

- нормы плотности теплового потока для цилиндрической поверхности с условным проходом 1400 мм и менее, q_l^{reg} , определяются по формуле:

$$q_l^{reg} = q_l K \quad (2)$$

где:

q - нормированная поверхностная плотность теплового потока, Вт/м², принимаемая по таблицам 1 - 6;

q_l - нормированная линейная плотность теплового потока (на 1 м длины цилиндрического объекта), Вт/м, принимаемая по таблицам 1 - 11;

K - коэффициент, учитывающий изменение стоимости теплоты и теплоизоляционной конструкции в зависимости от района строительства и способа прокладки трубопровода (места установки оборудования), (см. таблицу 12).

Таблица 1 - Нормы плотности теплового потока оборудования и трубопроводов с положительными температурами при расположении на открытом воздухе и числе часов работы более 5000

Условный проход	Температура теплоносителя, °С												
	20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600

трубопровода, мм	Плотность теплового потока, Вт/м												
	4	9	17	25	35	45	56	68	81	94	109	124	140
15	4	9	17	25	35	45	56	68	81	94	109	124	140
20	4	10	19	28	39	50	62	75	89	103	119	135	152
25	5	11	20	31	42	54	67	81	95	111	128	145	163
40	5	12	23	35	47	60	75	90	106	123	142	161	181
50	6	14	26	38	51	66	81	98	115	133	153	173	195
65	7	16	29	43	58	74	90	108	127	147	169	191	214
80	8	17	31	46	62	78	96	115	135	156	179	202	226
100	9	19	34	50	67	85	104	124	146	168	192	217	243
125	10	21	38	55	74	93	114	136	159	183	208	235	263
150	11	23	42	61	80	101	132	156	182	209	238	267	298
200	14	28	50	72	95	119	154	182	212	242	274	308	343
250	16	33	57	82	107	133	173	204	236	270	305	342	380
300	18	37	64	91	118	147	191	224	259	296	333	373	414
350	22	45	77	108	140	173	208	244	281	320	361	403	446
400	25	49	84	117	152	187	223	262	301	343	385	430	476
450	27	54	91	127	163	200	239	280	322	365	410	457	505
500	30	58	98	136	175	215	256	299	343	389	436	486	537
600	34	67	112	154	197	241	286	333	382	432	484	537	593
700	38	75	124	170	217	264	313	364	416	470	526	583	642
800	43	83	137	188	238	290	343	397	453	511	571	633	696
900	47	91	150	205	259	315	372	430	490	552	616	681	749
1000	52	100	163	222	281	340	400	463	527	592	660	729	801
1400	70	133	215	291	364	439	514	591	670	750	833	918	1098
Более 1400 и плоские поверхности	Плотность теплового потока, Вт/м ²												
	15	27	41	54	66	77	89	100	110	134	153	174	192

Примечание - Промежуточные значения норм плотности теплового потока следует определять интерполяцией.

Таблица 2 - Нормы плотности теплового потока оборудования и трубопроводов с положительными температурами при расположении на открытом воздухе и числе часов работы 5000 и менее

Условный проход трубопровода, мм	Температура теплоносителя, °С												
	20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
	Плотность теплового потока, Вт/м												
15	4	10	18	28	38	49	61	74	87	102	117	133	150
20	5	11	21	31	42	54	67	81	96	112	128	146	164
25	5	12	23	34	46	59	73	88	104	120	138	157	176
40	6	14	26	39	52	67	82	99	116	135	154	174	196
50	7	16	29	43	57	73	90	107	126	146	167	189	212
65	8	18	33	48	65	82	100	120	141	162	185	209	234
80	9	20	36	52	69	88	107	128	150	172	197	222	248
100	10	22	39	57	76	96	116	139	162	187	212	239	267
125	12	25	44	63	84	113	137	162	189	216	245	276	307
150	13	27	48	70	92	123	149	176	205	235	266	298	332
200	16	34	59	83	109	146	176	207	240	274	310	347	385
250	19	39	67	95	124	166	199	234	270	307	346	387	429

Условный проход трубопровода, мм	Температура теплоносителя, °С												
	20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
	Плотность теплового потока, Вт/м												
300	22	44	76	106	138	184	220	258	297	338	380	424	469
350	27	54	92	128	164	202	241	282	324	368	413	460	508
400	30	60	100	139	178	219	260	304	349	395	443	493	544
450	33	65	109	150	192	235	280	326	373	422	473	526	580
500	36	71	118	162	207	253	300	349	399	451	505	561	618
600	42	82	135	185	235	285	338	391	447	504	563	624	686
700	47	91	150	204	259	314	371	429	489	551	614	679	746
800	53	102	166	226	286	346	407	470	535	602	670	740	812
900	59	112	183	248	312	377	443	511	581	652	725	800	877
1000	64	123	199	269	339	408	479	552	626	702	780	860	941
1400	87	165	264	355	444	532	621	712	804	898	995	1092	1193
Более 1400 и плоские поверхности	Плотность теплового потока, Вт/м ²												
	19	35	54	70	85	99	112	125	141	158	174	191	205

Примечание - Промежуточные значения норм плотности теплового потока следует определять интерполяцией.

Таблица 3 - Нормы плотности теплового потока для оборудования и трубопроводов с положительными температурами при расположении в помещении и числе часов работы более 5000

Условный проход трубопровода, мм	Температура теплоносителя, °С											
	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
	Плотность теплового потока, Вт/м											
15	6	14	23	33	43	54	66	79	93	107	122	138
20	7	16	26	37	48	60	73	87	102	117	134	151
25	8	18	28	40	52	65	79	94	110	126	144	162
40	9	21	32	45	59	73	89	105	122	141	160	180
50	10	23	36	50	64	80	96	114	133	152	173	194
65	12	26	41	56	72	89	107	127	147	169	191	214
80	13	28	44	60	77	95	114	135	156	179	202	227
100	14	31	48	65	84	103	124	146	169	193	218	244
125	16	35	53	72	92	113	136	159	184	210	237	265
150	18	38	58	79	100	123	147	172	199	226	255	285
200	22	46	70	93	118	144	172	200	230	262	294	328
250	26	53	79	106	134	162	193	224	257	291	327	364
300	29	60	88	118	148	179	212	246	281	318	357	396
350	33	66	97	129	161	195	230	267	305	344	385	428
400	36	72	106	139	174	210	247	286	326	368	411	456
450	39	78	114	150	187	225	264	305	348	392	437	484
500	43	84	123	161	200	241	282	326	370	417	465	514
600	49	96	139	181	225	269	315	363	412	462	515	569
700	55	107	153	200	247	295	344	395	448	502	558	616
800	61	118	169	220	270	322	376	431	487	546	606	668
900	67	130	185	239	294	350	407	466	527	589	653	718
1000	74	141	201	259	318	377	438	501	565	631	699	768

Условный проход трубопровода, мм	Температура теплоносителя, °С											
	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
	Плотность теплового потока, Вт/м											
1400	99	187	263	337	411	485	561	638	716	797	880	964
Более 1400 и плоские поверхности	Плотность теплового потока, Вт/м ²											
	23	41	56	69	82	94	106	118	130	141	153	165

Примечание - Промежуточные значения норм плотности теплового потока следует определять интерполяцией.

