

## ASPEKTI GRAĐEVINSKE FIZIKE PRI NADGRADNJI

BORISLAV BUDISAVLJEVIĆ  
DANICA BOLJEVIĆ

UDK: 699.8.059.38:624.3/.5=861  
STRUČNI RAD

### UVOD

Građevinska fizika obuhvata širok niz posebnih specijalnosti među kojima su zvučna i toplotna zaštita, hidroizolacija, zaštita od požara, ekologija i dr.

Trebalo je dugi niz godina da se ova struka promoviše na pravi način, a njeni počeci datiraju iz perioda posle II svetskog rata, praktično osnivanjem Instituta IMS. Pre toga bilo je inženjera, uglavnom arhitekti, koji su u svojoj praksi respektovali i prihvatili pravila, pa snagom autoriteta uspevali da sprovedu u projektovanju i izgradnji načela građevinske fizike uglavnom samo na kapitalnim objektima. Sa druge strane, mora se priznati da je ova oblast i u svetu svoj pravi zamah dobila tek u drugoj polovini XX veka.

Aspekti građevinske fizike u neimarstvu kod nas se uglavnom poštuju. Sadašnje stanje može da se okarakteriše sa nekoliko bitnih preduslova za stvarnu realizaciju aspekata građevinske fizike. U prvom redu treba pomenuti postojanje svesti, teorijskih predznanja i kritične mase stručnih ljudi koja shvata značaj struke. Za sprovođenje u neimarstvu potrebno je da postoji praksa da se pravila građevinske fizike formalizovano sprovedu kroz projektnu dokumentaciju. U tom smislu možemo govoriti o stvarno formalnom odnosu, koji se, po pravilu, sprovodi kroz obaveznu projektnu dokumentaciju, i osećanju profesionalne odgovornosti, koji kroz dobru projektantsku praksu realizuje aspekte struke.

Sledeća faza podrazumeva postojanje domaće industrije građevinskih materijala sposobne da prati trendove i obezbedi realizaciju projektantskih zamisli tokom izgradnje. Na kraju, što u krajnjoj instanci postaje i najvažnije, treba u izvođačkoj praksi imati dovoljno edukovanu strukturu koja mora da shvata značaj i potrebu mera koja se tiču građevinske fizike. Ovu poslednju kariku u lancu izgradnje, sa jedne strane kao najvažniju, a sa druge i u sadašnjem trenutku i kao najslabiju, treba u nekom narednom periodu značajno unaprediti kako bi se realizovao pun efekat struke.

Nesto skromnija investitorska vremena, ali i ozbiljne političke i tehničke greške iz prethodnog perioda, name-

tnula su jedan poseban zadatak koji je kod nas obuhvaćen terminom nadgradanja.

Poslednji sprat – penthaus – u svetu predstavlja ek-skluzivno rešenje, a kod nas nekako izmiče kontroli i često se svodi na nešto što bi se pre moglo okarakterisati kao prinudni smeštaj. Na ovaj način se uništava prirodno bogatstvo i dugoročno zamrzava dobijanje odličnih rešenja. Imidž poslednjeg sprata treba stvoriti i to je moguće.

Jedan od značajnog niza problema kod penthausa vezan je građevinsku fiziku. Naredni tekst će se baviti uglavnom projektantskim aspektom gradnje, a posebno nadgradnje.

### 1. GRAĐEVINSKA FIZIKA U PROJEKTOJ DOKUMENTACIJI

Građevinska fizika, uopšte, u projektnoj dokumentaciji javlja se uobičajeno u nekoliko različitih formi. Prema predmetu dokumenta moguće je dokumentaciju vezanu za ovu problematiku podeliti prema sledećoj organizaciji (celinama), Tabela 1.

Tabela 1. Podela dokumentacije po celinama

Građevinska fizika	A.1. Akustika A.2. Zvučna zaštita A.3. Arhitektonska akustika A.4. Zaštita od buke i vibracija A.5. Zvučna izolacija	B.1. Toplotna zaštita B.2. Toplotna izolacija B.3. Toplotni gubici u prostorijama
--------------------	--	---

Forme u kojima je moguće obraditi tehničku dokumentaciju predstavljene su u Tabeli 2. U tabeli su, za date forme, dati odnosi dokumenta prema drugoj projektnoj dokumentaciji, odnos izvršioca prema dokumentu, formalni odnos odgovornosti, kao i status opšteg priloga.

