ПРИМЕНА МЕТОДЕ "КУБНОГ" КРИТЕРИЈУМА ПРИ ПРОЈЕКТОВАЊУ ОБЈЕКАТА У СОЛАРНОЈ АРХИТЕКТУРИ

APPLICATION OF THE "CUBIC" METHOD DESIGN CRITERION WHILE DESIGNING SOLAR ARCHITECTURE OBJECTS

Мр Драган Ј. Гавриловић, дипл. инж.,
Грађевинско-архитектонски факултет, Ниш

Метода "кубног" критеријума је једна од могућих варијанти примене у архитектонско-урбанистичкој пракси рационалног "енергетског пројектовања" стамбених објеката. Њена основна одлика види се пре свега у ефикасности примене у фази претпројектовања, тј. "просторног дефинисања стамбених објеката" у урбанистичко-стамбеном блоку. При томе се узимају у обзир сви релевантни фактори, као што су: предвиђена густина насељености, однос нето и бруто површине, максимална спратност, развијеност геометрије плана основе објекта, оријентација, утицај инсолације, утицај аерације итд., чиме се већ у почетку отклањају у пракси досад уочаване "просторне нелогичности и нереалности". То омогућава рационалнију и ефикаснију "другу фазу" израде главних пројеката, чији ће просторни кубус – "јединица" – имати оптималнији однос укупне површине објекта и запремине, како са просторног, тако и са рационалног енергетског аспекта.

The "cubic" method criterion is one of the possible variant of application in the architectural--urban practice of rational "energetic design" of housing objects. Its basic feature is the best seen in efficiency of application at the pre-design stage, i.e. "housing objects space defining" in an urban-residential district, taking into consideration all relevant factors, as the predicted population density, net/gross ratio, the maximal number of storeys, the object basis plan geometry development, orientation, influence of insolation and aeration etc., by which all the "space illogical and unrealistic phenomena" that have been seen in practice, enable rationale and effective "second stage" of the main designs at the beginning. Their space cube will have optimal ratio of the whole objects surface and its volume, both from space and rational energetic viewpoint.

Кључне речи: *пројектовање методом "кубног" критеријума; дефинисање кубуса објекта; енергетско пројектовање*
Key words: *"cubic" method design criterion; building cubic definition; energy design*

Увод

Приликом пројектовања садржаја урбанистичког блока, тј. у фази његовог дефинисања, потребно је од урбанисте, или тима који ради на томе, истовремено узети у обзир ширу лепезу релевантних утицајних фактора, од којих су неки реални и нумерички фиксни, а неки од њих су варијабилни, са прогнозистичком основом која може и не мора да се оствари у крајњој реализацији тако урађеног плана. У пракси се ретко сусрећемо са

обавезом неопходних "реалних" одступања од предвиђеног плана, у већини случајева због нереалних, унапред постављених репера од стране урбаниста, који у одређеном тренутку нису били довољно стручни или информисани, можда мислећи да ће се евентуална нелогичност и неусаглашеност, у фази парцијалне реализације, најбоље и најреалније санирати, тј. кориговати. С друге стране, усвојен урбанистички план снагом закона обавезује пројектанте и извођаче радова да се придржавају унапред предвиђених услова и не смеју га мењати. То све доводи до једног логичног питања, може ли се нешто унапред са великом тачношћу и реалношћу предвидети и уједно обавезати неког да за наредних пет до десет година при реализацији поштује тако донесену одлуку. Одговор на ово питање може бити лаконско "да", ако су узети у обзир сви релевантни утицајни фактори, али то све остаје под знаком питања.

Овом приликом покушавамо да применимо принцип *брзог одлучивања* у фази претпројектовања и пројектовања тако комплексног елабората, као што је пројекат урбаног стамбеног или мешовитог блока, применом методе пројектовања просторних облика *кубним критеријумом* који, поред просторне компоненте, може да садржи и елементе енергетских параметара, тако да његовом применом истовремено комплексно решавамо више проблема.

Дефинисање просторног облика методом "кубног" критеријума

Основна идеја ове методе је упоређење различитих варијанти односа *укупна површина/запремина*, за произвољне просторне облике, а да при том унапред потребна или дефинисана запремина објекта остане иста. Тај принцип је веома важан у фази претпројектовања, када је потребно дефинисати полазне просторне форме за одређен урбанистички простор. Не улазећи у дубљу анализу образложења, лако се може доказати, да се најбољи однос "укупна површина/запремина" може постићи апликацијом *просторног куба*, тј. коцком. Из тог разлога за доказивање ове тезе узећемо као референтно тело – коцку.

Основне просторно-димензијалне величине коцке су: *дужина, ширина и висина*. У табели А може се на датом примеру уочити, како се мењају међусобни односи просторног дела – *коцке*, страница *а*, ако димензионално повећавамо вредност странице.

