

Dicta HVAC ex COVID

Svetska epidemija, ili pandemija je pred lice čovečanstva stavila na pozornicu mnoge probleme sa kojima se ono do sada nije suočavalo, ili da budemo iskreni, u većini slučajeva, sa problemima koji su uglavnom odavno uočeni ali koji su kraće ili duže vremena jednostavno gurani pod tepih. U tom smislu posebno aktuelni su problemi u svekolikoj oblasti HVAC tehnike. Ovaj tekst iako je suštinski pristrasan u jednom smeru ipak ne pretenduje na više od toga da se otvori, ili započne bar, široka rasprava po ovom pitanju.

Problem rekuperacije

Kao prvo, ono što je i dospelo u široku javnost, ma kako ona bila suštinski potpuno nekompetentna da uopšte zna išta o čemu se radi, je problem sa centralizovanim klima sistemima. Mi ovde govorimo prvenstveno o problemima kod većih objekata, bolnica, javnih ustanova, kasarni i sličnog, mada suštinski kao problem danas imamo i mnoštvo srednjih, pa i relativno malih objekata tipa specijalizovanih medicinskih celina i staračkih domova, možda i manjih školskih ustanova. Uobičajena praksa kod navedenih je da postoji dvocifren broj vazdušnih usisnih tj. dobavnih grana i isti broj njihovih otsisnih tj. izduvnih grana kojima je klima komora alfa i omega. Pri tome je obično jedna, češće veća grupa klima komora, obično grupisana u posebnom prostoru pri vrhu objekta sa svojim vazdušnim čilerima na krovu, a druga grupa, obično nešto manja, na donjim nivoima sa vodenim čilerima u podrumu ili spolja, na nivou zemljišta. Naravno u ukupnu sliku ulaze razni po pravilu aksijalni krovni i kanalski ventilatori i drugi elementi.

Ono što u epidemijama ne možemo izbeći je prosta činjenica da će izduvna tj. otsisna grana u tim slučajevima biti kontaminirana. Na žalost, osnovna karakteristika klima komornih izvedbi do danas uobičajenog sklopa dobavne i otsisne grane u paru, je postojanje rekuperativnog dela. Rekuperacija je jedan od dragulja u kruni energetskog bilansa klima komorne tehnike. Sada ta rekuperacija postaje neka vrsta prokletstva sa stanovišta epidemijskih problema. Većina modernih rekuperativnih metoda ima u nekoj meri mešanje usisnog tj. dobavnog i otsisnog tj. izduvnog vazduha. Time imamo najgoru moguću posledicu da će otsisina grana jednostavno kontaminirati dobavnu granu na njenom samom početku i time kontaminirati dalje sve zapremine tj. prostorije koje ona snabdeva, pa dobijamo najgori mogući scenario zaražavanja svih prostorija i lica koje ta grana opslužuje. Sistem rekuperacije koji ne dozvoljava mešanje fluida na izgled zadovoljava i pored svojih mana po ceni od nabavne do montažne i održavanja; no i on zadovoljava samo na prvi pogled, jer kod uobičajenih izvedbi

komora one su u takvom sklopu bliske i neizbežna parazitska curenja ili mikro mešanja na mnogim mogućim mestima očigledno i takvu izvedbu čini ne samo rizično sumnjivom već pre takođe eliminatorno neprihvatljivom. Kao moguće rešenje možda se može posegnuti za potpunim razdvajanjem komora po usisu i izduvu u prostorije smeštene u različite zone objekta, ali to razdvajanje ne može biti samo zidom, razdvajanje bi moralo biti u dve potpuno odvojene zone objekta gde bi izduv, i sva njegova komorna tehnika bili u nekoj crvenoj zoni objekta a usisni deo u nekom plavom delu, što bi onda rekuperaciju učinilo sa današnje tačke gledišta upitnom, usled potrebe za ozbiljnim cevovodom između njih, mada ne i nemogućom. Na ovoj tački pretpostavimo da smo potpuno odustali od rekuperacije i da smo potpuno odvojili dobavne od izduvnih grana i njihove agregate smestili u dovoljno udaljene različite zone objekta, crvene i plave ili kako god već. Takva rešenja bez rekuperacija sa donjim potisnim klimama i gornjim otsisnim zapravo tu i tamo postoje. Time uopšte nismo rešili problem jer i u tom modelu egzistiraju druge opasnosti, najviše ona u sledećem podnaslovu.