Kao poglavlja u okviru dokumentacije uobičajena su standardna poglavlja za projektnu dokumentaciju. Tehnička dokumentacija koja se odnosi na građevinsku fiziku, po pravilu, ne sadrži poseban predmer i predračun radova, već se ovaj deo nalazi u nekom drugom dokumentu. Izuzetno, ako je ugovoren projekat građevinske fizike ili neke druge celine, dokumentacija može da sadrži i predmer i predračun radova ako je to ugovorom tako definisano, u protivnom, po pravilu, ovaj dokument ne sadrži ovaj prilog.

Adrese autora: Institut IMS d.d., Bulevar vojvode Mišića 43, Beograd, Jugoslavija

Tabela 2. Forme projektne dokumentacije

Dokument	Odnosi, sadržaj i obim
Studija	samostalno ili u drugom projektu / autor / bez opštih priloga
Elaborat	u drugom projektu / projektant / odgovorni projektant / sa ili bez opštih priloga prema ugovoru
Projekat	samostalni dokument / glavni projektant / odgovorni projektant + unutrašnja kontrola / sa opštim priložima
Analiza	predstavlja deo prethodnih dokumenta i može da bude samostalni dokument ili sastavni deo druge dokumentacije
Proračun	predstavlja računski deo prethodnih dokumenata i obavezno je sastavni deo neko drugog dokumenta

### 1.1. Poglavlja u projektnoj dokumentaciji građevinske fizike ili njenih delova

Sadržaj projekta građevinske fizike su sledeća poglavlja: 1. Naslovna strana, 2. Sadržaj, 3. Opšti prilozi (sadržaj i obim prema ugovoru), 4. Zadatak, 5. Tehnički opis, 6. Evidencija mera, 7. Proračuni, 8. Tehnički uslovi, 9. Opisi i skice, 10. Predmer i predračun radova (prema ugovoru i posebnom dogovoru) i 11. Literatura.

#### 1.1.1. Zadatak

Zadatak obuhvata:

1. Opšti obim prema dogovornom dokumentu, standardu, propisu i sl.
2. Uslove na nivou projektnog zadatka i
3. Uslove po posebnom zahtevu naručioca.

#### 1.1.2. Tehnički opis u akustičkom projektu

Tehnički opis treba da sadrži:

1. Na koje se objekte odnosi,
2. Izvor podataka i podloga za projektovanje,
3. Vreme izrade u odnosu na druge projekte,
4. Mesto, ulicu, situaciju, orijentaciju i sl: uticaj komunalne buke na objekat, povećanje komunalne buke iz objekta,
5. Broj objekata, lamela, ulaza, spratnost,
6. Sadržaj u objektu: evidenciju bučnih prostora, evidenciju prostora koji se štite, evidenciju prostora sa akustičkom obradom,
7. Namenu objekta,
8. Obim projekta,
9. Propise i usvojene kriterijume: zvučnu izolaciju i propustljivost, dozvoljenu buku u prostorima, apsorpcione obrade prostora, zračenje buke prema susedstvu, elastično oslanjanje,
10. Opise konstrukcija u objektu, tipove pregrada: posebne uslove za konstrukcije i detalje, uslove za prozore i vrata, optimizaciju, izolaciju,
11. Organizaciju projekta i kako ga primenjivati,
12. Organizaciju proračuna,
13. Ukazivanje na tehničke uslove i
14. Uslove koji se sprovode u drugim delovima dokumentacije.

