

ნუგზარ ხვედელიანი

დრამატული თეატრების აკუსტიკის საკითხები  
(თბილისის მაგალითზე)

წარდგენილია არქიტექტურის დოქტორის აკადემიური ხარისხის  
მოსაპოვებლად

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
თბილისი, 0175, საქართველო

2014 წ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
არქიტექტურის, ურბანისტიკის და დიზაინის ფაკულტეტი

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერნი ვადასტურებთ, რომ გავაცანით ნუგზარ ხვედელიანის მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: „დრამატული თეატრების აკუსტიკის საკითხები (თბილისის მაგალითზე)“ და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არქიტექტურის, ურბანისტიკის და დიზაინის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

თარიღი:

2014 წლის 27 ივნისი

ხელმძღვანელი :



ნინო ხაბეიშვილი

არქიტექტურის დოქტორი,  
სრული პროფესორი

რეცენზენტები:



ლევან ბერიძე

არქიტექტურის დოქტორი,  
სრული პროფესორი



ზურაბ ჩაჩიანი

ფიზიკა-მათემატიკის დოქტორი,  
სრული პროფესორი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2014 წელი

ავტორი:	ნუგზარ ხვედელიანი
დასახელება:	დრამატული თეატრების აკუსტიკის საკითხები (თბილისის მაგალითზე)
ფაკულტეტი:	არქიტექტურის, ურბანისტიკის და დიზაინის
აკადემიური ხარისხი:	დოქტორი
სხდომა ჩატარდა:	27 ივნისი 2014 წელი

ინდივიდუალური პიროვნებების ან ინსტიტუტების მიერ ზემოთმოყვანილი დასახელების დისერტაციის გაცნობის მიზნით მოთხოვნის შემთხვევაში მისი არაკომერციული მიზნებით კოპირებისა და გავრცელების უფლება მინიჭებული აქვს საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტს.

ავტორის ხელმოწერა



ავტორი ინარჩუნებს დანარჩენ საგამომცემლო უფლებებს და არც მთლიანი ნაშრომის და არც მისი ცალკეული კომპონენტების გადაბეჭდვა ან სხვა რაიმე მეთოდით რეპროდუქცია დაუშვებელია ავტორის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

ავტორი ირწმუნება, რომ ნაშრომში გამოყენებული საავტორო უფლებებით დაცული მასალებზე მიღებულია შესაბამისი ნებართვა (გარდა იმ მცირე ზომის ციტატებისა, რომლებიც მოითხოვენ მხოლოდ სპეციფიურ მიმართებას ლიტერატურის ციტირებაში, როგორც ეს მიღებულია სამეცნიერო ნაშრომების შესრულებისას) და ყველა მათგანზე იღებს პასუხისმგებლობას.

## რეზიუმე

წარმოდგენილი ნაშრომის თემის აქტუალობას განაპირობებს ის გარემოება, რომ ქართული თეატრის ესოდენ მდიდარი ისტორიის მიუხედავად, მათი აკუსტიკური თვისებები, დასაბამიდან დღემდე სამწუხაროდ, ჯერჯერობით არ გამხდარა სპეციალური სამეცნიერო კვლევის საგანი.

სადისერტაციო ნაშრომში კვლევის მიზანს შეადგენს ქართული დრამატული თეატრების აკუსტიკური თვისებების შესწავლა, მათი გაუმჯობესების მეთოდების დადგენა და ამის საფუძველზე, თეატრებში სასურველი აკუსტიკური პირობების შექმნისთვის აუცილებელი, მეცნიერულად დასაბუთებული რეკომენდაციების შემუშავება.

დასახული მიზნის მისაღწევად გადასაწყვეტია შემდეგი ამოცანები:

აღნიშნულ თემატიკაზე არსებული გამოცდილების სამამულო და საზღვარგარეთის ლიტერატურული წყაროების, სამეცნიერო გამოკვლევების, სადისერტაციო ნაშრომებისა და არსებული საპროექტო მასალების შესწავლა–ანალიზი;

ქართული დრამატული თეატრების თანამედროვე მდგომარეობის შესწავლა, მათი მახასიათებელი პროპორციების, კონსტრუქციების, მასალებისა და აკუსტიკური მაჩვენებლების დადგენა;

დადგენილი მონაცემების ანალიტიკური შესწავლა და ქართული დრამატული თეატრების აკუსტიკის ოპტიმალური მაჩვენებლების დადგენა;

არსებული ქართული დრამატული თეატრების რესტავრაციისა და ახალი თეატრების აგების პროცესში აკუსტიკური მაჩვენებლების ოპტიმიზაციის მიზნით, მეცნიერულად დასაბუთებული რეკომენდაციებისა და წინადადებების ჩამოყალიბება.

დასმული ამოცანების გადასაწყვეტად გამოიყენება შემდეგი მეთოდები:

ისტორიული, ლიტერატურული და საპროექტო წყაროების მიმოხილვის საფუძველზე ქართული დრამატული თეატრებისა და საზოგადოებრივი დანიშნულების ნაგებობების აკუსტიკური მაჩვენებლების შესახებ სამამულო და მსოფლიო გამოცდილების შესწავლა;

სპეციალური ანკეტების საშუალებით საკვლევ თემასთან ამა თუ იმ კავშირში მყოფ რესპონდენტთა სოციოლოგიური გამოკითხვა;

შერჩეული ობიექტების ფოტო–ფიქსაცია;

სპეციალური არტიკულაციური ტაბულების გამოყენებით შერჩეული თეატრების სამაყურებლო დარბაზებში მეტყველების გარჩევითობის დადგენა;

უ. სებინისა და ს. ეირინგის ფორმულების გამოყენებით თეატრების სამაყურებლო დარბაზების რევერბერაციის დროის თეორიული ანგარიში და ანალიზი; გრაფო–ანალიტიკური მეთოდის (გეომეტრიული აკუსტიკა) გამოყენება; ქართული დრამატული თეატრების სამაყურებლო დარბაზებისთვის ჩატარებული კვლევებით გამოვლენილი მონაცემების შესწავლა–ანალიზით მიღებული შედეგების განზოგადება.

კვლევის ობიექტებად შევარჩიეთ ქ. თბილისში არსებული დრამატული თეატრების, ერთმანეთისგან ზომით განსხვავებული, სამი სამაყურებლო დარბაზი. კერძოდ, შ. რუსთაველის სახ. სახელმწიფო დრამატული თეატრის დიდი და მცირე დარბაზები და მ. თუმანიშვილის სახ. კინომსახიობთა თეატრის სამაყურებლო დარბაზი.

სადისერტაციო ნაშრომის სამეცნიერო სიახლე მდგომარეობს შემდეგში: ქართული არქიტექტურის თეორიაში პირველად იქნა შესწავლილი თბილისში არსებული დრამატული თეატრების აკუსტიკური თვისებები და ამ საკითხთან დაკავშირებით ჩატარდება სპეციალური ანკეტური გამოკითხვა.

თბილისში არსებული თეატრების მიმართ ქართველი სპეციალისტის მიერ პირველად იქნა გამოყენებული გეომეტრიული აკუსტიკის მეთოდი, დაანგარიშდა მათში ოპტიმალური რევერბერაციის დრო, მეტყველების

გარჩევითობის დადგენის მიზნით ჩატარდა ექსპერიმენტი არტიკულაციური ტაბულების საშუალებით, მომზადდა სპეციალური კითხვარები სოციოლოგიური გამოკითხვისთვის და ჩატარდა ანკეტური გამოკითხვა;

შერჩეული თეატრების სამაყურებლო დარბაზებისთვის პირველად იქნა შემუშავებული მეცნიერულად დასაბუთებული რეკომენდაციები და მოთხოვნები მათში სასურველი აკუსტიკური პირობების შესაქმნელად.

ნაშრომში შემუშავებული მეცნიერულად დასაბუთებული რეკომენდაციების პრაქტიკაში გამოყენების შესაძლებლობა, როგორც არსებული თეატრების რესტავრაცია-რეკონსტრუქციისას, ისე პროექტირების სტადიაში და ახლის მშენებლობისას, წარმოადგენს კვლევის პრაქტიკულ ღირებულებას.

## SUMMARY

Significance of the issue of presented work is conditioned by the fact that irrespective of such rich history of Georgian theatre, unfortunately the acoustic properties of the premises, from the outset up to present has never been the subject of special scientific research.

Goal of the research of this dissertation work is study of acoustic properties of Georgian drama theatres, identification of the methods for their improvement and development of the scientifically reasoned recommendations necessary for providing of the desired acoustic conditions at the theatres.

To achieve the stated goal, the following objectives should be resolved:

Study and analysis of domestic and foreign literary sources, scientific studies, dissertation works and existing design materials dealing with the existing experience;

Study of current condition of Georgian drama theatres, identification of their characterising proportions, structures, materials and acoustic properties;

Analytical study of the identified data and determination of the optimal acoustic characteristics of Georgian drama theatres;

Formulation of the scientifically reasoned recommendations and proposals for the purpose of optimization of acoustic properties in the process of restoration of existing Georgian drama theatres and construction of the new ones.

