

Fagyálló folyadék a fűtési rendszerben

*Gázkészülékek
beüzemelésével, javításával
foglalkozó szakemberek
számára szinte az unalomig
ismertek a fagyálló folyadék
fűtési rendszerben való
alkalmazásával együtt járó
tünetek, legtöbbször
a kellemetlen zajjelenségek.*

Azt, hogy a fellépő zajjelenségeket a nagy viszkozitású fagyálló folyadék okozza, a rendszert feltöltő szerelő kollégák nehezen ismerik el. Előfordult az is, hogy jól képzett, áramlástani ismeretekkel rendelkező tervezőmérnök kollégát sem tudtunk a nagy töménységű fagyálló alkalmazásától „eltántorítani” – sem érvekkel, sem tényekkel. Saját közvetlen gyakorlatomban több száz esettel találkoztam, ahol a tömény, -15°C körüli vagy annál alacsonyabb hőmérsékletre beállított fagyálló leeresztése vagy kellő felhígítása után az előzőleg zajosan működő rendszer csendessé vált, a panaszok megszűntek. Ezek a tapasztalatok teljesen egyértelművé teszik a nagyobb töménységű fagyálló folyadék és a fellépő zajosság közötti összefüggést.

A jelentkező zaj igen változatos: enyhébb vagy erősebb sistergéstől kezdve magasabb vagy mélyebb hangú „dudáláson” át súlyosabb esetben a félelmet ébresztő robajlásig terjed. Találkoztam olyan termoelektromos lángórzású készülékkel, melynél a robajlás oly mértékű rázkódással járt, amely a termomágnésről „lerázta” a szeleptányért tartó fegyverzetet. (Hát igen: itt az első pillanatban zavaró kérdés volt, hogy miért áll le a készülék

reteszelten, amikor a fűtővíz alig 15°C -os?) Tanműhely sorozatunk korábbi részeiben már többször érintettük a fagyálló folyadék által a központi fűtési rendszerben okozott gondokat, amelyek nem csak a zaj okozta panaszokban merülnek ki. (Legrészletesebben 2002/3. számunkban írtunk erről, mint a gázkészülékek túlgyakori kapcsolásának egyik lehetséges okáról.) Mostani Tanműhelyünkben megvizsgáljuk, hogy milyen hatásokkal jár a központi fűtési rendszerben lévő, víznél lényegesen nagyobb viszkozitású folyadék (például töményebb fagyálló) a rendszer működésére nézve.

Laikusok is és fűtési szakemberek is többször feltették már a kérdést: miért nem jó a központi fűtésbe az a folyadék, ami a gépkocsik hűtőrendszerében tökéletesen megfelel? Erre tulajdonképpen roppant egyszerű a válasz: amíg a gépkocsi motorja az üzemi hőmérsékletet el nem éri, nincs szükség a hűtőközeg áramlására – annak útját a termosztát el is zárja. Teljesen mindegy tehát, hogy hideg állapotban mekkora a hűtőfolyadék viszkozitása: amíg hideg a motor, sem hűtőközeg-áramlásra, sem hőelvezetésre nincs szükség. Ha pedig a motor felmelegedett és hűteni kell, akkor már a hűtőfolyadék is meleg, ekkor viszkozitása jelentősen csökken.

Egy központi fűtésnél ezzel szemben már szobahőmérsékleten, vagy egy lehűlt házban akár fagyponthoz közeli hőmérsékleten is áramlania kell a fűtőközegnek, és ami még lényegesebb: el kell szállítania a kazánból, a hőtermelőből az oda bevezetett hőenergiát. Ha a központi fűtési rendszerben víz helyett más nagyobb viszkozitású folyadék van, akkor a fellépő nagyobb csőhálózati ellenállás miatt csökken az áramló folyadékmennyiség, ezzel csökken az áramlási sebesség. Az áramlási sebesség csökkenése a nagyobb viszkozitás miatt amúgy is kedvezőtlenebb hőátadási tényező tovább rontja.

