

ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ В ХОЛОДИЛЬНОМУ ОБЛАДНАННІ

М. М. Масліков, к. т. н., доцент Національного університету харчових технологій
С. Г. Потапов, асистент Національного університету харчових технологій

На ринку України присутня широка номенклатура теплоізоляційних матеріалів з різними властивостями. Питанням вибору теплоізоляційних матеріалів була присвячена стаття «Теплоізоляційні матеріали холодильних установок» (Холод М+Т, 2004, № 4-5). Ця стаття допоможе фахівцям прийняти раціональні рішення щодо вибору ізоляційних конструкцій.

Головна мета теплоізоляції у холодильній техніці – захист від теплонадходжень. Тому найважливішою характеристикою теплоізоляційного матеріалу є коефіцієнт теплопровідності λ , Вт/м²·К (тепловий потік, що проходить через матеріал у формі куба зі стороною 1 м при різниці температур на його протилежних гранях 1 °С. Чим менше λ тим кращі теплоізоляційні властивості матеріалу.

Теплоізоляційні матеріали як правило мають порувату структуру, створену волокнами (відкриті пори) або піною (закриті пори). Якщо у процесі експлуатації відбудеться зволоження матеріалу, то його теплопровідність зростає більше ніж у 10 разів. У разі замерзання вологи всередині матеріалу його теплопровідність ще більше зростає, до того ж може відбутися руйнування матеріалу. Тому ще однією важливою характеристикою є паропроникність ізоляції. На практиці користуються фактором опору дифузії водяної пари (μ -фактор), що вказує у скільки разів паропроникність матеріалу менша за паропроникність сухого повітря.

Орієнтовні характеристики деяких теплоізоляційних матеріалів наведено у табл 1.

Таблиця 1. Теплоізоляційні матеріали, що використовуються у холодильній техніці

Матеріал	Коефіцієнт теплопровідності, λ , Вт/м ² ·К при 0 °С	μ -фактор
Повітря	0,023	1
Мінеральна вата	0,032...0,056	2
Скловата	0,033...0,052	2
Пінополістирол	0,030...0,042	12 – 250
Пінополіуретан	0,030...0,043	15 – 100
Фенольні пінопласти	0,030...0,042	10 – 50
Пінобетон	0,05...0,11	150 – 300
Спінений поліетилен	0,032...0,038	1000 – 3500
Спінений каучук	0,034...0,038	1000 – 7000
Піноскло	0,05...0,07	>20000

Будова, методи розрахунку та експлуатації теплоізоляції обладнання та трубопроводів регламентуються [1].

Мінеральні теплоізоляційні матеріали

Мінеральна вата складається із штучних мінеральних волокон. Виробництво її включає дві основні технологічні операції – одержання розплаву і перетворення його на тонкі волокна. Залежно від виду сировини мінеральна вата поділяється на кам'яну та шлакову. Сировиною для виробництва кам'яної вати є гірські породи – діабаз, базальт, вапняк, доломіт, глина тощо. Шлакову вату одержують із доменних, ваграночних і мартенівських шлаків, а також шлаків кольорової металургії. Додаючи зв'язуючий компонент (бетонітова глина,

синтетичні матеріали) з мінеральної вати формують вироби. Мінераловатні вироби хімічно стійкі, не горять, стабільно тримають форму, нетоксичні, стійкі до плісняви та гризунів. Для будівель використовують мінераловатні плити з покриттям (зокрема алюмінієвою фольгою), а для трубопроводів діаметром **18...273** мм – формовані вироби (циліндри, напівциліндри, сегменти).

Серед основних виробників мінеральної вати в Україні [3, 4] БАТ “Комбінат будіндустрії” (Київ); КП “Коммуненергія” (Костопіль, Рівненська обл.); КП “Завод мінераловатних виробів” (Житомир); БАТ “Чернівецький завод теплоізоляційних матеріалів “Ротіс”, “Алчевський завод будівельних конструкцій” (Луганська обл.), БАТ “Ізоляція” (Донецьк), БАТ “Завод ізоляційних матеріалів” (Маріуполь, Донецька обл.).

Крім цього на ринку присутні імпорتنі мінераловатні вироби компаній **ROCKWOOL** (Данія), **PAROC** (Фінляндія), **L’isolante** (Італія), **ISOMAT** (Словаччина). Ці виробники пропонують ширшу номенклатуру виробів. Переважна більшість імпортованих мінераловатних виробів завозиться з Польщі, Словаччини, Литви.