To deal with the stated objectives the following methods were applied:

Study of the domestic and foreign experience on the basis of overview of historical, literary and design sources, for the acoustic properties of the drama theatres and public buildings in Georgia;

Public opinion poll using special questionnaires for the respondents related to the studied issue in one or another way;

Making photos of the selected sites;

Determination of the speech clarity in the auditoria of the selected theatres based on the special articulation tables;

Theoretical calculation and analysis of reverberation of the theatre auditoria based on U. Sebin and S. Eyring formulas;

Application of graphical-analytical method (geometric acoustic);

Generalization of the findings of study and analysis of data revealed by conducted researches of the auditoria of Georgian drama theatres.

As the research objects we have selected three auditoria of different sizes of the drama theatres in Tbilisi. In particular, Great and Small halls of Sh. Rustaveli State Drama Theatre and auditorium of M. Tumanishvili Theatre of Cinema Actors.

Scientific novelty of the dissertation work is as follows:

For the theory of Georgian architecture, the acoustic properties of drama theatres in Tbilisi were studied and special questioning will be conducted in relation with this issue.

Georgian specialist has applied the method of geometric acoustics for theatres located in Tbilisi; optimal reverberation times were calculated, for the purpose of determination of speech intelligibility experiment with the articulation tables was conducted, special questionnaires for public opinion poll were prepared and the questioning was conducted;

For the first time, for auditoria of the selected theatres, scientifically justified recommendations and requirements were developed for creating of the desired acoustic conditions there.

Practical value of the research includes opportunity of practical application of the scientifically reasoned recommendations developed in this work, for both, restoration-reconstruction of the existing theatres and construction of the new ones.



## შინაარსი

რეზიუმე .....	iv
შესავალი .....	11
<b>თავი I. ლიტერატურის მიმოხილვა</b>	
1.1. კვლევისთვის შერჩეული ქართული დრამატული თეატრების ისტორიული განვითარება და მათი სტრუქტურული ანალიზი ....	16
1.2. საზოგადოებრივი ნაგებობების ძირითადი აკუსტიკური მაჩვენებლები .....	24
1.3. ღია თეატრები და მათი აკუსტიკური მახასიათებლები .....	26
<b>თავი II. შედეგები და განსჯა</b>	
2.1. შერჩეული დრამატული თეატრების აკუსტიკური თვისებების თეორიული ანალიზი .....	35
2.2. ქართულ დრამატულ თეატრებში რევერბერაციის დროის ანგარიში .....	44
2.3. მეტყველების გარჩევითობის დადგენა ქართულ დრამატულ თეატრებში .....	49
2.4. ქართული დრამატული თეატრების აკუსტიკური თვისებების საექსპერტო ანალიზი (ანკეტური გამოკითხვის საშუალებით) .....	64
2.5. გეომეტრიული აკუსტიკის მეთოდის გამოყენება ქართულ დრამატულ თეატრებში .....	83
<b>თავი III დასკვნა</b>	
3.1. ქართული დრამატული თეატრების აკუსტიკის კომპლექსური ანალიზი, რეკომენდაციები და სამომავლო პერსპექტივები .....	92
3.2. ძირითადი შედეგები და დასკვნები .....	105
გამოყენებული ლიტერატურა .....	114

დანართები წარმოდგენილია ცალკე ალბომის სახით, რომელიც შედგება:

1. არტიკულაციური ტესტების ტაბულა
2. თუმანიშვილის თეატრის დირექციის წერილი
3. ანკეტური გამოკითხვის ნიმუში
4. რევერბერაციის დროის გამოსთვლელად საჭიროა  $\varphi(\alpha_{საშ}) = -\ln(1-\alpha_{საშ})$  ფუნქციის მნიშვნელობა
5. ჰაერში ბგერის ქრობის მნიშვნელობა 20° ტემპერატურის დროს
6. რეკომენდირებული კოეფიციენტები  $T_{ოპტ.}$  - ის კორექტირებისათვის დაბალ და მაღალ სიხშირეებზე.
7. ზოგიერთი მასალის ბგერათმთანთქმის კოეფიციენტები,  $\alpha$
8. ვაზა-რეზონატორთა თეატრის კედლის სისქეში განთავსებისა და აწყობის სქემა
9. ჰელმჰოლცის რეზონატორის სქემა
10. ილუსტრაციები

## შესავალი

### სადისერტაციო თემის აქტუალობა და სამეცნიერო სიახლე

ჩვენი სადისერტაციო თემაა თეატრების აკუსტიკური თვისებების ანალიზი. თემის აქტუალობა ექვს არ იწვევს, რადგან საქართველოში არსებული თეატრების (იქნება ეს საოპერო, დრამატული თუ სხვა ჟანრის თეატრი) აკუსტიკური თვისებები სამწუხაროდ, ჯერჯერობით არ გამხდარა სპეციალური სამეცნიერო კვლევის საგანი. მაშინ, როდესაც კარგი სმენადობა არ წარმოადგენს შემთხვევითობის ან ილბლიანობის შედეგს, ის ხორციელდება შესაბამისი ტექნიკური საშუალებებით, როგორც ახლის მშენებლობისას, ისე არსებულის რეკონსტრუქციისას.

უკანასკნელ წლებში ქვეყნის მასშტაბით ჩატარდა არაერთი თეატრის რესტავრაცია-რეკონსტრუქცია, მაგრამ რადგან ქვეყანაში აკუსტიკით დაკავებული სპეციალისტების აშკარა დეფიციტია, პრაქტიკულად ყველა შემთხვევაში დახმარებისთვის მიმართავენ უცხოელ სპეციალისტებს (მაგ. ჯ. კახიძის მუსიკალური ცენტრი), რაც დიდ დანახარჯებთან არის დაკავშირებული. ყოველივე ეს მეტ აქტუალობას ანიჭებს თეატრების აკუსტიკური თვისებების ანალიზის საკითხს, რადგან დარბაზის კომფორტულობის განმსაზღვრელ ერთ-ერთ ძირითად ფაქტორს ბგერათა აღქმის ოპტიმალური პირობების და შესაბამისად, კარგი ჟღერადობის უზრუნველყოფა წარმოადგენს, რაც თეატრების შიგა სივრცის აკუსტიკური თვისებების ანალიზის გარეშე წარმოუდგენელია.

**სადისერტაციო ნაშრომის მიზანი.** კვლევის მიზანს შეადგენს ქართული დრამატული თეატრების აკუსტიკური თვისებების შესწავლა, მათი გაუმჯობესების მეთოდების დადგენა და ამის საფუძველზე, თეატრებში სასურველი აკუსტიკური პირობების შექმნისთვის აუცილებელი, მეცნიერულად დასაბუთებული რეკომენდაციების შემუშავება.

**ძირითადი ამოცანები.** დასახული მიზნის მისაღწევად გადასაწყვეტია შემდეგი ამოცანები:

- აღნიშნულ თემატიკაზე არსებული გამოცდილების სამამულო და საზღვარგარეთის ლიტერატურული წყაროების, სამეცნიერო გამოკვლევების, სადისერტაციო ნაშრომებისა და არსებული საპროექტო მასალების შესწავლა–ანალიზი;
- ქართული დრამატული თეატრების თანამედროვე მდგომარეობის შესწავლა, მათი მახასიათებელი პროპორციების, კონსტრუქციების, მასალებისა და აკუსტიკური მაჩვენებლების დადგენა;
- დადგენილი მონაცემების ანალიტიკური შესწავლა და ქართული დრამატული თეატრების აკუსტიკის ოპტიმალური მაჩვენებლების დადგენა;
- არსებული ქართული დრამატული თეატრების რესტავრაციისა და ახალი თეატრების აგების პროცესში აკუსტიკური მაჩვენებლების ოპტიმიზაციის მიზნით, მეცნიერულად დასაბუთებული რეკომენდაციებისა და წინადადებების ჩამოყალიბება.

**კვლევის მეთოდები.** დასმული ამოცანების გადასაწყვეტად გამოიყენება შემდეგი მეთოდები:

- ისტორიული, ლიტერატურული და საპროექტო წყაროების მიმოხილვის საფუძველზე ქართული დრამატული თეატრებისა და საზოგადოებრივი დანიშნულების ნაგებობების აკუსტიკური მაჩვენებლების შესახებ სამამულო და მსოფლიო გამოცდილების შესწავლა;
- სპეციალური ანკეტების საშუალებით საკვლევ თემასთან ამა თუ იმ კავშირში მყოფ რესპონდენტთა სოციოლოგიური გამოკითხვა;
- შერჩეული ობიექტების ფოტო–ფიქსაცია;
- სპეციალური არტიკულაციური ტაბულების გამოყენებით შერჩეული თეატრების სამაყურებლო დარბაზებში მეტყველების გარჩევითობის დადგენა;
- უ. სებინისა და ს. ეირინგის ფორმულების გამოყენებით თეატრების სამაყურებლო დარბაზების რევერბერაციის დროის თეორიული ანგარიში და ანალიზი;
- გრაფო–ანალიტიკური მეთოდის (გეომეტრიული აკუსტიკა) გამოყენება;

- ქართული დრამატული თეატრების სამაყურებლო დარბაზებისთვის ჩატარებული კვლევებით გამოვლენილი მონაცემების შესწავლა - ანალიზით მიღებული შედეგების განზოგადება.

