

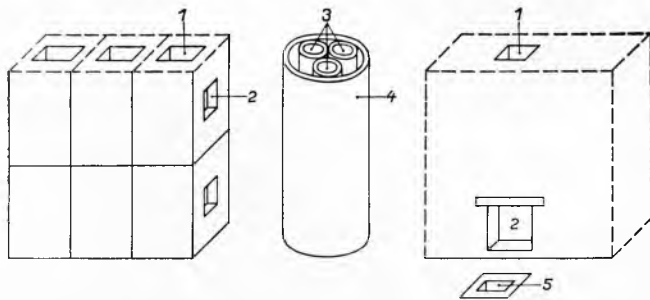
povezati diferencijalnom jednadžbom može jednako pogriješiti kao pri sastavljanju spiska varijabli za dimenzijsku analizu.

Historijska bilješka. Najstariji bezdimenzijski broj nesumnjivo je Ludolfov broj $\pi = O/d$, omjer opsega i promjera kruga: već Arhimed odredio ga je tačnošću koja još i danas u praksi većinom zadovoljava. Temelje teorije sličnosti položio je Newton (1687) u svojem djelu *Philosophiae naturalis principia mathematica*, a zakon homogenosti fizičkih jednadžbi izrekao je J. Fourier (1807), ali u tehniku su princip sličnosti uveli tek Proude (1869) i O. Reynolds (1883) za svrhe brodogradnje i za rješavanje problema strujanja. Golemo značenje za razvoj teorije sličnosti imali su aerodinamički pokusi na modelima što su ih provodili početkom ovog stoljeća G. Eiffel, L. Prandtl i brojni njihovi suradnici, kao i modelni pokusi što su ih provodili u isto vrijeme W. Nusselt, H. Gröber, H. Reiher, F. Merkel i dr. izučavajući prenos topline. Radove od fundamentalne važnosti za nauku o modeliranju dao je i Stanton. Počevši od 1914 zaslugom niza naučnih radnika (R. C. Tolman 1914, E. Buckingham 1914, J. W. Rayleigh 1915, T. Ehrenfest-Afanassjeva 1916, M. Weber 1919, A. H. Davis 1920, A. H. Gibson 1924, P. W. Bridgman 1922, F. London 1922, F. Eisner 1925, J. Wallot 1926, M. V. Kirpičev, A. A. Guhman i dr.) razvita je iz rezultata tih istraživanja opća teorija sličnosti i dimenzijska analiza. U posljednjih dvadesetak godina dobila je dimenzijska analiza strogo matematičko obrazloženje (za to je zaslužan naročito H. L. Langhaar) i proširena je na nova područja, naročito na područje tehnike kemijskih reakcija i metalurgije (Danköhrer, Traustel).

LIT.: M. Weber, Das allgemeine Ähnlichkeitsprinzip der Physik und sein Zusammenhang mit der Dimensionslehre und der Modellwissenschaft, u djelu: Jahrbuch der Schiffbautechnischen Gesellschaft, Berlin 1930. — A. W. Porter, The method of dimensions, London 1933. — G. Danköhrer, Das Ähnlichkeitsprinzip bei chemischen Systemen, u djelu: A. Eucken-M. Jakob, Der Chemie-Ingenieur, Bd 3, 1. T., Leipzig 1937. — R. Esnault-Pelterie, L'analyse dimensionnelle, Lausanne 1946. — P. W. Bridgman, Dimensional analysis, New Haven-Oxford *1949. — S. Traustel, Modellgesetze der Vergasung und Verhüttung, Berlin 1949. — G. Murphy, Similitude in engineering, New York 1950. — H. L. Langhaar, Dimensional analysis and theory of models, New York 1951. — C. M. Focken, Dimensional methods and their applications, London 1953. — M. B. Куртчев, Теория подобия, Москва 1953. — W. Matz, Anwendung des Ähnlichkeitsgrundsatzes in der Verfahrenstechnik, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1954. — U. Stille, Messen und Rechnen in der Physik, Braunschweig 1955. — L. I. Sedov, Metody podobnosti a rozměrovosti v mehanice (prijevod s ruskoga), Praha 1955. — Г. К. Дьяконов, Вопросы теории подобия в области физико-химических процессов, Москва-Ленинград 1956. — A. Signorini, Origini e direttive delle teorie dei modelli, u djelu: Atti Conv. I modelli nella tecnica, Venezia 1956. — J. Wallot, Größengleichungen, Einheiten und Dimensionen, Leipzig *1957. — R. E. Johnstone, M. W. Thring, Pilot plants, models and scale-up methods in chemical engineering, New York 1957. — V. Doležalik, Podobnost a modelování v chemické technologii, Praha 1959. — L. I. Sedov, Similarity and dimensional methods in mechanics (prijevod s ruskoga), London 1959. — G. Birkhoff, Hydrodynamics, a study in logic, fact and similarity, Princeton, N. J. 1960. — D. C. Ipsen, Units, dimensions and dimensionless numbers, New York 1960. — A. Sacklowski, Physikalische Größen und Einheiten, Stuttgart 1960. — J. Palacios, Analyse dimensionnelle (preveo sa španjolskog J. Prévota), Paris 1960. — Я. М. Брайнес, Подобие и моделирование в химической и нефтехимической технологии, Москва 1961. — M. Landolt, Größe, Maßzahl und Einheit, Zürich *1962. — E. W. Zipp, An introduction to dimensional method, London 1962. — A. A. Гухман, Введение в теорию подобия, Москва 1963. — R. C. Pankhurst, Dimensional analysis and scale factors, London 1964. — S. Kattanek, R. Gröber, C. Bode, Ähnlichkeitslehre, Leipzig 1967. R. Podhorsky

DIMNJAK (odžak), građevna konstrukcija u obliku kanala, ugrađena kao sastavni dio zgrade ili postavljena kao samostalni građevni objekt, kojoj je svrha da iz ložišta odvede dimne plinove u atmosferu i da stvara promaju koja dovodi potrebnu količinu uzduha u ložište. Dimnjaci spadaju među najvažnije građevne konstrukcije i neophodne termotehničke elemente stambenih, industrijskih i drugih zgrada.

Prvi historijski podaci o dimnjacima datiraju još od prije naše ere, iz vremena starih Rimljana, koji su već gradili i uređaje za centralno grijanje. O tome



Sl. 1. Dimnjaci starih Rimljana. 1 Dimnjak, 2 odvodni otvor za dimne plinove, 3 dimovodne cijevi, 4 plašt dimnjaka, 5 dovodni kanal toplog i svježeg uzduha.

svjedoče iskopine Pompeja i druge rimske starine, a spominju to u svojim spisima Vitruvius, Plinius i dr. Kanali u zidovima služili su za dovođenje toplog uzduha iz ložišta koje je bilo smješteno pod zgradom ili izvan zgrade, a ujedno su njima odvodili dimne plinove iz prostorija. Osim toga su u prostorijama bili ugrađeni dimnjaci uz zidove ili u uglovima, i to od šuplje opeke pravokutnog ili kružnog presjeka (sl. 1). Od VIII st. gradili su se u kućama kamini, a sa razvojem obzidanih i samostalnih štednjaka i peći razvijala se je i gradnja dimnjaka.

Funkcija i dimenzioniranje dimnjaka. Funkcija je dimnjaka da dimne plinove koji nastaju pri sagorijevanju odvede u atmosferu i da promajom dovede potrebnu količinu uzduha u ložište radi potpunog sagorijevanja goriva. To se postiže stru-

janjem vanjskog hladnog (težega) uzduha odozdo kroz ložište u dimnjak i vrućih (lakših) dimnih plinova iz ložišta kroz dimnjak gore u atmosferu. Učinak promaje prikazan je jednadžbom:

$$p = (s_1 - s_2) \cdot h,$$

gdje je p učinak promaje (pritisak), s_1 specifična težina vanjskog uzduha, s_2 specifična težina dimnih plinova, h korisna visina dimnjaka (od ložišta kao dna dimnjaka do njegova grla). Ako su specifične težine uzduha i dimnih plinova jednake, ne dolazi do potrebnog procesa promaje i gorivo ne sagorijeva, ako je zbog velike razlike specifičnih težina ili velike visine dimnjaka promaja prejaka, dovodi se previše uzduha u ložište, gorivo sagorijeva prebrzo, temperatura dimnih plinova je suviše visoka pa toplina odlazi neiskorišćena u atmosferu, spali se više goriva i loženje je neekonomično. Ako je vanjski uzduh topao a zidovi su dimnjaka hladni, može doći do obrnutog strujanja i do probijanja dimnih plinova u prostoriju, umjesto kroz dimnjak u atmosferu.

Promaji a time i funkciji dimnjaka mogu da smetaju različite okolnosti, kao npr. nedovoljna visina ili nedovoljan presjek dimnjaka, ili neispravna konstrukcija dimnjaka; trenje čvrstih čestica u dimnim plinovima o zidove dimnjaka i među sobom; meteorološki utjecaji kao što je: vjetar, visoka temperatura i vlaga vanjskog uzduha, itd.; otpori strujanja uslijed mijenjanja smjera dimovodnih kanala, neispravnih priključaka, sužavanja ili proširivanja presjeka dimovodnih kanala; oštećenje zidova dimnjaka, nedovoljna toplinska izolacija dimnjaka.

Spomenuti otpori mogu se izbjeći ili bitno smanjiti ispravnom konstrukcijom i izgradnjom dimnjaka, njegovim pravilnim održavanjem i redovitim čišćenjem, eventualno i pomoćnim uređajima (npr. nastavcima, ventilatorima i dr.).

Dimenzioniranje dimnjaka i dimovodnih kanala (cijevi), a naročito određivanje presjeka (grla) i korisne visine kao glavnih dimenzija dimnjaka, vrši se prema broju i vrsti ložišta, vrsti goriva, trajanju loženja i prema količini i temperaturi dimnih plinova koje treba odvesti u atmosferu. Dimnjaci moraju biti projektirani i izgrađeni tako da odgovaraju građevnotehničkim, termotehničkim, sigurnosnim i ekonomskim zahtjevima i tehničkim propisima.