Таблиця 2. Технічні властивості мінераловатних теплоізоляційних виробів

Назва	Середня густина, кг/м ³	Теплопровідність, Вт/(м·К)	Вологовміст, %	Поглинання води, %	Вміст органічних речовин, %
Виробник – фірма “Ізотек”					
Плити з мінеральної вати підвищеної жорсткості гофрованої структури. Марка ППЖГС 175	160–190	≤ 0,051	≤ 1	≤ 40	≤ 7
Плити з мінеральної вати гофрованої структури. Марка ПГ 125	75–125	≤ 0,049	≤ 0,8	-	≤ 4
Плити з мінеральної вати на синтетичному в’язучому матеріалі. Марка П 125	75–125	≤ 0,049	≤ 0,1	-	≤ 4
Виробник – фірма “ПАРТЕК”					
Плити “Екомакс”					
PV-TL	120	0,037	≤ 1	-	-
AKL	100	0,037	≤ 1	-	-
KKL	240	0,041	≤ 1	-	-
Мінераловатні мати М	30	0,045			
Виробник – фірма ISOMAT (Словаччина)					
Плита “Нобасил” М	35–90	0,038	-	-	-
Плита “Нобасил” Т	100–150	0,040	-	-	-
Виробник – фірма L’isolante (Італія)					
NOBASIL (циліндри, мати)	75	0,035	≤ 0,5	-	≤ 2,5
Виробник – Алчевський завод будівельних конструкцій (Україна)					
Мінераловатні плити	150–250	0,03...0,04	≤ 1	-	-

Скляна вата (скловата) має багато спільного з мінеральною ватою. Для одержання скляного волокна використовують ту саму сировину і методи, що й для виробництва звичайного скла, або відходи скляної промисловості.

За властивостями скловата дещо відрізняється від мінеральної. Волокна скловати пружніші та міцніші порівняно з мінеральною ватою. Скловата містить дуже мало неволоконистих включень, має високу вібростійкість. Зі скловати виготовляють теплоізоляційні вироби: мати (м’які плити), прошивні мати і напівтверді плити на синтетичному в’язучому матеріалі, а також шнури. Скловатні вироби застосовуються поряд з мінераловатними для теплоізоляції будівельних конструкцій, але основною областю застосування є ізоляція

холодильників, трубопроводів, промислового обладнання, що працює в умовах вібрації, а також транспортних засобів при робочій температурі ізолюваних поверхонь від **-60 до +180 °С**..

Серед найважливіших переваг цих виробів – мала теплопровідність та низька густина (**50–140 кг/м³**). До того ж практично всі скловатні вироби належать до групи негорючих будівельних матеріалів і можуть застосовуватися у стінах, дахах, перекриттях майже всіх типів конструкцій, у тому числі холодильників.

Будучи неорганічними і хімічно нейтральними, вони не містять корозійних агентів, а завдяки протигнільній обробці і відсутності запаху запобігають розвитку шкідників. Суттєвою перевагою скловолокнистих виробів є їхня еластичність: при пакуванні матеріалу вата **ISOVER KT** (рулони) може стискатися, стаючи у **4** рази менше від власного об'єму, а вата **KL** (плити) – у півтора рази.

Виробництво скловати в Україні майже відсутнє, проте широко імпортується продукція торгівельних марок **URSA** (Німеччина, Польща, Угорщина) та **ISOVER** (Фінляндія, Польща, Чехія).

Таблиця 3. Технічні властивості скловатних теплоізоляційних виробів

Назва	Середня густина, кг/м³	Теплопровідність, Вт/(м·К)
Виробник – фірма ISOVER OY (Фінляндія)		
Жорсткі плити RKL	60	0,030
Напівжорсткі плити SKL	50	0,031
Еластичні плити теплоізоляційні KL	17	0,033-0,041
Мати теплоізоляційні KT	11-13	0,036-0,041
Виробник – концерн PFLEIDERER , ТМ URSA (Німеччина, Польща)		
Плити теплоізоляційні ПЛ	24	0,044
Плити теплоізоляційні ПС	45	0,047
Мати теплоізоляційні ММ	14	0,044
Мати теплоізоляційні МП	22	0,044
Виробник – “Скловолокно” (Бердянськ, Україна)		
Аркуші теплоізоляційні	140	0,038

Газобетон – це легкі комірчасті теплоізоляційні бетони, які одержують з портландцементу, води, меленого кварцового піску та інших мінеральних матеріалів шляхом спучування попередньо приготованого шламу за допомогою газоутворювачів і тверднення в різних умовах (автоклави чи пропарювання). Особливістю технології виготовлення теплоізоляційних матеріалів цієї групи є те, що весь кварцовий пісок розмелюється на порошок, і витрата газоутворювача вища, ніж при виробленні більш важких матеріалів.

Газобетонні теплоізоляційні вироби застосовують для утеплення стін і безгорищних покрівель промислових і житлових будинків, у конструкціях холодильників, для ізоляції теплових мереж і промислового обладнання.