**კვლევის ობიექტები.** კვლევის ობიექტებად შევარჩიეთ ქ. თბილისში არსებული დრამატული თეატრების, ერთმანეთისგან ზომით განსხვავებული, სამი სამაყურებლო დარბაზი. კერძოდ, შ. რუსთაველის სახ. სახელმწიფო დრამატული თეატრის დიდი და მცირე დარბაზები და მ. თუმანიშვილის სახ. კინომსახიობთა თეატრის სამაყურებლო დარბაზი.

**კვლევის სამეცნიერო სიახლე.** სადისერტაციო ნაშრომის სამეცნიერო სიახლე მდგომარეობს შემდეგში:

- ქართული არქიტექტურის თეორიაში პირველად იქნა შესწავლილი თბილისში არსებული დრამატული თეატრების აკუსტიკური თვისებები და ამ საკითხთან დაკავშირებით ჩატარდება სპეციალური ანკეტური გამოკითხვა.
- თბილისში არსებული თეატრების მიმართ ქართველი სპეციალისტის მიერ პირველად იქნა გამოყენებული გეომეტრიული აკუსტიკის მეთოდი, დაანგარიშდა მათში ოპტიმალური რევერბერაციის დრო, მეტყველების გარჩევითობის დადგენის მიზნით ჩატარდა ექსპერიმენტი არტიკულაციური ტაბულების საშუალებით, მომზადდა სპეციალური კითხვარები სოციოლოგიური გამოკითხვისთვის და ჩატარდა ანკეტური გამოკითხვა;
- შერჩეული თეატრების სამაყურებლო დარბაზებისთვის პირველად იქნა შემუშავებული მეცნიერულად დასაბუთებული რეკომენდაციები და მოთხოვნები მათში სასურველი აკუსტიკური პირობების შესაქმნელად.

**კვლევის შედეგი.** ნაშრომში შემუშავებული მეცნიერულად დასაბუთებული რეკომენდაციების პრაქტიკაში გამოყენების შესაძლებლობა, როგორც არსებული თეატრების რესტავრაცია-რეკონსტრუქციისას, ისე ახალის მშენებლობისას, წარმოადგენს კვლევის პრაქტიკულ ღირებულებას.

**კვლევის შედეგების აპრობაცია.** სადისერტაციო თემატიკის მიხედვით, კვლევის ზოგიერთი შედეგი და ძირითადი დებულებები მოხსენებების სახით წარმოდგენილია 2014 წელს გამართულ სტუ-ს სტუდენტთა 82-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე. მოხსენება:

1. “მეტყველების გარჩევითობის დადგენა თეატრებში არტიკულაციური ტაბულების საშუალებით (თბილისის თეატრების მაგალითზე)”

ხელმძღვანელი პროფ. ნ. ხაბეიშვილი.

**დისერტაციის ძირითადი შედეგები და დებულებები სტატიების სახით გამოქვეყნებულია სამ სამეცნიერო ჟურნალში:**

1. “მეტყველების გარჩევითობის დადგენა თეატრებში არტიკულაციური ტაბულების საშუალებით (თბილისის თეატრების მაგალითზე)”

ნ. ხვედელიანი, ნ. ხაბეიშვილი. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი "მშენებლობა", N 1(32), 2014, გვ. 148

2. "ღია თეატრების აკუსტიკა"

ნ. ხვედელიანი, ნ. ხაბეიშვილი. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი "მშენებლობა", N 1(32), 2014, გვ. 152

3. "გეომეტრიული აკუსტიკის მეთოდის გამოყენება რუსთაველის სახელობის თეატრის მცირე დარბაზში"

ნ. ხვედელიანი, ნ. ხაბეიშვილი. საერთაშორისო სამეცნიერო ჟურნალი "ინტელექტუალი", N 26, 2014, გვ. 213

სტუ-ს არქიტექტურის, ურბანისტიკისა და დიზაინის ფაკულტეტზე, საგანმანათლებლო პროგრამით გათვალისწინებული კომპონენტების სახით:

I სემინარი. მოხსენება: “ღამის განათება ქალაქში”. 19.03.2013 წ.

II სემინარი. მოხსენება: „ლანდშაფტური დიზაინი ქალაქის სივრცეში“. 13.07.2013 წ.

I კოლოკვიუმი. მოხსენება: “ღია თეატრების აკუსტიკა”. 19.03.2013 წ.

II კოლოკვიუმი. “მეტყველების გარჩევითობის დადგენა არტიკულაციური ტესტების საშუალებით” 13.07.2013 წ.

III კოლოკვიუმი. მოხსენება: “თეატრების აკუსტიკა” 6.02.2014 წ.

**დისერტაციის სტრუქტურა და მოცულობა.** სადისერტაციო ნაშრომი შედგება: შესავლის, სამი თავის (თავი I - ლიტერატურის მიმოხილვა, თავი II - შედეგები და განსჯა, თავი III - დასკვნა) და გამოყენებული ლიტერატურის ჩამონათვლისაგან, სულ 116 გვერდი. დანართები წარმოდგენილია ცალკე ალბომის სახით 36 გვერდზე.

## თავი I. ლიტერატურის მიმოხილვა

### 1.1. კვლევისთვის შერჩეული ქართული დრამატული თეატრების ისტორიული განვითარება და მათი სტრუქტურული ანალიზი

ქართული თეატრის ისტორია შორეულ წარსულში იღებს სათავეს. ნაყოფიერების ღვთაებისადმი მიძღვნილი უძველესი რიტუალური დღესასწაულები თეატრალური ხელოვნების ელემენტებს შეიცავდა. თრიალეთში აღმოჩენილ ვერცხლის თასზე (ძვ.წ. II ათასწლეულის შუა ხანა) გამოსახულია მისტერია - ნიღბოსანთა ფერხული; სახიობებსა და მისტერიებში, საგუნდო სიმღერებში შემორჩენილია ნაწყვეტები საფერხულო დრამებიდან ("ამირანი", "აბესალომ და ეთერი", "ავთანდილი" და "თავფარავნელი ჭაბუკი"). კოლხეთის სამეფოში კი ძვ.წ. VIII საუკუნეში კუტაიას (ახლანდელი ქუთაისი) მახლობლად არსებობდა არენა, სადაც იმართებოდა თეატრალიზებული სანახაობები.

ბიზანტიელი ისტორიკოსის, პროკოფი კესარიელის ცნობით, კოლხურ ქალაქ აფსარუნტში იყო თეატრის შენობა და იპოდრომი, ხოლო კლდეში ნაკვეთ ქალაქ უფლისციხეში (ძვ.წ. III-II სს.) შემორჩენილი სათეატრო ნაგებობა თავისი სცენით, ორქესტრათითა და მაყურებლისთვის განკუთვნილი ნაწილით ცხადყოფს, რომ ძველ საქართველოში კარგად იცნობდნენ ანტიკურ თეატრალურ-სანახაობით კულტურას.

შუა საუკუნეების ქართული ისტორიული და მხატვრული ლიტერატურის ძეგლებში აღმოჩენილია ძველი ქართული დრამატული პოეზიის ფრაგმენტები და ელინისტური პერიოდის პანტომიმურ წარმოდგენათა ვრცელი აღწერა, ასევე მრავალი ქართული ძირეული თეატრალური ტერმინი.

საქართველოში ქრისტიანობის სახელმწიფო რელიგიად გამოცხადების შემდეგ (IV ს. 30-იანი წლები), შეიქმნა საეკლესიო თეატრი და დრამა. პარალელურად ვითარდებოდა ხალხური თეატრალური სანახაობა - "ბერიკაობა", მოგვიანებით - "ყეენობა".



შუა საუკუნეებში განვითარდა სასახლის კარის თეატრი - სახიობა - ნიღბოსანთა წარმოდგენები მუსიკის თანხლებით. თეიმურაზ I-მა და არჩილ II-მ სახიობისთვის შექმნეს დიალოგები და პოლემიკური დრამატურგიის ნიმუშები, ე.წ. "გაბაასებანი".

XVIII საუკუნის 90-იან წლებში ერეკლე II-ის სასახლესთან, გიორგი ავალიშვილის ხელმძღვანელობით, შეიქმნა საერო თეატრი, სადაც ორიგინალურთან ერთად რუსულიდან ნათარგმნი და გადმოკეთებული პიესებიც იდგმებოდა. ამავე პერიოდში მუშაობას განაგრძობდა სასახლის კარის თეატრი - სახიობა, რომელსაც სათავეში დავით მაჩაბელი ედგა.

XIX საუკუნის დასაწყისში შეიქმნა სცენისმოყვარეთა წრეები. 1845 წელს, თბილისში დაარსდა რუსული დრამატული თეატრი, ხოლო 1850 წელს, მოწინავე ქართველ საზოგადო მოღვაწეთა თაოსნობით და გიორგი ერისთავის ხელმძღვანელობით, აღორძინდა ქართული პროფესიული თეატრი (1850 -1856).

გიორგი ერისთავმა თეატრსა და დრამატურგიაში განავითარა რეალისტური მიმდინარეობა. 1851 წელს, თბილისის ქარვასლის თეატრში, გაიმართა პირველი საოპერო წარმოდგენა, ხოლო 1880-86 წლებში გოლოვინის პროსპექტზე (ახლანდელი რუსთაველის გამზ.) აიგო სახაზინო თეატრი, რომელშიც 1896 წლიდან "თბილისის სახაზინო ოპერის თეატრი", დღეს კი ზ. ფალიაშვილის სახელობის ოპერისა და ბალეტის სახელმწიფო თეატრი ფუნქციონირებს.