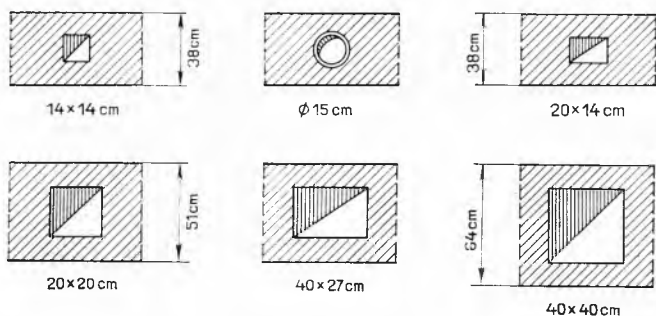
Sistematizacija dimnjaka. Dimnjaci se prema namjeni dijele na obične dimnjake (za ložišta stambenih, javnih i dr. zgrada), i na visoke tvorničke dimnjake (za ložišta većih industrijskih pogona).

Prema materijalu od kojega se grade razlikuju se: zidani dimnjaci (dimnjaci od opeke, betona ili kamena, od fasonskih blokova od opeke ili betona, dimnjaci sa ugrađenim gotovim cijevima), armiranobetonski dimnjaci (s izolacijom i unutrašnjim zaštitnim plaštem od šamotne ili obične opeke, ili od betonskih fasonskih blokova), čelični dimnjaci (od čeličnog lima s izolacijom i zaštitnim plaštom od šamotne ili obične opeke).

OBIČNI DIMNJACI

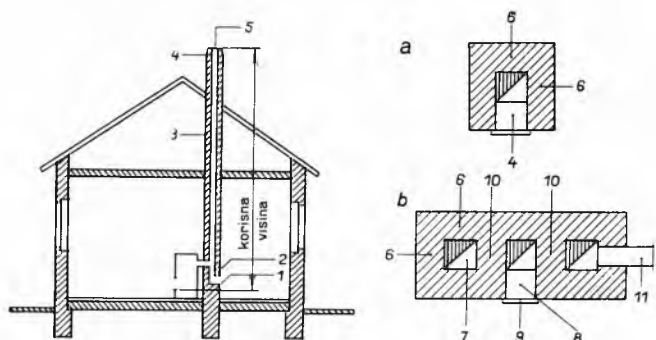
Obični dimnjaci se grade i upotrebljavaju za ove svrhe: za ložišta s čvrstim gorivom (drvom, lignitom, ugljenom, koksom i dr.), tj. za sobne i kupaoičke peći, kuhinjske štednjake, kuhinjske i praoničke kotlove i za manje industrijske pogone (npr. pekare, kovačnice, praonice i dr.); za ložišta s plinskim gorivom, tj. za plinske peći, štednjake i druge uređaje koji se lože plinom; za specijalna ložišta s tekućim gorivom (naftom i dr.). Kanali za ventilaciju i klimatizaciju stambenih, radnih, zdravstvenih, sportskih i drugih prostorija nisu dimnjaci, ali se grade po istim ili sličnim načelima kao dimnjaci, pa se zato ovdje ukratko navode, a opširnije će biti obrađeni na drugom mjestu u ovoj enciklopediji.

Najmanji presjek običnog dimnjaka je 14×14 cm ili krug $\varnothing 15$ cm, a najmanja korisna visina 5-7 m. Presjek dimnjaka može imati oblik kruga, kvadrata ili paralelograma. Najbolji je kružni presjek jer u njemu dimni plinovi nailaze na najmanje otpore. Kod pravokutnih presjeka veće su površine na kojima nastaju otpori, pa dimni plinovi stvarno prolaze samo kroz odgovarajući upisani ili eliptični presjek, a u uglovima nastaju vrtlozi i dimni plinovi se u njima zadržavaju. Od pravokutnih presjeka je najbolji kvadratičan presjek. Kad je presjek pravokutan paralelogram, ne smije odnos stranica pravokutnika biti veći nego 1,5 : 1.



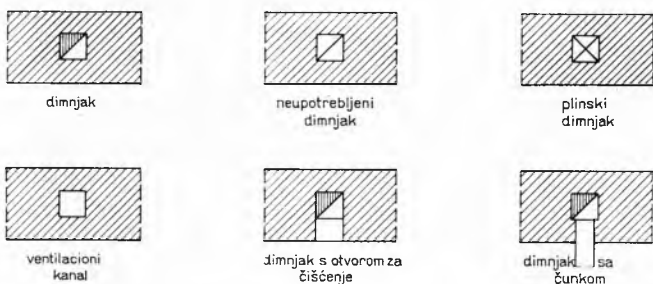
Sl. 2. Presjeci dimnjaka

Presjeci dimovodnih kanala običnih dimnjaka imaju normalno \varnothing 15 cm ili 14×14 cm ako služe za priključak jedne sobne peći i jednog štednjaka ili najviše triju sobnih peći u istom katu zgrade; za više priključaka i za veća ložišta se preporučuju ove dimenzije presjeka: 20×14 cm, 20×20 cm, 27×27 cm, 40×27 cm, 40×40 cm itd. Dimenzije presjeka dimovodnih kanala prikazane su na sl. 2.



Sl. 3. Dijelovi dimnjaka. 1 Dno, 2 nožica, 3 samostalni dimnjak, 4 glava, 5 grlo; a samostalni dimnjak-samac, b grupni dimnjak, 6 bok dimnjaka, 7 dimovodni kanal, 8 otvor za čišćenje, 9 dimnjačka vratašca, 10 pregrada, 11 čunak

Pojedine dijelove dimnjaka s uobičajenim nazivima prikazuje sl. 3. Na nacrtima se dimnjaci, odnosno dimovodni kanali, označuju kao na sl. 4.

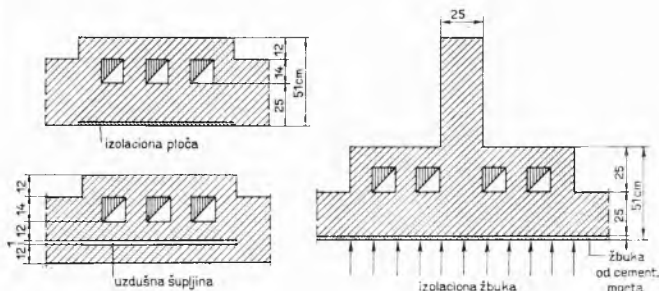


Sl. 4. Označavanje dimnjaka na nacrtima

Položaj dimnjaka prema okolini, u zgradi i u zidu. Pri projektiranju i građenju dimnjaka treba računati i s okolinom zgrade, odnosno dimnjaka. Nezgodan je, npr., položaj dimnjaka u zgradi pod brijegom, kraj znatno više zgrade ili kraj visokih stabala i sl., jer u takvim slučajevima mogu se ispoljiti nepovoljni utjecaji vjetra, natpritisak uzduha ili vrtlozi nad dimnjakom, što ima za posljedicu smetnje u promaji, eventualno protupromaju i vraćanje dimnih plinova u ložište.

U zgradi je najbolji položaj dimnjaka u sljemenu krova ili u blizini sljemenca, a grlo dimnjaka treba da bude najmanje 50 cm nad sljemenom. Ako je potrebno dimnjak postaviti dalje od sljemenca, njegovo grlo mora biti najmanje 100 cm iznad krova. Dimnjak treba postaviti u unutrašnjosti zgrade, tj. u srednjim, najmanje 38 cm debelim zidovima, ili u pregradnim zidovima koje za dimnjak treba pojačati na najmanje 38 cm. Preporučaju se grupni dimnjaci, jer se uzajamno grijaju, manje su izloženi hlad-

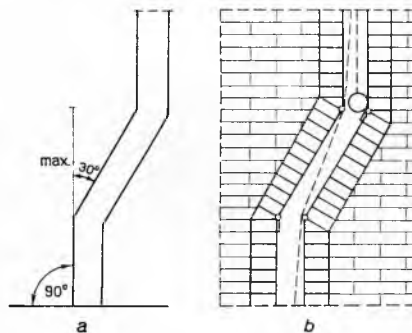
noći, a osim toga su jeftiniji i bolje izgledaju. Dimnjaci se ne smiju postavljati u vanjskim zidovima, gdje su izloženi hlađenju, teško su pristupačni za čišćenje i nezgodno djeluju na izgled zgrade. Ako se ne može izbjeći tome da budu postavljeni u vanjskom zidu, onda debljina vanjskog bočnog zida mora biti najmanje 25 cm, a osim toga treba predvidjeti dobru toplinsku izolaciju (npr. izolacijsku šupljinu ili izolacijsku ploču, vanjski dio ožbukani cementnim mortom i dr.; sl. 5).



Sl. 5. Dimnjak u vanjskom zidu

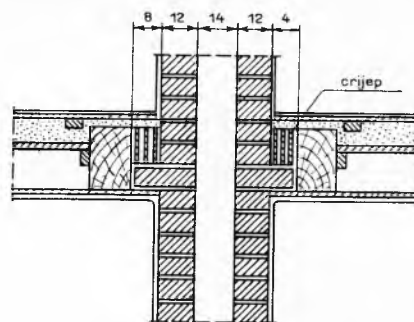
Dimnjaci u požarnim zidovima moraju imati debljinu vanjskog zida najmanje 25 cm ako susjedna zgrada još ne postoji ili ako je niža; ako susjedna zgrada ima istu visinu kao zgrada u kojoj je dimnjak ili je od nje viša, vanjski bočni zidovi dimnjaka mogu biti tanji, tj. mogu imati debljinu svega 12 cm.

Dimnjaci mogu biti: podrumski, ako prolaze od podruma kroz sve katove i kroz tavan pa iznad krova, a čiste se u podrumu i na tavanu; etažni, ako počinju od ložišta u pojedinim katovima (etažama), pa prolaze kroz ostale (više) katove i tavan iznad krova, a čiste se u svakom katu i na tavanu.