Таблиця 4. Характеристики газобетонних теплоізоляційних виробів

Середня густина, кг/м³	Межа міцності, МПа	Теплопровідність, Вт/(м·К)
300	0,4	0,093
350	0,6	0,1
400	0,8	0,11
500	1,2	0,127

Спучений перліт (алюмосилікат) одержують шляхом подрібнення і випалювання перліту, обсидіану та інших вулканічних гірських порід склоподібної будови, що містять невелику кількість гідратної води (**3–5%**). Під час швидкого нагрівання до температури **900–1200 °С** вода переходить у пару і спучує розм'якшену породу; вона розпадається на кулясті зерна зі збільшенням в об'ємі у **5–10** разів і більше (пористість зерен – **80–90 %**). Насипна густина перлітового піску коливається від **60** до **200 кг/м³**, щебеню – **500 кг/м³**. Теплопровідність при температурі **25 °С** становить **0,046–0,08 Вт/м·К**. Найбільші родовища перліту в країнах СНД знаходяться у Вірменії та на Закарпатті. Випалювання здійснюється, в основному, у шахтних печах.

Спучений перліт використовують у вигляді теплоізоляційної засипки у стінових конструкціях, у посудинах Дьюара (у вакуумній теплоізоляції кріогенних установок перліт має бути сухим). Змішуючи його із в'язкими речовинами, одержують суміші (бітумоперліт, перлітобетон), з яких формують теплоізоляційні вироби (плити, шкарлупи, сегменти, цегла) чи виконують теплоізоляційні, штукатурки. На основі перлітового піску та щебеню виготовляють теплоізоляційні будівельні конструкції. Перліт негорючий, не боїться вологи, не старіє, не вражається шкідниками.

Спучений перліт та вироби на його основі в Україні виробляє велика кількість підприємств, зокрема ЗАТ “Завод Керамперліт” (Київ).

Спінені мінеральні ТІМ (пінобетони, аеровані теплоізоляційні бетони з пористим заповнювачем, а також пінокераміка) виготовляють із так званої “піномаси” – суміші тонкодисперсних мінеральних компонентів (цементу та ін.) з додаванням води і технічної піни – з подальшим формуванням виробів і термічною обробкою. Технічна піна виготовляється в піногенераторах.

Пінобетонна маса має сметаноподібну консистенцію і легко формується. З неї виготовляють теплоізоляційні вироби (плити, шкарлупи) чи монолітну теплоізоляцію.

Піноскло виробляють (ЗАТ “Гомельскло” (Білорусь), “Сберегающие технологии” (Росія, Перм)) у вигляді плит, сегментів і шкаралуп. Його використовують у широких температурних межах (**-260...+485°С**). Піноскло не горить, а за рахунок замкнених пор практично непроникне для води та водяної пари. Кріпиться у конструкціях за допомогою клею.

Таблиця 5. Характеристики спінених мінеральних ТІМ

Назва	Середня густина, кг/м³	Теплопровідність, Вт/м·К	μ-фактор	Межа міцності, МПа
Полістиролцементні плити	250	0,070	50...100	0,8
Пінобетон	200 400	0,05 0,11	150...300	0,7 2,5
Теплоізоляційний комірчастий бетон	200 300 400 500	0,08 0,10 0,11 0,15	150...300	0,3 0,75 1,3 2,5
Піноскло	180	0,03...0,07	>20000	0,7

Відбивні ТІМ є особливим видом теплової ізоляції, яку виготовляють із застосуванням фольги з алюмінію, міді, латуні, сталі та інших металів. Найчастіше

використовують алюмінієву фольгу, та багатошаровий матеріал з неї, що називають альфолем. Теплозахисні властивості альфолу зумовлені тим, що він має коефіцієнт випромінювання в **10–15** разів менший, ніж у звичайних будівельних матеріалів, гладку поліровану поверхню і тому добре відбиває теплові промені, знижуючи теплонадходження. Шар альфолу, як правило, присутній у багатошарових теплоізоляційних матеріалах, завдяки вологонепроникності він виконує водночас роль пароізоляції.

Органічні теплоізоляційні матеріали

До появи синтетичних теплоізоляційних матеріалів в огорожувальних конструкціях холодильників масово використовувалися органічні (торфоплити, солом'яні мати та ін.). Зараз для ізоляції холодильників з органічних продовжують використовуватися коркові теплоізоляційні матеріали. Їх виготовляють на основі кори коркового дуба. Це дерево переважно росте на височинах узбережжя Середземномор'я. Основні країни-експортери виробів із корка – Португалія, Іспанія, Марокко, Алжир і Туніс.

Вперше в Росії коркові теплоізоляційні плити для теплової ізоляції холодильників з'явилися в кінці **XIX** століття. Це натуральний природний нестаріючий матеріал. Зерна, з яких складається корок (приблизно **40** млн на **1 см³**) складаються з мінімальної кількості твердої речовини і максимальної кількості повітря. Кожна стінка зерна складається із **5** шарів: всередині два шари клітковини, до яких прилягає повітря, що знаходиться в зерні, два щільні та жирні шари, непроникні для води і, нарешті, дерев'янистий шар, що надає зерну твердість і остаточну структуру.