U svim delovima dokumentacije koji se odnose na akustiku, po pravilu, daju se opisi i pregledi i činjenica vezanih za objekat, kao što su:

1. Arhitektonska dispozicija prostora,
2. Dispozicija bučnih prostora u odnosu na tihe,

3. Dispozicija boravišnih prostora u odnosu na stepenište, liftove i dr.,

4. Dispozicija mokrih čvorova u odnosu na boravišne prostore,

5. Unutrašnja obrada prostora i uređenja,

6. Prozori i vrata,

7. Odnos prema instalacijama: grejanja, ventilacije, klimatizacije, vodovoda, kanalizacije, dimnjaka i dr.,

8. Bučne prostorije: liftovi, dizelagregati, trafostanice, garaze, lokali, podstanice i dr.,

9. Egzistenciju posebno visokih nivoa,

10. Procenu spoljne buke i

11. Akustičke uslove za projekte instalacija i druge delove dokumentacije.

#### 1.1.3. Evidencija mera

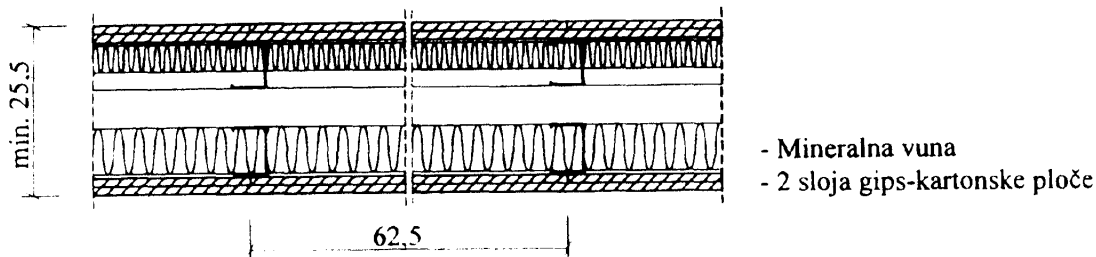
Dokumentacija koja se odnosi na građevinsku fiziku uopšte, kao i njene delove, po pravilu ne sadrži grafičku dokumentaciju već se u najvećoj meri oslanja na arhitektonsko-građevinske osnove. Iz tog razloga potrebno je na drugi način obezbediti pregled projektovanih mera i povezivanje sa ostalom tehničkom dokumentacijom. Ovo se ostvaruje odeljkom Evidencija pregrada, a u delu koji se odnosi na akustiku i evidencijom izvora buke, bučnih prostora i procesa i spiskom relevantnih detalja. Arhitektonske osnove sadrže oznake akustičkih i termičkih pozicija.

## 2. SPECIFIČNOSTI KOD NADGRADNJE

Principijelno u očima laika je sve isto: odluka o gradnji, rešenje imovinsko-pravnih odnosa, programsko rešenje, idejni projekat, glavni projekat, gradnja, nadzor, tehnički pregled i, na kraju, prodaja. Svako ko se malo bolje zamisli i udubi u problematiku shvatiće da su problemi kod nadgradnje ipak teži ili bar drugačiji.

### 2.1. Što lakša konstrukcija

Jedan od značajnih problema proističe iz jednog od osnovnih zahteva koji se postavlja pred svakog projektanta nadgradnje: sa što lakšom konstrukcijom dograditi jednu ili više etaža na objektu koji je prvobitno projektovan, proračunat i izveden da nema to dodatno opterećenje. Ovako, po pravilu, ultimativno postavljen zahtev ograničava polje za projektovanje i direktno je kontradiktoran pravilima koja daju prirodno dobro rešenje zvučne zaštite. Istina, problemi akustike mogu se rešiti i lakim, ali znatno složenijim konstrukcijama. Treba imati u vidu da je naše građevinarstvo ipak u većoj meri vezano za masivnu, dakle i tešku, gradnju i nedovoljno vično industrijskoj gradnji, koja sada zahteva i jedan drugačiji oblik zanatskih znanja koja naša operativa nema. Ako se ima u vidu da tek prosečna površinska masa od 360kg/m<sup>2</sup> obezbeđuje minimalno potrebnu i zahtevanu zvučnu izolacionu moć, jasno je da ostvarivanje potrebne izolacije nije u masivnoj gradnji. Montazni sistemi daju akustički zadovoljavajuće rešenje. Međutim, bitna razlika na nivou projektovanja i izvođenja, što je ovde specifikacija materijala i opis, ne garantuju ostvarenje potrebne izolacije. U prvom redu isporučilac, a zatim i izvođač moraju svojim dodatnim znanjima i specifičnostima sistema da obezbede ostvarivanje zahtevane izolacije. Dok je realizacija zvučne izolacije zida od pune opeke praktično rutinska, bez posebne i velike stručnosti izvođača, dotle se kod montažne