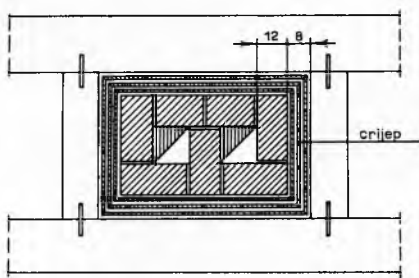


Sl. 6. Vučenje kosih dimovodnih kanala

Podrumski i etažni dimnjaci mogu imati vertikalne (ravne) ili kose dimovodne kanale, »vučene« na različite načine. Najbolje je dimnjak izvesti s vertikalnim dimovodnim kanalom, ali to nije uvijek moguće, pa se grade i kosi dimovodni kanali pod kutom od najviše 30° prema vertikali (sl. 6 a). Dimovodni kanal ne smije biti koso vučen u visini stropne ili sl. konstrukcije, nego iznad poda ili ispod stropa. Sl. 6 b prikazuje ispravan način zidanja kosoga dijela dimnjaka sa zaobljenim bridovima na mjestima pregiba i s ugrađenom čeličnom šipkom radi zaštite kanala od oštećenja dimnjačarskom kuglom pri čišćenju dimnjaka.



Sl. 7. Zaštita drvene stropne konstrukcije

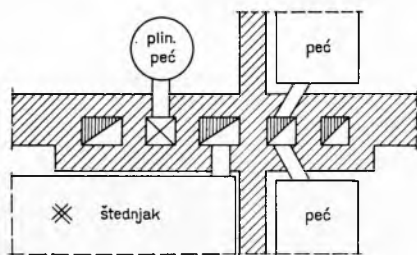


Sl. 8. Izmjena i zaštita drvene krovne konstrukcije

Zidovi dimnjaka ne smiju biti opterećeni ili oslabljeni građevnim ili drugim konstrukcijama. Ako dimnjak stoji na mjestu kojim prolaze dijelovi stropne ili krovne konstrukcije, oko dimnjaka treba napraviti tzv. *izmjene* (mjenjačnice i skraćenice) koje spajaju najbliže grede ili druge dijelove konstrukcije, da bi se osigurala nosivost konstrukcije a da se ne optereće ili oslabi zidovi dimnjaka.

Drveni dijelovi stropne ili krovne konstrukcije moraju biti zbog opasnosti od požara udaljeni od unutrašnjih zidova dimnjaka najmanje 20 cm, a osim toga mora postojati i potrebna izolacija među dimnjakom i drvenom konstrukcijom (obično crijep sa glinenim mortom ili drugi izolacijski materijal; sl. 7, 8).

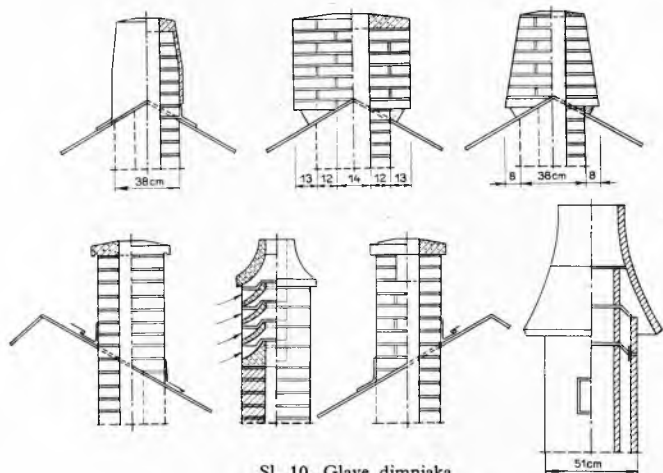
Priključci ložišta na dimnovodne kanale smiju se izvesti samo u vertikalnim dijelovima dimnovodnih kanala, i to samo tako da svaki kat ima za svoje priključke posebne kanale potrebnih presjeka. Priključci se izvode sa usponom, pomoću priključnih dimnih cijevi koje se uvuku u otvor zida (tzv. rukavac). Priključne cijevi su pravokutnog ili kružnog presjeka (najmanje 10 × 10 cm ili \varnothing 10 cm) i to od šamota, azbest-cementa, lima ili drugog podesnog materijala, a moraju biti tijesno priključene na dimnovodni kanal. Ako se na jedan kanal u istom katu priključuju dvije



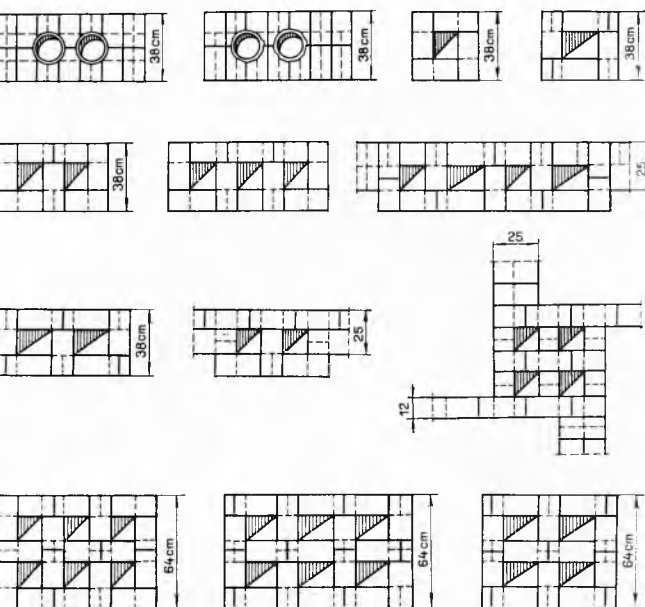
Sl. 9. Priključci ložišta

peći, razlika u visini priključaka mora biti 15...30 cm. Ispravni priključci ložišta prikazani su na sl. 9.

Samostalni dimnjaci, tj. samostalni zidovi dimnovodnih kanala koji prolaze iz najviših katova kroz tavan i iznad krova, moraju biti zidani od izabrane opeke sa produžnim ili, bolje, cementnim



Sl. 10. Glave dimnjaka

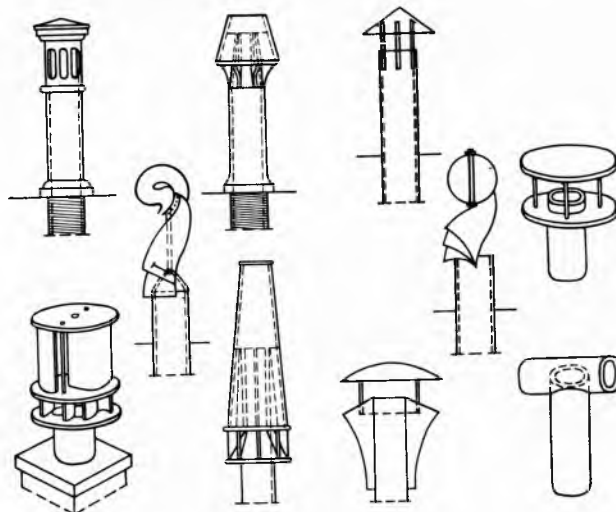


Sl. 12. Vezovi opeke za dimnovodne kanale

mortom, ožbukani produžnom ili cementnom žbukom, ili su bez žbuke ali su im reške zagladene cementnim mortom. Otvor u krovu kojim prolazi dimnjak, odnosno priključak krova i dimnjaka, treba zaštititi protiv procurivanja vode limenim opšavom (od cinčanog ili pocinčanog lima) ili odgovarajućom konstrukcijom natkrovnog dijela dimnjaka.

Vrh dimnjaka se zove *glava* (kapa), a otvor *grlo* (usta) dimnjaka. Glava je najviše izložena atmosferskim i drugim utjecajima, pa se zato preporuča izgraditi je kao betonski vijenac s kosim gornjim površinama, eventualno s istakom i okapnicom. Glava običnog dimnjaka može biti ili otvorena ili s pokrovom, ili s nastavkom. Glave plinskih dimnjaka i ventilacijskih kanala moraju biti zaštićene pokrovom ili vjetrobranom. Različiti oblici dimnjaka i glava prikazani su na sl. 10.

Nastavci dimnjaka postavljaju se ako je potrebno postići veću visinu dimnjaka, poboljšati promaju u dimnjaku ili zaštititi

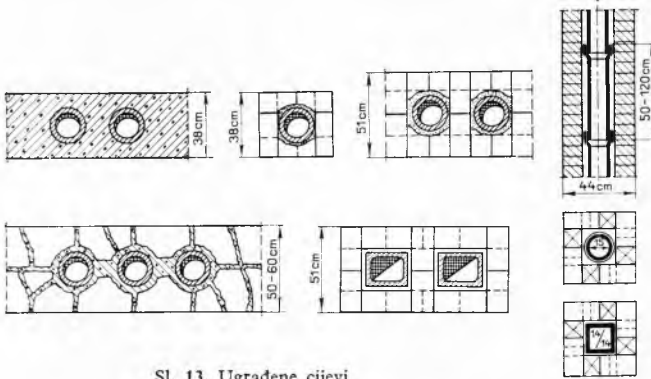


Sl. 11. Nastavci dimnjaka

dimnjak od štetnog strujanja vjetra (zato služe tzv. »dimovuci«, npr. pod brdom, kraj više zgrade, na obali mora itd. Nastavci se izrađuju od lima, kamenštine, azbest-cementa ili drugog materijala, a moraju biti postavljeni tako da imaju potrebnu čvrstoću, stabilnost i trajnost; povremenom kontrolom i dobrim održavanjem treba osigurati njihovu stalnu i dobru funkciju. Nastavak ne smije ni smanjivati ni povećavati presjek dimnjaka. Nastavke

treba postavljati samo kad je to prijeko potrebno. Različiti sistemi nastavaka prikazani su na sl. 11.