Problem izvedbe grana i njihovih curenja

Prvi, skoro bazni i rekli bi smo možda i teži problem od rekuperacije je problem u fizičkom rešenju grana i problem njihovog curenja. Teži, jer bez rekuperacije se može, a ovaj problem je prisutan uvek.

Problem curenja na otsisnoj grani je banalno kritičan; uobičajeno grana izvlači vazduh iz više prostorija redom i u slučaju epidemije sigurno će neka od njih biti kontaminirana i time kontaminirati sam kanal; samo po sebi to nije problem, jer je neizbežno, ali kako će se to prvo desiti u proizvoljnoj, slučajnoj prostoriji u nizu, gledajući duž grane, kontaminirani vazduh će u slučaju postojanja curenja zaraziti i druge prostorije koje se nalaze između primarno zaražene prostorije i pravca otsisa ka terminalnom izduvu izbacnog toka. Svi znamo da je problem curenja ne samo prisutan nego i problematična stvarnost u našim uslovima izvedbe, gde se o curenju kanala uopšte ne vodi dovoljno računa a epidemijsko stanje ne da ne dozvoljava veliko curenje, koje često na žalost susrećemo u realnim izvedbama, nego nije dozvoljeno praktično nikakvo curenje. Time se praktično rešenje vidi samo u mučnom ali tvrdo disciplinovanom zaptivanju mesta curenja duž otsisnih kanalskih grana ma koliko to vremena oduzimalo i postizanju onoga što do sada praktično nije prisutno u relanoj praksi, a to je dostizanje odstranjenja curenja na otsisnim granama, ma kako to zvuči teško, loše i finansijski mučno, jer pri tome ćemo očigledno morati, osim ostalih nepogodnosti još i da formiramo propise i propisana ispitivanja istih.

Problem curenja dobavnih, usisnih grana, je na izgled manje problematičan ali samo i

jedino ako naša postrojenja na toj grani mogu da u toku trajanja epidemijskog alarma sigurno i pouzdano rade sve vreme makar i na manjem režimu, odnosno ispod nominalno projektovanih protoka, ali da stalno imaju održan tok, odnosno kakav takav potpritisak u kanalima, što će zahtevati eventualno uvođenje u proces automatike ili manuele za obezbeđenje takvog režima rada. Očigledno je da je takav režim potreban i kada bi bili ispoštovani dobri standardi po pitanju curenja kanala, jer znamo da su dobri standardi ne i ultimativni, a za epidemijski problem moramo održati stalan natpritisak u dobavnim granama.

Ovako posmatranom problematikom mi kao asimptotsko rešenje vidimo povratak u najnepoželjniji oblik klimatizacije, odnosno u to da svaku prostoriju nekog objekta nezavisno klimatizujemo jednom klima komorom i njenom unikatnom kanalnom mrežom koja prolazi kroz nezavisne odvojene prostore sa svojim kanalima, na primer samo svojim unikatnim vertikalnim šahtama do prostorije. Da li je to formalno moguće, jeste, da li je to negde u normalnoj građevini osim možda laboratorija za biološko hemijski rat tzv. V klase i nekih objekata farmacije i medicine ikada izvedeno u klasičnom civilnom građevinarstvu i arhitekturi, nikad nije; i svakako nije poželjno ni sa jedne tačke gledišta osim biološko hemijske opasnosti. Radi ispunjenja ovakvog asimptotskog rešenja objekti bi morali da dobiju sasvim novu i ne baš jeftinu osnovnu građevinsku strukturu, tankih a dugačkih izduženih formi, nevelike spratnosti sa velikim brojem uzastopnih, periodičnih, složenih bunarnih procepa odvojenih za prolaz koji sadrži jednu jedinu dobavnu ili izduvnu granu. Neko bi rekao da bi jednostavno trebalo odustati od spratnosti i preći na neki skoro kontejnerski tip. No i tada bi ostao problem gde izduvni otvori ovisnih grana izbacuju vazduh i mogu li da zaraze nekoga ili još gore neki usisni otvor.