Таблица 4 - Нормы плотности теплового потока для оборудования и трубопроводов с положительными температурами при расположении в помещении и числе часов работы 5000 и менее

Условный проход трубопровода, мм	Температура теплоносителя, °С											
	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
	Плотность теплового потока, Вт/м											
15	6	16	25	35	46	58	71	85	99	114	130	147
20	7	18	28	40	52	65	79	93	109	126	143	161
25	8	20	31	43	56	70	85	101	118	136	154	174
40	10	23	36	49	64	80	96	114	132	152	172	194
50	11	25	40	54	70	87	105	124	144	165	187	210
65	13	29	45	62	79	98	118	139	161	184	208	233
80	14	32	49	66	85	105	126	148	171	195	221	247
100	16	35	54	73	93	115	137	161	186	212	239	267
125	18	39	60	81	103	126	151	176	203	231	261	291
150	21	44	66	89	113	138	164	192	221	251	282	315
200	26	53	80	107	134	163	194	225	258	292	328	365
250	30	62	92	122	153	185	218	253	290	327	366	407
300	34	70	103	136	170	205	241	279	319	359	402	446
350	38	77	113	149	186	224	263	304	347	391	436	483
400	42	85	123	162	201	242	284	328	373	419	467	517
450	46	92	134	175	217	260	305	351	398	448	498	551
500	51	100	144	189	233	279	327	375	426	478	532	587
600	58	114	164	214	263	314	367	420	476	533	592	652
700	65	127	182	236	290	345	402	460	520	582	645	710
800	73	141	202	261	320	379	441	504	568	635	703	772
900	81	156	221	285	349	413	479	547	616	687	760	834
1000	89	170	241	309	378	447	518	590	663	739	816	896
1400	120	226	318	406	492	580	668	758	850	943	1038	1136
Более 1400 и плоские поверхности	Плотность теплового потока, Вт/м ²											
	26	46	63	78	92	105	119	132	145	158	171	190

Примечание - Промежуточные значения норм плотности теплового потока следует определять интерполяцией.

Таблица 5 - Нормы плотности теплового потока для оборудования и трубопроводов с отрицательными температурами при расположении на открытом воздухе

Условный проход	Температура хладоносителя, °С										
	0	-10	-20	-40	-60	-80	-100	-120	-140	-160	-180

трубопровода, мм	Плотность теплового потока, Вт/м										
	3	3	4	6	7	9	10	12	14	16	17
20	3	3	4	6	7	9	10	12	14	16	17
25	3	4	5	6	8	9	11	12	15	17	18
40	4	5	5	7	9	10	12	13	16	18	19
50	5	5	6	8	9	И	13	14	16	19	20
65	6	6	7	9	10	12	14	15	17	20	21
80	6	6	8	10	11	13	15	16	18	21	22
100	7	7	9	11	13	14	17	18	20	22	23
125	8	8	9	12	14	16	18	20	21	23	25
150	8	9	10	13	16	17	20	21	23	25	27
200	10	10	12	16	18	20	23	25	27	29	31
250	11	12	14	18	20	23	26	27	30	33	35
300	12	13	16	20	23	25	28	30	34	36	39
350	14	15	18	22	24	27	30	33	36	38	41
400	16	16	2	23	26	29	32	34	38	40	43
450	17	18	21	26	28	31	34	37	39	42	45
500	19	21	23	27	30	33	36	38	41	44	46
Более 500	Плотность теплового потока, Вт/м ²										
	11	12	12	13	14	15	15	16	17	18	19

Примечание - Промежуточные значения норм плотности теплового потока следует определять интерполяцией.

Таблица 6 - Нормы плотности теплового потока для оборудования и трубопроводов с отрицательными температурами при расположении в помещении

Условный проход трубопровода, мм	Температура хладоносителя, °С										
	0	-10	-20	-40	-60	-80	-100	-120	-140	-160	-180
	Плотность теплового потока, Вт/м										
20	5	6	6	7	8	9	10	10	11	13	14
25	6	7	7	8	9	10	11	14	16	17	20
40	7	7	8	9	11	12	13	16	17	19	21
50	7	8	9	10	12	13	15	17	19	20	22
65	8	9	9	11	13	14	16	18	20	21	23
80	9	9	10	12	13	15	17	19	20	22	24
100	10	10	11	13	14	16	18	20	21	23	25
125	11	11	12	14	16	18	20	21	23	26	27
150	12	13	13	16	17	20	21	23	25	27	30
200	15	16	16	19	21	23	25	27	30	31	34
250	16	17	19	20	23	26	27	30	33	36	38
300	19	20	21	23	26	29	31	34	37	39	41
350	21	22	23	26	29	31	34	36	38	41	44
400	23	24	26	28	30	34	36	38	41	44	46
450	25	27	28	30	33	35	37	40	42	45	48
500	28	29	30	33	35	37	40	42	45	47	49
Более 500	Плотность теплового потока, Вт/м ²										
	15	16	17	18	19	19	20	21	22	22	23

Примечание - Промежуточные значения норм плотности теплового потока следует определять интерполяцией.

Таблица 7 - Нормы плотности теплового потока для трубопроводов двухтрубных водяных сетей при подземной канальной прокладке и продолжительности работы в год более 5000 ч

Условный проход трубопровода, мм	Среднегодовая температура теплоносителя (подающий/обратный), °С	
	65/50	90/50
	Суммарная линейная плотность теплового потока, Вт/м	
25	19	24
32	21	26
40	22	28
50	25	30
65	29	35
80	31	37
100	34	40
125	39	46
150	42	50
200	52	61
250	60	71
300	67	79
350	75	88
400	81	96
450	89	104
500	96	113
600	111	129
700	123	144
800	137	160
900	151	176
1000	166	192
1200	195	225
1400	221	256

Примечания:
 1 Расчетные среднегодовые температуры воды в водяных тепловых сетях 65/50, 90/50 °С соответствуют температурным графикам 95 - 70, 150 - 70.
 2 Промежуточные значения норм плотности теплового потока следует определять интерполяцией.

Таблица 8 - Нормы плотности теплового потока для трубопроводов двухтрубных водяных сетей при подземной канальной прокладке и продолжительности работы в год 5000 ч и менее

Условный проход трубопровода, мм	Среднегодовая температура теплоносителя (подающий/обратный), °С	
	65/50	90/50
	Суммарная линейная плотность теплового потока, Вт/м	
25	21	26
32	24	29
40	25	31
50	29	34
65	32	39
80	35	42
100	39	47

Условный проход трубопровода, мм	Среднегодовая температура теплоносителя (подающий/обратный), °С	
	65/50	90/50
	Суммарная линейная плотность теплового потока, Вт/м	
125	44	53
150	49	59
200	60	71
250	71	83
300	81	94
350	89	105
400	98	115
450	107	125
500	118	137
600	134	156
700	151	175
800	168	195
900	186	216
1000	203	234
1200	239	277
1400	273	316

Примечание - см. примечания к таблице 7.

Таблица 9 - Нормы плотности теплового потока через поверхность изоляции паропроводов с конденсатопроводами при их совместной прокладке в непроходных каналах

Условный проход трубопроводов, мм		Паро провод	Конденсато провод	Паро провод	Конденсато провод	Паро провод	Конденсато провод	Паро провод	Конденсато провод	Паро провод	Конденсато провод	Паро провод	Конденсато провод
		Расчетная температура теплоносителя, °С											
		115	100	150	100	200	100	250	100	300	100	350	100
25	25	22	18	30	18	41	18	51	18	64	18	79	18
32	25	23	18	32	18	43	18	54	18	69	18	83	18
40	25	25	18	33	18	45	18	58	18	73	18	88	18
50	25	27	18	36	18	52	18	64	18	79	18	95	18
65	32	31	21	43	21	58	21	71	21	88	20	103	20
80	40	35	23	46	23	62	23	81	22	98	22	117	21
100	40	38	23	49	23	66	23	81	22	98	22	117	21
125	50	42	24	53	24	72	24	88	23	107	23	126	23
150	65	45	27	58	27	78	27	94	26	115	26	142	26
200	80	52	27	68	27	89	27	108	28	131	28	153	28
250	100	58	31	75	31	99	31	119	31	147	31	172	31
300	125	64	33	83	33	110	33	133	33	159	33	186	33
350	150	70	38	90	38	118	38	143	37	171	37	200	34
400	180	75	42	96	42	127	42	153	41	183	41	213	41
450	200	81	44	103	44	134	44	162	44	193	43	224	43
500	250	86	50	110	50	143	50	173	49	207	49	239	48
600	300	97	55	123	55	159	55	190	54	227	54	261	53
700	300	105	55	133	55	172	55	203	54	243	53	280	53
800	300	114	55	143	55	185	55	220	54	-	-	-	-

Примечание - Промежуточные значения норм плотности теплового потока следует определять интерполяцией.