Коркові матеріали – легкі, міцні на стискання та згин. До того ж вони не піддаються усадці та гниттю. Корок хімічно інертний і дуже довговічний, не піддається впливу лугів. Він легко ріжеться, що гарантує чисту і швидку роботу. Він не вкривається цвіллю і практично не змінює фізичні властивості з часом.

Корок не проводить електричний струм і не накопичує статичну електрику. Матеріали з нього не горять, а лише жевріють (за наявності джерела відкритого вогню), після обробки вогнестійкими сумішами вони належать до класу горючості **B1**. Під час тління корок не виділяє ні фенолів, ні формальдегідів. Як теплову ізоляцію здебільшого застосовують плити розміром **1000 x 500** і товщиною до **50** мм. Середня густина – **150–200 кг/м³**, теплопровідність – **0,04–0,05 Вт/м·К**, температура застосування – до **120 °С**. Випускають теплоізоляційні коркові плити на основі подрібненого корка з органічним в'язучим матеріалом, а також плити типу "агломерат", чи "експанзит". Середня густина плити "агломерат" – **110 кг/м³**, теплопровідність – **0,038 Вт/м·К**

Газонаповнені пластмаси

Газонаповненими (комірчастими) пластмасами прийнято називати органічні високопористі матеріали, що отримують із синтетичних смол. Їх часто називають поропластами чи пінопластами. Газонаповнені пластмаси – це двофазні системи, що складаються з полімерної матриці і відносно рівномірно диспергованої газової фази. Вони поділяються на тверді, напівтверді та еластичні.

Залежно від виду полімеру поропласти розподіляють на термопластичні – на основі полімерів з лінійною структурою (полістирол, полівінілхлорид, поліетилен, поліпропілен тощо) та термореактивні – на основі полімерів із просторовою

структурою (феноло-формальдегідні, сечовино-формальдегідні, ненасичені поліефіри, епоксидні, поліуретанові тощо).

Специфічні особливості газонаповнених пластмас визначають технічну спрямованість й економічну ефективність їх застосування в різних галузях промисловості. Завдяки низькій густині, високим тепло- і звукоізоляційним властивостям, підвищеній міцності, а також низці цінних технологічних та експлуатаційних властивостей пінопласти не мають аналогів серед традиційних будівельних матеріалів.

Особливістю цих виробів є те, що транспортування їх ускладнене через невисоку густину. Тому доцільніше виробляти їх на невеликих підприємствах поблизу місця використання. Отже, кількість виробників досить велика.

Структура пінопластів може змінюватися навіть при незначних коливаннях технологічних режимів і рецептур вихідних композицій, що спінуються. Характер пористої структури і розмір осередків регулюють введенням поверхнево-активних речовин (ПАР) у вихідну композицію. Використовуючи різні типи ПАР, можна одержувати, наприклад, пінополіуретани з переважно закритою чи сполученою пористістю. Співвідношення кількості відкритих і закритих пор у структурі пінопласту визначає його фізико-механічні властивості, що поліпшуються зі збільшенням вмісту закритих пор.

Умови експлуатації теплоізоляційних матеріалів у будівельних конструкціях визначаються типом конструкції і районом будівництва. Періодичне зволоження найінтенсивніше знижує міцність і пружність поропластів (до **40%** залежно від виду полімерної основи). Циклічне заморожування-відтавання також знижує міцність поропластів. Так, після **25** циклів зниження міцності на стискання немодифікованих полістирольних поропластів становить **13...15%**, полівінілхлоридних – **2...15%**, фенольних – **22%**.

Пінополістирол (стиропор) – це теплоізоляційний поропласт, одержуваний спучуванням полістиролу при нагріванні під дією газоутворювача. Спучений полістирол має вигляд гранул розміром **5–15** мм. Інколи гранули полістиролу використовують у теплоізоляційних засипках і як легкий заповнювач у виробництві теплоізоляційних штучних матеріалів із застосуванням різних в'язучих матеріалів. Найчастіше зернистий пінополістирол переробляється у вироби без застосування в'язучих матеріалів. Формування такого матеріалу відбувається під дією підвищеної температури за рахунок спікання гранул між собою.

Гранули спученого пінополістиролу мають насипну густину у межах **10...30** кг/м³, середня густина виробів складає **25...40** кг/м³, теплопровідність – **0,03...0,05** Вт/м·К. Випускають пінополістирол у вигляді плит довжиною **500** мм і більше, шириною **400...700** мм (при товщині від **10** до **160** мм). З пінополістиролу виготовляють також блоки та шкарлупи.