No kako bilo povratak unazad u prošlost, sa smanjenjem broja prostorija, asimptotski do jedne, koje opslužuju pojedine klima komore i njima pripadajuće usisne i ovisne grane je svakako nešto što se nameće kao bolje rešenje od danas uobičajenih i poželjnijih, sa maksimalno moguće energetska snažnim klimama po sektorima objekta i što efikasnijom rekuperacijom. Tačno suprotno od poluvekovnih težnji ka većoj efikasnosti za istu potrošenu energiju. Izgleda da ćemo u nekom smislu morati da biramo između uštede energije i sigurnosti ali obrnuto proporcionalno.

Osvrt na poziciju kanalskih sistema za odimljavanje

Na ovom mestu obavezni smo da napravimo osvrt i na kanalske sisteme za odimljavanje. U ozbiljnim, važnim i po pravilu velikim objektima, koji su prvenstvena tema ovih opservacija sigurno je i prisustvo posebno izvedene kanalske mreže za odimljavanje i

njenih aparata, koji su po prirodi otsisni i sa manjim ali prisutnim natpritisnim dobavnim granama, koje služe za dotur preživljavajuće količine vazduha duž evakuacionih koridora. Druge potisne grane mogu biti van koridora zbog dobijanja željenog pravca kretanja dima. Specifičnost ovih kanalskih grana je u tome što one banalno imaju svoju radnu aktivnost samo pri požarima. Naravno da je najbolje da se požari i ne dese a pogotovu u epidemiološkim situacijama ali ako se dese, epidemija postavlja i pred ovu grupu neke dodatne specifične zahteve.

Dimnootsisni deo koji je u mirovanju ili radi manjim kapacitetom do trenutka požara je u epidemijskom alarmu izložen mogućoj kontaminaciji na unutrašnjim krajevima grana i prodor virusa u njih bi doveo do toga da te grane i posle prestanka epidemijskog alarma budu džepovi u kojima virus može duže vremena da se zadrži. Istina mala je verovatnoća tog scenarija i diskutabilno je koliko opasno dugo mogu takvi virusi da opstanu u njima, ali to je uvek rizično jer ti kanali ipak prodiru, uglavnom vertikalno po dubini objekta. U svakom slučaju oseća se rezonska potreba za uvođenje, na unutrašnjim krajevima grana, jedne, da je nazovemo tako, antimikrobiološkom vrstom klapne, koja bi imala manuelni način postavljanja u položaj zatvaranja a dualni, automatsko-manuelni mehanizam za pokretanje u otvoreni položaj u slučaju izbijanja požara.

Za manje potisne grane, namenjene uglavnom evakuacionim koridorima takođe je potrebno na oba kraja imati antimikrobne klapne, ali i obezbediti antimikrobnom barijerom (specijalnim vratima) prostoriju na početku grane u kojoj se nalazi ventilator.