Таблица 10 - Нормы плотности теплового потока для трубопроводов при подземной бесканальной прокладке и продолжительности работы в год более 5000 ч

Условный проход трубопровода, мм	Среднегодовая температура теплоносителя (подающий/обратный), °С	
	65/50	90/50
	Суммарная линейная плотность теплового потока, Вт/м	
25	27	32
32	29	35
40	31	37
50	35	41
65	41	49
80	45	52
100	49	58
125	56	66
150	63	73
200	77	93
250	92	106
300	105	121
350	118	135
400	130	148
450	142	162
500	156	176
600	179	205
700	201	229
800	226	257
900	250	284
1000	275	312
1200	326	368
1400	376	425
Примечание - см. примечания к таблице 7.		

Таблица 11 - Нормы плотности теплового потока для трубопроводов при подземной бесканальной прокладке и продолжительности работы в год 5000 ч и менее

Условный проход трубопровода, мм	Среднегодовая температура теплоносителя (подающий / обратный), °С	
	65/50	90/50
	Суммарная линейная плотность теплового потока, Вт/м	
25	30	35
32	32	38
40	35	41
50	40	47
65	46	55
80	51	60
100	57	67
125	65	76
150	74	86
200	93	107
250	110	125
300	126	144

Условный проход трубопровода, мм	Среднегодовая температура теплоносителя (подающий / обратный), °С	
	65/50	90/50
	Суммарная линейная плотность теплового потока, Вт/м	
350	140	162
400	156	177
450	172	196
500	189	214
600	219	249
700	147	290
800	278	312
900	310	349
1000	341	391
1200	401	454
1400	467	523
Примечание - см. примечания к таблице 7.		

Таблица 12

Район строительства	Коэффициент <i>K</i>			
	Способ прокладки трубопроводов и месторасположение оборудования			
	на открытом воздухе	в помещении, тоннеле	в непроходном канале	бесканальный
Юг	1,0	1,0	1,0	1,0
Центр	0,98	0,98	0,95	0,94
Север	0,98	0,98	0,95	0,94

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

Коэффициент теплопроводности уплотняющихся материалов при оптимальной плотности в конструкции следует принимать по данным сертификационных испытаний или по данным, приведенным в СР G.04.05 (приложении В).

6.1.4 При бесканальной прокладке трубопроводов теплопроводность основного слоя теплоизоляционной конструкции, λ_k , определяется по формуле

$$\lambda_k = \lambda_0 K \quad (3)$$

где:

λ_0 - теплопроводность сухого материала основного слоя, Вт/(м·К);

K - коэффициент, учитывающий увеличение теплопроводности от увлажнения, принимаемый в зависимости от вида теплоизоляционного материала и типа грунта по таблице 13.

Таблица 13

Материал теплоизоляционного слоя	Коэффициент увлажнения K		
	Тип грунта по SM GOST 25100		
	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

6.1.5 За расчетную температуру окружающей среды при расчетах по нормированной плотности теплового потока следует принимать:

- a) для изолируемых поверхностей, расположенных на открытом воздухе: для технологического оборудования и трубопроводов - среднюю за год;
- b) для трубопроводов тепловых сетей при круглогодичной работе - среднюю за год;
- c) для трубопроводов тепловых сетей, работающих только в отопительный период, - среднюю за период со среднесуточной температурой наружного воздуха $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже;
- d) для изолируемых поверхностей, расположенных в помещении - $20\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- e) для трубопроводов, расположенных в тоннелях - $40\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- f) для подземной прокладки в каналах или при бесканальной прокладке трубопроводов - среднюю за год температуру грунта на глубине заложения оси трубопровода. При величине заглубления верхней части перекрытия канала (при прокладке в каналах) или верха теплоизоляционной конструкции трубопровода (при бесканальной прокладке) $0,7\text{ м}$ и менее за расчетную температуру окружающей среды должна приниматься та же температура наружного воздуха, что и при надземной прокладке.

6.1.6 Температуру теплоносителя технологического оборудования и трубопроводов при расчетах по нормированной плотности теплового потока следует принимать в соответствии с заданием на проектирование.

Для трубопроводов тепловых сетей за расчетную температуру теплоносителя принимают:

- a) для водяных тепловых сетей:
 - для подающего трубопровода при постоянной температуре сетевой воды и количественном регулировании - максимальную температуру теплоносителя;
 - для подающего трубопровода при переменной температуре сетевой воды и качественном регулировании - в соответствии с таблицей 14;
 - для обратных трубопроводов водяных тепловых сетей $50\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- b) для паровых сетей - максимальную температуру пара среднюю по длине рассматриваемого участка паропровода;

- с) для конденсатных сетей и сетей горячего водоснабжения - максимальную температуру конденсата или горячей воды.

Таблица 14

Температурные режимы водяных тепловых сетей, °С	95 - 70	150 - 70
Расчетная температура теплоносителя t_w , °С	65	90

6.1.7 При определении температуры грунта в температурном поле подземного трубопровода тепловых сетей температуру теплоносителя следует принимать:

- для водяных тепловых сетей - по температурному графику регулирования при среднемесячной температуре наружного воздуха расчетного месяца;
- для паровых сетей - максимальную температуру пара в рассматриваемом месте паропровода (с учетом падения температуры пара по длине трубопровода);
- для конденсатных сетей и сетей горячего водоснабжения - максимальную температуру конденсата или воды.

6.2. Определение толщины изоляции по заданной величине теплового потока

При расчете толщины тепловой изоляции по заданной величине теплового потока расчетные температуры теплоносителя и окружающего воздуха принимают в соответствии с пунктами 6.1.5 и 6.1.6.

6.3. Определение толщины тепловой изоляции по технологическим требованиям

При расчете толщины тепловой изоляции оборудования и трубопроводов с положительными температурами, расположенных на открытом воздухе, в качестве расчетной температуры окружающего воздуха принимается средняя температура наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92.

При расчете толщины тепловой изоляции оборудования и трубопроводов с отрицательными температурами, расположенных на открытом воздухе, в качестве расчетной температуры окружающего воздуха принимается средняя максимальная температура наиболее жаркого месяца.

Для оборудования и трубопроводов, расположенных в помещении, расчетная температура окружающего воздуха принимается в соответствии с заданием на проектирование, а при отсутствии указаний о температуре окружающего воздуха принимается равной 20 °С.

Расчетная температура теплоносителя (вещества), транспортируемого трубопроводами, принимается в соответствии с заданием на проектирование.

6.4. Определение толщины тепловой изоляции по заданному снижению (повышению) температуры вещества, транспортируемого трубопроводами (паропроводами)

При расчете толщины тепловой изоляции по заданному снижению (повышению) температуры вещества, транспортируемого трубопроводами, расчетную температуру окружающей среды следует принимать для трубопроводов, расположенных:

- на открытом воздухе и в помещении - в соответствии с 6.3;
- в тоннелях - 40 °С;
- в каналах или при бесканальной прокладке трубопроводов - минимальную среднемесячную температуру грунта на глубине заложения оси трубопровода.