Ez a kettős hatás különösen cirkulációs lakásfűtő és kombi készüléknél okoz működési zavarokat, hiszen ezeknek konstrukciója a lamellás hőcserélő belső felületén igen nagy hőátadási tényező megvalósítására épül.

Már a központi fűtések töltésére felhasznált víz minőségének hatásával foglalkozó cikkünkben utaltunk arra, hogy a fali cirkó és kombi készülékek lamellás égéstermék-víz hőcserélői a belső (csőoldali) hőátadási tényezőre vannak „kihegyezve”. Az itt megkívánt magas ($\alpha=8000\text{--}10000\text{ W/m}^2\text{K}$) hőátadási tényező viszonylag nagy, $1,5\text{ m/s}$ körüli áramlási sebességet kíván és ezzel a Reynolds-szám értéke $Re=20000$ nagyságrendben van. (Ez a nagy sebesség okozza a fali készülékek viszonylag nagy, $0,5 \div 1,0\text{ mvo}$ körüli belső ellenállását.)

Mit is jelent áramlástechnikai szempontból víz helyett a nagyobb viszkozitású folyadék a központi fűtési rendszerben? E számunk Akadémia rovatában mind az etilén-glikol, mind a ritkábban alkalmazott propilén-glikol fagyálló folyadék hőtechnikai és áramlástechnikai szempontból fontos fizikai tulajdonságainak alakulását tartalmazó diagramokat közöljük.

Az anyagi jellemzők változása a tiszta vízhez képest:

A fagyálló koncentráció növekedésével nagymértékben növekszik a keverék viszkozitása.

A fagyálló koncentráció növekedésével kisebb mértékben növekszik a keverék sűrűsége.

A fagyálló koncentráció növekedésével erősen csökken a keverék fajhője.

A fagyálló koncentráció növekedésével jelentős mértékben csökken a keverék hővezetési tényezője.

Nem tartalmazza ugyan a közölt diagramok – mert hőtechnikai vagy áramlástechnikai szempontból nem befolyásoló tényező –, de megjegyezzük, hogy a fagyálló folyadék kon-

centrációjának növekedésével növekszik a köbös hőtágulás mértéke: ezt a tágulási tartály méretezésénél figyelembe kell venni.

A hőhordozó közeg fizikai paramétereinek jelzett változásai a központi fűtési rendszer üzemét több ponton befolyásolják.

A viszkozitás növekedése:

- növeli a csőhálózat áramlási ellenállását,
- csökkenti a keringető szivattyú vízszállítását és emelőmagasságát, (a szivattyúgyártók 10 százalékos meghaladó fagyálló-koncentráció esetén már javasolják a viszkozitás- és a sűrűségváltozás hatásának figyelembe vételét),
- csökkenti a csőfal és az áramló víz közötti hőátadási tényezőt.

Ezeknek a változásoknak az együttes hatása különösen nagyobb fagyálló-koncentráció és nagymértékben lehűlt fűtési rendszer következtében (hosszabb téli üzemszünet utáni indulási állapot) igen erős.

Vizsgáltuk azt az állapotot, amelynél a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra beállított (34 százalékos etilén-glikol ÷ 66 százalékos víz) koncentráció esetén a fűtési rendszer valóban $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ közeli hőmérsékletre hűl le. Az ilyen esetben kialakuló viszonyokat az 1. ábra szemlélteti, ahol folytonos vonallal a $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ tiszta víz, eredményvonallal pedig a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ közeli hőmérsékletre lehűlt keverék szivattyú- és csőhálózat-jelleggörbéit ábrázoltuk. A szivattyú megváltozott jelleggörbéje a dinamikai viszkozitás és a

sűrűségváltozás függvényében a szivattyúgyártók által ilyen esetre megadott korrekciós faktorokkal határozható meg.

A csőhálózat módosított jelleggörbéje figyelembe veszi a sebességcsökkenést, a sűrűség és a kinematikai viszkozitás növekedését, ennek eredményeként megváltozott Reynolds-számot és a csősúrlódási tényező ezzel együtt járó növekedését.