Пінополістирол має невисоку гігроскопічність (**0,05...0,2%**), водопоглинання його – не більше **2...3%** за об'ємом. Він може застосовуватися в конструкціях, що працюють при температурах до **-65** °С. Підвищені температури витримує погано. Максимальна температура його застосування – **+60** °С. Для підвищення теплостійкості поверхню пінополістирольних виробів обробляють антипіренами. Такий пінополістирол називають самозгасаючим. Він є негорючим матеріалом, бо при видаленні джерела полум'я його горіння припиняється.

Плити з пінополістиролу є унікальним будівельним матеріалом, що поєднує у собі високі теплоізоляційні властивості з малою масою. Сукупність цих властивостей надає можливість їх широкого застосування для термоізоляції стінових панелей, перекриттів, холодильників, транспортних засобів, резервуарів

тощо. Застосовуються теплоізоляційні плити як прямокутного перерізу, так і форм "паз-гребінь", чи "сходиною" (для кращого поздовжнього з'єднання та поліпшення теплофізичних якостей).

За даними [4] пінополістирольні плити а також інші види карбамідних теплоізоляційних пінопластів в Україні виробляють понад 20 крупних підприємств, серед яких ЗАТ «Стирол Пак» (Горловка, Донецька обл.), ВАТ «Запоріжтепложукоізоляція» (Запоріжжя), НВО «Акація» (Новомосковськ, Дніпропетрівська обл.), ТОВ «Аутлук» (Рівне), ВАТ «Житомирський завод силікатних виробів» (Житомир), ТОВ «Ізотех» (Київ) та ін.

На українському ринку пінопластової теплоізоляції присутні імпорتنі вироби. Насамперед, це екструдовані полістироли, що мають гомогенну замкнуту структуру зерен і внаслідок цього вищу міцність при дуже низькому водопоглинанні порівняно зі звичайним блоковим пінополістиролом. Щоправда, при цьому зростає і ціна виробів. Екструдований, твердий пінополістирол **Styrodur** (концерн **BASF AG**, Німеччина) має малу вагу, високу міцність на стиснення, малий коефіцієнт теплопровідності і малу вологоємність, завдяки чому довговічний. Екструдований пінополістирол **STYROFOAM** концерну **DOW Chemical** (США) завдяки вищій міцності використовують для теплоізоляції підлог, покрівель та стін холодильників. При транспортуванні та зберіганні плит слід ужити заходів для захисту від механічних пошкоджень, атмосферних опадів і сонячних променів.

Таблиця 6. Технічні властивості пінополістирольних плит

Виробник	Марка	Середня густина, кг/м ³	Теплопровідність, Вт/м·К	Межа міцності на стиснення, МПа
Елмак ЛТД (Україна)	ПСБ-С-15,25,35	13–35	0,036–0,040	-
Полімер-Славутич (Україна)	ПСБ-С-15 ПСБ-С-25 ПСБ-С-35 ПСБ-С-50	<15 15,1–25 25,1–35 >35	0,042 0,039 0,036 0,038	0,07 0,18 0,20 0,30
Несте-СПб (Росія)	БПС-15 БПС-20	< 15 20	0,036 0,038	0,06 0,08
ИЗОТЕК (Росія)	ПСБ-С 25 ПСБ-С 35	15–25 25–35	0,041 0,038	0,08 0,14
Ексиол (Росія)	Екструдований пінополістирол	50	0,041	0,035
Пеноплэкс (Росія)	35 45	29,5–38,5 38,6–50	0,029 0,031	0,6–0,7 0,4–0,7
DOW Chemical (Великобританія)	Perimate Wallmate GR	32 30	0,027 0,028	0,3 0,3
BASF (Німеччина)	Styrodur 2000 2500 3035	25 25 33	0,033 0,028 0,027	0,25 0,15–0,2 0,2–0,3

Пінополіуретан – теплоізоляційний пінопласт, який одержують з поліефірної смоли та спеціальних добавок, що реагують із полімером і спучують вихідну суміш. Твердіння відбувається при підвищеній температурі. Пінополіуретан виготовляють на автоматичних установках безперервної дії.

Пінополіуретан буває твердий і м'який. М'який пінополіуретан ще називають поролоном. Твердий виготовляють у вигляді плит і блоків, а м'який – у вигляді полотен і стрічок. Середня густина еластичного матеріалу – 30...70 кг/м³, теплопровідність – 0,03...0,04 Вт/м·К. Тверді плити мають середню густину

60...200 кг/м³, теплопровідність – **0,035...0,06 Вт/м·К**. Пінополіуретан має незначне водопоглинання і гігроскопічність, його можна застосовувати при більш високих температурах, ніж інші теплоізоляційні матеріали. Також варто відзначити його міцність, термостійкість, легкість, збереження первинної форми і стійкість до хімічних препаратів. Пінополіуретан довговічний, не вбирає вологу, не гниє і не пліснявіє. З цих причин у Європі він уже давно широко застосовується в будівництві. Серед недоліків пінополіуретану є його горючість та порівняно висока ціна.