Vezovi zida za dimovodne kanale i samostalne dimnjake od opeke prikazani su na sl. 12, vezovi s ugrađenim gotovim cijevima od opeke, šamota, kamenštime, azbest-cementa ili dr. materijala



Sl. 13. Ugrađene cijevi



Sl. 14. Fasonske opeke

prikazani su na sl. 13, a dimovodne cijevi od fasonskih opeka na sl. 14. Dimnjaci se moraju zidati opekom dobrog kvaliteta sa produžnim ili cementnim mortom.

Vođenje dimovodnih kanala u višespratnim zgradama može se provesti na različite načine prema konstrukciji zgrade i potrebi ložišta, ali uvijek po propisima, prokušanim iskustvima i odobrenim nacrtima.

Najjednostavniji i najbolji sistem vođenja dimovodnih kanala prikazan je na sl. 15 a, gdje su svi kanali i podrumski i vertikalni, ali zato su peći u pojedinim katovima na različitim tlocrtnim mjestima (pomaknute po 26 cm). Na slici 15 b prikazan je uobičajeni sistem koso vučenih podrumskih kanala; u tom slučaju peći mogu biti u svim katovima na istom tlocrtnom mjestu. Sistem etažnih vertikalnih kanala ima nedostatak što dimnjak treba

čistiti u svakom katu (u stanovima) i što su peći u pojedinim katovima na različitim tlocrtnim mjestima (sl. 15 c). Kod sistema koso vučenih kanala (sl. 15 d) peći su u svim katovima na istom tlocrtnom mjestu, ali nedostatak mu je što su kanali kosi i što ih treba čistiti u svakom katu (u stanovima).

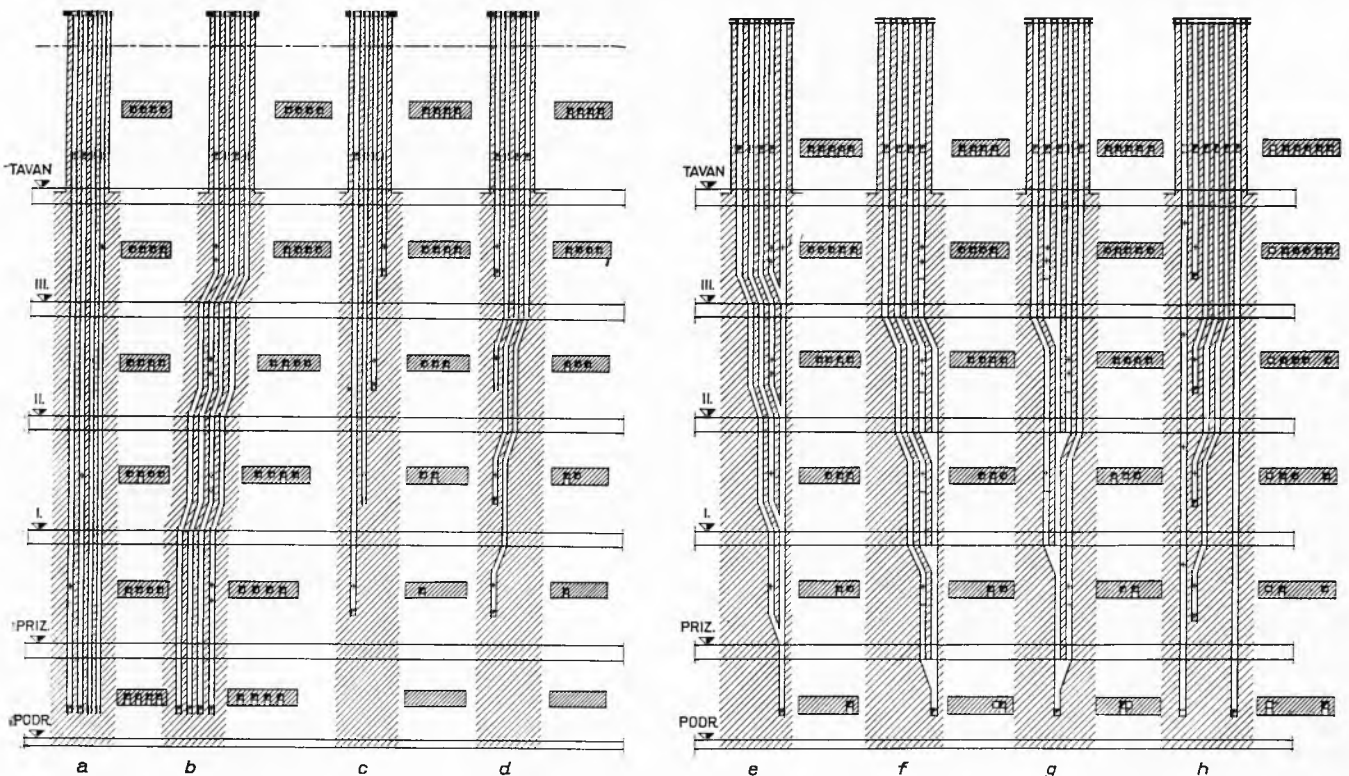
Sistem sabirnog dimovodnog kanala sastoji se od tzv. hladnog kanala koji počinje u podrumu i kojemu se u svakom katu priključuje po jedan kosi kanal, a u samostalnom dimnjaku se svi kanali (sl. 15 e) sastaju. Prednost je ovog sistema što se dimnjak može čistiti na tavanu i na dnu sabirnog kanala i da su peći u svim katovima na istom tlocrtnom mjestu. Nedostatak mu je što su kanali kosi, što je kod pregiba hladni kanal vezan sa susjednim kanalom i što je potreban veći broj kanala. Preporuča se hladni kanal priključiti ložištu u najvišem katu.

Na sl. 15 f prikazan je dimnjak sa koso vučenim kanalima i sakupljačem čađe. Prednost mu je što ima sakupljač čađe i što peći u katovima mogu biti na istom tlocrtnom mjestu, a nedostatak mu je da su kanali kosi i da su po dva kanala u svakom katu međusobno povezana, što može prouzročiti smetnje u promaji. Zato se ispod priključka peći mora ugraditi klizni zatvarač od lima, koji se otvara samo pri čišćenju dimnjaka.

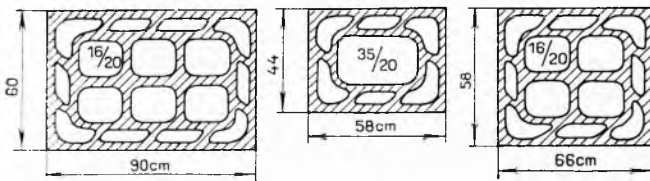
Na sl. 15 g prikazan je sličan sistem dimnjaka sa sakupljačem čađe i kliznim zatvaračem, ali sa kanalima koso vučenim na dvije strane. Ovaj sistem ima više nedostataka: kanali su kosi, ima veći broj kanala, između kanala postoji veza i peći su na različitim tlocrtnim mjestima, pa se stoga on ne preporuča.

Na sl. 15 h prikazan je tzv. »Berlinski sistem« vođenja kuhinjskih dimovodnih kanala, i to jedan podrumski vertikalni kanal za ventilaciju, četiri etažna savijena kanala za štednjake i jedan podrumski vertikalni kanal za praoničko ložište u podrumu. Podrumski kanali čiste se u podrumu i na tavanu, a etažni na tavanu i u katovima. Prednost je tog sistema što su kanali samostalni, što se podrumski kanali čiste u podrumu i što su štednjaci u katovima na istim tlocrtnim mjestima. Nedostatak mu je što ima veći broj kanala, što su neki kanali savijeni i treba ih čistiti u katovima. Ovaj sistem se primjenjuje samo u iznimnim slučajevima.

Specijalne vrste dimnjaka grade se u novije vrijeme od šamota, lakog betona (s agregatom od tucane opeke, keramzita ili drugog pogodnog materijala), a ponajviše od fasonskih blokova od opeke ili lakog betona (sl. 16), ili od ugrađenih cijevi od opeke,

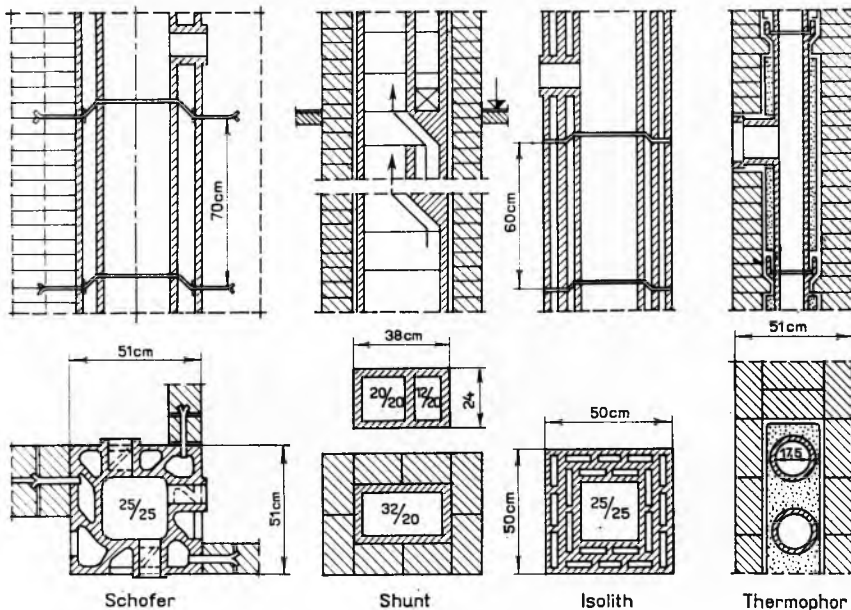


Sl. 15. Vertikalni presjeci dimovodnih kanala u višespratnim zgradama



Sl. 16. Fasonski blokovi za dimnjake

šamota, kamenštine, azbest-cementa ili dr., iznutra glatkih i eventualno glaziranih. Takvi dimnjaci su dobro izolirani protiv hlađenja i vlage, a otporni su prema visokim temperaturama i agresivnim plinovima. Uzdužne ili sa izolacionim materijalom ispunjene šupljine fasonskih blokova osiguravaju dobru toplinsku izolaciju, a time i bolju funkciju dimnjaka. U praksi se najviše



Sl. 17. Specijalne vrste dimnjaka

primjenjuju prokušani sistemi dimnjaka: Shunt, Schofer, Isolith, Thermophor i dr. (sl. 17).