Már most megállapítható, hogy a $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletű tiszta víz esetében $Re = 20000$ Reynolds-szám a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra lehűlt fagyálló esetében lényegesen kisebb: $Re = 750$ körüli érték. Így az áramlás mind a központi fűtés csőhálózatában, mind a lamellás hőcserélő csöveinek belsejében laminárisrá vált.

Persze azt is tudnunk kell, hogy egy épületben a központi fűtési rendszer $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra történő lehűlése nem valós eset; ilyen mértékű lehűlés inkább csak különleges üzemek szabadtéri vezetékeiben fordulhat elő. Tapasztalataink szerint az épület alatti földtömeg stb. stabilizáló hatása miatt megfelelően hőszigetelt, téli időszakban fűtetlenül hagyott lakóépület sem nagyon hűl le teljes egészében $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ alá.

Vizsgáljuk meg, hogy az előbbi, $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ fagyáspontú keverék esetén mit eredményez a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ körüli állapot. A kialakuló viszonyokat a 2. ábra mutatja be. A változás – a fűtőközeg szállított mennyiségének csökkenése – most koránt sem olyan „drámai”, mint a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra lehűlt fagyálló eseté-

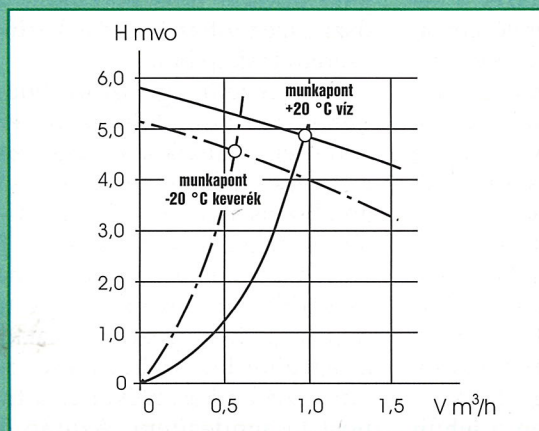
ben volt. A „Tanműhely”-sorozat egy korábbi részében leírtak („Mennyire kell elrontani egy fűtési rendszert, hogy az ne működjön?”) alapján ezt a térfogatáram-változást – ha csak egymagában térfogatáram-változásról lenne szó – a fűtési rendszer „észre sem venné”.

Vizsont, ha megvizsgáljuk a Reynolds-szám nagyságát, látható, hogy az ebben az esetben is a lamináris áramlást jelentő $Re = 2300$ alá került! Ennek oka döntően a víz-glikol keverék magas viszkozitása, és csak kis mértékben befolyásolja az áramlási sebesség csökkenése.

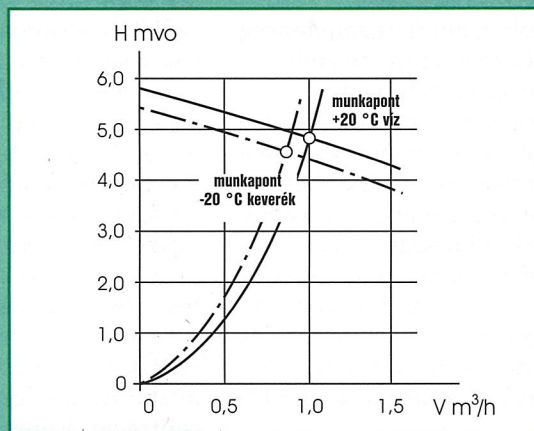
De mit is jelentenek a leírt hatások a hőtechnikai viszonyok oldaláról?

A lamináris és a turbulens áramlás hőátadási viszonyai között hatalmas eltérés jelentkezik. Lamináris áramlás esetében a lamellás hőcserélő csöveinek belső falánál szükséges $\alpha = 8000\div 10000\text{ W/m}^2\text{hK}$ hőátadási tényező helyett annak töredékére $\alpha = 100$ és 1000 közötti nagyságrendű hőátadási tényezőre számíthatunk.