Расчетную температуру теплоносителя принимают в соответствии с заданием на проектирование.

6.5. Определение толщины тепловой изоляции по заданному количеству конденсата в паропроводах

При расчете толщины тепловой изоляции паропроводов перегретого и насыщенного пара расчетную температуру окружающего воздуха следует принимать в соответствии с 6.3.

Расчетные параметры пара принимают в соответствии с заданием на проектирование.

6.6. Определение толщины тепловой изоляции по заданному времени приостановки движения жидкого вещества в трубопроводах в целях предотвращения его замерзания или увеличения вязкости

При расчете толщины тепловой изоляции по заданному времени приостановки движения жидкости в трубопроводах в целях предотвращения его замерзания или увеличения вязкости расчетные параметры окружающего воздуха и теплоносителя следует принимать в соответствии с 6.3 и заданием на проектирование.

6.7. Расчет толщины тепловой изоляции по заданной температуре на поверхности изоляции

6.7.1 Температуру на поверхности тепловой изоляции следует принимать не более, °С:

- a) для изолируемых поверхностей, расположенных в рабочей или обслуживаемой зонах помещений и содержащих вещества с температурой:
- выше 500 °С..... 55
 - от 150 до 500 °С..... 45
 - 150 °С и ниже..... 40
 - вспышки паров ниже 45 °С..... 35
- b) для изолируемых поверхностей, расположенных на открытом воздухе в рабочей или обслуживаемой зоне:
- при металлическом покровном слое..... 55
 - для других видов покровного слоя..... 60.

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.

6.7.2 Расчетную температуру окружающего воздуха следует принимать для поверхностей, расположенных:

- на открытом воздухе - среднюю максимальную наиболее жаркого месяца;
- в помещении - в соответствии с 6.3.

6.7.3 При необходимости одновременного выполнения требований 6.1 - 6.5 и 6.7 принимается большее значение расчетной толщины изоляции.

6.8. Расчет толщины тепловой изоляции с целью предотвращения конденсации влаги из окружающего воздуха на покровном слое тепловой изоляции оборудования и трубопроводов, содержащих вещества с температурой ниже температуры окружающего воздуха

Данный расчет следует выполнять только для изолируемых поверхностей, расположенных в помещении.

Расчетная температура и относительная влажность воздуха принимаются в соответствии с заданием на проектирование.

Для изолируемых поверхностей с отрицательными температурами, расположенных в помещении, толщина теплоизоляционного слоя, определенная по условиям 6.1, 6.2, должна быть проверена по 6.8. в результате сравнения принимается большее значение толщины слоя.

6.9 При расчете толщины тепловой изоляции с целью предотвращения конденсации влаги на внутренних поверхностях газоходов, транспортирующих газы, содержащие водяные пары или водяные пары и газы, которые при растворении в сконденсировавшихся водяных парах могут привести к образованию агрессивных продуктов, расчетную температуру окружающей среды следует принимать в соответствии с 6.3.

Расчетные параметры газов следует принимать в соответствии с заданием на проектирование.

6.10 При расчете тепловой изоляции трубопроводов с обогреваемыми их паровыми или водяными спутниками расчетную температуру окружающего воздуха следует принимать:

- на открытом воздухе – среднюю наиболее холодной пятидневку или в соответствии с заданием на проектирование;
- в помещении - в соответствии с заданием на проектирование, а при отсутствии указаний о температуре окружающего воздуха – 20 °С;
- в тоннелях - 40 °С;

Расчетную температуру теплоносителя в трубопроводе и обогреваемом его спутнике принимают в соответствии с заданием на проектирование тепловой изоляции.

6.11 Теплоизоляционную конструкцию с теплоизоляционным слоем из однородного материала, установленного в несколько слоев, при расчетах рассматривают как однослойную.

Расчет толщины теплоизоляционного слоя конструкции, состоящей из двух и более слоев разнородных материалов, следует проводить исходя из того, что межслойная температура не превышает максимальную температуру применения теплоизоляционного материала последующих слоев. Толщину каждого слоя рассчитывают отдельно.

6.12 Расчетную толщину теплоизоляционного слоя в конструкциях тепловой изоляции на основе волокнистых материалов и изделий (матов, плит, холстов) следует округлять до значений кратных 10 мм.

В конструкциях на основе минераловатных цилиндров, жестких ячеистых материалов, материалов из вспененного синтетического каучука, полиэтилена и пенопластов следует принимать ближайшую к расчетной толщину изделий по нормативным документам на соответствующие материалы.

Если расчетная толщина теплоизоляционного слоя не совпадает с номенклатурной толщиной выбранного материала, следует принимать по действующей номенклатуре ближайшую более высокую толщину теплоизоляционного материала.

Допускается принимать ближайшую более низкую толщину теплоизоляционного слоя в случаях расчета по температуре на поверхности изоляции и нормам плотности теплового потока, если разница между расчетной и номенклатурной толщиной не превышает 3 мм.

6.13 Минимальную толщину теплоизоляционного слоя следует принимать:

- при изоляции цилиндрами из волокнистых материалов - равной минимальной толщине, предусматриваемой государственными стандартами или техническими условиями;
- при изоляции тканями, полотном стекловолокнистым, шнурами - 20 мм;
- при изоляции изделиями из волокнистых уплотняющихся материалов - 20 мм;
- при изоляции жесткими материалами, изделиями из вспененных полимеров - равной минимальной толщине, предусматриваемой государственными стандартами или техническими условиями.

6.14 Предельная толщина теплоизоляционного слоя в конструкциях тепловой изоляции трубопроводов приведена в приложении С СР G.04.05.

Если расчетная толщина больше, чем может обеспечить в соответствии с приложением С СР G.04.05 выбранный теплоизоляционный материал, следует применить более эффективный теплоизоляционный материал.

Применение конструкций с большей толщиной теплоизоляционного слоя требует технического обоснования.

6.15 Толщину теплоизоляционного слоя в конструкциях тепловой изоляции приварной, муфтовой и несъемной фланцевой арматуры следует принимать равной толщине изоляции трубопровода.

Толщину теплоизоляционного слоя в съемных теплоизоляционных конструкциях фланцевых соединений и фланцевой арматуры с положительной и отрицательной температурой транспортируемых веществ следует принимать равной толщине изоляции трубопровода.

6.16 Для поверхностей с температурой выше 300 °С и ниже минус 60 °С не допускается применение однослойных конструкций. При многослойной конструкции последующие слои должны перекрывать швы предыдущего.

6.17 Заказные толщину и объем теплоизоляционных изделий из уплотняющихся материалов следует определять по рекомендуемому приложению С.

6.18 Толщину металлических и композиционных материалов, применяемых в качестве покровного слоя, в зависимости от наружного диаметра трубопровода или конфигурации теплоизоляционной конструкции следует принимать по таблицы В.2 и В.3 приложения В СР G.04.05.

6.19 В качестве покровного слоя теплоизоляционных конструкций диаметром изоляции более 1600 мм и плоских, расположенных в помещении с неагрессивными и слабоагрессивными средами, допускается применять металлические листы и ленты толщиной 0,7 - 0,8 мм, а для трубопроводов диаметром изоляции более 600 до 1600 мм - 0,6 мм.

6.20 Листы и ленты из алюминия и алюминиевых сплавов толщиной 0,25 - 0,3 мм рекомендуется применять гофрированными.

6.21 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 15.