Plinski dimnjaci moraju biti građeni, dimenzionirani i opremljeni drukčije nego obični dimnjaci za ložišta s čvrstim gorivom. Plinski dimnjak nema svrhu da promajom dovede uzduh u ložište, nego samo da odvede u atmosferu produkte sagorijevanja rasvjetnog (gradskog) plina, tj. uglavnom vodenu paru, ugljik-dioksid i sumpor-dioksid. Hlađenje i kondenzaciju vodene pare treba omogućiti dovoljnom toplinskom izolacijom dimnjaka. Plinske dimnjake dozvoljeno je graditi od opeke, ali se to zbog mogućnosti kondenzacije vodene pare ne preporuča; bolje je za gradnju tih dimnjaka upotrijebiti glazirane cijevi od kamenštine, azbest-cementne cijevi, oblikovane blokove od pečene gline ili šamota, ili cijevi od čeličnog lima (s olovnom zaštitnom podstavom). Upotreba cijevi od ljevenog željeza nije dozvoljena. Dimne cijevi plinskih dimnjaka treba postavljati s naglancima (mufovima) i priključnim cijevima tako da ne može procuriti kondenzat (tj. obrnuto nego cijevi dimovodnih kanala za ložišta sa čvrstim gorivom). Osim toga treba osigurati i mogućnost skupljanja i ispuštanja kondenzata na dnu plinskog dimnjaka. Trebalo bi da svaka plinska peć ima posebni odvodni kanal, ali je dozvoljeno priključiti dvije ili najviše tri plinske peći na jedan kanal u istom katu ako je presjek kanala dosta velik. Plinska peć se nikad ne smije priključiti na dimovodni kanal ložišta sa čvrstim ili tekućim gorivom. U novogradnjama treba predvidjeti dovoljan broj posebnih dimovodnih kanala kako za ložišta sa čvrstim i tekućim, tako i za ložišta s plinovitim gorivom. Presjek plinskog dimnjaka se dimenzionira prema potrošnji plinske peći, npr. ako je potrošnja plina 1,8 do 12,6 m³/h, dovoljan je presjek kanala 14 × 14 cm ili \varnothing 15 cm, a ako je potrošnja veća od 12,6 m³/h, presjek mora biti

14 × 20 cm ili veći. Najmanji slobodni presjek dimnjaka (s glatkom unutrašnjom površinom) koji se još dozvoljava jest 10 × 10 cm ili \varnothing 15 cm.

Priključci ložišta kotlova za centralno grijanje zidaju se obično kao horizontalni kanali (ožbukani iznutra šamotnim mortom). Oni imaju veći presjek nego glavni dimovodni kanal, u koji se dovode usponom (~ 3%), moraju imati posebna vratašca za čišćenje i dobru izolaciju od vlage.

Ventilacijski kanali služe za odvođenje dimnih ili drugih plinova, vodene pare, nečistog ili pretoplog uzduha iz prostorija u atmosferu. Odvodni ventilacijski kanali prolaze u vertikalnom smjeru od podruma, odnosno od prostorija u pojedinim katovima zgrade, kroz tavan do iznad krova. Presjek odvodnog kanala može biti kružan ili pravokutan, a njegova površina izračunava se prema količini plinova koje treba odvesti i prema vrsti ventilacijskog kanala. Normalni presjeci odvodnih ventilacijskih kanala jesu npr. ovi: 14 × 14 cm, \varnothing 15 cm, 14 × 20 cm, 25 × 25 cm, 40 × 40 cm itd. Za dovođenje čistoga (svježega) uzduha iz atmosfere u prostorije služe dovodni ventilacijski kanali koji se vode kroz zidove, obično u horizontalnom smjeru, ili kroz stropove i krovove pomoću ugrađenih kanala ili gotovih cijevi, u dimenzijama prema potrebi i proračunu.

U novije vrijeme, naročito u industrijskim centrima, u nepogodnom podneblju, a i u normalnim prilikama, upotrebljavaju se specijalni ventilacijski kanali i drugi uređaji za dovođenje ne samo čistoga nego i posebno pripremljenog uzduha iz specijalnih uređaja za klimatizaciju. Pomoću ovih uređaja se u prostorije prema potrebi dovodi npr. čisti (event. filtrirani) uzduh, hlađeni ili topli, suhi ili vlažni uzduh itd. Takva klimatizacija se vrši tako da se vanjski uzduh najprije uvodi u specijalan automatski reguliran uređaj gdje se zasiti vodom na određenoj temperaturi, a onda zagrije, tako da ulazi u prostorije s određenom vlažnošću i temperaturom. Istrošeni uzduh se iz prostorija stalno odvodi u atmosferu.

Čišćenje dimnjaka. Za dobro funkcioniranje ložišta potrebno je pravilno i redovito čišćenje dimnjaka i svih dimovodnih kanala, a prema potrebi i samog ložišta. Dimovodni kanali se mogu čistiti u podrumu, na tavanu, u pojedinim katovima ili na krovu kroz grlo dimnjaka (to posljednje je za promaju i za požarnu sigurnost bolje nego čišćenje na tavanu). Otvori za čišćenje, s okvirom i vratašcima od lima ili betona (sa zatvaračem i ključem), moraju biti u vanjskom zidu svakog dimovodnog kanala, i to s donjim rubom u visini 50...120 cm od poda u podrumu, a 80...120 cm u katu ili na tavanu. Dimnjak smije čistiti samo kvalificirani dimnjačar (dimnjačarskom kuglom na užetu, četkama, strugalima i drugim alatom). Za čišćenje tzv. prolaznih dimnjaka većih presjeka (najmanje 50 × 60 cm) dimnjačar ulazi u sam dimnjak, pa za to u ovome moraju biti ugrađene čelične penjalice (u razmaka 30...50 cm).

VISOKI TVORNIČKI DIMNJACI

Visoki tvornički dimnjaci (sl. 18) grade se za ložišta većih industrijskih pogona, gdje su za dovođenje potrebne količine uzduha promajom u ložište i za odvođenje dimnih i drugih plinova iz ložišta u atmosferu potrebne veće dimenzije presjeka i visine, i gdje se na njihove konstrukcije stavljaju veći termotehnički i higijenskotehnički zahtjevi nego na konstrukcije običnih dimnjaka.

Projektiranje visokih tvorničkih dimnjaka. Tvornički dimnjaci se projektiraju kao samostalne građevne konstrukcije, prema tehnološkim i energetičkim zahtjevima tvornice, a posebno prema tome kakva je promaja potrebna za dovođenje uzduha u ložište, koliku količinu plinova treba da odvede iz ložišta u atmosferu i kolika je temperatura i agresivnost tih plinova. Termo-

tehničkim, statičkim i ekonomskim proračunom treba osigurati da svim tim zahtjevima bude udovoljeno.

Tvornički dimnjaci se u tehničkoj dokumentaciji obično označuju razlomkom kojemu je brojnik visina a nazivnik promjer grla dimnjaka, npr.:

$$\text{Zidani tvornički dimnjak } \frac{60,10 \text{ m}}{180 \text{ cm}}$$

Na temelju termotehničkih zahtjeva, tj. količine plinova, temperature plinova i temperature vanjskog uzduha, izabere se visina dimnjaka, izračuna se statička promaja, brzina kretanja plina kroz dimnjak i presjek grla dimnjaka. Statička promaja h_s se izračunava pomoću jednadžbe:

$$h_s = H \left(\gamma_u \cdot \frac{273}{273 + t_u} - \gamma_p \cdot \frac{273}{273 + t_p} \right)$$

gdje je H visina dimnjaka, γ_p specifična težina plinova, γ_u specifična težina uzduha, oboje na 0°C i 760 mm Hg, t_u temperatura uzduha, t_p temperatura plinova. Promjer grla d_0 dobiva se iz jednadžbe:

$$d_0 = \frac{4}{\pi} \cdot \frac{V}{v}$$

gdje je V volumenski protok plinova, v brzina plinova

$$\left(v = \sqrt{\frac{2g \cdot (h_s - h_z)}{p}} \right)$$

g ubrzanje sile teže, h_z promaja potrebna za savladanje otpora u dimovodnim kanalima dimnjaka.

Prema promjeru grla (d_0) i visini (H) odrede se statičkim proračunom: debljine glavnog zida i zaštitnog (izolacijskog) plašta, konzole za zaštitni plašt, a posebno temelj, tj. temeljna ploča i temeljni zid, kao i otvori za ušća kanala i za čišćenje. Na mjestu gdje se namjerava graditi dimnjak treba dobro istražiti geološki sastav tla, hidrološke prilike i, što je najvažnije, nosivost tla (temeljnog terena).

U statičkom proračunu uzimaju se kao glavna opterećenja tvorničkog dimnjaka: njegova vlastita težina, pritisak vjetra, djelovanje seizmičkih sila i naponi uslijed razlike između temperatura u unutrašnjoj i na vanjskoj površini dimnjaka.

Vlastita težina dimnjaka, tj. vertikalno opterećenje, dobiva se sumiranjem težina svih materijala od kojih je dimnjak sagrađen.

Pritisak vjetra, tj. horizontalno opterećenje koje djeluje okomito na vertikalni presjek trupa dimnjaka, izračunava se pomoću jednadžbe:

$$V = c v A,$$

gdje je V cjelokupni pritisak vjetra, c koeficijent oblika poprečnog presjeka dimnjaka (za kružni presjek $c = 2/3$), v srednji specifični pritisak vjetra (izračunava se iz visine dimnjaka H (m) s pomoću empirijske formule: $v = (120 + 0,6 H)$ kp/m², A površina izložena pritisku vjetra, jednaka površini presjeka trupa dimnjaka s vertikalnom ravninom simetrije.