Az ilyen gyenge hőátadásban kisebb mértékben a sebesség lecsökkenéséből, nagymértékben a viszkozitás növekedéséből eredő Reynolds-szám csökkenésén kívül szerepe van annak is, hogy a fagyálló folyadék hővezetési tényezője kisebb, mint a vízé. Az emiatt már többszörösen kedvezőtlen helyzetben további rossz a fagyálló folyadék kisebb fajhője – bár ezt némileg ellensúlyozza a nagyobb sűrűség. Végső soron ez a két hatás együttesen kb. 10%-kal nagyobb fo-



1. ábra. Szivattyú és csőhálózat jelleggörbe-változása: $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ tiszta víz és 34% fagyálló-koncentráció $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on összehasonlítása



2. ábra. Szivattyú és csőhálózat jelleggörbe-változása: $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ tiszta víz és 34% fagyálló-koncentráció $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on összehasonlítása

lyadékszállítását kívánna meg a rendszerben ahhoz, hogy a hőmérsékleti viszonyok változatlanok maradjanak.

Az egymást számunkra kellemetlen irányban erősítő hatások miatt nagymértékben leromló hőátadási tényező a hőcserélő és ezáltal a készülék üzemviszonyainak megváltozásával, a hőtechnikai munkapont eltolódásával jár.

A hőátadás alapegyenletét felírva:

$$Q = F \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

egyértelmű, hogy változatlan F felület és változatlan Q átszármaztatandó hőmennyiség mellett az α hőátadási tényező csökkenése a folyadék és csőfal közötti ΔT hőmérséklet-különbség növekedését vonja maga után.

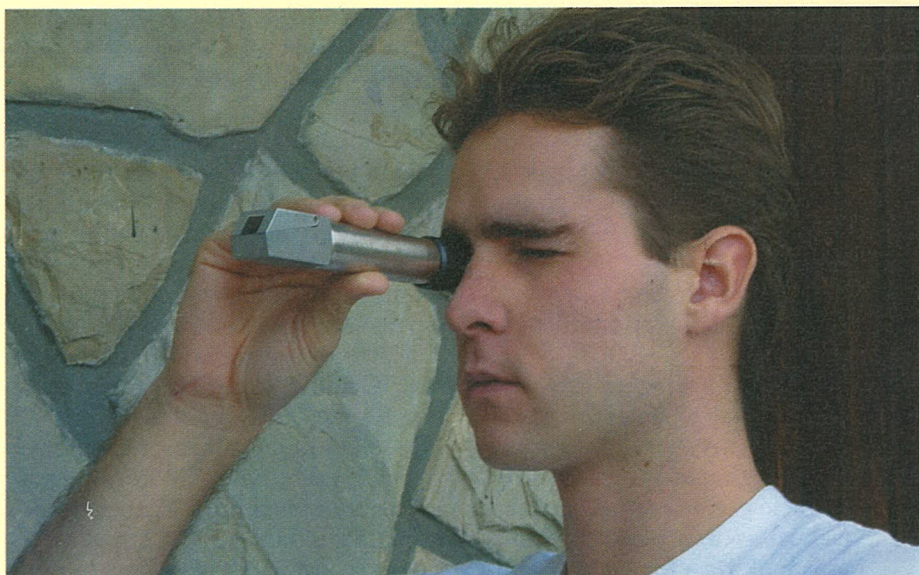
Az Akadémia korábbi részében (2002/8. szám 18. oldal) utaltunk arra, hogy a belső csőfal és a víz között az égő által termelt hő átvitelére – konstrukciótól függően – az $\alpha = 8000 \div 10000 \text{ W/m}^2\text{hK}$ hőátadási tényező mellett $\Delta T = 12 \div 30 \text{ °C}$ hőmérséklet-különbségnek kell lennie.

Ha a hőátadási tényező $\alpha = 400 \div 500$ körüli értékre csökken akkor a hőmérséklet-különbségnek ennek „ellen-súlyozásául” $\Delta T = 250 \div 600 \text{ °C}$ -ra kell növekednie! Az égő által termelt hő csak ilyen nagy hőmérséklet-különbség mellett tud a lamellás hőcserélő belső csőfaláról a folyadékba jutni.