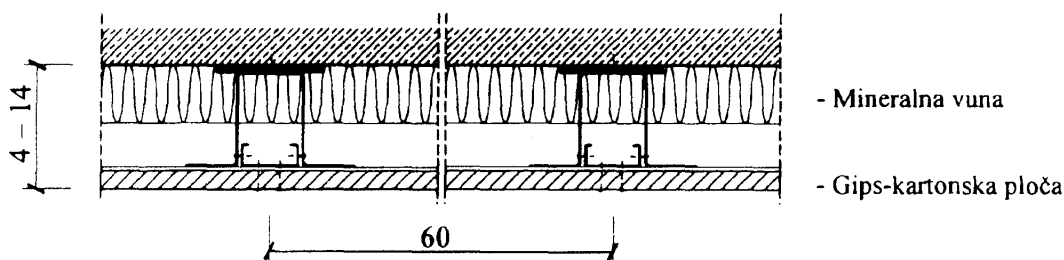
Slika 1. Montažni zid: deklarirana izolaciona moć  $R=55\text{dB}$

gradnje to ostvaruje samo sa specijalizovanim monter-skim ekipama. Pri tome se podrazumeva da isporučilac kontroliše proizvod u nezavisnim laboratorijama i da se kontrola akustičkim merenjem izvodi u završnim fazama gradnje na objektu.

Na slici 1 je prikazan jedan montažni zid, čija je izolaciona moć  $R = 55 \text{ dB}$ , dakle nešto više nego što je minimalno potrebna izolacija između dva stana. Sa istom specifikacijom materijala izolacija ovakvog zida se deklarise u širokim granicama od  $45 \text{ dB}$  do  $55 \text{ dB}$ . Ako se uzmu i specifičnosti projektantskog rešenja i ugradnje, u praksi su nađene i izmerene vrednosti improvizovanih rešenja ovakvog zida od  $35 \text{ dB}$ . Ovakva negativna razlika od  $20 \text{ dB}$  znači da zid propušta energiju 100 puta veću od deklarirane.

## 2.2 Princip "svako svojstvo jedan sloj"

Zahtevi koje konstrukcija treba da zadovolji u današnjoj gradnji ispunjavaju se prema funkciji, a kombinacija svojstava se ostvaruje uglavnom retko. Evo jednog primera. Jedan fasadni zid ima slojeve kojima se posebno ostvaruju estetika, zaštita od uticaja kiše i vetra, toplotna izolacija, kontrola difuzije vodene pare, zvučna zaštita, statičke konstruktivne osobine i dr. Difuziona otpornost sloja koja se ostvaruje parnom branom ima vrednost koja je desetinu puta veća od difuzione otpornosti slojeva koji se nalaze u konstrukciji i utiču na difuziju vodene pare i sprečavanje kondenzacije. Zvučna izolacija se ostvaruje slojevima koji nemaju izražena druga svojstva, a ostali slojevi uglavnom ne doprinose povećanju zvučne izolacije, dok bi neki mogli čak i da je smanje. Situacija kod toplotne izolacije je slična. Osnovni sloj toplotnog izolatora nosi uglavnom najveći procenat toplotne otpornosti, a uticaj ostalih slojeva je uglavnom beznačajan. Ovakva situacija je proistekla iz koncepta u kome se materijali, prema funkciji, unapređuju do granica praktičnih mogućnosti. Tako, na primer, kvalitetni moderni toplotni izolacioni materijali imaju koeficijent toplotne provodnosti koji je blizak teorijskim mogućnostima i ostvaruju se vrednosti ispod  $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{mK})$ .



Slika 2. Poboljšanje izolacione moći masivne pregrade  $R=4-10\text{dB}$

Sa druge strane, koeficijenti toplotne provodljivosti osnovnih građevinskih materijala znatno su viši, na primer opeka ima koeficijent toplotne provodljivosti koji je oko  $\lambda = 0,6 \text{ W}/(\text{mK})$ . Posebnim merama i sa mnogo napora, a na ustrb drugih osobina, moguće je koeficijent  $\lambda$  osnovnih građevinskih materijala poboljšati za neki procenat. Ako se uzme u obzir da su debljine izolacije i debljine ostalih slojeva slične proizilazi da je toplotna otpornost sloja sa toplotnim izolatorom između 10 i 20 puta veća od ostalih konstruktivnih slojeva. U takvoj situaciji poboljšanje termičkih osobina konstruktivnih i ostalih slojeva beznačajno utiče na ukupne termičke osobine pregrade.