Таблица 15

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

6.22 Для теплоизоляционных конструкций, подвергающихся воздействию агрессивных сред, следует предусматривать защиту металлических покрытий от коррозии.

При использовании в качестве покровного слоя стали тонколистовой оцинкованной толщина цинкового покрытия выбирается с учетом 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.

6.23 Под покровный слой из неметаллических материалов в помещениях хранения и переработки пищевых продуктов следует предусматривать установку сетки стальной из проволоки диаметром не менее 1 мм с ячейками размером не более 12x12 мм.

6.24 Конструкция тепловой изоляции должна исключать ее деформацию и сползание теплоизоляционного слоя в процессе эксплуатации. В составе теплоизоляционных конструкций оборудования и трубопроводов следует предусматривать опорные элементы и разгружающие устройства, обеспечивающие механическую прочность и эксплуатационную надежность конструкций.

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

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

Деревянные крепежные детали должны быть обработаны антипиреном и антисептическим составом.

Элементы крепления, изготовленные из углеродистой стали, должны иметь антикоррозионное покрытие.

6.26 Размещение крепежных деталей на изолируемых поверхностях следует принимать в соответствии с SM EN ISO 4126-1.

6.27 Детали, предусматриваемые для крепления теплоизоляционной конструкции на поверхности с отрицательными температурами, должны иметь антикоррозионное покрытие или изготавливаться из коррозионностойких материалов.

Крепежные детали, соприкасающиеся с изолируемой поверхностью, следует предусматривать:

- для поверхностей с температурой от минус 25 до 400 °C - из углеродистой стали;
- для поверхностей с температурой выше 400 и ниже минус 25 °C - из того же материала, что и изолируемая поверхность.

Элементы крепления теплоизоляционного и покровного слоев теплоизоляционных конструкций оборудования и трубопроводов, расположенных на открытом воздухе в районах с расчетной температурой окружающего воздуха ниже минус 25 °C, следует применять из легированной стали или алюминия.

6.28 Конструкция покровного слоя тепловой изоляции должна допускать возможность компенсации температурных деформаций изолируемого объекта и теплоизоляционной конструкции.

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

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

6.29 Выбор материала для покровного слоя теплоизоляционных конструкций оборудования и трубопроводов, расположенных на открытом воздухе в районах с расчетной температурой окружающего воздуха минус 25 °С и ниже, следует производить с учетом температурных пределов применения материалов по действующим нормативным документам.

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

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

6.32 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 или клеях.

Приложение А

(рекомендуемое)

Предельные толщины теплоизоляционных конструкций для оборудования и трубопроводов

Таблица А.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

Примечания:

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.

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 В (справочное)

Расчет эффективной толщины изоляции для тепловых сетей

В соответствии с СНиП 41-02 выбор материала тепловой изоляции и конструкции теплопровода следует производить по экономическому оптимуму суммарных эксплуатационных затрат и капиталовложений в теплопроводы, включая сопутствующие конструкции и сооружения тепловых сетей.

В общем случае выбор толщины теплоизоляции теплопроводов при строительстве промышленных комплексов, предприятий, цехов и производств практически не влияет на общую стоимость объекта в промышленности.

Толщину теплоизоляции выбирают по СНиП 41-03 на заданные параметры с учетом климатологических данных пункта строительства, стоимости теплоизоляционной конструкции и тепловой энергии.

Для теплопроводов тепловых сетей, как объектов самостоятельного строительства, тепловая изоляция является одним из основных элементов, наряду с трубами, опорными конструкциями под них, дренажными устройствами и т.п., а также каналами, камерами, насосными станциями.

Поэтому выбор толщины основного тепло-изоляционного слоя следует производить по максимальным суммарным эксплуатационным затратам и капиталовложениям при технико-экономическом обосновании способа прокладки, конструкции теплопровода и в целом варианта технологии теплоснабжения:

$$Z = K_{из} + a \cdot C_{тэ} \cdot q_{пот} \cdot \frac{n_{год}}{1000} \quad (B.1)$$

где:

Z – суммарные затраты, лей/метру линар;

$K_{из}$ – капиталовложения в вариант, лей/п.м.;

$C_{тэ}$ – перспективная цена тепловой энергии, лей/ГДж;

$q_{пот}$ – годовые потери тепловой энергии, ГДж/год;

$n_{год}$ – время работы теплопроводов, час/год;

a – аннуитетный показатель:

$$a = \frac{(1 + \rho)^n - 1}{\rho(1 + \rho)^n} \quad (B.2)$$

где:

ρ – расчетная рента равна процентам по банковскому кредиту за исключением годовой ставки инфляции и процента относительного перспективного повышения цен на тепловую энергию, %/100;

n – период амортизационных отчислений, лет.

Таблица В.1 - Расчет удельных теплотерь однотрубного теплопровода канальной прокладки

№ ф-лы.	наименование	обозначение	ед.изм.	формула	результат	примечание
1	2	3	4	5	6	7
P1	Тепловые потери однотрубного теплопровода канальной прокладки	$q_{ГВС}$	Вт/м	$(t_{кан} - t_{гр})K/(R_{кан} + R_{гр}^k)$	39,475749	1 Вт=0,86 ккал/ч
P2	Температура воздуха в канале	$t_{кан}$	°C	A/B	19,056135	
	- числитель	A		$[t_{ГВС}/(R_{из}+R_{н})] + [t_{гр}/(R_{кан}+R_{гр}^k)]$	88,207526	$t_{гр}$ вместо $t_{н}$
	- знаменатель	B		$[1/(R_{из}+R_{н})] + [1/(R_{кан}+R_{гр}^k)]$	4,6288256	
P3	Термическое сопротивление изоляции трубопровода	$R_{из}$	(м·°C)/Вт	$[1/(2\pi\lambda_{из}^p)] \times \ln[(d_{н} + 2\delta_{из})/d_{н}]$	1,0262044	
P4	Термическое сопротивление теплоотдаче от поверхности изоляции трубопровода воздуху внутри канала	$R_{н}$	(м·°C)/Вт	$1/[\pi\alpha_{н.из} (d_{н} + 2\delta_{из})]$	0,1665645	
P7	Термическое сопротивление теплоотдаче от воздуха к стенке канала	$R_{кан}$	(м·°C)/Вт	$1/[\pi\alpha_{к} 2bh/(b+h)]$	0,0482532	
P5	Термическое сопротивление грунта	$R_{гр}^k$	(м·°C)/Вт	C/D	0,2155684	
	- числитель	C		$\ln[3,5(H_{экв}/h)(h/b)^{0,25}]$	2,0942467	
	- знаменатель	D		$[5,7+0,5(b/h)]\lambda_{гр}$	9,715	

R6	Эквивалентная глубина заложения грунта, учитывающая сопротивление теплоотдаче от поверхности грунта к окружающему воздуху в общем термическом сопротивлении грунта	$H_{\text{экв}}$	м	$H + \lambda_{\text{гр}} / \alpha_{\text{гр}}$	1,2414286	
----	--	------------------	---	--	-----------	--

Таблица В.2 - Исходные и расчетные данные

I1	Схема теплосети			однотрубная в одноячейковом канале		по факту
I2	Наружный диаметр трубопровода:	d_1	м		0,159	то же
I3	Тип прокладки			в канале КЛ 90 x 45		по факту
I4	Глубина заложения от поверхности земли до оси канала	H	м		1,20	по факту
I5	Размеры канала:					по факту
	- высота:	h	м		0,45	внутренние размеры
	- ширина:	b	м		0,9	
I6	Средняя температура грунта на глубине заложения оси канала	$t_{\text{гр}}$	°C	климатические данные для населенного пункта	10	принимается
I7	Теплопроводность грунта	$\lambda_{\text{гр}}$	Вт/(м·°C)		1,45	то же
I8	Среднегодовая температура горячей воды:	$t_{\text{гвс}}$	°C		60	
I9	Тепловая изоляция трубопровода:			маты из стеклянного штапельного волокна 70		задается по СР G.04.05