Пінополіуретанова ізоляція труб. Для теплоізоляції труб використовують захисний кожух (полімерний чи металевий), що захищає ізоляцію від впливу вологи, механічних ушкоджень, запобігає дифузії поліуретану і забезпечує повний захист від корозії. Як захисний кожух використовуються спіральшовні труби з гарячеоцинкованої жерсті. Сталеві труби у бляшаному захисному кожусі в основному застосовуються для наземного прокладання трубопроводів. Виробництво теплоізолюючих шкарлуп здійснюється методом спінування поліуретанової композиції у циліндричних рознімних формах. Геометричні розміри форм, а отже, і готових виробів відповідають розміру неізольованих кінців труб, що максимально полегшує ізоляцію стиків під час монтажу. Надійна гідроізоляція стиків трубопроводів забезпечується застосуванням термоусадних поліетиленових стрічок чи муфт.

Ізоляція на всі елементи трубопроводу (труби, відводи, опори, компенсатори) наноситься у заводських умовах методом заливання "труба в трубі", коли рідкі компоненти пінополіуретану впорскуються в простір між сталевією трубою і надягнутою на неї суцільною поліетиленовою оболонкою, де потім тверднуть. У результаті виходить тверда конструкція, що забезпечує гарні механічні і теплофізичні характеристики. Теплопровідність пінополіуретану в **2,5** рази менше, ніж в армопінобетону і на **15%** менше, ніж у сухої мінвати.

Теплоізолюючі конструкції типу "сендвіч"

У будівництві холодильників популярні конструкції типу "сендвіч", що складаються з двох аркушів алюмінію чи сталі з полімерним покриттям, між якими знаходиться шар базальтової вати, спіненого поліуретану чи полістиролу. Такі панелі закупаються у готовому вигляді, або виготовляються поблизу місця будівництва.

Суттєвими перевагами сендвіч-панелей є відсутність потреби у несучих стінах (достатньо каркасу з металевого профілю), пароізоляції, захисті від гризунів, простота зведення споруд, мала вага.

Серед недоліків даних виробів слід відзначити високу вартість, можливість продавлювання (під час ізоляції підлоги). У разі неякісного виготовлення панелей можливе утворення в них порожнин не заповнених пінополіуретаном.

Слід зазначити, що висока вартість сендвіч панелей у порівнянні з традиційними будівельними теплоізоляційними конструкціями дещо компенсується такими факторами як:

- менші або відсутні додаткові видатки на будівництво (побудова стін, тинькування, влаштування паро-гідроізоляції, захисту від гризунів тощо);
- значно швидша побудова холодильника;
- менше ризик низької якості робіт чи зростання вартості під час будівництва.

Таблиця 7. Орієнтовна вартість панелей "сендвіч"

Виробник	Теплоізоляційний	Орієнтовна
----------	------------------	------------

	матеріал	вартість, грн/м ² *
Малі підприємства (Україна)	базальтова вата	175...190
	пінополістирол	125...140
	пінополіуретан	165...175
Пантек (Україна)	пінополіуретан	255...260
Kingspan (Польща)	пінополіуретан	220...225

*дані для панелей товщиною **100** мм

Пінополіуретанові композиції також використовують в ізоляційних роботах безпосередньо на місці їх виконання. Цей матеріал дозволяє одержати суцільну безшовну ізоляцію. Суміш тих самих компонентів, що і при виготовленні виробів, заливають у зазори між конструктивними елементами чи (наприклад, під час ізоляції трубопроводів) у простір між трубою, що ізолюється, і легкою металевою пересувною опалубкою. Щоб пінополіуретан, твердіючи, не зчіплювався з опалубкою, її внутрішню поверхню покривають синтетичною плівкою.

Теплоізолюючі поліуретанові герметики все частіше застосовуються у сучасному будівництві. Серед них провідне місце займають герметики виробництва фірм **MACROFLEX, BOSTIK, SHOUDAL** та ін. Затарені в балони композиції, дають на виході синтетичну піну, що відрізняється гарною адгезією до дерева, металу, пластмас, кераміки. Однокомпонентний герметик **MACROFLEX** є комірчастою поліуретановою пластмасою, що розширюється у багато разів при виході з балона. Герметик добре заповнює стики в будівельних конструкціях, приклеюється до всіх поширених будівельних матеріалів, у т. ч. до дерева, цегли, бетону і металу. Поверхні не вимагають попередньої обробки, затвердіння герметика відбувається під впливом хімічної реакції з навколишнім повітрям чи з утримуючими вологу оброблюваними поверхнями.