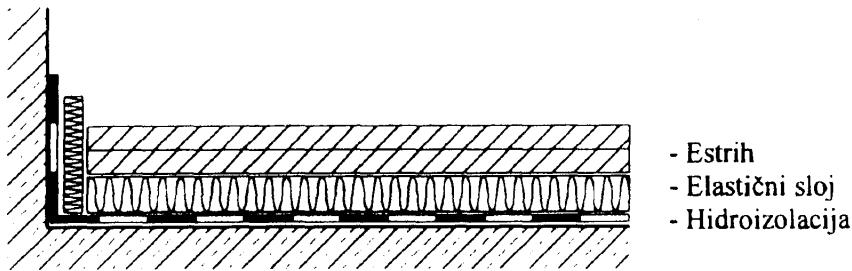
## 2.3. Zatečena zvučna izolacija prema donjoj etaži

Potreba za realizacijom zvučne izolacije po vertikali, odnosno međuspratnom konstrukcijom, u pogledu komponente vazdušnog zvuka, ekvivalentna je zahtevu koji se postavlja pred zidove,  $R = 52 \text{ dB}$ . U jednom broju starih objekata postojeći konstruktivni sistem ne obezbeđuje dovoljnu izolaciju. Pri tome, najčešće, slojevima konstrukcije, kojima bi se ona otežavala, nije moguće dostići potrebnu izolaciju. Treba imati u vidu da kod masivnih pregrada izolaciona moć raste samo za  $6\text{dB}$  za svako udvostručavanje mase. Samo u nekim slučajevima moguće je povećanje zvučne izolacije postići spuštanjem plafonom u donjem stanu, naravno uz veliko deranžiranje davno useljenih starih vlasnika. Jedno takvo rešenje je prikazano na slici 2.

Izolacija od zvuka udara postiže se relativno jednostavno plivajućim podom, pa treba odabrati samo najefikasniji i najrentabilniji sistem kojim se ovo postiže, slika 3.

## 2.4. Zvučna izolacija prema spoljnom prostoru preko krova

Put prolaza buke preko krova često biva zanemaren. Ovaj problem praktično ne postoji ako iznad poslednjeg stambenog sprata postoji tavanski prostor bez obzira kakva je kombinacija međuspratna konstrukcija-krov. Međutim, kod dogradnje, pogotovo kada nema ta-



Slika 3. Plivajući pod: normalizovani nivo zvuka udara  $L_N = 64$  dB

vanskog prostora, što je i najčešći slučaj, ovaj put prenoša nije zanemarljiv, pogotovo kada se ima u vidu da rešenje koje proističe kao rešenje toplotne zaštite nije dovoljno.

Plafon koji proizilazi kao estetsko–enterijersko rešenje zatvaranja tavanice, po pravilu, nije dovoljan sa aspekta izolacije vazdušne komponente zvuka. Mora se tražiti rešenje koje zadovoljava i zahteve za potrebnom zvučnom izolacijom. Ovome treba pridodati da postoje i dodatni problemi koji nastaju od dobovanja kiše. Koliko god da ovakvi zvuci, u trenucima euforije, mogu da budu vrlo poželjni ili čak romantični, ako se redovno ponavljaju, po pravilu se deklarišu kao smetnja, pa ih u fazi izgradnje treba predvideti i pravilnim projektansko–izvođačkim rešenjem preduprediti.

Jasno da ova rešenja ne mogu uvek da obezbede jeftinu gradnju.