Ennek hatására nagymértékben megnövekszik a távozó égéstermék hőmérséklete, ezáltal igencsak romlik a hatásfok és a magas égéstermék-hőmérséklet súlyosabb esetben a készülék károsodását (hőcserélő lamellák deformációját, egyes műanyag részek megolvadását) is okozhatja.

A bevezetőben említett zajjelenség tehát csak a kezdet! Figyelmeztető jel, amit érdemes komolyan venni.

Mi okozza a zajt? A hőcserélő belső csőfalának hőmérséklet-növekedése a csőben lévő folyadék forralásához vezet. Ez a forralás a csőfal és a folyadék hőmérséklet-különbsége, valamint a hőátadási tényező által behatárolt tartományban ún. buborékos forralás formájában jelentkezik. A jellegzetes zajt a – a kavitációs zajokhoz hasonlóan – a buborékok képződése: pontosan



A fagyálló-koncentráció pontosan csak krioszkóppal mérhető

sabban hidegebb helyre érkeve azok „összeroppanása” okozza.

Érdekes, hogy ebben a „buborékos forralás” tartományban a hőátadási tényező némileg növekszik, ebben a jelenségben a buborékok által a folyadék csőfaltól távolabbi részeinek átadott hő játszik szerepet.

Az elmondottakat összefoglalva: a központi fűtési rendszerbe fagyálló folyadék betöltése számos, áramlási és hőátadási viszonyok szempontjából kedvezőtlen hatással jár.

Az, hogy a hatások mikor okoznak külső tünetekben (zaj, egyes készülékrészek tönkremenetele) is megnyilvánuló problémát, igen sok tényező függvénye. A fagyálló adalék koncentrációján és a keverék pillanatnyi hőmérsékletén kívül szerepet játszik a készülék, elsősorban a hőcserélő konstrukciója, a szivattyú és a csőhálózat ellenállás-vízszállítás viszonya is.

A problémát okozó jelenségek megelőzésére bánjunk óvatosan a fagyálló folyadék adagolásával. Számos tapasztalat mutatja, hogy $-3 \div -5 \text{ °C}$ dermedéspontra beállított fagyálló koncentráció kedvezőtlen körülmények összejárása esetén sem okoz zavart a fűtési rendszer, illetve a készülék működésében. Ennél alacsonyabb dermedéspontú fagyálló koncentráció esetén különösen a lehűlt rendszer indulásánál számíthatunk zaj- és túlmelegedési jelenségekre.

Természetesen adott esetben megoldást jelenthet a készülék hőtelje-

sítményének csökkentése – legalább arra az időre, amíg a fűtőberendezés töltete a megfelelő hőátadási viszonyok eléréséhez szükséges mértékben fel nem melegszik.

Nyilván ekkor azonban számítanunk kell arra, hogy a központi fűtési rendszer ismételt lehűlése esetén a hibajelenségek – és ezzel a tulajdonosi panaszok – ismétlődni fognak.

A korrekt megoldás: a baj megelőzése, a fagyálló-túladagolás elkerülése. Ha szerviz hibabejelentésnél készülékzajosságot jeleznek rutinkérdés: van-e fagyálló adalék a fűtési rendszerben. A válasz gyakran „igen”, ezért a krioszkóp, a víz-glikol keverék fagyáspontjának, ezzel töménységének pontos megállapítására szolgáló optikai műszer különösen az őszi „szezónban” sűrűn kerül elő a szerelő táskájából...

És végezetül egy sztori: Budapest-hez közeli üdülőfalú gázbevezetése során egy vállalkozó „végigszerelte” a falut, és a fűtési rendszert – biztos ami biztos alapon – kb. -20 °C -ra beállított fagyállóval töltötte fel. Jött az őszi hideg, első nap egy panaszos, második nap három, és így tovább napokig. Nem győztünk szaladgálni, a fagyállót leengedni, illetve felhívítani, ezzel a készüléket és a tulajdonost lecsendesíteni. Azután ötödik nap feltűnt a főutca sarkán egy tábla: „FAGYÁLLÓ ELADÓ”...

M. Z.