Problem međusobne pozicije terminalnih izduva i usisa

Prosečan tipski objekat u smislu rasporeda klima komora a sa svojih recimo maksimalno 8 etaža iznad zemlje bi bio sa grupom klima komora u posebnoj prostoriji pri vrhu zgrade i sa njima pripadajućim čilerima na krovu a sa manjom grupom klima komora u prizemlju i (ili) podrumu i njima pripadajućim čilerima pored objekta, u zabačenom delu dvorišta, negde između zida i bliske ograde ili slično. Pri tome bi ukupan broj grana bio recimo od minimalno 6 do 7 do maksimalno dvadesetak; nekoliko, pa do recimo polovine grana bi bile sa punim rekuperativnim krugovima po dobavi, odnosno usisu i otsisu, odnosno izdovu; nekoliko grana bi bilo čisto usisne ili otsisne, bez rekuperacije; neke grane bi bile bezkomorne samo sa klasičnim akasijalnim ventilatorima postavljenim po krovu; takođe bi postojalo nekoliko manjih grana takođe samo sa ventilatorima i na usisu i na otsisu sa položajem ventilatora na krovu i na bočnim ispustima ili nižim delovima krova. Sve to bi bilo potpomognuto u nekim granama sa kanalnim ventilatorima.

Ovako ili onako posmatrano, samo po položaju početka usisnih tj. dobavnih grana i položaju otsisnih tj. izduvnih grana, u velikom broju bi se izduvni krajevi grane, po pravilu na krovu, našli u neposrednoj blizini usisnih otvora na početku dobavnih grana. Aerosolne karakteristike recimo COVID virusa su da ide i do 10 metara od mesta na kome se raspršava. Mi bi u radijusu od 10 metra od mesta izduva, na kraju otsisne tj. izduvne grane, koja završava sa nekim aksijalnim ventilatorom ili izlazom iz komornog sklopa, imali kontaminiranje neposredne okoline, a ako uzmemo u obzir i faktor vetra i mnogo, mnogo više.

Time bi u mnogim slučajevima dakle dolazilo do kontaminiranja ulaznog otvora neke dobavne grane virusima koji doleću iz nekog izlaznog otvora na kraju otsisne izduvne grane. Razdvojiti tako izduvne i usisne otvore, po pravilu na krovu ili pri vrhu objekta, ili u nekoj prostoriji podruma ili prizemlja, očito nije moguće izvršiti na suvisto smišljen način.

Štaviše i sa pomenutim asimptotskim rešenjem - jedna klima komora po zapremini, mi još uvek imamo problem gde je pozicioniran izduv te klima komore prema spoljašnjoj sredini i koliko on ugrožava sledeći najbliži usisni otvor sledeće klima komore?

Male zidne mikro klima komore (*"inlet"*) već postoje i koriste se danas, uglavnom na industrijskim objektima i one uopšte nemaju kanale. Naravno one su daleko od efikasnosti velikih klima komora, mada imaju prost mikrorekuperativni deo, ali u ovim razmatranjima postaju daleko zanimljivije kao rešenje nego što su bile do sada, više kao neki palijativni oblik, koji se ne bi nikada pojavio na nekom objektu više klase. Ipak takva zidna mikro klima komora za jednu prostoriju (koja je naravno u klasi vrlo malih prostorija) u saradnji sa nekim, takođe malim split sistemom, postaje sa ove tačke gledišta zanimljivo rešenje. Šta god da se desi sve ostaje u okviru jedne prostorije i mi praktično eliminišemo kanalske mreže iz problema. Ipak i dalje ostaje problem da li izduvni otvor te makar mikro klime može kontaminirati neki drugi usisni otvor druge iste takve mikro klime. Ako bi takve mikro klime dobile mali, ali efiksan, mokri antimikrobiološki filter, možda bi ovo bilo neko poželjno ukupno rešenje, tačnije rešenje bez kanala za vazduh, ali suočimo sa sa realnošću, koliko je to rešenje univerzalno primenljivo; praktično suprotno od toga, to je moguće verovatno samo kod vrlo specijalizovanih objekata.

Tu se dakle pojavljuje nov problem, bar u klasičnoj civilnoj klima tehnici, i to je :

Problem filterisanja terminala izduva i ulaza usisa

Očito je da u svim, pa i ekstremnim oblicima rešenja, imamo problem sa pre svega kontaminiranom izbacnom, otsisnom granom i posledicama po okolinu, ali što je još i gore po dobavne tj. usisne grane.