Граничне вредности за одговарајуће изразе површине и запремине, из табеле су:

Табела А

Димензија странице коцке *а*	Површина $A = 6a^2$	Запремина $Vol = a^3$	Однос "површина/запремина" $Vol = 6/a$
1	6	1	6
5	150	125	1,2
10	600	1000	0,6
20	2400	8000	0,33

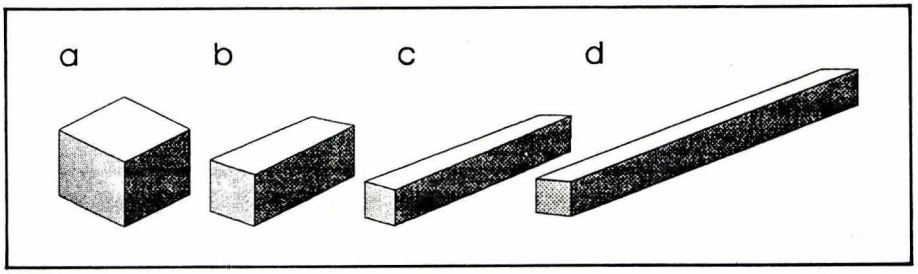
$$\lim_{a\to\infty} A = \lim_{a\to\infty} 6a^2 = \infty \qquad \lim_{a\to\infty} Vol = \lim_{a\to\infty} a^3 = \infty$$

$$\lim_{a\to\infty} Vol = \lim_{a\to\infty} \frac{6}{a} = \infty$$

У табели А, као и у изразу граничних вредности, може се уочити да релација запремине нагло расте (тежи ка бесконачности) у односу на нешто спорији раст одговарајуће вредности површине омотача тела, када се димензијално повећава вредност странице "а". Такође, уочљив је и нагли регресиван пад кореспондентних вредности односа промене "*површина/запремина*", чија гранична вредност конвергује ка нули.

У архитектури грађења зграда, од велике је важности, и са естетско-обликовне, и са енергетско-конструкционе тачке гледишта, у каквој су корелативној вези пропорције пројектованих површина, као и њихов однос у тако оформљеном заједничком простору.

Занемарујући у овом тренутку енергетски аспект проблема, тј. површинско-фасадну изложеност пројектованог објекта спољашњем простору, преко које настају највећи топлотни губици, и посматрајући само однос промена укупне површине просторног облика и његове запремине, у табели Б је на веома илустративан начин приказан настанак међусобних пропорцијско-површинских промена за просторно тело, чија је запремина идентична за све посматране варијанте. Задржана је и одговарајућа архитектура квадратног облика бочне фасаде (бочних страна), тј. иста ширина и висина, док је трећа димензија, тј. дужина тела, варијабилна (в. сл. 1).



Слика 1. Површинско-запреминска варијација просторног тела исте запремине; а) 5 × 5 × 5, б) 4 × 4 × 7,8, ц) 3 × 3 × 13,9, д) 2 × 2 × 31,25

Претпоставићемо да су све три стране референтног тела, тј. коцке, једнаке (H_0 = Š = D = H) и обележићемо их са H_0. Тада ће израз за запремину референтног просторног тела, тј. коцке бити:

$$Vol_0 = H_0^3 \qquad (1)$$

док ће израз за запремину тела, произвољног правоугаоног облика, чије су димензијалне ознаке обележене као: D, Š и H, узимајући у обзир њи-

Табела Б

Основна страница	Површина	Запремина	Однос "површина/запремина"
a = 5	150	125	1,20
a = 4	157	125	1,256
a = 3	167	125	1,333
a = 2	258	125	2,064

хове међусобне релације, бити:

$$Vol = D \cdot Š \cdot H = \alpha_0^2 \cdot \beta_0 \cdot H^3 \qquad (2)$$

где је:

$$Š = \alpha_0 \cdot H; \qquad D = \beta_0 \cdot Š = \alpha_0 \cdot \beta_0 \cdot H. \qquad (3)$$

Из израза (3) следи да се ширина односно дужина референтног просторног тела може исказати у функцији одговарајућих коефицијената *геометријског облика тела* и његове висине, где је:

$$\alpha_0 = \frac{Š}{H} \qquad \beta_0 = \frac{D}{Š} \qquad (4)$$

Изједначавајући изразе (1) и (2), тј. запремину референтног тела са запремином произвољног тела, у функцији јединичне висине Но, добијамо да је:

$$H_0^3 = \alpha_0^2 \cdot \beta_0 \cdot H^3 \qquad (5)$$

па ће међусобни однос висине референтне коцке и произвољног тела правоугаоног плана основе, бити:

$$\frac{H_0}{H} = \sqrt[3]{\left(\alpha_0^2 \beta_0\right)} \qquad (6)$$

Имајући у виду тако добијену релацију (6), у могућности смо да применимо *методу кубног критеријума* при анализи компаративног поређења различитих просторних облика "зграда", узимајући при том као основни критериј однос *укупна површина/запремина*.