თბილისში ქართული პროფესიული თეატრის საქმიანობა ი.ჭავჭავაძისა და ა.წერეთლის თაოსნობით 1879 წელს განახლდა (ე.წ. მუდმივმოქმედი ქართული დასი). ამ პერიოდში ქართულ თეატრსა და დრამატურგიაში განვითარდა გმირულ-რომანტიკული და რეალისტურ-კომედიური მიმართულებები. პარალელურად ქართული თეატრის რეპერტუარში დამკვიდრდა უცხოური კლასიკური დრამატურგიის ნიმუშები.

XIX საუკუნის ბოლოს ქართულ სცენაზე მოღვაწეობდა რეალისტური სამსახიობო სკოლის წარმომადგენელთა თვალსაჩინო პლეადა. XX საუკუნის დასაწყისში კი ასპარეზზე გამოვიდნენ პროფესიონალი რეჟისორები. 1921 წლის 25 ნოემბერს თბილისის ქართულ თეატრს შოთა რუსთაველის სახელი მიენიჭა.

ქართული თეატრის აღმავლობა, ახალი სათეატრო ფორმებისა და პროფესიული რეჟისურის პრინციპების დამკვიდრება დაკავშირებულია ორი დიდი რეჟისორის - კოტე მარჯანიშვილისა და სანდრო ახმეტელის სახელებთან. მათ ქართულ თეატრში განსაკუთრებული ეპოქა შექმნეს, რომელიც სასცენო ხელოვნების განვითარების მიმართულებებსა და ტენდენციებს დღესაც განაპირობებს.

რუსთაველის თეატრში რეფორმატორული ძიებების შემდეგ, კოტე მარჯანიშვილმა საფუძველი ჩაუყარა ახალ თეატრს, რომელიც დღეს მის სახელს ატარებს. სანდრო ახმეტელის სცენური შედეგები კი მსოფლიო თეატრალური ელიტის ყურადღების ცენტრში მოექცა და ქართულ თეატრს პირველი საერთაშორისო აღიარება მოუტანა.

გასული საუკუნის დასაწყისში საქართველოს სხვადასხვა ქალაქში დაარსდა პროფესიული თეატრები, რომლებიც დღესაც განაგრძობენ ფუნქციონირებას.

XX საუკუნის 60-70-იანი წლებიდან ნოვატორული ძიებებისა და სხვადასხვა თეატრალურ-ესთეტიკური მიმართულების დამკვიდრება თანამედროვეობის გამოჩენილ რეჟისორებს - მიხეილ თუმანიშვილს, რობერტ სტურუასა და თემურ ჩხეიძეს უკავშირდება. XX საუკუნის მიწურულს, საქართველოში სახელმწიფო თეატრების გვერდით, გაჩნდა კერძო პროფესიული თეატრები, კამერული სცენები და ექსპერიმენტული სივრცეები, რომლებმაც ქართულ სათეატრო პროცესში ხანმოკლე პერიოდში დაიმკვიდრეს ადგილი.

დღესდღეობით საქართველოში ფუნქციონირებს დრამატული, მუსიკალური, პანტომიმური, თოჯინური და მარიონეტული თეატრები.

წარმოდგენილი ნაშრომის თემის აქტუალობას განაპირობებს ის გარემოება, რომ ქართული თეატრის ესოდენ მდიდარი ისტორიის მიუხედავად, მათი აკუსტიკური თვისებები, დასაბამიდან დღემდე სამწუხაროდ, ჯერჯერობით არ გამხდარა სპეციალური სამეცნიერო კვლევის საგანი (აკუსტიკა ბერძნული სიტყვაა და ნიშნავს სმენას. იგი შეისწავლის ზგერებს და მცირე ამპლიტუდის მქონე მექანიკურ რხევებს. აკუსტიკის იმ ნაწილს, რომელიც იკვლევს ზგერის გავრცელებას სათავსოში, ჟღერადობაზე სათავსოს ზომების, ფორმის და გამოყენებული მასალების გავლენას ეწოდება არქიტექტურული აკუსტიკა) მაშინ, როდესაც კარგი სმენადობა არ წარმოადგენს შემთხვევითობის ან ილბლიანობის შედეგს, ის ხორციელდება შესაბამისი ტექნიკური საშუალებებით, როგორც ახლის მშენებლობისას, ისე არსებულის რეკონსტრუქციისას.

ნაგებობათა აკუსტიკის საკითხებით ჯერ კიდევ ძველი დროის ხუროთმოძღვრები და მკვლევარები იყვნენ დაინტერესებულნი. მათ შორის პოლიონ ვიტრუვიუსი (I ს.ჩვ.წ.აღ.-მდე), ლეონ ბატისტა ალბერტი (XV ს.), დანიელ ბარბარო (XVI ს.), ვინოლა (XVI ს.), პალადიო (XVI ს.), სკომაცი (XVII ს.) და ა.შ.

თანამედროვე არქიტექტურული აკუსტიკის საკითხებს თავისი ნაშრომები მიუძღვნეს ცნობილმა თეორეტიკოსებმა: ა. ბედილომ, კ. განუსმა, ნ. გუსევმა, ფ. ვატსონმა, ს. ზოკოლეიმ, ა. კაჩეროვიჩმა, ვ. კნუდსენმა, ს. ლიფშიცმა, ლ. მაკრინენკომ, მ. მალკოვიჩმა, ტ. რეიხარდტმა, ლ. ბერიძემ, ნ. ხაბეიშვილმა და სხვებმა.

რადგან, ქართული არქიტექტურის თეორიაში არ მოიძებნება თეატრების აკუსტიკური თვისებების ანალიზი, ქართველ მეცნიერთა შრომებში კი თეატრების აკუსტიკის შესახებ პრაქტიკულად არაფერია ნახსენები, ამიტომ საკითხის გადასაწყვეტ ძირითად საშუალებად თანამედროვე უცხოელ მკვლევართა გამოცდილებაზე დაყრდნობა გვესახება.

უკანასკნელ წლებში ქვეყნის მასშტაბით ჩატარდა არაერთი თეატრის რესტავრაცია-რეკონსტრუქცია, მაგრამ რადგან ქვეყანაში აკუსტიკით

დაკავებული სპეციალისტების აშკარა დეფიციტია, პრაქტიკულად ყველა შემთხვევაში დახმარებისთვის მიმართავენ უცხოელ სპეციალისტებს (მაგ. ჯ. კახიძის მუსიკალური ცენტრი), რაც დიდ დანახარჯებთან არის დაკავშირებული. ყოველივე ეს მეტ აქტუალობას ანიჭებს თეატრების აკუსტიკური თვისებების ანალიზის საკითხს, რადგან დარბაზის კომფორტულობის განმსაზღვრელ ერთ-ერთ ძირითად ფაქტორს ბგერათა აღქმის ოპტიმალური პირობების და შესაბამისად, კარგი ჟღერადობის უზრუნველყოფა წარმოადგენს, რაც თეატრების შიგა სივრცის აკუსტიკური თვისებების ანალიზის გარეშე წარმოუდგენელია.

ზემოთ მოყვანილი გარემოებანი მიუთითებს ქართული თეატრების აკუსტიკური თვისებების ჩაღრმავებული და სისტემატიზირებული კვლევის აუცილებლობაზე, რაც ხელს შეუწყობს თანამედროვე ქართული არქიტექტურის თეორიის მნიშვნელოვანი ნაწილის შევსებას.

კვლევის ობიექტიებად შერჩეულ იქნა ორი ობიექტი: მ. თუმანიშვილის სახ. კინომსახიობთა და შ. რუსთაველის სახ. დრამატული თეატრები. აკუსტიკური ანალიზისთვის შევედით ამ თეატრების დარბაზებში, კერძოდ, დ. თუმანიშვილის თეატრის დარბაზში, შ. რუსთაველის თეატრის დიდ და მცირე დარბაზებში. მათი შერჩევა მოხდა გამიზნულად, რადგან გვსურდა აკუსტიკური თვისებები შეგვესწავლა სხვადასხვა ზომის (დიდი, საშუალო და მცირე) სივრცეებში.

კვლევის საწყის ეტაპზე მოვიძიეთ ისტორიული მასალა განსახილველი ობიექტების შესახებ.