Djelovanje zemljotresa, tj. seizmičke sile, proračuna se iz jednadžbe:

$$S = k Q,$$

gdje je: S seizmička (zemljotresna) sila, Q vlastita težina dimnjaka, k seizmički koeficijent ovisan o intenzitetu (stupnju) zemljotresa kojem dimnjak još mora odoliti, o visini dimnjaka i o materijalu od kojeg je sagrađen dimnjak.

Srednja razlika između temperatura u unutrašnjoj i na vanjskoj površini dimnjaka određuje se iz jednadžbe:

$$\Delta t = \frac{d}{\lambda} k (t_1 - t_2),$$

gdje je d debljina zida dimnjaka, λ koeficijent vodljivosti topline (za zid od opeke $\lambda = 0,6$ kcal/m h $^\circ\text{C}$), k koeficijent prolaza topline (za zid od opeke $k = 1,25$ kcal/m² h $^\circ\text{C}$), t_1 temperatura plinova u dimnjaku, t_2 temperatura uzduha izvan dimnjaka.

Statičkim proračunom se mora dokazati da naponi prouzročeni ovim i eventualno drugim opterećenjima ne prekoračuju dozvoljene granice, te da nije ugrožena stabilnost i sigurnost dimnjaka, i to ne samo kad je dimnjak već izgrađen, nego i u toku gradnje dimnjaka. Posebno se računaju naponi u svim ležajnim reškama temelja (kao na sl. 18 reške I, 2, ...) i pojedinih odjeljaka (katova) (sl. 18, reške I...XI), a osim toga svagdje gdje je zid dimnjaka oslabljen otvorima, i to s obzirom na sva moguća opterećenja.

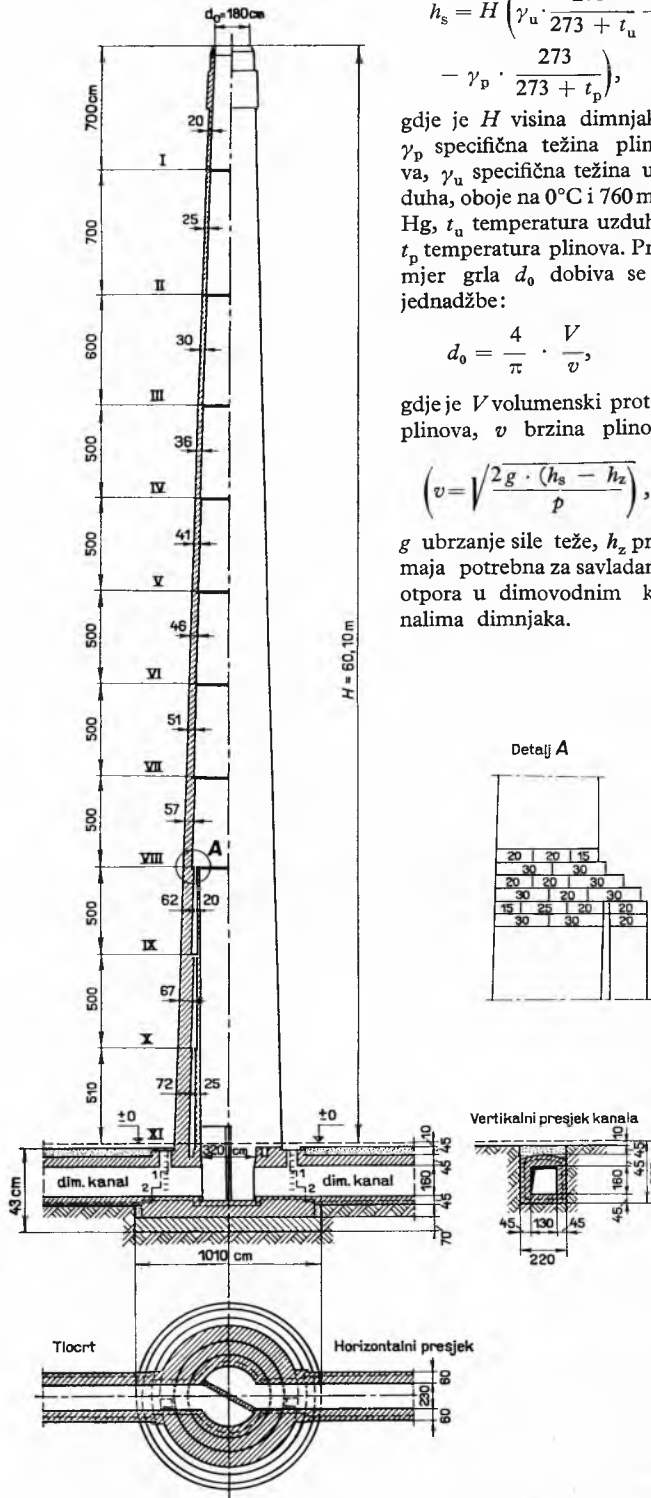
Tvornički dimnjak treba projektirati i izgraditi tako da bude osiguran i stanoviti rezervni kapacitet dimnjaka za slučaj kasnijeg proširenja tvornice ili promjene tehnološkog procesa itd.

Vrste tvorničkih dimnjaka. Prema svrsi kojoj su tvornički dimnjaci namijenjeni razlikuju se dimnjaci energetičkih postrojenja tvornice i dimnjaci za ventilaciju, tj. odvođenje osobito škodljivih plinova.

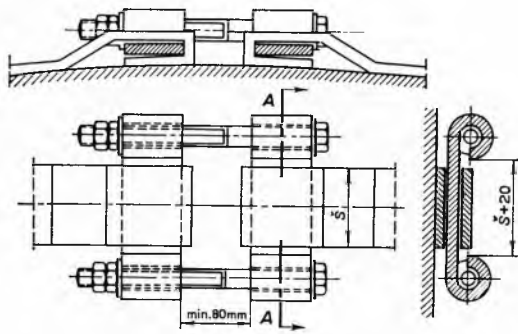
Prema materijalu od kojeg su građeni, tvornički dimnjaci se dijele na zidane od radijalne opeke ili od prefabriciranih blokova od opeke; armiranobetonske — monolitne ili od betonskih prefabriciranih blokova; čelične — od čeličnog lima.

Do visine od 100 m grade se najviše zidani tvornički dimnjaci jer se smatraju sa građevnotehničkog, termotehničkog i ekonomskog gledišta najpovoljnijim. Nedostaci zidanih dimnjaka jesu: veći obujam i veća težina konstrukcije, gradnja dugo traje, manje su otporni proti zemljotresu. Na manje nosivom terenu se preporučuju armiranobetonski ili čelični dimnjaci koji su lakši, brže se grade i bolje odolijevaju pritisku vjetra i zemljotresu, ali su zbog potrebne izolacije skuplji. Dimnjaci viši od 100 m redovno se grade od armiranog betona. Nedostatak čeličnih dimnjaka je kratak vijek trajanja i veliki troškovi održavanja.

Sastavni dijelovi tvorničkog dimnjaka. Tvornički dimnjak se sastoji uglavnom od temelja, dimovodnog kanala, trupa i glave (sl. 19). Temelj je građevni dio dimnjaka pod zemljom, a sastoji



Sl. 18. Tvornički dimnjak zidan od opeke



Sl. 21. Čelični obruč za stezanje dimnjaka

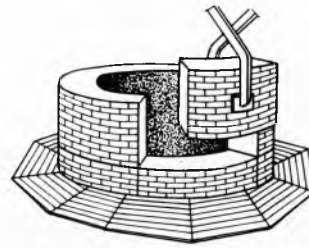
navedene su u tablici 2 i označene sa \times ; osim toga uobičajene su još i visine od 16, 20, 25, 36, 45 i 56 m.

Najmanja debljina zida je u glavi dimnjaka, a određuje se prema promjeru grla d_0 , kako to pokazuje ova tablica:

Promjer grla d_0 , cm	≤ 60	60...250	250...350	> 350
Debljina zida, cm	15	20	25	30

Zid tvorničkog dimnjaka ne smije biti vezan sa zidom susjedne zgrade. Ležajne reške (ležajnice) ne smiju biti šire od 15 mm, a sudarnice šire od 20 mm i uže od 8 mm. Ležajnice zaštitnog plašta ne smiju biti šire od 10 mm, a kod šamotne opeke šire od 4 mm.

Zidani tvornički dimnjaci grade se na betonskoj ili armirano-betonskoj temeljnoj ploči, temeljni zid je redovno zidan od opeke. Ako je temperatura dimnih plinova niža od 100 °C, dimnjak



Sl. 23. Montaža zidanog tvorničkog dimnjaka od segmentnih blokova od radijalne opeke

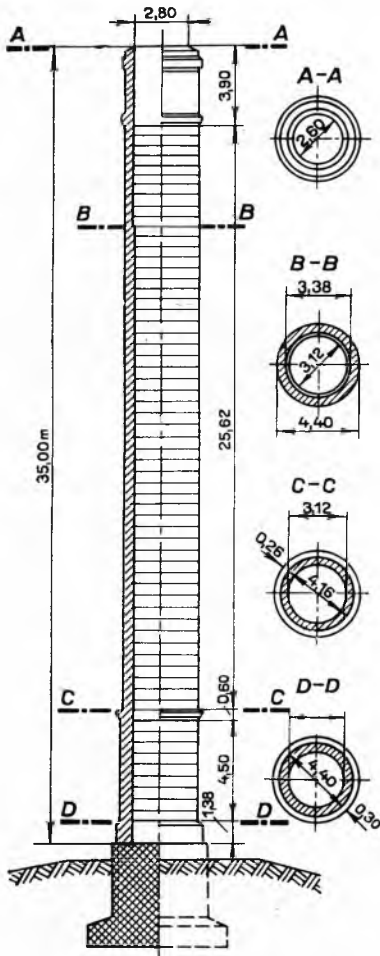
se radi bez unutrašnjega zaštitnog plašta. Pri temperaturama plinova od 100 do 300 °C mora biti ugrađen plašt od šamotne ili obične opeke najmanje do 1/3 visine dimnjaka. Pri temperaturama od 300 do 500 °C mora biti ugrađen zaštitni plašt na cijeloj visini dimnjaka, a za temperaturu više od 500 °C mora postojati šupljina među glavnim zidom i zaštitnim plaštom ispunjena odgovarajućim

izolacijskim materijalom. Zidani dimnjaci za temperature plinova od 100 do 300 °C moraju biti u dijelovima bez zaštitnog plašta stegnuti čeličnim obručima (pojasima, sl. 21), na vanjskoj strani trupa, i to u razmacima od najviše 2 m.