Jedino logično rešenje je naravno filterisanje i na ulazu i na izlazu, ali to nije nešto novo, takvih rešenja je bilo i do sada istina na onim projektima koji su bili na luksuznijem nivou, no uobičajeno je da se ovisis uopšte nije filterisao, nego samo ulazne grane. Sa COVID tačke posmatranja nijedna uobičajena varijanta nije adekvatna. Ulazne grane sa ma kako razvijenom, naravno civilnom tehnologijom filtera su prevashodno opremljene i za njih je razvijena ponekad i složena filtracija, ali ona je dominantno protiv zagađivača i zaprljača a ma kako zvanično kod skupljih rešenja postoje i mikrobiološki delovi filterskih paketa za ovakvu pandemijsku situaciju oni su nedovoljni već na prvi pogled. Na izduvnim pozicijama je mnogo gore, jer one i kada imaju filtraciju ona obično nije takva da bude jaka za mikrobiološku kontaminaciju ovog tipa.

Očigledno je da se za ovu situaciju ne samo moraju razviti novi tipovi filtera nego možda i postupci na kanalskoj meži koji do sada nisu postojali; naime moraju se isprojektovati nove vrste mikrobioloških filtera sa višestrukim mokrim komorama, recimo sa višestrukim šprinkler zavesama i recirkulacijom i filterisanjem dezinfekcionog fluida; ili nešto sasvim različito od predloženog ali sa pouzdanim ubijanjem virusa, možda i nekim drugim sredstvima osim natrijumhiperhloridom i alkoholom u tandem, unutar plenuma, kako je u prethodnoj rečenici „*ad hoc*” zamišljeno. Naravno to bi povuklo silne probleme da se izduvne grane sabiraju na jednom mestu ili nekoliko mesta u neku vrstu predizduvnih plenuma, koji bi postali mokri filteri i(ili) da se odrade male filterske jedinice za izduvna mesta koja nisu pogodna da se odvedu do tih plenuma. Problem veće potrošnje, projektovanja, izvođenja pa i održavanja se očito pomalja, ali to je nešto što se očigledno ne može izbeći ako želimo da se borimo sa ovim pandemijskim problemom.

Split sistemi

Split sistemi su danas takođe u problematičnoj poziciji. Koliko god su kroz nekoliko generacija filteri na njima poboljšavani, banalno je jasno da će se split sistem u jednoj zapremini sigurno kontaminirati i sebe i nastaviti da kontaminira vazduh u prostoriji. To jeste očekivano i oni kao takvi mogu da nastave da rade hlađenje unutar zapremine ali postaje problem što bi već od kratkog intervala rada razvoj virusa unutar filtera split sistema dezavuisao dezinfekciju prostorije u kojoj radi, pa još i da jedan split sistem opslužuje više od jedne prostorije da ne govorimo. To je u praksi i najveći problem pred takvim sistemima, jer su oni do sada često radili za više zapremina odnosno prostorija, što u kontaminacijskom smislu jednostavno ne da nije poželjno, nego nije dozvoljeno. Kako ova problematika uglavnom orbitira oko objekata koji često imaju relativno male prostorije, split sistemi imaju dodatni problem, jer bi po kapacitetu, u odnosu na današnji prosek morali da se minimizuju, a time se

još više otežava stanje po njihovim filterima; i najkvalitetnij filteri na split sistemima danas nisu sa dovoljno dobrom dezinfekcionom ili barijernom karakteristikom prema virusima; morali bi da se rade neki novi mokri filteri ili neki novi filteri, možda i na sasvim novim principima. Ultraljubičaste dezinfekcione lampe tek treba da se dokažu kao moguća ispomoć, a možda i polurešenje ili rešenje.

Kako god, split sistemi u ovim okolnostima prosto postaju nepoželjni osim sa nekim novim rigidnim sistemima filtracije, a i tada ostaje doza sumnje.