## 2.5. Buka lifta i krovnih ventilatora

Napred pominjana rešenja izolacije od vazdušnog zvuka rešavaće i pitanje zaštite od vazdušne komponente oba ova uređaja. Međutim, kod krovnih ventilatora, a još češće kod liftova, postoji komponenta struktumog zvuka koja neće biti eliminisana izborom krovnog pokrivača i koju je relativno teško eliminisati pregradama za koje se u projektovanju smatraju da predstavljaju neminovne projektantske zahvate. U oba slučaja, ako postoji komponenta struktumog zvuka, neophodno je elastično temeljenje uređaja. Postupak podrazumeva da se postojeći uređaj za neko vreme demontira, obezbedi elastično temeljenje i zatim uređaj ponovno montira. Rešenje i dimenzionisanje elastičnog oslanjanja, po pravilu, daje projektant akustičar.

Ukoliko postoje sistemi kod kojih su mogući izvori buke pomenutog tipa, neefikasniji način projektovanja je obezbeđenje projektantskih podloga merenjem. Akustička merenja u ovom slučaju treba da obezbede tehnički dobro dimenzionisano rešenje. Merenja po pravilu podrazumevaju uskopojasnu frekvencijsku analizu buke i vibracija. Sa dobijenim podacima i prema postavljenom kriterijumu moguće je optimalno dimenzionisati mere zaštite. Standardno projektantsko rešavanje sa usvajanjem podataka praktično je neprihvatljivo.

## 2.6. Limeni krovni pokrivači i kondenzacija

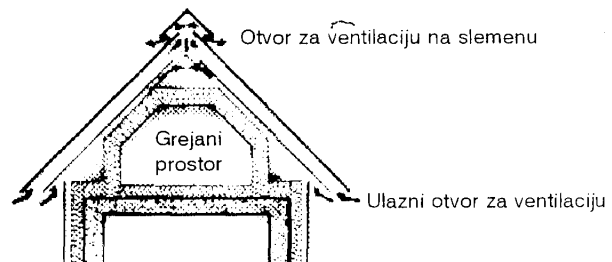
Limeni krovni pokrivač, kao efikasno, često, lako i prigodno rešenje pokrivanja kod nadgradnje, nosi probleme koji su vezani za difuziju i kondenzaciju vodene pare. Lim je jedan od retkih građevinskih materijala koji predstavlja idealnu parnu branu, a kada se radi o krovnom pokrivaču, postavljenoj na pogrešnom mestu. U slu-

čaju kada se projektuje krovni pokrivač od lima principijelno postoje dva moguća rešenja:

1. da se sa unutrašnje strane predvidi stvarno idealna parna brana i
2. da se predvidi vazdušni sloj sa dobrim provetranjem.

Prvo pomenuto rešenje uglavnom je složeno i vrlo kritično za izvođenje. Takođe, tokom eksploatacije objekta postoji mogućnost oštećenja parne brane, što bi vrlo brzo dovelo do svih neželjenih posledica od difuzije i kondenzacije vodene pare.

Drugo rešenje pretpostavlja da je u krovnoj konstrukciji predviđen vazdušni sloj, koji pri tome treba da bude dobro ventilisan. Ventilaciju vazdušnog sloja treba izvesti tako da otvori prema spoljnoj sredini postoje na višoj i nižoj tački krova, slika 4, a eventualno, po potrebi, i sa dve naspramne kalkanske strane.



Slika 4. Izvođenje ventilacije vazdušnog sloja

## 2.7. Gubici prema donjoj etaži ne postoje

Prema važećoj regulativi, za svaki novoprojektovani objekat, pa i nadgradnju, potrebno je poštovati zahteve prema standardu [ ] kojim se zahteva da specifični gubici (gubici po jedinici zapremine) budu manji od standardom propisanih vrednosti. Propisom se traži da specifični gubici  $\phi_{VT}$  budu:

$$\phi_{VT} \leq 7 + 14 f_0.$$

gde je  $f_0$  faktor oblika objekta. Budući da je  $f_0$  u slučaju nadgrađenog dela objekta manji nego da se radi o slobodno stojećem objektu, jer je površina kojom se objekat deli od spoljnog prostora manja, dozvoljeni specifični gubici su manji, pa bi to značilo da je potrebno projektovati veću toplotnu izolaciju ostalog dela spoljašnjeg omotača dograđenog dela. Sa druge strane, i stvarni gubici će biti manji. Kako se i jedni i drugi gubici, dozvoljeni i stvarni, računaju za istu razliku temperatura, izolacija fasade kod nadgradnje neće se razlikovati od izolacije kod slobodno stojećeg objekta.