შენიშნა, რომელშიც ამჟამად რუსთაველის თეატრია განლაგებული, 1898-1901 წლებში აშენდა საარტისტო საზოგადოებისთვის. მისი მშენებლობა „ისაია პიტოვეისა და ამხანაგობის“ სავაჭრო სახლმა ითავა და სამირკველიც გაიჭრა. თეატრი დაარსდა, როგორც "საარტისტო საზოგადოება". თეატრის გახსნის შესახებ ასე გვამცნობს 1901 წლის 7 თებერვლის გაზეთი „ივერია“: „6 თებერვალს, ნაშუადღევს 2 საათზე აკურთხეს გოლოვინის პროსპექტზედ ახლად აგებული დიდი შენობა ტფილისის საარტისტო საზოგადოებისა“. ამ

მოვლენას დიდი სიხარულითა და აღტაცებით შეხვდა იმ დროინდელი ქართველი ინტელიგენცია. ქართული დრამის თეატრს 1921 წლის 25 ნოემბერს შოთა რუსთაველის სახელი მიენიჭა. შენობის პროექტის ავტორები იყვნენ თბილისში მოღვაწე, საგუბერნიო ინჟინერი კორნელი ტატიშჩევი და თბილისის საქალაქო არქიტექტორი ალექსანდრე შიმკევიჩი. არქიტექტორებმა შენობის დეკორში გვიანდელი ბაროკოსა და როკოკოს ორნამენტიკა გამოიყენეს. ფასადის როგორც პირვანდელ, ისე დღევანდელ ხასიათს განსაზღვრავს ფართო ვიტრინები, გიგანტური პილასტრებითა და ფრონტონებით შემკული ორი განაპირა და შუა ფართო რიზალიტი; დიდი თაღოვანი სარკმლების რიგი, მაღალი მანსარდა მრგვალი სამერცხულებით და ტროტუარის მთელი სიგანის მომცველი პორტიკი, რომლის ქვის მძიმე ბალუსტრადიანი გადახურვა ოთხკუთხა ბურჯებსა და შეწყვილებულ სვეტებს ეყრდნობა. ფასადისა და ინტერიერის გაფორმებაში როკოკოს სტილის მრავალი ელემენტია გამოყენებული: ღიობთა დამაგვირგვინებელი ნაძერწი გირლანდები და ნიჟარები, პილასტრთა ნაძერწი კაპიტელები, ანტაბლემენტი ნაძერწი ნიჟარებისგან შემდგარი ფრიზით და სხვ. თავდაპირველად შენობას მრავალფუნქციური დანიშნულება ჰქონდა, იგი საკლუბო ნაგებობას წარმოადგენდა. პირველ სართულზე განთავსებული იყო მაყურებელთა ხოლო მეორეზე – საკონცერტო დარბაზი, სარდაფი რესტორან „ანონას“ ეკავა, რომელიც მოგვიანებით, 20-იან წლებში, „ცისფერყანწელთა“ კაფე-რესტორან „ქიმერიონად“ გადაკეთდა. იგი პოეტთა, მწერალთა და მხატვართა თავშეყრის ადგილი იყო და მნიშვნელოვან როლს ასრულებდა XX ს-ის დასაწყისის თბილისის მხატვრულ ცხოვრებაში. ეს უნიკალური სივრცე 1919 წელს მოხატეს ისეთმა ცნობილმა მხატვრებმა, როგორებიც იყვნენ: ლ. გუდიაშვილი, დ. კაკაბაძე, კ. ზდანევიჩი და ს. სუდეიკინი.

1949 წლის 9 ივნისს ხანძარმა შენობა გაანადგურა, გადარჩა მხოლოდ რუსთაველის პროსპექტზე გამომავალი მთავარი ფასადი, შენობის დანარჩენი ნაწილები, მისი ინტერიერი მთლიანად აღსადგენი შეიქმნა, რაც

მოკლე დროში, ფოტოების მიხედვით, ერთ წელიწადში მოხერხდა. თეატრი თბილისელთა საყვარელი ადგილი გახდა, მის სცენაზე ხომ ხალხისთვის საყვარელი, ისეთი ცნობილი მსახიობები გამოდიოდნენ, როგორებიც იყვნენ: კ. მარჯანიშვილი, ს. ახმეტელი, მ. თუმანიშვილი, ა. ხორავა, უ. ჩხეიძე, ვ. ანჯაფარიძე და სხვ.

XX საუკუნის 70–იან წლებში ძნელადის (ახლანდელი თაბუკაშვილის) ქუჩის მხრიდან შენობას შვიდსართულიანი ნაგებობა დაემატა, სადაც განთავსდა მსახიობთა საგრიმიროები, სარეპეტიციო და სპორტული დარბაზები, ტექნიკური საამქროები.

დროთა განმავლობაში შენობა გარკვეულ წილად დაზიანდა და გადაუდებელი გახდა მისი კომპლექსური რეკონსტრუქცია (1982-87 წლები). სარესტავრაციო საქმეს სათავეში ჩაუდგა არქიტექტორი ოთარ ნახუცრიშვილი. თეატრის ფასადმა პირვანდელი სახე დაიბრუნა. მხატვარესტავრატორ ამირან გოგლიძის ხელმძღვანელობით ნაწილობრივ აღდგა კაფე „ქიმერიონის“ უნიკალური ფრესკები, ხოლო ზედა ფოიეში განთავსდა კოკა იგნატოვის მიერ შესრულებული პანო – „თეატრი“. რუსთაველის თეატრის უნიკალური შენობის გადარჩენაში 2002-2005 წ. ჩატარებულმა სამუშაოებმა საბოლოოდ დაასრულა თეატრის აღდგენა და რეკონსტრუქცია. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ჩვენს მიერ, რეკონსტრუქციის ავტორებთან პირად საუბრებში გაირკვა – თეატრის ადმინისტრაციის დაჟინებული მოთხოვნით, დარბაზთა და ზოგადად მთელი შენობის ინტერიერების რესტავრაციის პროცესში, მაქსიმალურად შენარჩუნებული იქნა მათი პირვანდელი სახე. მათი აკუსტიკური თვისებებით დაინტერესება არ შეიმჩნეოდა და შესაბამისად, არც აკუსტიკური კვლევა ჩატარებულა. თეატრის უყვარს ხალხს, თავისი პუბლიკა მოდიოდა მაშინაც კი, როდესაც მე–20–ე ს.–ის ბოლოს ქალაქში ელექტროენერგია არ იყო და წარმოდგენები სანთლის შუქზე იმართებოდა. თეატრი ცხოვრების ნაწილი, ხოლო ცხოვრება კი თეატრის ნაწილი იყო. ყველაფერი ეს დღემდე გავლენას ახდენს რუსთაველის თეატრის ყოველ ახალ წარმოდგენაზე, ყოველ იდეაზე, ახალ

ქმნილებაზე და კონცეფციაზე. ყოველივე ამის ფონზე ვთვლით, რომ ამ დიდი ტრადიციების მქონე თეატრის სამაყურებლო დარბაზებში აუცილებელია, რომ აკუსტიკური პირობებიც იყოს დამაკმაყოფილებელი, რათა მასში მოსულმა მაყურებელმა ყოველგვარი კომფორტი იგრძნოს სპექტაკლის მსვლელობისას და მიიღოს მაქსიმალური სულიერი სიამოვნება.

ამჟამად რუსთაველის თეატრს აქვს უახლესი აპარატურით აღჭურვილი სამი დარბაზი: დიდი (786 ადგილი), მცირე (300 ადგილი) და ექსპერიმენტული (182 ადგილი), ასევე კონფერენციებისა და სხვა სახის ღონისძიებებისათვის განკუთვნილი დიდი „სამეჯლისო დარბაზი“, „მცირე ფოიე“ და „პატარა სასტუმრო ოთახი“.

რაც შეეხება მ. თუმანიშვილის სახელობის კინომსახიობთა თეატრს, 1975 წელს რეფორმატორმა რეჟისორმა, დიდმა პედაგოგმა და მისი თაობის აშკარა ლიდერმა მიხეილ თუმანიშვილმა, თავის სტუდენტებთან ერთად ჩამოაყალიბა ახალი თეატრალური დასი, რომელიც პირველივე დღეებიდან მოექცა საზოგადოების ყურადღების ცენტრში. ეს იყო მსახიობებისა და რეჟისორების ერთობლივი ჯგუფი, რომელთაც თავიდანვე თეატრალურ ანსამბლად ზრდიდა.

მოგვიანებით კონოსტუდია "ქართული ფილმის" ხელმძღვანელობის ინიციატივით დასს გამოუყვეს სცენა, ძველი კინოსტუდიის ბაზაზე (იხ.სურ.№5).

თეატრი ოფიციალურად გაიხსნა 1978 წლის 14 იანვარს, ქართული თეატრის დღეს. ასე დაიბადა კიდევ ერთი ქართული თეატრი – ექსპერიმენტული თეატრი–სტუდია – "თეატრალური სახელოსნო". დიდმა მანქანამ შეცვალა ყველაფერი და თანამოაზრე მსახიობთა ჯგუფის შემოკრებით განსაზღვრა იმდროინდელი ქართული თეატრალური კულტურის დონე. კინომსახიობთა თეატრმა ბევრი საინტერესო სპექტაკლი უჩვენა ქართველ მაყურებელს. ყოველთვის გამორჩეული და წარმატებული იყო საერთაშორისო ფესტივალებზე მათ მიერ წარდგენილი სპექტაკლები.