Problem materijala kanala

Problem materijala kanala je jedan od dužih i najkontroverznijih problema koji se provlači decenijama kroz HVAC tehniku. Činjenica je da je još pre skoro pola veka uočeno da mikrobi vole naš uobičajeni pocinkovani lim i da na njemu dosta uspešno žive, verovatno ponajviše usled njegove velike mikroskopske poroznosti površine. Takođe je činjenica da su odavno otkriveni čitavi sojevi virusa koje se nazivaju "bolnički virusni sojevi" i koji su, svi do jednoga obitavali i mutirali duž kanalnih mreža a pogotovu po rekuperativnim cirkulacijama. Od tih virusa, koji su do skoro bili skoro benigni ali vremenom i masovni, po bolnicama je osoblje odavno počelo da pati, ali kako je klinička slika takvih virusa uglavnom bila laka, do sada se problem gurao pod tepih. Ako je i tepih sada je postao onaj Aladinov pa se problem više ne može ignorisati.

Jedini materijal kanala koji je pokazao visok stepen otpornosti prema mikrobima zapravo neka vrsta aluminijumske folije nanese na penasti, ekspandirani ili ekstrudirani formalaldehidi polimer, najpoznatiji kao Kingspan, mada postoji još nekoliko proizvođača sa materijalom nešto slabijih karakteristika. Kingspan je jedini izdržao ozbiljne probe po pitanju otpornosti na požar, što i nije čudno s obzirom da se recimo u avioindustriji formaldehidni polimeri koriste zbog svoje osobine samogasivosti pri požaru. Međutim održanje fizičkog integriteta pri tim požarnim temperaturama uglavnom je trpeo samo originalni Kingspan dok su surogatni materijali bili slabiji. Uopšte ti materijali su prisutni na tržištu već decenijama ali se njihova upotreba nije raširila naveliko već ide vrlo, vrlo sporim korakom osim na bogatim delovima Bliskog istoka. Izvorno osmišljeni kao zamena za pocinkovani čelik, zbog lakoće po težini i jednostavnosti u oblikovanju i spajanju, a sa dobrom protivpožarnom otpornošću, ovi materijali su ozbiljno pokazali najveći do sada stepen izdržljivosti na raznovrsni mikrobn svet koja nam se uvlači u kanalne mreže.

Naravno relativno mala i elitistička proizvodnja i upotreba, u odnosu na globalne količine pocinkovanog lima, ove materijale još čini dosta skupim.

Osim toga ostaje upitno štetno dejstvo koje ti kanali možda imaju po čoveka, jer iako su oni prošli različite testove, a negde se i masovno koriste, svi smo svesni koliko su testovi sa plastikama prema ljudskom organizmu imali nedovoljnu dubinu i konačne zaključke pa i koliko se negativnosti može javiti tek pri ozbiljno dugoj upotrebi. Mnogo se, da kažemo zabluda, u ovim godinama otkriva oko štetnosti PE i PET ambalaze i cevi a o skandalu sa polikarbonatnim bočicama za bebe i uopšte polikarbonatnim sudovima da ne govorimo. Mnogi inženjeri sa pravom zato po tom pitanju imaju ozbiljne ograde prema kanalima od formalaldehida. Međutim, šta ako je korist daleko veća od štete.

Na kraju, zapravo to možda i nije konačno i tako elegantno rešenje; naime čak i pored toga što ti kanali imaju veliki procenat izdržljivosti na mikrobe, dvocifren procenat sojeva preživljava u manjoj ili većoj meri, to je istina mnogo manja opasnost nego pocinkovani lim, koji je praktično pogodna sredina za njih ali zapravo mi nemamo validna ispitivanja i kriterijume; i taj mali procenat je možda u pandemiji dovoljan da sve kontaminira. Možda sojevi ovih pandemijskih virusa savladavaju i ove kanale, sporije, manje, ali dovoljno da se uspešno šire obzirom na njihovu virulentnost. U krajnjoj meri ovi virusi su vrlo skloni aerosolnom širenju i time imaju osnovnu karakteristiku da prodru kroz kanal ma kako oni imali neprijateljsku površinu.