Укупна површина свих страна референтне коцке, тј. *просторног куба*, била би:

$$A_0 = 6 \cdot H_0^2. \qquad (7)$$

Да бисмо одредили просторни фактор међусобног односа промена, између референтног тела и тела произвољног правоугаоног облика основе, упоредићемо релације односа *укупна површина/запремина* референтног и произвољног тела, који се могу исказати изразима:

$$\Sigma A = 2\alpha_0 \, H^2 \cdot \left[\left(1+\beta_0\right) + \alpha_0\beta_0\right] \tag{8}$$

и:

$$\Sigma A / Vol = \frac{2}{H}\left[\left(\frac{1+\beta_0}{\alpha_0\beta_0}\right)+1\right]. \tag{9}$$

Ако израз из угласте заграде једначине (9), означимо са V_0, третирајући га као *просторни фактор геометрије облика*:

$$V_0 = \left(\frac{1+\beta_0}{\alpha_0\beta_0}\right)+1 \tag{10}$$

тада се израз за укупан пропорцијски однос може исказати као:

$$\Sigma A / Vol = \frac{2}{H}\cdot v_0 \tag{11}$$

и:

$$\frac{A_0}{Vol_0} = \frac{6}{H_0} \qquad \frac{\Sigma A}{Vol} = \frac{2}{H}\cdot v. \tag{12}$$

Тада ће, уводећи нов фактор односа, *фактор пропорцијских промена* ϑ_p, у односу на референтни кубус, применом релација из израза (12), бити:

$$\vartheta_p = \frac{\Sigma A}{Vol} \div \frac{A_0}{H_0} = \frac{2\cdot v_0}{H}\cdot\frac{H_0}{6}$$

$$\vartheta_p = \frac{v_0}{3}\cdot\frac{H_0}{H}$$

односно, имајући у виду релацију (6):

$$\vartheta_p = \frac{v_0}{3}\cdot\sqrt[3]{\left(\alpha_0^2\cdot\beta_0\right)} \tag{13}$$

Сагледавајући израз (13), може се закључити да фактор пропорцијских промена ϑ_p, не зависи од акутелних димензијалних величина (ширине, дужине и висине) и да варира искључиво у зависности од коефицијената геометрије α_0 и β_0, и фактора посматраног геометријског облика V_0.

Табела C, даје могућност директног очитавања *фактора односа пропорцијске промене* ϑ_p тела правоугаоног плана основе, у односу на референтни јединични ("идеални") просторни облик, тј. коцку.

Вредности са међусобно гушћом интерполацијом за одређивање фактора пропорцијске промене облика ϑ_p, овом приликом нису презентоване.

Основна вредност табеле C може се сагледати у њеној практичној примени, јер се у њој могу директно очитавати величине *фактора пропорцијске промене облика* ϑ_p посматраног просторног облика, правоугаоног плана основе (посматране зграде), у односу на референтни кубни облик – *идеалан облик.*

Применом методе кубног критеријума, у зависности од износа очитане табеларне вредности, можемо вршити по жељи потребну димензијалну ко-

Табела С. Фактор пропорцијске промене облика ϑ_p

α_0	β_0								
	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
0,20	2,07	1,55	1,38	1,30	1,25	1,22	1,26	1,31	1,36
0,40	1,69	1,30	1,17	1,11	1,09	1,08	1,13	1,18	1,24
0,60	1,53	1,19	1,09	1,05	1,03	1,05	1,10	1,16	1,22
0,80	1,43	1,14	1,05	1,02	1,01	1,04	1,10	1,17	1,23
1,00	1,36	1,11	1,03	1,01	1,00	1,05	1,12	1,19	1,25
2,00	1,24	1,07	1,04	1,04	1,06	1,17	1,27	1,36	1,45
3,00	1,22	1,11	1,10	1,13	1,16	1,31	1,44	1,56	1,66
4,00	1,23	1,16	1,18	1,22	1,26	1,46	1,62	1,75	1,87
5,00	1,25	1,22	1,26	1,31	1,36	1,60	1,78	1,93	2,07

рекцију посматраног просторног облика, у циљу постизања оптималног односа *укупна површина/запремина.*

ПРИМЕР

За посматрану стамбену зграду, постојећи пропорцијско-димензијални однос је познат и износи: ширина зграде једнака је две висине, а дужина зграде једнака је пет ширина. Потребно је извршити калкулативну *брзу анализу* за следеће случајеве:

а) Утврдити колики је постојећи процентуални однос, пропорција *укупна површина/запремина*, у односу на "идеалан" кубни облик.