თუმანიშვილის "დონ ჟუანი", "შუაზაფხულის ღამის სიზმარი" და "ბაკულის ღორები" სამუდამოდ აღიბეჭდა საერთაშორისო თეატრალურ ანალებში. 1996 წელს მანქანით თუმანიშვილი გარდაიცვალა და თეატრს მისი სახელი ეწოდა. აქ დღემდე ძირითადად თუმანიშვილის მოწაფეები მოღვაწეობენ. ისინი ცდილობენ საუკეთესო ტრადიციები შეინარჩუნონ და ახალი რეალობაც თამამად მიიღონ. თუმანიშვილის თეატრი ექსპერიმენტებისთვის მუდამ მზად იყო და დღესაც არის. თეატრი მაყურებელთა ნაკლებობას არ უჩივის, პუბლიკა სიამოვნებით ესწრება სპექტაკლებს: "სამეფო ოჯახი", "ბერნარდა ალბას სახლი", "კაბა" და ა.შ. კინომსახიობთა თეატრის სცენა შექსპირისეულ სცენას წააგავს: მას არ გააჩნია ფარდა, კულისები, მუშაობს მაყურებელთან ახლო კონტაქტით (პარტერი 200 მაყურებელზეა გათვლილი).

თეატრისთვის მნიშვნელოვანია სცენის უკანა ფონის მოხატულობა. იგი დაკავშირებულია სპექტაკლ "ზაფხულის ღამის სიზმრებთან". 1992 წლის დეკემბერში, მძიმე ეკონომიკური მდგომარეობის გამო, ვერ იქნა მოძიებული სახსრები დეკორაციისათვის, რის გამოც მხატვარმა გოგი ალექსი-მესხიშვილმა მიმართა ასეთ ხერხს: სცენაზე არსებული აგურის კედელი შეღება თეთრად და მასზე მოხატა სპექტაკლის დეკორაცია. მას შემდეგ კედლის მოხატულობა უცვლელი დარჩა, რემონტის შემდეგაც კი. დღეს იგი, გარკვეულ წილად შეიძლება ჩაითვალოს თეატრის სავიზიტო ბარათად.

აღსანიშნავია, რომ აღნიშნულ თეატრის სამაყურებლო დარბაზის მოწყობისას მისი აკუსტიკური თვისებების ანალიზით არავინ დაკავებულა, მაშინ როდესაც პირად საუბრებში თეატრის დასის მსახიობები არაერთხელ აღნიშნავდნენ, რომ დარბაზში აკუსტიკური პირობები სასურველია გამოსწორდეს და რომ აკუსტიკის თვალსაზრისით სცენაც შორსაა სრულყოფილებისგან.



## 1.2. საზოგადოებრივი ნაგებობების ძირითადი აკუსტიკური მაჩვენებლები

ზოგადად აკუსტიკა (ბერძ. Akustikos - სმენისა) არის მეცნიერება ზგერისა და მცირე ამპლიტუდის მქონე მექანიკური რხევების შესახებ. მუსიკოსები, როგორც წესი ამ ტერმინით აღნიშნავენ ამა თუ იმ ნაგებობაში სმენადობის ხარისხს, რაც დამოკიდებულია შენობის არქიტექტურულ ფორმასა და გამოყენებულ სამშენებლო-მოსაპირკეთებელ მასალაზე. აკუსტიკის იმ ნაწილს კი, რომელიც შეისწავლის ზგერთი ტალღების გავრცელებას სათავსოში, მათ არეკვლასა და შთანთქმას სხვადასხვა ზედაპირების მიერ, არეკვლილი ტალღების გავლენას მეტყველებისა და მუსიკის სმენადობაზე, ეწოდება არქიტექტურული აკუსტიკა.

კაცობრიობამ საუკუნეების მანძილზე დიდი შრომა და ენერგია მოახმარა, რათა შეექმნა ორატორული ხელოვნების მაღალი კულტურა. ანტიკურ საბერძნეთში ორატორობა ფილოსოფიურ დონემდე იყო ამაღლებული. ყველა ფილოსოფოსი ცდილობდა კარგი ორატორიც ყოფილიყო, რადგან თავის პოზიციების დაცვა უხდებოდა საჯაროდ. ყოველ დროში თავისებურად აღელვებდათ მეტყველების კულტურის საკითხები. მისი განვითარების მასშტაბები დამოკიდებული იყო მსმენელის ხასიათზე, საზოგადოების სოციალურ სტრუქტურაზე.

სასურველი აკუსტიკური პირობების უზრუნველსაყოფად აუცილებელი მოთხოვნები არსებით გავლენას ახდენს არქიტექტურული გეგმარების საკითხების მთელს კომპლექსზე, ამიტომ არქიტექტორი უნდა ითვალისწინებდეს აკუსტიკის ფაქტორს, როგორც ნაგებობის ფორმისა და შიგა მოპირკეთების განმსაზღვრელს.

არქიტექტურული აკუსტიკის შესახებ საუკუნეებით დაგროვილი გამოცდილება თაობიდან თაობას გადაეცემოდა, მაგრამ აკუსტიკის, როგორც მეცნიერების გარკვეული დარგის არასაკმარისი ცოდნა არცთუ ისე იშვიათ შემთხვევაში არასასურველ შედეგს იძლეოდა.

ბევრი თვლის, რომ პროგნოზი არქიტექტურული აკუსტიკის თვალსაზრისით პირობითია, ვინაიდან დარბაზის აკუსტიკის შესახებ მსჯელობა მხოლოდ მისი აგების შემდეგ შეიძლება, ზოგი კი არქიტექტურულ აკუსტიკას მიაკუთვნებს ხელოვნებას, რომელსაც ფლობდნენ ძველი დროის ხუროთმოძღვრები და რომლის საიდუმლოებანიც დღეისათვის დაკარგულია.

ცნობილი გერმანელი აკუსტიკოსი ს. მიულერი თავის ერთ-ერთ სტატიას ასე ასათაურებს: „სათავსოს აკუსტიკა - შავი მაგია თუ მეცნიერება?“ - ასეთ აზრს თავისი საფუძველი აქვს, ვინაიდან მიუხედავად თანამედროვე მეთოდებით ჩატარებული აკუსტიკური ანგარიშისა და გაზომვებისა, მომავალი სათავსოს აკუსტიკური ხარისხის განსაზღვრა საკმაოდ ძნელია, აქ შეცდომები ხშირია. საყურადღებო ფაქტია, რომ წინა საუკუნეების სათავსოები უმეტესად ბრწყინვალე აკუსტიკით ხასიათდება, მაშინ როდესაც თანამედროვეთა აკუსტიკური ხარისხი შორსაა სრულყოფისაგან.

აკუსტიკა ცოდნის ერთ-ერთი უძველესი დარგია, რომლის შესახებ პირველი ისტორიული ცნობები ჯერ კიდევ ძველ ბერძენ და რომაელ მეცნიერთა შრომებში გვხვდება: პითაგორა (ძვ.წ.აღ. VI ს.) - რომელმაც აღმოაჩინა კავშირი ტონის სიმაღლესა და სიმის სიგრძეს შორის; ემპედოკლე (ძვ.წ.აღ. V ს.); არისტოტელე (ძვ.წ.აღ. IV ს.) - რომელმაც ახსნა ექოს მოვლენა და ა.შ.

### **1.3. ღია თეატრები და მათი აკუსტიკური მახასიათებლები**

ანტიკურ თეატრში ღია ცის ქვეშ გამართულ წარმოდგენებში თუმცა მსახიობს ნიღაბი ჰქონდა გაკეთებული, მაგრამ სათეატრო სივრცე საუკეთესო აკუსტიკით უნდა გამორჩეულიყო რათა მსახიობს მაყურებლამდე მიეტანა აზრი. თანაც არა უბრალოდ აზრი, არამედ ემოციურად დამუხტული. როდესაც ციცერონი რიტორიკისა და პოეზიის პრინციპებზე და ურთიერთმიმართებაზე ლაპარაკობს, საგანგებოდ აღნიშნავს: “სცენაზე მყოფმა მსახიობმა, ლექსის წაკითხვისას ერთი

მარცვალის, რომ უმართებულოდ დაამოკლოს ან გააგრძელოს, მთელი თეატრი აყვირდება. სხვათაშორის ამ მაყურებელს არ ესმის რა არის ლექსის საზომი და მუხლი, მაგრამ რაკი მისი სმენა შეურაცხევს, სულაც არ უწევს ანგარიშს ვინ, რატომ და რით შეურაცხყო. ყვირის იმიტომ, რომ თვით ბუნებამ მიანიჭა ჩვენს ყურებს ვიგრძნოთ ბგერათა სიგრძე-სიძოკლე, ისევე როგორც დაბალ და მაღალ ტონს ვარჩევთ”.

მაშასადამე, ციცერონი სიტყვის წარმოთქმის კულტურას სმენის კულტურას უკავშირებს. სმენა კი ადამიანს ბუნებით აქვს მომადლებული. თუ მის ყურს მოხვდა არა ბუნებრივი ინტონაცია, იგი უმაღვე ახდენს რეაქციას. ამიტომ უმნიშვნელოვანესია აკუსტიკის საკითხების საგულდაგულოდ შესწავლა და ანალიზი. ალბათ ამიტაც იყო განპირობებული, რომ პოლიონ ვიტრუვიუსმა (ძვ.წ.ად. I ს.) - აკუსტიკის საკითხს თავის ნაშრომში „ათი წიგნი არქიტექტურის შესახებ“ მთელი თავი მიუძღვნა. ამ თავში იგი იძლევა მითითებებს სრულყოფილი აკუსტიკის უზრუნველსაყოფად.

ვიტრუვიუსის ტრაქტატი გვატყობინებს, რომ ღია ცის ქვეშ არსებულ ანტიკურ თეატრებში, მსმენელთათვის განკუთვნილ პირველ რიგებთან დამონტაჟებული იყო სპილენძის ჭურჭლები („ჟღერადი ვაზები“) თეატრის ზომების გათვალისწინებით.