Sveukupno kretanje ka ovim materijalima izgleda na prvi pogled kao veliki doprinos problematici ali definitivno traži eksperimentalnu potvrdu toga (kao i novu potvrdu bezbednosti) a to je nešto obzirom na elitističnost te tehnologije, verovatno nešto pre u daljoj, nego u bližoj budućnosti, čak i ako bi rezultat bio povoljan.

Generalno autori ovih redova su pristrasne pristalice toga rešenja.

Usled sagledavanja i stvarnosti ali i bliske budućnosti ili čak jedine budućnosti (ako formalaldehidi ipak padnu na konačnom ispitu) autori su veliki pobornici teme u sledećem podnaslovu.

Problem čišćenja i dezinfekcije kanala

Mi smo u situaciji da mnoge kanale koje smo do sada sasvim rigidno tretirali po, na nekoj klasi recimo III ili IV, sada moramo tretirati po klasi V a sve ostale, niže klase postaju praktično nepodobne, toliko da se čini kao jedino sigurno da nam svi objekti budu od klase III pa nadalje i to mnogi u klasi IV a najkritičniji, koji su do sada bili strogodržeci u klasi IV, sada moraju da odu klasu V i tako dalje u tom smislu.

Kako bilo, moramo usled svega ovoga ozbiljno da razmotrimo uvođenje jedne nove

tehnologije, o kojoj se odavno govori ali je vrlo malo toga urađeno. Pri tome odmah da se izjasnimo da i najrazvijeniji oblici ove tehnologije koji su dostupni na otvorenom, odnosno civilnom tržištu nisu dovoljno razvijeni u odnosu na postojeće stanje i probleme. Radi se naime o sistemima i metodama za čišćenje kanalskih grana.

To je stara tema u HVAC tehnologijama ali zapravo realno tek započeta i još uvek nedovoljno rešena i raširena. Tehnologije za čišćenje kanala su danas bliže realizacijama nego ikada ranije, jer možemo za taj problem da koristimo ROV sisteme ili konkretnije samohodne robote. Istina postoje i čistilice na gurajućim kablovima sa četkama ili opisno endoskopske čistilice. Pri tome razna praktično izvedena rešenja još uvek variraju po osnovnim konceptima i raznim pristupima.

Zajedničko za sva rešenja je da koriste rotacione četke sa uglavnom sintetičkim vlaknima, da sistemi imaju na posebnoj radnoj ruci pri posebnom prolazu, i mogućnost prskanja fluida po zidovima kanala i da su svi sa daljinskim TV upravljanjem. Neka rešenja, uglavnom sa točkovima kao hodnim organima su specijalizovana za kanale pravougaonog preseka, verzije sa dve gusenice mogu da rade i po kružnim kanalima do neke veličine prečnika a za velike kružne kanale postoje složeniji oblici sa guseničnim grupama na tri ili šest mesta oslanjanja. Postoje i razne mogućnosti čišćenja vodom pod velikim pritiskom ili čak suvim ledom, pa čak i specijalni mehčki čistači većih slojeva zaprljanosti što uglavnom nije za nas interesantno. Većini sistema je zajedničko i da poseduju malog izviđačkog robota-inspektora nezavisnog od njegove radne "braće".

Bitne različitosti su da se većina sistema za pravougaone kanale oslanja na endoskopske sisteme za čišćenje kružnih kanala manjih prečnika, dok se višestruki guseničari bave uglavnom samo kružnim kanalima i cevima industrijskih postrojenja. Obični guseničari se bave sa obe grupe ali su oni tom univerzalnošću istovremeno i ograničeni u obe grupe po ekstremnim vrednostima dimenzija kanala kako minimalnim tako i maksimalnim. Naravno takva slika je usled malog broja rešenja i prilagođenosti totalno profitabilnom statusu pa nisu razvijene sve moguće game tih robota, za sve dimenzije kanala, usled nedovoljne tržišne atraktivnosti. Za kanale manjih prečnika, $\varnothing < 200\text{mm}$, pogotovu ako su od plastičnih materijala, do sada se nije posezalo za robotima. To je prepuštano endoskopima sa mekim četkama. Rešenje je verovatno nepogodno u smislu teme koja se obrađuje. Istina, dobro je pitanje da li po ovoj temi treba da voljene Armstrong plafone i čitave kolektore od orebrenih plastičnih kanala koji iznad njega vode ka anemostatima u potpunosti odbaciti iz upotrebe. Verovatno treba.