Вироби зі спіненого поліетилену використовують для тепло- та гідроізоляції обладнання і трубопроводів у системах кондиціонування повітря та холодильних установках []. За будовою вони подібні до газонаповнених пластмас, проте їх суттєвою перевагою перед останніми є гнучкість, тому у назві присутній корінь **FLEX** (від англ. **flexible** – гнучкий). Ці матеріали (у формі труб довжиною **2** м чи аркушів) застосовують насамперед для ізоляції трубопроводів холодильних установок та систем опалення при температурах **-50...+90**. Виготовляють полотна (**MIELTERM, ПоліІзол, Пенофол**) стандартною шириною **1** м або труби (**Tubolit, TUBEX, Climaflex**) стандартною довжиною **2** м. Полотно ламінують поліетиленом чи алюмінієвою фольгою з одного чи з обох боків, а трубу – з зовнішнього боку. Для зручності монтажних робіт труби виготовляють з повздовжнім розрізом, можлива наявність на ньому клейкого шару.

На ринку присутні два типи матеріалів – піни “зшиті” і “незшиті”. У “зшитих” пінах під час спінювання виникають зв’язки на молекулярному рівні, тому вони мають вищу міцність і нижчу паропроникність, хоча і дорожчі.

Слід зазначити, що за даними [6] не рекомендується використовувати вироби зі спіненого поліетилену для ізоляції елементів холодильних установок та систем кондиціонування повітря. Причина полягає у недостатній герметичності клейового шва та усадці, яка властива поліетиленовим виробам. Шар ізоляції з порушеною герметичністю швидко зволожується за рахунок дифузії водяної пари з довкілля. Ще одним недоліком пінополіетилену є його горючість.

Виробник	Назва	Середня густина, кг/м ³	λ (0°C), Вт/(м·К)
БАТ УкрПіноПоліЕтилен	Полотно ПоліІзол	25	0,035
БАТ "НормаІзол" (Україна)	Полотно Алюфом**	54	0,031
"ЛИТ" (Росія)	Полотно Пенофол А*	44	0,037
	Полотно Пенофол В**	54	0,038
Polifoam (Угорщина)	Полотно Polifoam	30	0,031
TUBEX (Чехія)	Полотно MIELTERM	25	0,033
	Труби TUBEX	26-28	
ROLS Isomarket (Росія)	Труби Енергофлекс	25	0,038
Armacell (Німеччина)	Труби TUBOLIT	22-38	0.036
NMC (Бельгія)	Труби Climaflex	30	0.036
Termaflex	Труби Thermafex FRZ	30	0.035

*однобічне ламінування алюмінієвою фольгою

**двобічне ламінування алюмінієвою фольгою

Вироби зі спіненого каучуку

На відміну від мінеральної вати та твердих пінопластів у виробках зі спіненого синтетичного каучуку (**K-FLEX**, **Armaflex** тощо) близько **98%** пор закриті, а отже їх вологопроникність значно менша ніж у волокнистих матеріалів чи пінополістирольних плит (табл. 1, 8). Вони довговічні, причому з часом не втрачають форму. Теплоізоляція у формі труб легко монтується, причому для спрощення монтажу на виробках роблять повздовжні розрізи чи надрізи. Для ще більшого спрощення монтажних робіт використовують самоклеїну плівку на аркушах чи розрізах труб. Для захисту спіненого каучуку від механічних пошкоджень його вкривають аркушем зі скловолокна [7]. Недоліком виробів зі спіненого каучуку є вища вартість порівняно зі спіненим поліетиленом чи волокнистими матеріалами.

На українському ринку представлені імпорتنі вироби насамперед торгівельної марки **K-FLEX** (Італія), у дещо меншій мірі марок **ARMAFLEX**, **KAIFLEX**(Німеччина) **RUBAFLEX** (Франція).

Таблиця 8. Технічні властивості виробів зі спіненого каучуку

Марки матеріалів	λ (0°C), Вт/(м·К)	μ -фактор	Діапазон робочих температур, °C	Примітка
K-FLEX				
ECO	≤ 0.038	≥ 4000	-70 ... +175	для відповідальних об'єктів
ST	≤ 0.036	≥ 7000	-70... +116	універсальна
FRIGO	≤ 0.036	≥ 7000	-70 ... +105	для холодильних установок
EC	≤ 0.037	≥ 3000	-40 ... +116	знижена вартість
COLOR+UV/A	≤ 0.038	≥ 7000	-70 ... +116	багатошарові плити: теплоізоляція+фарба+захист від ультрафіолету
IC/IN CLAD	≤ 0.035	≥ 7000	-70 ... +116	багатошарові трубки: теплоізоляція+захисний шар зі склотканини
ARMAFLEX				
ARMAFLEX AC	0.035	3000	-50 ... +105	універсальна

AF/ARMAFLEX	0.035	7000	-200 ... +105	низькотемпературна
NH/ARMAFLEX	0.042	2000	-50 ... +105	знижене димовиділення

Оператори ринку та вартість теплоізоляційних матеріалів

За різними оцінками теплоізоляційні вироби мають у асортименті від **200** до **500** фірм, що працюють на ринку України. З них близько **30%** є крупними, вони забезпечують широкий асортимент теплоізоляційних виробів різних виробників, а також надають послуги з розрахунку, проектування та монтажу теплоізоляції.