ვიტრუვიუსი აღნიშნავს: - ჭურჭელი უნდა დამზადდეს იმგვარად, რომ მათი შეხებისას, ისინი გამოსცემდნენ ბგერებს. - დანიელე ბარბარო ამის შესახებ ასეთ კომენტარს აკეთებს: - ვიტრუვიუსი აღნიშნავს - ამბობს იგი - რომ სპილენძის ჭურჭლები უნდა გაკეთდეს ისეთნაირად, რომ მათთან ხმის ან სხვა რაიმე საგნის შეხებისას ისინი ერთობლივად იძლეოდნენ კონსონანსს, მაგრამ ის არაფერს ამბობს იმის შესახებ, თუ როგორ თანაფარდობაში უნდა იყოს ეს ჭურჭლები ერთმანეთთან, რომ შექმნან ასეთი ხმოვანება. როცა ჭურჭლები აწყობილნი არიან, საჭიროა მოვამზადოთ მათთვის ადგილი, ამიტომ ვიტრუვიუსი ამბობს: - აწყობის შემდეგ ისინი უნდა განვალაგოთ განსაკუთრებულ ნიშებში, ჭურჭლები ისე უნდა

მოვათავსოთ, რომ კედლებს არ ეხებოდნენ, მათ გარს უნდა ერტყათ თავისუფალი სივრცე და გააჩნდეთ ცარიელი შუალედი მწვერვალის მხრიდან. - ამაზე დანიელე ბარბარო შემდეგ კომენტარს აკეთებს: - ჭურჭლები კედლებს არ უნდა ეხებოდნენ, რადგან ამ შემთხვევაში რეზონანსში არ მოვლენ; ისინი გარშემორტყმული უნდა იყვნენ ცარიელი სივრცით, რათა უკეთ გამოიწვიონ რეზონანსი; ცარიელი შუალედი მწვერვალის მხრიდან კი ხელს უწყობს ჭურჭელში ხმის უკეთ შეღწევას. - ვიტრუვიუსი აგრძელებს: - ჭურჭლებს ათავსებდნენ გადმოყირავებულად, ხოლო სცენისკენ მიმართული მხრიდან მათ უფენდნენ სოლებს, სიმაღლით ნახევარი ფუტი (15,24 სმ.). - ამის შესახებ დანიელე ბარბარო ასეთ კომენტარს აკეთებს: - რათა ჭურჭელი რაიმემ დაიმაგროს, საჭიროა, ის რაიმეს დაეყრდნოს, ჰაერში ხომ არ იქნება დაკიდებულიო - ამბობს იგი - აქედან გამომდინარეობს, რომ ისინი ზარებივით კი არ ეკიდნენ, არამედ ეყრდნობოდნენ განსაკუთრებული სახის სოლებს, რომლებიც იმაგრებდნენ მათ აწეულ მდგომარეობაში და ეხებოდნენ თვით ჭურჭლის უმნიშვნელო ნაწილს, რათა ხელი არ შეეშალათ ჟღერადობისათვის. სოლები მზადდებოდა რკინისაგან. ვიტრუვიუსი განაგრძობს: - თუ თეატრი უმნიშვნელო ზომებისაა, მაშინ მისი სიმაღლის ნახევარზე კვალავენ განივ ზონას და მასში გამოჰყავთ კამარული ნიშები, რომლებიც ერთმანეთისაგან დაშორებულნი არიან 12 ტოლი შუალედით. - დანიელე ბარბაროს კომენტარი ასეთია: - მთელი თეატრი, სიმაღლის ნახევარზე იყოფა 12 ტოლ ნაწილად 13 თანაბარი ნიშით, ცხადია, რომ ორი ასეთი ნიშა იქნება ორივე ფრთის ბოლოებში, ერთი შუაში და ხუთ-ხუთი მათ შორის შუალედებში მარჯვნივ და მარცხნივ. კიდეებში მოთავსებული ჭურჭლები ჟღერენ უნისონში და ამიტომ, ისინი ერთნაირი სიდიდის არიან - მაგრამ უფრო მცირე ვიდრე დანარჩენნი. - შემდეგ ვიტრუვიუსი აღნიშნავს, რომ, თუ თეატრის ზომები მნიშვნელოვანია, მაშინ მისი სიმაღლე იყოფა 4 ნაწილად ისე, რომ მივიღოთ სამი განივი ზონა ნიშებისათვის: ერთი ჰარმონიული, მეორე ქრომატიული, მესამე დიატონური. შუალედურ სარტყელში

ათავსებენ 12 ჭურჭელს, შუაში არაფერს ათავსებენ, რადგან ქრომატიულ ლაღში განსხვავებული ხარისხის არანაირი ბგერები არ იძლევიან შეთანხმებულ ჟღერადობას, ზედა რიგში, ანუ ნიშათა ზონაში, არის ისევ 13 ნიშა შესაბამისად აწყობილი ჭურჭლებით. შემდეგ ვიტრუვიუსი ვარაუდობს, რომ შესაძლოა ვინმემ თქვას: რომში წლიდან წლამდე შენდებოდა მრავალი თეატრი, მაგრამ მათში ამგვარი არაფერი იყო გამოყენებულიო. მაგრამ - ამბობს იგი - ის ამ შემთხვევაში არ იქნება მართალი, რადგან ყველა საზოგადოებრივ თეატრს გააჩნია მრავალი ფიცრული ნაწილი, რომლებიც უეჭველად მოდიან რეზონანსში, კიფარედებზე დაკვირვების შედეგადაც ჩანს, რომ როცა შემსრულებლები მაღალ ტონებზე სიმღერას აპირებენ, სცენის კარებისკენ იქცევენ პირს, რათა ისარგებლონ მათი დახმარებით იმ ხმოვანების მისაღებად, რომელიც მათ ხმას პასუხობს - ეს არ იქნებოდა, თუ ხმა არ აირეკვლებოდა ამ ფიცრული ნაწილებისაგან - კომენტარს უკეთებს ბარბარო. - ვიტრუვიუსი წერს: - თუ თეატრი ნაგებია ისეთი მკვრივი მასალისაგან, იქნება ეს გათლილი ქვა თუ მარმარილო, რომელსაც არ გააჩნია რეზონირების უნარი, მაშინ გამოყენებული უნდა იქნეს ზევით მოყვანილი ხერხები. თუ შეგვეკითხებიან - რომელ თეატრებში იყო ისინი გამოყენებულიო, მაშინ ვიტყვით, რომ ჩვენ ასეთი თეატრის მითითება რომში არ შეგვიძლია, მაგრამ ისინი გვხვდება იტალიის სხვადასხვა რაიონებში და საბერძნეთის ბევრ ქალაქში, ამის გარდა მრავალი არქიტექტორი, რომლებიც აშენებდნენ თეატრებს მცირე ქალაქებში, სახსრების უქონლობის გამო სარგებლობდნენ თიხის ჭურჭლებით, რომლებიც ისევე იყვნენ აწყობილნი და განთავსებულნი, როგორც ზევით იყო აღნიშნული. - ბოლოს დანიელე ბარბარო ასეთ კომენტარს აკეთებს: - რადგან ჩვენ არ გაგვაჩნია ამ ჭურჭელთა ნიმუშები და სხვა მოწმობებიც არ გვაქვს, უნდა დავუჯეროთ ვიტრუვიუსსო. სამწუხაროდ, ვიტრუვიუსი არაფერს ამბობს იმის შესახებ, თუ რა აკუსტიკურ ეფექტს იძლეოდა ამ „ჟღერადი ვაზების“ გამოყენება, მაგრამ თუ რა ფიზიკურ მოვლენას ჰქონდა ადგილი ამ დროს, დღეს ჩვენ უკვე ვიცით. ლაპარაკია „ჰელმჰოლცის

რეზონატორებზე“ (ჰელმჰოლცმა, პირველმა ახსნა, ასეთი ბოთლისმაგვარი მოწყობილობების ფუნქცია და გამოითვალა იმ ბგერის სიმაღლე, რომლისთვისაც ისინი იყვნენ განკუთვნილნი) რეზონატორები არა მარტო არ აძლიერებენ გარკვეული სიხშირის ბგერებს, არამედ ასუსტებენ კიდევ მათ (იხ. დანართი 9, ნახ. 9). ისინი შთანთქავენ ბგერითი ველის ენერგიას, რომელიც შემდეგ იხარჯება რეზონატორთა საკუთარ რხევებზე. ასე მოქმედებენ ყველა რეზონანსული ბგერათ-შთანთქმელები (მაგ. თხელი ხის პანელები, რომლებიც თავსდებიან კედლიდან მოშორებით). ვაზები ანტიკურ თეატრებში (მათ ახლაც პოულობენ გათხრებისას) განკუთვნილი იყო ადამიანის ხმის დაბალსიხშირიანი მდგენელების შთანთქმისათვის. დახურულ სათავსოში ვაზა-რეზონატორების საშუალებით ხდება დაბალსიხშირიანი ბგერითი რხევების ჩაქრობა (იხ. დანართი 8, ნახ. 8). ეს მოვლენა ხელს უწყობს მეტყველების გარჩევითობის გაუმჯობესებას. საზოგადოდ ცნობილია, რომ ხმოვნებში ჭარბად არსებული დაბალი სიხშირეები, რომლებიც შეიცავენ გაცილებით მეტ ენერგიას, შენიღბვას უკეთებენ მაღალსიხშირიან, მაგრამ უფრო სუსტ თანხმოვნებს (ამიტომ, დაბალსიხშირიანი ბგერების შთანთქმით მყარდება ბალანსი და მეტყველების გარჩევითობის ხარისხი მაღლდება). როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ეს ხდება დახურულ სათავსოში, ზუსტად მათში დაბალსიხშირიან ბგერებს შეუძლიათ გამოიწვიონ ზემოთხსენებული შენიღბვა, ღია ცის ქვეშ კი რა ხდება? შეგვიძლია მხოლოდ წარმოვიდგინოთ, რომ ნაგებობის ნაწილებიდან (მაგ. სცენის უკანა კედლიდან) ან მეზობელი ტყის ნაპირებიდან მოდიოდა ექოსმაგვარი არეკვლები, რომლებიც შემდგომ შთანთქმებოდა ვაზა-რეზონატორების საშუალებით.