	коэффициент теплопроводности тепловой изоляции в начале эксплуатации	$\lambda_{из}$	Вт/(м·°С)	$0,042 + 0,00028 \times (t_{гвс} + 40)/2$	0,056	расчет
И10	Расчетный коэффициент теплопроводности тепловой изоляции через t лет эксплуатации:			маты из стеклянного штапельного волокна 70		
	- трубопровода	$\lambda_{из}^p$	Вт/(м·°С)	$[(1 + \exp(kt))/2] \times \lambda_{из}$	0,063	расчет
	- константа работоспособности изоляции	k	1/год		0,046	таблица 8 [10]
	- срок эксплуатации	t	лет	нормативный срок эксплуатации изоляци 40000 часов	5	задается
И11	Коэффициент теплоотдачи к наружному воздуху на поверхности грунта	$\alpha_{гр}$	Вт/м ² °С		35	принимается
И12	Коэффициент теплоотдачи от воздуха в канале к его внутренней поверхности	$\alpha_{к}$	Вт/м ² °С		11	СП G.04.05
И13	Толщина изоляции трубопровода	$\delta_{из}$	м	принимается (задается)	0,04	
И14	Коэффициент теплоотдачи от поверхности изоляции к воздуху в канале	$\alpha_{н.из}$	Вт/м ² °С		8	таблица Н2 [11]
И15	Коэффициент дополнительных потерь	K		учитывает теплотери через теплопро-водные включения в теплоизоляции-ной конструкции	1,15	СП G.04.05

Таблица В.3 - Экономический раздел

Э1	Удельные суммарные затраты	З	лей/п.м.	$K_{из} + a \cdot C_{тэ} \cdot q^{год} \cdot (n_{год}/1000)$	10001,494	
Э2	Удельные капиталовложения	$K_{из}$	лей/п.м.		0	задается
Э3	Перспективная цена тепловой энергии	$C_{тэ}$	лей/Гкал		987	НАРЭ
Э4	Годовые потери тепловой энергии	$q^{год}$	Гкал/(год·м)	$q_{пот} \cdot n_{год} \cdot 0,86 \cdot 10^{-6}$	0,2973945	
Э5	Время работы теплопроводов	$n_{год}$	час/год		8760	эксплуатация
Э6	Аннуитетный показатель	a		$[(1+p)^n - 1]/[p(1+p)^n]$	3,8896513	
Э7	Расчетная рента	p	%/100	равна процентам по банковскому кредиту за исключением годовой ставки инфляции и процента относительного перспективного повышения цен на тепловую энергию	0,09	
Э8	Период амортизационных отчислений	n	лет	период амортизационных отчислений всегда меньше срока эксплуатации $n \leq T$	5	

Приложение С

(справочное)

Нормирование расчетных значений теплопроводности изоляции в конструкциях из-за влияния влажности

Теплозащитные свойства теплоизоляционных конструкций трубопроводов, как показывает практика, снижаются в процессе эксплуатации.

Температурно-влажностные деформации существенно изменяют пористую структуру теплоизоляционного слоя из пенопласта в процессе эксплуатации, что приводит к резкому увеличению лучистой составляющей в переносе теплоты, а также к повышению влажностной теплопроводности, что влечет за собой увеличение кондуктивной и общей теплопроводности теплоизоляционного слоя.

Снижение теплозащитных свойств теплоизоляционных конструкций в процессе эксплуатации определяет их долговечность.

Долговечность технического объекта характеризуется сохранением его работоспособности до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта.

Причем под работоспособностью понимается такое состояние объекта, при котором он способен выполнять заданные функции, сохраняя значения определяющих их параметров в пределах, установленных нормативно-справочной документацией.

Событие, заключающееся в нарушении работоспособности, является отказом объекта, который может быть внезапным - практически мгновенный выход объекта из строя или постепенным, характеризующимся длительным выходом параметров, определяющих его работоспособность, за пределы нормативных допусков.

Для обеспечения требуемой нормированной плотности теплового потока через изолированную поверхность оборудования и трубопроводов систем теплоснабжения за все время эксплуатации τ , лет, в качестве расчетного значения коэффициента теплопроводности $\lambda_{из}^p$ при определении толщины изоляции предлагается использовать среднеинтегральную за τ лет эксплуатации.

Коэффициент теплопроводности $\lambda_{из}^p$ определяется выражением

$$\lambda_{из}^p(\tau; t_m) = \frac{1 + \exp K\tau}{2} \lambda(\tau = 0; t_m) \quad (C.1)$$

где:

K - константа работоспособности, 1/год;

τ - время эксплуатации, лет;

t_m – средняя температура изоляции, °С.

Значения константы работоспособности K , характеризующей динамику снижения теплоизоляционных свойств теплоизоляционных конструкций в процессе эксплуатации, приведены в таблице С.1.

Таблица С.1 - Константа работоспособности теплоизоляционных материалов K , 1/год

Типы трубопроводов	Условия прокладки												
	В отапливаемых помещениях	В неотапливаемых подвалах, чердаках, подпольных каналах				Надземная		Подземная в проходных каналах		Подземная в непроходных каналах		Подземная бесканальная	
		пенокаучук**	волокнистая	пенопласты*	пенокаучук**	волокнистая	пенопласты*	волокнистая	пенопласты*	волокнистая	армопенобетон	пенополимербетон	пенополиуретан***
Отопления и горячего водоснабжения	—	$1,35 \cdot 10^{-2}$	$7 \cdot 10^{-3}$	$6,5 \cdot 10^{-3}$	—	—	—	—	—	—	—	—	
Холодного водоснабжения	$4,2 \cdot 10^{-3}$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Централизованного теплоснабжения	—	$1,35 \cdot 10^{-2}$	$7 \cdot 10^{-3}$	—	$1,8 \cdot 10^{-2}$	$7 \cdot 10^{-3}$	$2,2 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-3}$	$4,6 \cdot 10^{-2}$	$2,7 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$1,65 \cdot 10^{-4}$	

* Пенопласты с преимущественно закрытопористой структурой, пенополиуретан, пенополистирол и др.
 ** Пенокаучук типа Аэрофлекс, пенополиэтилен Экофлекс и др.
 *** Пенополиуретан в жесткой полиэтиленовой оболочке с дистанционным контролем влажности.

Приложение D

(справочное)

Определение оптимальной толщины теплоизоляционного слоя трубопроводов систем теплоснабжения

Теплоизоляционные конструкции в зависимости от температурного режима эксплуатации и назначения подразделяются на следующие категории [3]:

- 4 конструкции для поверхностей с положительной температурой выше температуры окружающего воздуха (от 20°C и более);
- 5 конструкции для поверхностей с температурой ниже температуры окружающего воздуха (от 19°C и менее);
- 6 конструкции для поверхностей с переменным температурным режимом (от положительных температур к температурам ниже 19°C и отрицательным).

Существует множество вариантов изоляции трубопровода. Некоторые из них описаны ниже.