За даними [8] темпи зростання ринку теплоізоляційних матеріалів в Україні у **2006** році становитимуть понад **40%**. Спостерігається переважання попиту над пропозицією. Найбільший вплив на ринок чинять зростання цін на енергоносії, зростання обсягів будівництва та поширення нових технологій у будівництві. Місткість ринку імпортованих теплоізоляційних матеріалів у **2005** році становила **\$48** млн. (**2,8** млн куб. м), у **2004** р - понад **\$30** млн. (**1,45** млн куб. м). При цьому **46%** (**1,3** млн куб. м) припадає на продукцію зі спінених полімерів (насамперед пінополістиролу), **29%** (**800** тис. куб. м) - з мінеральної вати, **25%** (**700** тис. куб. м) – зі скловати.

Ринок теплоізоляційної продукції в Україні за структурою нагадує російський [9] – за рахунок зростання обсягів будівництва та впровадження нових технологій зростає обсяг та асортимент ринку. Спочатку це зростання відбувається насамперед за рахунок імпорту, а дещо згодом вітчизняні виробники розширюють виробництво та освоюють випуск нового асортименту продукції.

Вартість теплоізоляційних матеріалів коливається у широких межах і залежить від виробника та постачальника матеріалу, його якості та об'ємів закупівлі. Слід звертати увагу на те, що ціна може вказуватися на погонний метр (для труб), квадратний метр (для полотен) чи кубічний метр (для плит). У разі зазначення ціни на кубічний метр слід враховувати товщину ізоляції, яку необхідно встановити. Для полотен ціна квадратного метра ізоляції змінюється як правило пропорційно до товщини. Матеріали та вироби вкриті фольгою з одного чи з обох боків, а також полотна та труби з самоклеїмим шаром дорожчі за непокриті матеріали.

Таблиця 9. Орієнтовна вартість теплоізоляційних матеріалів

Назва	Орієнтовна вартість, грн / м ³
Піноскло (плити, блоки)	900...1100
Пінополистирол	220...600
Мінеральна вата	220...300
Скловата	120...180
Пенобетонні блоки	350...550
Коркова плита	15000...18000
Пінополіуретан (плити)	2000...2500
Спінений поліетилен (полотно)	150...250
Спінений каучук (полотно)	700...900

Таблиця 10. Орієнтовна вартість теплоізоляції для труб (на прикладі Ду 76 мм, δ=20мм)

Назва	Орієнтовна вартість, грн / пог.м.
Пінополіетилен	
TUBEX	17
Tubolit	19
Спінений каучук	
K-FLEX ST	51

Розмаїття сучасних теплоізоляційних матеріалів і конструкцій дає змогу створити якісні теплоізоляційні огорожувальні конструкції холодильників. Під час вибору типу ізоляційного матеріалу та його товщини слід пам'ятати, що використання ефективнішого (як правило, дорожчого) теплоізоляційного матеріалу чи збільшення товщини шару теплоізоляції підвищує капітальні витрати на будівництво холодильника, проте при цьому значно скорочуються теплонадходження до камер, а отже, і витрати електроенергії на холодильні машини.

Перелік посилань

- 1. СНиП 2.04.14-88.** Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов/Госстрой России.— М.: ЦИТП Госстроя СССР, **1998.** - **28** с.
- 2. Техническая теплоизоляция на российском рынке // Аква-Терм. Эксперт.— 2005.— №1, с.3**
- 3. Трофимович Н. Савченко Е.** Теплоизоляция с разных сторон // Строительство и реконструкция.— **1999 .— № 12, С. 6**
- 4. Бойко Н.** Главней всего - погода в доме // Строительство и реконструкция.— **2003.— №5**
- 5. Некрасов М.** Теплоизоляция труб //"Обустройство & ремонт".— **2003.— №8.**
- 6. Чепайкин А.** Советы профессионалов: выбор теплоизоляции для инженерных коммуникаций.// Стройка.— **2003.— №6,**
- 7. Б.Ухов.** Изоляционный материал для воздуховодов – преимущества и недостатки.— **duna.kiev.ua.**
- 8. ЛІГАБізнесІнформ** українська Сеть делової інформації (**www.liga.net**).
- 9. Т. Сухадолец .** Исследование российского рынка технической теплоизоляции из вспененного каучука и полиэтилена за **2003** год // Энергосбережение.— 2004.— №5.