## 2.8. Problem ventilacionih gubitaka

Mada problem ventilacionih gubitaka nije obuhvaćen domaćom zakonskom regulativom, oni ipak moraju da budu projektantski razrešeni na adekvatan način. U prvom redu, ventilacioni gubici su povećani na visokim etažama. Iz tog razloga, sva fasadna stolarija ili bravarija mora da bude adekvatno odabrana. Ovo praktično znači da je neophodno zahtevati ove elemente sa propisanom vrednošću koeficijenta propustljivosti procepa  $a$  [ $\text{m}^3/(\text{mhPa}^{2/3})$ ]. Sa druge strane, treba imati u vidu da i elementi, kao što su zidovi i krovovi, pogotovu kada se oni izvode kao lake montažne konstrukcije, mogu da imaju značajne vrednosti vazdušne propustljivosti, pa u tom smislu moraju da budu predviđene mere kojima će ovaj parametar, sa jedne strane, biti uzet u proračun toplotnih gubitaka, a sa druge strane, kod izvođenja biti kontrolisan.

U vezi sa ovim problemom, uputno je držati se neke priznate inostrane regulative. U tom smislu, jedno rešenje je ruski propis SNiP [8].

## 2.9. Toplotnu izolaciju je potrebno dimezionisati prema letnjem režimu

Danas je uobičajeno, u projektantskoj praksi, da se toplotna izolacija u fasadnim zidovima predviđa debljine 5–8 cm, a u krovovima 10–16 cm. Ovako bogato dimezionisana toplotna izolacija obezbeđuje koeficijent prolaza toplote  $k \leq 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Na ovaj način mogu se toplotni gubici u zimskom režimu vrlo efikasno i ekonomično kontrolisati. Mnogo veći problem, po pravilu, predstavlja rešenje toplotne zaštite dimezionisane prema letnjem režimu, pogotovu za južne i jugozapadne orijentacije konstrukcija. Imajući u vidu da se, po pravilu, radi o lakim konstrukcijama, često površinske mase od  $100 \text{ kg}/\text{m}^2$ , potrebno je predvideti izolacije sa koeficijentom prelaza toplote  $k < 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , kako to nalaze jugoslovenski propisi. Pored toga, povoljno je sve spoljne kon-

strukcije predvideti sa dobro ventilisanim vazdušnim slojem. Tek projektovanje po oba navedena principa, znatno povećana debljina izolacije i dobro ventilisan sloj mogu da obezbede ugodan klimat u prostorima u nadgradnji.

## 2.10. Insolacija

Na svim staklenim površinama treba predvideti zaštitu od direktnog sunčevog zračenja. Po pravilu, ova zaštita treba da bude sa spoljašnje strane.

## 4. ZAKLJUČAK

Opšta pravila projektovanja i gradnje ostaju i kod nadgradnje u važnosti, sa nizom specifičnosti koje moraju da se poštuju. Nadgradnja zahteva posebnu pažnju, a rezultati koji se postižu poštovanjem pravila struke omogućavaju da ovi prostori budu posebno cenjeni, što oni po svemu i zaslužuju.

## LITERATURA

- [1] Budisavljević, B.B.: Toplotna izolacija zgrada, Savetovanje Rigips, Beograd, 1999.
- [2] Budisavljević, B.B.: Zvučna izolacija u objektima visokogradnje, Konferencija Građevinska praksa '98, Novi Sad, 1998.
- [3] JUS U.J6.201 – Tehnički uslovi za projektovanje i građenje zgrada, 1989.
- [4] JUS U.J5.600: Tehnički uslovi za projektovanje i građenje zgrada, 1998.
- [5] JUS U.J5.510: Metode proračuna koeficijenta prolaza toplote u zgradama, 1987.
- [6] JUS U.J5.520: Proračun difuzije vodene pare u zgradama, 1998.
- [7] JUS U.J5.530: Proračun faktora prigušenja i proračun kašnjenja oscilacija temperature kroz spoljašnje građevinske konstrukcije, 1998.
- [8] SNiP II-3-79\*\*, Građevinske norme i propisi, Moskva 1979.