- 4 Утепление с применением обогревающего кабеля. Использование кабеля весьма удобно и продуктивно, если учитывать, что защищать трубопровод от замерзания нужно всего лишь полгода. В случае обогрева труб кабелем происходит значительная экономия сил и денежных средств, которые пришлось бы потратить на земельные работы, утеплительный материал и прочие моменты. Инструкция по эксплуатации допускает нахождение кабеля как снаружи труб, так и внутри них.
- 5 Утепление воздухом. Ошибка современных систем теплоизоляции заключается вот в чем: зачастую не учитывается то, что промерзание грунта происходит по принципу «сверху вниз». Навстречу же процессу промерзания стремится поток тепла, исходящий из глубины земли. Но так как утепление производят со всех сторон трубопровода, то необходимо также изолировать его и от восходящего тепла. Поэтому рациональнее монтировать утеплитель в виде зонтика над трубами. В таком случае воздушная прослойка будет являться своеобразным теплоаккумулятором.
- 6 «Труба в трубе». Здесь в трубах из полипропилена прокладываются еще одни трубы. К плюсам относится то, что трубопровод можно будет отогреть в любом случае. Кроме того, возможен обогрев при помощи устройства по всасыванию теплого воздуха. А в аварийных ситуациях можно быстро протянуть аварийный шланг, тем самым предотвратив все отрицательные моменты.

В практике проведения работ по изоляции неизолированных трубопроводов или замене изоляционного покрытия практически отсутствуют случаи определения оптимальной его толщины, что в итоге приводит к финансовым потерям [6]. В основном это связано с отсутствием соответствующих программ расчета у теплоснабжающих и теплопотребляющих предприятий и непониманием руководителей энергослужб предприятий важности данной работы [7]. В настоящее время при реконструкции тепловых сетей или прокладке новых, для определения нормативной толщины изоляции используются [2], а также [1]. По нормативным значениям плотности теплового потока производится расчет соответственно нормативной толщины изоляции, которая зависит от коэффициента теплопроводности теплоизоляционного материала и его изменение в процессе эксплуатации, температуры теплоносителя, параметров

окружающей среды (скорости ветра (при надземной прокладке), температуры окружающей среды), диаметра трубопровода, типа прокладки трубопроводов, а также срока эксплуатации трубопровода. Такой расчет позволяет не только уменьшить потери тепла, но и снизить саму температуру труб, с целью их безопасного использования.

В качестве примера рассмотрим необходимую толщину утеплителя для трубопровода горячего водоснабжения. Полное температурное сопротивление утеплительной конструкции для цилиндрической трубы находится по следующей формуле:

$$R_l(d_{uz}) = \frac{\ln\left(\frac{d_{uz}}{d_n}\right)}{\left[2\pi \cdot \lambda_{uz} + \frac{1}{(\alpha_6 \cdot \pi \cdot d_{uz})}\right]} \quad (D.1)$$

где d_{uz} – наружный диаметр утеплителя для трубы;

d_n – наружный диаметр трубы;

λ_{uz} – коэффициент теплопроводности утеплителя;

α_6 — коэффициент теплоотдачи от утеплителя к воздуху.

Линейная плотность потока тепла определяется по следующей формуле:

$$q_l(d_{uz}) = \frac{t_n - t_{uz}}{R_l(d_{uz})} \quad (D.2)$$

где t_n – температура наружной стенки трубы;

t_{uz} – температура поверхности утеплительного слоя.

Температура внутренней стенки утеплителя трубопровода рассчитывается по формуле:

$$t_{CT} = t_n - \frac{q_l(d_{uz})}{\pi} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_T \cdot d_6} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_T} \cdot \ln\left(\frac{d_n}{d_6}\right) \right) \quad (D.3)$$

где d_6 – внутренний диаметр трубы;

α_T – коэффициент отдачи тепла от жидкости к стенке;

λ_T – коэффициент теплопроводности материала, из которого сделана труба.

Тепловой баланс определяется по формуле:

$$2,75 \cdot \frac{d_n^x \cdot \lambda_{uz}^{1,35} \cdot t_n^{1,73}}{q_l(d_{uz})^{1,5}} - \frac{d_n \cdot 2,75 \cdot \frac{d_n^x \cdot \lambda_{uz}^{1,35} \cdot t_n^{1,73}}{q_l(d_{uz})^{1,5}}}{2} = 0 \quad (D.4)$$

С ее помощью определяется необходимый наружный диаметр утеплителя для трубы ($d_{из}$). Затем вычисляется расчет толщины теплоизоляции трубопроводов по формуле:

$$\delta = d_{из} - d_n/2, \text{ м} \quad (D.5)$$

Пример расчета

Исходные данные:

наружный диаметр трубопровода – 0,63 м;

внутренний диаметр – 0,618 м;

температура наружной стенки трубопровода – 363 К;

температура наружной поверхности утеплителя – 293 К;

коэффициент теплопроводности стали – 50 Вт/(м·К);

коэффициент теплопроводности утеплителя – 0,028 Вт/(м·К).

Подставив значения величин в вышеупомянутые формулы, получаем необходимую толщину утеплителя для трубопровода – не менее 0,1 м.

Определение требуемой толщины тепловой изоляции, обеспечивающей нормативные потери тепла, не всегда является экономически обоснованным [8]. Наиболее целесообразно рассчитывать оптимальную толщину изоляционного покрытия для конкретных условий сегодняшнего дня с учетом оценки перспектив изменения основных влияющих факторов.

При заданной стоимости тепла и теплоизоляционного материала норма тепловых потерь, а, следовательно, и оптимальная толщина изоляционного слоя рассчитывается по минимуму приведенных затрат. Однако следует учесть, что при наличии возможности выбора типа и марки теплоизоляционных материалов экономически оптимальное техническое решение принимается на основе сопоставления минимальных приведенных затрат при использовании различных вариантов теплоизоляционных конструкций [9].

Существует оптимальная толщина утеплителя, которая зависит от его вида. При превышении данной толщины, утеплитель не дает дополнительного эффекта, а приводит только к напрасной трате денежных средств [4].

Расчет возможен для различных видов прокладки трубопроводов: надземной, подземной бесканальной и подземной канальной.

В качестве расчетной температуры окружающей среды принимается среднегодовая температура наружного воздуха при надземной прокладке и среднегодовая температура грунта на глубине заложения оси теплопровода при подземной прокладке по СНиП 2-01-01. За расчетную температуру теплоносителя принимается среднегодовая температура в зависимости от температурного графика тепловой сети.

Для потерь тепла через теплоизоляцию, не учитывая внешнее термическое сопротивление, можно записать следующее выражение:

$$\Delta W = S \Delta t \cdot N \cdot \tau \cdot \lambda \cdot 10^{-3} / \delta \quad (D.6)$$

где τ - годовое число часов работы теплоизоляции при температурном напоре Δt ; S ,

t - площадь и толщина теплоизоляции;

N - число лет в нормируемом сроке службы;

λ - удельный коэффициент теплопроводности теплоизоляции.

Температурный напор Δt определяется как усредненное по площади и времени значение, которое находится по результатам расчетов температурных режимов работы.

В свою очередь затраты на теплоизоляцию можно рассчитать по следующему выражению:

$$C_{\text{ти}} = S \delta \cdot C_{\text{ут}} \quad (\text{D.7})$$

где $C_{\text{ут}}$ - стоимость единицы объема теплоизоляции с учетом влияния ее толщины на дополнительные затраты.

В результате минимизации суммарных затрат на теплоизоляцию и тепло от источника можно получить следующее выражение для оптимальной толщины теплоизоляции:

$$\delta_{\text{опт}} = (10^{-3} \cdot C_{\text{y}} \cdot \tau \cdot N \cdot \Delta t \cdot \lambda / C_{\text{ут}})^{0,5} \quad (\text{D.8})$$

где C_{y} - специфическая стоимость тепла, получаемого от источника.