Suštinski najveća razlika, među do sada postojećim koncepcijama je što nekoliko njih

obuhvata rad po kratkim deonicama, koje sa obe strane zaptije pneumatskim balonima. Sa jedne strane krene robot, a na mestu sledećeg anemostata se postavi jak pokretan (na točkovima) centrifugalni usisni ventilator sa jakom filtracijom. Problem dužih kanalnih deonica, na kojima nema anemostata se u tom slučaju rešava otvaranjem specijanih otvora sa donje strane na koje se priključuje pokretna ventilatorsko filterna grupa. Otežavajuća okolnost je da to traži mnogo takvih otvora, te su s toga pojedine firme razvile poklopce koji se montiraju na kanale posle takvog čišćenja. To je rešenje koje u budućnosti, pogotovu sa aspekta teme koju obrađuje ovaj članak, potpuno neprihvatljivo. Prihvatljiviji je razvoj mikro robota, pre nego otvaranje novih otvora na kanalima i njihovo zatvaranje novim poklopcima koji služe samo za tu svrhu.

Mnogo prihvatljivije i jedino univerzalno prihvatljivo rešenje je rad robota u koloni gde je drugi u koloni sa usisivačem sa rotacionom ili pokretnom glavom, gde nema otvaranja novih otvora i njihovih poklopaca i pokretne ventilatorsko filterske grupe. Mnogo je skuplje rešenje ali je rešenje koje se već uspešno koristi na drugoj koncepciji robotima specijalizovanim za kružne kanale.

Cela problematika se naravno komplikuje ali ne u nekom smeru koji bi pri današnjem nivou tehnike trebao da nam bude odbojan, naprotiv.

Sumarno mora postojati čitava gama robota da bi se cela kanalska mreža očistila. Mikro roboti za kružne kanale malih prečnika koji za sada praktično ne postoje, zatim srednje veliki roboti sa parom gusenica za pravougaone i neke kružne kanale, zatim veliki gusenični roboti za pravougaone kanale i na kraju i složeni paukoliki (sa tri ili šest guseničnih teleskopskih grupa) roboti za kružne kanale srednjih i većih prečnika. Varijacije postoje i na temu izvršnih organa tj. četki, da li se prvo primenjuje duž kanala radijalno pa drugim prolazom aksijalno čišćenje četkama pokretnim samo u jednoj ravni ili se koristi jedan prolaz sa četkom na dugom jarbolu koji je pomičan i po elevaciji i po horizontalnoj ravni. U ovom trenutku se još uvek ne može sa sigurnošću oceniti koje je rešenje efikasnije.

Prostor za projekte i konstrukcije, možda do sada još neviđene, je u svakom slučaju potpuno otvoren i veoma je aktuelan pa i atraktivan. Potpisnici ovih redova bi se rado pozabavili tom temom kod nas ali je otežavajuća ili čak i nepremostiva prepreka činjenica, da barem za sam razvoj pa verovatno i proizvodnju ove tehnike ne trebaju velike investicije na nivou društva, ali ipak nedostižne za današnje prosečne ili ispodprosečne životne situacije većine inženjera u našoj sredini. Za pomak u smislu domaćih rešenja ima dosta prostora, još uvek verovatno dovoljno intelektualnih resursa ali je sasvim problematično po pitanju

finansija, organizacije a verovatno i nedostajućih zakonskih normi i standarda.

Autori:

1. Branislav Kojadinović, dipl.maš.inž.

2. Vladimir Aleksijević, dipl.maš.inž.

3. mr Dejan Ilić, dipl.maš.inž.

4. Dejan Gajović, prof. medicine