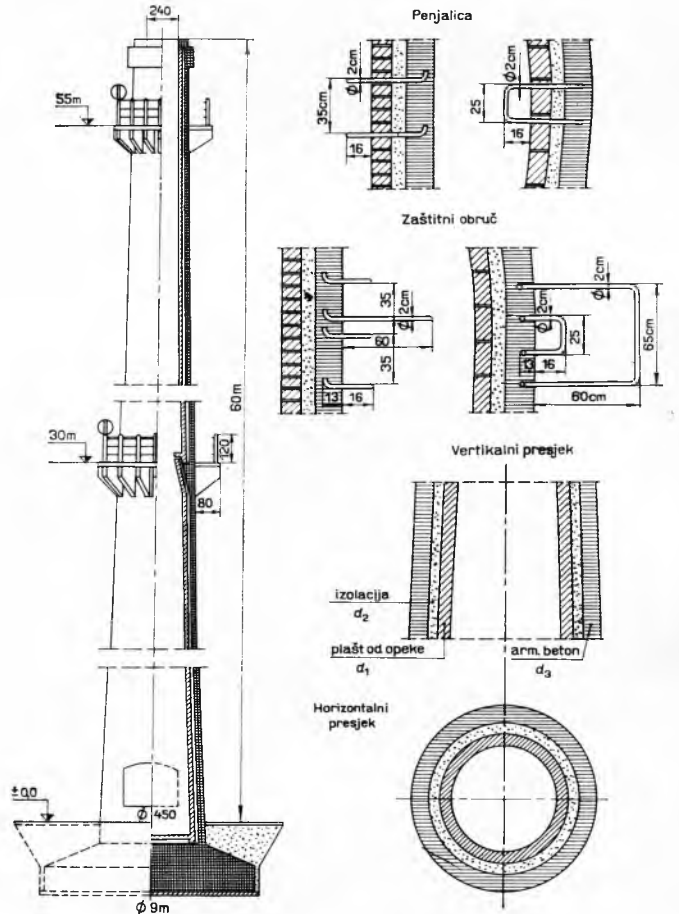
Zidani tvornički dimnjaci grade se i od prefabriciranih blokova (segmenata ili prstena) od opeke (sl. 22, 23), a osim toga i od fasonskih šupljih blokova od opeke. Prednost je zidanja od prefabriciranih blokova što se njime znatno skraćuje vrijeme gradnje (odnosno montaže) i smanjuju investicioni troškovi.

Kao vezno sredstvo radijalnih opeka u zidanom dimnjaku upotrebljava se produžni ili, bolje, cementni mort, a reške moraju biti zagladene cementnim mortom. Za gradnju tvorničkih dimnjaka preporučuje se upotreba prvorazredne radijalne opeke (čvrstoće na pritisak min. 200 kp/cm², postojane na mrazu, bez štetnih rastvorljivih soli, dobrog izgleda). Zaštitni plašt se gradi većinom od šamotne opeke sa šamotnim mortom, ali za temperature plinova niže od 300 °C može se graditi i od čelične opeke, ako plinovi nisu agresivni.

Armiranobetonski tvornički dimnjaci. Armiranobetonski tvornički dimnjaci (sl. 24) imaju promjer grla d_0 od 60 do 600 cm i visinu od 50 do 150 m. Najmanja debljina glavnoga zida je u glavi i iznosi najmanje 15 cm, a prema temelju se pojačava prema

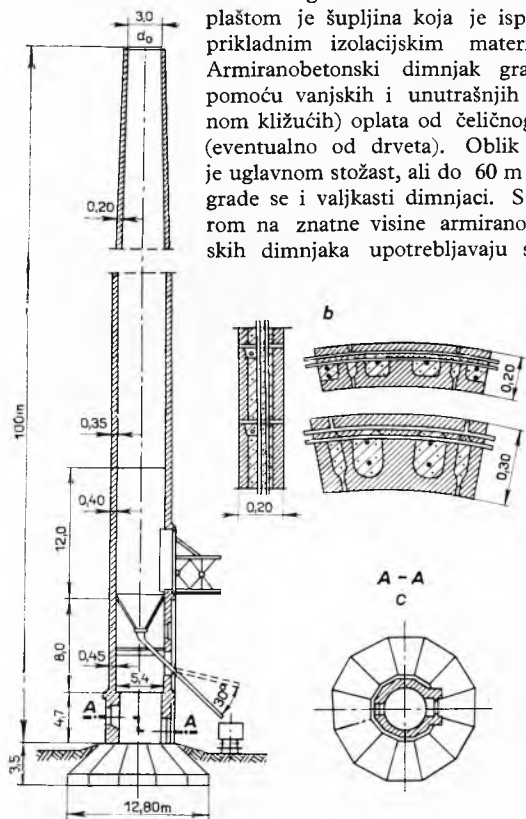


Sl. 22. Zidani tvornički dimnjak od valjkastih blokova od radijalne opeke



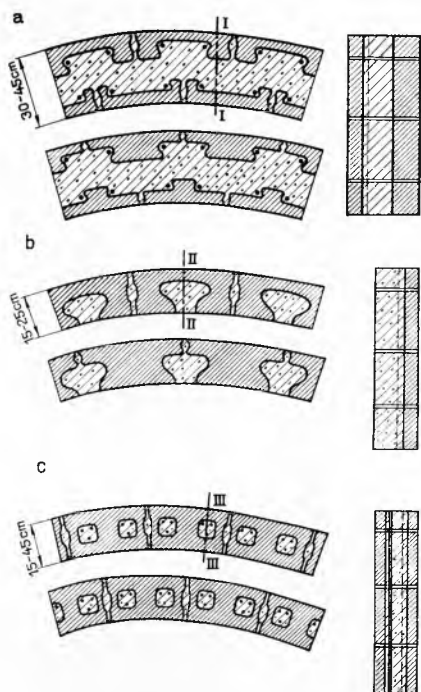
Sl. 24. Armiranobetonski tvornički dimnjak

statičkom proračunu. Glavni zid je od armiranog betona (monolitni), unutrašnji zidani zaštitni zid je od šamotne ili obične opeke, a među glavnim zidom i zaštitnim plaštom je šupljina koja je ispunjena prikladnim izolacijskim materijalom. Armiranobetonski dimnjak gradi se pomoću vanjskih i unutrašnjih (većinom ključnih) oplata od čeličnog lima (eventualno od drveta). Oblik trupa je uglavnom stožast, ali do 60 m visine grade se i valjkasti dimnjaci. S obzirom na znatne visine armiranobetonskih dimnjaka upotrebljavaju se pr;

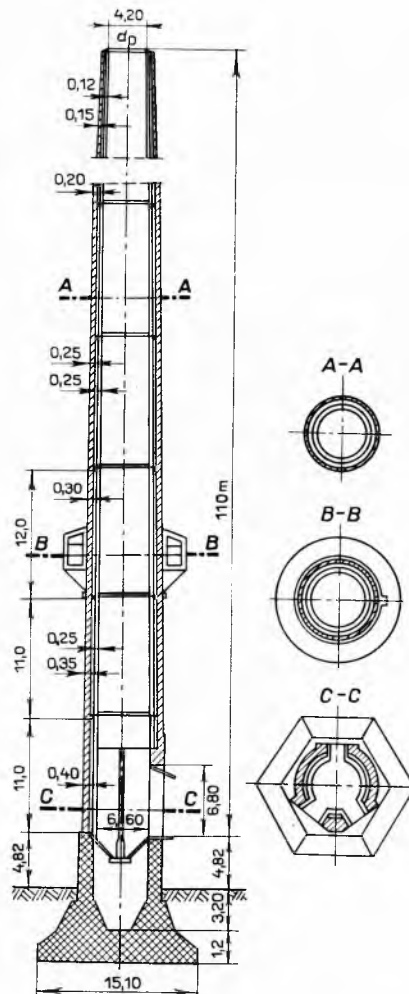


Sl. 25. Armiranobetonski tvornički dimnjak od prefabriciranih betonskih blokova. a Vertikalni presjek, b vertikalni i horizontalni presjek betonskih blokova, c horizontalni presjek

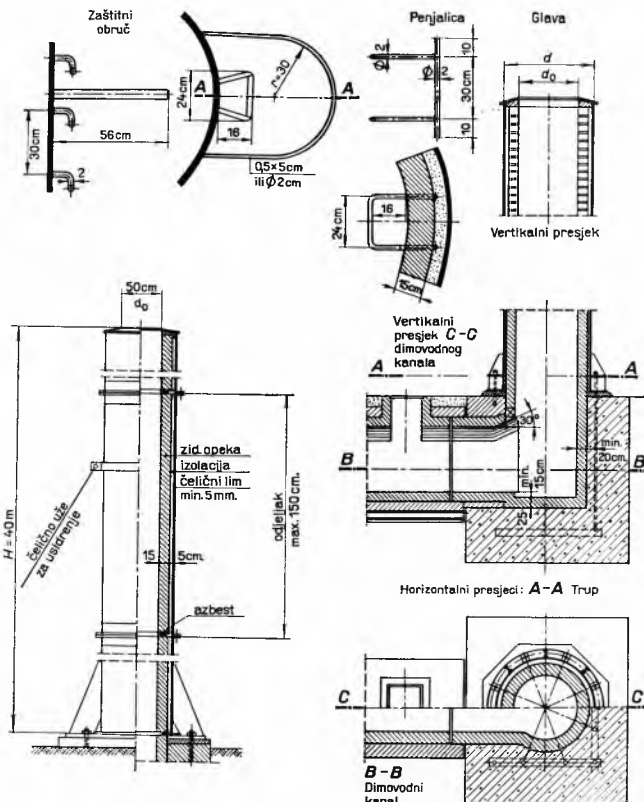
gradenju mehaničke dizalice i drugi uređaji (kao npr. švedski patentirani uređaj Ali-K za gradenje iznutra). Betoniranje dimnjaka uz primjenu najnovijih pomoćnih uređaja ide dosta brzo, ali vrijeme gradnje se znatno produljuje zidanjem zaštitnog plašta