б) Да ли би било побољшања, и колико би процентуално оно било, ако би се постојећи пропорцијско-димензијални однос нешто изменио, и то тако да се задржи постојећи однос, да је ширина једнака две висине, а да се однос дужине зграде смањи, и да износи три њене ширине?

ц) Да ли би било побољшања или погоршања, ако бисмо постојећи пропорцијски однос просторног облика зграде, димензијално трансформисали тако да је ширина зграде једнака три висине, а дужина пет ширина зграде?

* * *

а) Применом релације (3) и (4), добијамо да је:

$$\alpha = \frac{Š}{H} = 2 \qquad \beta = \frac{D}{Š} = 5$$

У табели С за добијене вредности коефицијената геометрије облика α_0 и β_0, директно очитавамо однос фактора пропорцијске промене ϑ_p, који износи:

$$\vartheta_p = 1{,}45$$

Из тога закључујемо да је постојећи пропорцијски однос *укупна површина/запремина*, 45% већи (тј. лошији) од "*идеалног референтног кубног облика*".

б) Понављајући исти поступак као за случај "а", применом израза (3) и (4) констатујемо да је:

$$\alpha = \frac{\check{S}}{H} = 2 \qquad \beta = \frac{D}{\check{S}} = 3$$

У табели Ц за новодобијене вредности коефицијената α_0 и β_0 директно очитавамо однос фактора пропорцијске промене ϑ_p, који износи:

$$\vartheta_p = 1.27$$

Из овог закључујемо да би измењени пропорцијски однос *укупна површина/запремина*, био за 27% већи од "идеално референтног кубног облика", тј. овакав однос би био *повољнији* од постојећег, изведеног просторног облика зграде који износи 45%.

ц) Примењујући исти поступак као за случај а и б, у тебели С очитавамо одговарајућу вредност фактора пропорцијске промене ϑ_p:

$$\vartheta_p = 1{,}66$$

Добијени резултат нам указује, да би концепција такве просторно-пропорцијске промене била лошија (гора) од постојеће (в. случај а), а у односу на "*идеално референтни кубни облик*" фактор погоршања би износио *бб*%.

* * *

Задржавајући основну методологију и поставке изложене методе, уз малу корекцију је могуће просторно-површинску анализу посматрати и са енергетског аспекта, што би уједно била и потпунија апроксимативна анализа која би у фази урбанистичког претпројектовања, а после и у фази реализације главних пројеката, умногеме допринела реалнијем сагледавању понуђеног решења, као и опредељењу стручњака за оптималнији избор грађевинских материјала за нове објекте. Примена таквих и сличних поступака допринела би креирању будућих решења, у њиховој дугорочној презентацији, и донекле би отклонила неке од досад увек присутних проблема насталих услед нереалне процене "неких" делова пројекта урбанистичког блока.

Закључак

Примена овакве и њој сличних метода, омогућила би, у фази најраније реализације урбанистичког решења, реалније сагледавање физичких компоненти на терену, самим тим и квалитетније планирање просторног обликовања стамбеног или мешовитог урбанистичког блока.

Овом методом може се реалније сагледати однос пројектованих површина и одговарајућих запремина објеката, те истовремено утицати на њихово боље просторно слагање, како у функцији естетске визуре блока, тако и са аспекта смањења енергетско-топлотних губитака целе структуре урбаног блока.

Такав приступ би омогућио пројектовање и грађење еколошки здравијих елемената.

Литература

[1] **Markus, T. A., Morris E. N.:** *Building, climate and energy;* Pitman, London, 1980.

[2] **Klein, S. A., Beckman, V. A., and Duffie, J. A.:** *A design procedure for solar heating systems*, Solar Energy 18, 113ô127 (1976).

[3] **Гавриловић, Ј. Д., Манчић, Р.:** *Метода за брзу оцену урбанистичких и архитектонских пројеката са становишта примене пасивног захвата соларне енергије;* ЕКО-конференција – Заштита животне средине градова и приградских насеља, Нови Сад, 1995.

[4] **Smith, A., Page, J. K., and Thomson, J. I.:** *A meteorological data base system for architectural and building engineering designers*, 1, Science and Engineering Research Council, 2nd edition, Swindon, U. K. (1983).

[5] **Johnson, E. Thimoty**: *Solar architecture; the direct gain approach*, McGraw--Hill, New York (1981).

[6] **Johnson, E. Thimoty**: *M. I. T. Solar building No. 5: the third year performance*; Passive Solar J. 1(3) 175ô184 (1982).

[7] **Duffie, J. A., and Beckman, W. A.:** *Solar engineering of thermal processes*; John Wiley and Sons, New York (1980).