Выражение (D.8) только в первом приближении позволяет оценить оптимальную толщину теплоизоляции, поскольку оно получено без учета изменения во времени стоимости энергии источника тепла и финансовой ситуации.

Используя упрощенный вариант методики расчета, можно получить следующее выражение для расчета оптимальной толщины теплоизоляции:

$$\delta_{\text{опт}} = (\lambda \cdot N \cdot \Delta t \cdot \tau \sum_{t=1}^{T_c} \left(\frac{1+\alpha}{1+i} \right)^t / C_{\text{ут}})^{0,5} \quad (\text{D.9})$$

где T_c - срок службы; i - реальный процент прибыли; α - темп роста цен на энергию источника тепла. Принятые при получении формулы (9) допущения следующие:

- условия работы неизменны в течение всего срока службы;
- стоимость энергии источника тепла возрастает во времени в геометрической прогрессии с годовым темпом α .

В терминах дисконтного анализа выражение (D.9) получено при реальном проценте прибыли, определяемом по формуле:

$$i = (n - b)/(1 + b) \quad (\text{D.9})$$

где n - номинальное значение нормы экономической эффективности инвестиций;

b – индекс инфляции.

На определение оптимальной толщины теплоизоляции оказывает принадлежность источника теплоты и, соответственно, стоимость отпускаемой теплоты для потребителя. Если же источник тепла принадлежит данной организации, ведущей работы по замене тепловой изоляции трубопроводов различного назначения или проектированию новых тепловых сетей, расчеты проводятся с учетом стоимости сэкономленного топлива [5].

С учетом того, что топливная составляющая в себестоимости Гкал тепла находится в пределах 10-30%, принадлежность источника тепла может оказать большое влияние на выбор оптимальной толщины изоляции. Учет изменения финансовых потоков обуславливает снижение значения оптимальной толщины теплоизоляции.

Также большое влияние на величину оптимальной толщины теплоизоляции оказывает стоимость самой теплоизоляции. Интерес представляет сравнение толщин тепловой изоляции, рассчитанных по нормам СНиП, и определенных с использованием оптимизационных расчетов.

Показано, что при расчете по упрощенной модели, не учитывающей финансовые потоки, получаются завышенные значения толщины теплоизоляции.

Библиография

- [1] **СП 41-103-2000.** Проектирование тепловой изоляции оборудования и трубопроводов.
- [2] **СНиП 41-03-2003.** Тепловая изоляция оборудования и теплопроводов.
- [3] **СНиП 2.04.07-86.** Тепловые сети.
- [4] **Полуэктова, Т.Ю.** Определение оптимальной толщины изоляции/ Т.Ю. Полуэктова, В.Г. Хромченков, Ю.В. Яворовский// Шестнадцатая Международная научно-техническая конференция «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика»: тез.докл. В 3-х т. М.: Издательский дом МЭИ, 2010. Т.3. С.489-490.
- [5] **Волкова, Ю.В.** Технологические схемы очистки дымовых газов от оксидов серы/ Ю.В. Волкова, Н.А. Петрикеева// Инженерные системы и сооружения. – Воронеж: ВГАСУ, 2012. – № 2. - С. 10-13
- [6] **Сотникова, О.А.** Расчет экономической эффективности применения конденсационных теплообменных устройств теплогенерирующих установок/ О.А. Сотникова, Н.А. Петрикеева, // Известия высших учебных заведений. Серия «Строительство и архитектура». 2008. - Вып. № 1.- С. 113.
- [7] **Петрикеева, Н.А.** Математическая модель процессов конденсации водяных паров на теплообменных поверхностях/ Н.А. Петрикеева, В.С. Турбин, О.А. Сотникова// Известия Тульского государственного университета. Серия «Строительство, архитектура и реставрация». 2006. – Вып. № 10.- С. 159-163.
- [8] **Петрикеева, Н.А.** Экономически целесообразный уровень теплозащиты зданий при работе систем теплогасоснабжения и вентиляции / Н.А. Петрикеева, О.В. Тюленева, Н.Н. Кучеров// Инженерные системы и сооружения. – Воронеж: ВГАСУ, 2012. – Вып. № 1 (6). - С. 9-12.
- [9] **Шойхет, Б. М.** Региональные нормы по тепловой изоляции промышленного оборудования и трубопроводов/ Б.М. Шойхет, Е.Г. Овчаренко, А.С. Мелех // Энергосбережение. 2001. – Вып. №6. С.65-67.
- [10] **МДС 41-7.2004** Методика оценки влияния влажности на эффективность теплоизоляции оборудования и трубопроводов
- [11] **РД ЭО 0586-2004** Нормы проектирования тепловой изоляции оборудования и трубопроводов атомных станций

Содержание

Traducerea prezentului document normativ în limba rusă	41
1. Область применения	41
2. Нормативные ссылки.....	41
3. Термины и определения.....	42
4. Общие положения	44
5. Требования к материалам и конструкциям тепловой изоляции	46
6. Проектирование тепловой изоляции	50
6.1. Расчет толщины теплоизоляционного слоя по нормированной плотности теплового потока.....	50
6.2. Определение толщины изоляции по заданной величине теплового потока	62
6.3. Определение толщины тепловой изоляции по технологическим требованиям	62
6.4. Определение толщины тепловой изоляции по заданному снижению (повышению) температуры вещества, транспортируемого трубопроводами (паропроводами)	62
6.5. Определение толщины тепловой изоляции по заданному количеству конденсата в паропроводах.....	63
6.6. Определение толщины тепловой изоляции по заданному времени приостановки движения жидкого вещества в трубопроводах в целях предотвращения его замерзания или увеличения вязкости.....	63
6.7. Расчет толщины тепловой изоляции по заданной температуре на поверхности изоляции	63
6.8. Расчет толщины тепловой изоляции с целью предотвращения конденсации влаги из окружающего воздуха на покровном слое тепловой изоляции оборудования и трубопроводов, содержащих вещества с температурой ниже температуры окружающего воздуха.....	64
Приложение А (рекомендуемое) Предельные толщины теплоизоляционных конструкций для оборудования и трубопроводов	69
Приложение В (справочное) Расчет эффективной толщины изоляции для тепловых сетей	70
Приложение С (справочное) Нормирование расчетных значений теплопроводности изоляции в конструкциях из-за влияния влажности	75
Приложение D (справочное) Определение оптимальной толщины теплоизоляционного слоя трубопроводов систем теплоснабжения.....	77
Библиография.....	82

Конец перевода

Utilizatorii documentului normativ sînt răspunzători de aplicarea corectă a acestuia. Este important ca utilizatorii documentelor normative să se asigure că sînt în posesia ultimei edi ii  i a tuturor amendamentelor.

Informa iile referitoare la documentele normative (data aplicării, modificării, anulării etc.) sînt publicate în "Monitorul Oficial al Republicii Moldova", Catalogul documentelor normative în construcții, în publica ii periodice ale organului central de specialitate al administra iei publice în domeniul construcțiilor, pe Portalul Na ional "e-Documente normative în construcții" (www.ednc.gov.md), precum  i în alte publica ii periodice specializate (numai după publicare în Monitorul Oficial al Republicii Moldova, cu prezentarea referin elor la acesta).

Amendamente după publicare:

Indicativul amendamentului	Publicat	Punctele modificate

Ediție oficială

**NORMATIV ÎN CONSTRUCȚII ÎN CONSTRUCȚII
NCM G.04.08:2017**

Izolația termică a utilajului și a conductelor

Responsabil de ediție ing. G. Curilina

Tiraj 100 ex. Comanda nr. ____

**Tipărit ICȘC "INCERCOM" Î.S.
Str. Independenței 6/1
www.incercom.md**