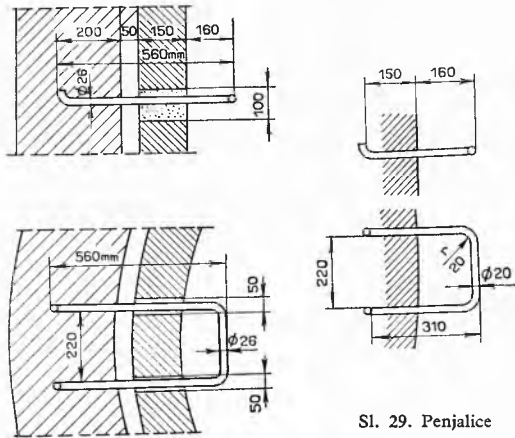
Sl. 26. Prefabricirani betonski blokovi (patent Lupescu) za tvorničke dimnjake, horizontalni i vertikalni presjeci. a Otvoreni blok za zid 30-45 cm, b otvoreni blok za zid 15-25 cm, c zatvoreni blok za zid 15-45 cm



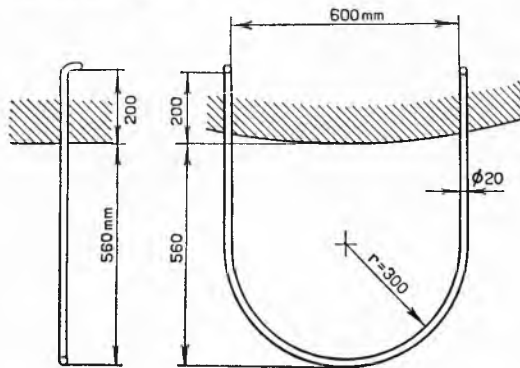
Sl. 27. Armiranobetonski tvornički dimnjak od prefabriciranih betonskih blokova



Sl. 28. Čelični tvornički dimnjak



Sl. 29. Penjalice



Sl. 30. Zaštitni obruč

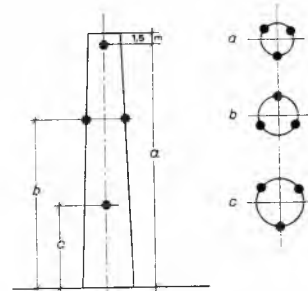
i stavljanjem izolacije, a građenje unutrašnjih dijelova znatno povisuje i investicione troškove.

U novije vrijeme se armiranobetonski dimnjaci (sl. 25, 27) grade i od prefabriciranih betonskih blokova različitih sistema, kao što je npr. sistem Lupescu (sl. 26).

Čelični tvornički dimnjaci grade se za industrijske peći i specijalne uređaje ako je čelični dimnjak pogodniji nego armiranobetonski ili zidani dimnjak zbog tehničkih i ekonomskih razloga i kraćeg trajanja gradnje. Čelični dimnjaci imaju redovno kružni presjek i ponajviše valjkasti (cilindrički), ali i stožasti oblik trupa, a grade se kao samonosni ili sa usidrenjem pomoću čeličnih užeta. Temelj čeličnog dimnjaka je od betona ili armiranog betona sa dovoljnim usidrenjem po propisima o čeličnim konstrukcijama. Trup se gradi sa djelomičnim zaštitnim plaštom (vanjskim, do 2/3 visine) ili sa unutrašnjim zaštitnim plaštom od šamotne ili obične opeke na cijeloj visini i sa šupljinom među čeličnim i zidanim plaštom (3...5 cm) ispunjenom izolacijskim materijalom. Odjeljci (katovi) trupa su uzajamno tijesno spojeni i pričvršćeni vijcima. Debljina čeličnog lima mora biti najmanje 5 mm za promjer grla $d_0 \leq 100$ cm, a ako je $d_0 > 100$ cm, debljina lima mora biti 6 mm, s tim da se prema temelju pojačava. Čelični dimnjak sa zaštitnim plaštom i izolacijom je prikazan na sl. 28.

Oprema visokih tvorničkih dimnjaka. Na svakom tvorničkom dimnjaku moraju, za čišćenje i popravke, biti ugrađene čelične penjalice (min. $\varnothing 20$ mm) na vanjskoj i unutrašnjoj strani trupa u razmacima po 30...40 cm i sa istakom 16 cm, a osim toga moraju na dimnjaku biti čelični zaštitni obruči (min. $\varnothing 20$ mm ili 50×5 mm) u razmacima po max. 3 m i sa istakom 56...60 cm (sl. 24, 28, 29, 30).

Svaki tvornički dimnjak viši od 30 m mora imati signalno osvjtljenje na propisanoj visini (vidi sl. 31 i tabl. 3), a prema potrebi i istaknuti balkon oko



Sl. 31 Signalno osvjtljenje na tvorničkim dimnjacima

vanjskog zida dimnjaka, na mjestu gdje su signalna osvjtljenja (v. sl. 24). Osim toga se tvornički dimnjaci iznad 30 m visine označuju i napadnim premazima (npr. crveno-bijelim kvadratima ili pojasima).

Svaki tvornički dimnjak mora imati gromovod u skladu sa tehničkim i sigurnosnim propisima. Dimnjak viši od 30 m visine

Tablica 3
RAZMJESTANJE SIGNALNOG OSVJETLJENJA NA TVORNIČKIM DIMNJACIMA

Visina lampa, m	Visina dimnjaka, m								
	32	50	56	63	70	80	90	100	110
a	30,5	48,5	54,5	61,5	68,5	78,5	88,5	98,5	108,5
b	—	—	27,0	31,5	—	33,5	43,5	48,5	73,5
c	—	—	—	—	—	—	—	—	38,5

mora imati dva gromovoda na suprotnim stranama. Svaki gromovod mora biti posebno uzemljen, a oba gromovoda treba spojiti pri glavi dimnjaka i u zemlji (pod terenom). Gromovodne motke moraju stršiti 1 m iznad glave dimnjaka. Kod čeličnih dimnjaka mora svako čelično uže za usidrenje dimnjaka imati svoje uzemljenje.

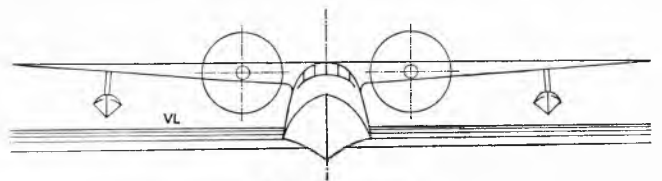
LIT.: O. Krell, Altrömische Heizungen, München 1901. — H. Fahr, Die Fabrik-Schornsteine, Hagen i. W. 1940. — A. Hasenbein, Maurer, Schornsteinfeger. Schornstein, Berlin 1942. — J. R. Dalzell, Ch. L. Hubbard, Air conditioning, heating and ventilating, Chicago 1947. — M. Radonić, Grejanje i vetrenje, Beograd 1952. — W. H. Severns, J. R. Fellows, Air conditioning and refrigeration, New York 1958. — M. Garms, Handbuch der Heizungs- u. Lüftungstechnik, Leipzig 1959. — A. Iliev Ljavev, Visoki stomanobetoni komini, Sofija 1962.

V. Sajko

DINAMIČKA LETEĆA MAŠINA, naprava koja svoju sposobnost da leti ili se trajno održava u vazduhu zasniva na uravnoteženju svoje vlastite težine pomoću neke veštački stvorene dinamičke sile, najčešće aerodinamičke.

Glavni i najrasprostranjeniji predstavnik dinamičke leteće mašine jeste avion ili aeroplan. On uravnotežava vlastitu težinu time što stvara aerodinamičku silu na svom nosećem sistemu, krilu, njegovim relativnim kretanjem kroz vazduh. Da bi avion mogao poleteti, potrebno je ubrzati ga do neke određene minimalne brzine (koja zavisi od težine aviona, noseće površine krila i njegovih aerodinamičkih karakteristika) i time stvoriti na njegovu krilu uzgon dovoljno velik da savlada vlastitu težinu celog aviona. Kada je avion već uzleteo i postigao potrebnu visinu, prelaz na veću horizontalnu brzinu leta postiže se smanjenjem napadnog ugla (v. *Aerodinamička sila i moment*, TE 1, str. 11), što dovodi do smanjenja koeficijenta otpora i povećanja brzine. Treba li da se avion popne na veću visinu, opet se povećava napadni ugao, čime se povećava nosivost ali i otpor aviona. Brzina se smanjuje u svom apsolutnom iznosu, ali dobija odgovarajuću vertikalnu komponentu, »brzinu penjanja«. Osnovna shema rasporeda i funkcionisanja glavnih sila na avionu za vreme leta data je na sl. 1. članka *Avion* (TE 1, str. 562) u kojem je članku dat takode pregled konstrukcije aviona i prikaz uređaja u njemu.

Prvu fazu evolucije aviona u cilju proširenja domena njegove praktične primene predstavljala je adaptacija aviona za upotrebu sa vodenih površina. Tako je nastao hidroavion ili hidroplan.



Sl. 1. Hidroavion

Stajni organi sa točkovima zamenjeni su na njemu odgovarajućim plovnim organima, i to najčešće u vidu dva uporedna plovka. Daljom evolucijom ova dva plovka stopila su se sa centralnim trupom u jedan veći centralni čamac, čije dno ima sve karakteristike plovaka a unutrašnjost ima ulogu trupa (sl. 1).

Dalji korak ka većoj univerzalnosti praktične primene aviona javlja se u koncepciji *amfibije* (sl. 2), koja predstavlja praktično