დღესაც გაოცებას იწვევს ანტიკური თეატრების არაჩვეულებრივი აკუსტიკური მახასიათებლები. რამდენიმე წლის წინ მთელი მსოფლიო ალაპარაკდა იმაზე, რომ ამერიკელმა მეცნიერებმა გახსნეს ანტიკური ღია თეატრების უნიკალური აკუსტიკის საიდუმლო. ლაპარაკი იყო ეპიდავრის ანტიკურ თეატრში ჩატარებული გამოკვლევების შედეგად გაკეთებულ

დასკვნებზე. ახალი კვლევების თანახმად ანტიკური თეატრის ნახევრად-მრგვალი „არენა“ წარმოადგენს იდეალურ ბგერით ფილტრს.

გამოკვლევები ჩატარდა მსოფლიოში ერთ-ერთ ყველაზე დიდ, ეპიდავრის თეატრში (იხ.დანართი სურ.№6). ეპიდავრი აშენებულია ჩვ.წ-ამდე IV საუკუნეში. თავდაპირველად იგი წარმოადგენდა ნახევრადმრგვალ ორხესტრს და 34 რიგ ქვის სკამებს მაყურებლებისთვის. რომის ეპოქაში მას დაემატა 21 რიგი. არქეოლოგებმა ახლიდან აღმოაჩინეს თეატრი 1881 წელს. ამჟამად იქ ყოველ წელს იმართება თეატრალური ფესტივალები.

ეპიდავრის თეატრის აკუსტიკა გამორჩეულია. ის იძლევა იმის საშუალებას, რომ მაყურებელს ბოლო რიგში, რომელიც 60 მეტრითაა დაშორებული სცენიდან, თავისუფლად, დამაბვის გარეშე ესმოდეს მსახიობის ხმა. თუ არტისტი დგას სცენის შუაგულში, მისი თითოეული სიტყვა ესმის 15 ათასს მაყურებელს. აგრეთვე ისმის სუსტი ხმაურიც - მონეტის დავარდნის ან ქაღალდის გახვევის ხმაც კი. ამ ჯადოსნურ თვისებებს აწერდნენ ან ქარებს, რომლებიც ქროდნენ სცენიდან მაყურებლისკენ, ან მსახიობთა მეტყველების განსაკუთრებულ რიტმს, რომელთა ნიღბებიც ხელს უწყობდნენ ხმის გაძლიერებას. თუმცა ეს ყველაფერი ვერ ხსნის იმას თუ რატომ ისმის თანამედროვე მსახიობთა ხმა, რომლებიც თამაშობენ ყოველგვარი ნიღბების გარეშე და მათი მეტყველების ტემპი განსხვავდება ძველ ბერძნული თეატრისთვის დამახასიათებელი ხმის ტემპისგან.

ჯერ კიდევ ძველი რომის არქიტექტორი ვიტრუვიუსი აღფრთოვანდა ეპიდავრის თეატრის აკუსტიკით და გამოთქვა მოსაზრება, რომ ის დამყარებულია ზუსტ გათვლებზე. „მათემატიკისა და მუსიკალური მეთოდის გამოყენებით ჩვენმა წინაპრებმა მიაღწიეს იმას, რომ მაყურებელს სცენიდან ესმის სუფთა და ტკბილი ხმა, ჰარმონიასთან შესაბამისობაში“ - წერს ვიტრუვიუსი.

ამერიკელი მეცნიერების გამოკვლევებმა დაადასტურეს ანტიკური ხანის არქიტექტორის დასკვნის სიზუსტე ციფრებში 2007 წელს („PIA

НОВОСТИ“). აღმოჩნდა რომ ეპიდავრის თეატრის ასეთი აკუსტიკის ამოცანის ამოხსნა დაკავშირებულია მის არქიტექტურულ თავისებურებებთან. კერძოდ რიგთა აღმავლობის პერიოდულ სტრუქტურასთან და მათზე დასაჯდომთა მონაცვლეობასთან.

დადგენილია რომ თეატრის ქვის სკამები გამოიყენებოდა როგორც აკუსტიკური ფილტრები - ისინი თრგუნავდნენ დაბალი სიხშირის ბგერას (რაც წარმოადგენს გარეგანი ხმაურის ძირითად შემადგენელს) და ამასთან ამღიერებდნენ მსახიობის ხმას, რომელიც გამოირჩეოდა შედარებით მაღალი სიხშირით. თანამედროვე მეცნიერებისთვის ცნობილია ხმის ტალღების არეკვლის ასეთი მექანიზმი, ასე მაგალითად, შენობების ხმა-გაუმტარიანობის მიზნით აქტიურად გამოიყენება სპეციალური ტალღოვანი ქაფი. დეკლერკმა დაადგინა, რომ ეპიდავრში იგივე ეფექტი მიიღწევა ქვის სკამების ხარიხოვანი ზედაპირებით. დაბალსიხშირიან, დათრგუნულ ბგერებსა და გაძლიერებულ, მაღალ ბგერებს შორის საზღვარი დევს დაახლოებით 500 ჰერცის სიხშირეზე. ასე რომ გარე ხმაურის დიდი ნაწილი, ხის ფოთლების შრიალი, ქარის ხმა იფილტრება იმ დროს, როცა მსახიობთა ხმები ძლიერდება და უფრო მკვეთრი ხდება.

დაბალი სიხშირის ხმა სცენიდან მაყურებლამდე ნაკლებად მიდის, თუმცა ადამიანის ტვინს შეუძია ინფორმაციის „რედაქტირება“, რითაც ავსებს დაბალი სიხშირის ბგერებს აღქმულ ხმაში. მეცნიერებმა ჯერ ვერ დაადგინეს მოქმედებს თუ არა აკუსტიკაზე თეატრში მჯდომი ხალხი, რადგან ადამიანის სხეული არაერთგვაროვანია, მოძრავია და საკმაოდ რთული გეომეტრიული ფორმისაა. ისინი თვლიან, რომ ძველ ბერძენ არქიტექტორებს სავსებით შეეძლოთ შეგნებულად გაეთვალათ აკუსტიკური ეფექტი თეატრში. მაგრამ ისინი არ გამორიცხავენ იმის შესაძლებლობასაც, რომ ეპიდავრის უნიკალური აკუსტიკა წარმოიშვა რამოდენიმე ფაქტორის წარმატებული შემთხვევითი დამთხვევის გამო. შემდგომში არქიტექტორები კოპირებას უკეთებდნენ ამ ეფექტს, სხვა თეატრების მშენებლობის დროს.



თანამედროვე თეატრების და სტადიონების უმეტესობა ემყარება გახმოვანების სისტემას და ამით თითქოს აკუსტიკური პრობლემები უნდა იქნას გადაწყვეტილი, მაგრამ ამას არ იზიარებენ ზემოთ მოყვანილი ჰიპოთეზის ავტორები - ისინი დარწმუნებულები არიან, რომ ღია არენებისთვის მიზანშეწონილია ყურადღება მიექცეს ამფითეატრის კონსტრუქციას, რაც წარმოადგენს ბუნებრივ ფილტრს.

განსაკუთრებულ აღნიშვნას იმსახურებს შვეციაში, 1993 წელს გახსნილი ღია თეატრი დალჰალლა (იხ.დანართი სურ.№ 18, 19).

ზოგი ადგილი გამოირჩევა უცნაური ინსტიტუტური მიმზიდველობით. ერთ-ერთი ასეთი ადგილია თეატრი დალჰალლა შვეციაში, რომელიც გარდაიქმნა მიტოვებული კირქვის კარიერიდან ინტერნაციონალურ საფესტივალო სცენად. წარმოდგენები მიმდინარეობს შეუდარებელი აკუსტიკით, აბსოლუტურად ექოს გარეშე, თითქმის სრულ სიჩუმეში. სცენას გარს აკრავს ზურმუხტისფერი ტბა. წარმოდგენა ხდება მაგიური, იმის გამო რომ, თითქოს მთა აღდება და ტბა ცეცხლის ალშია გახვეული, ბუნება ხდება სპექტაკლის შემადგენელი ნაწილი.

ამ ფანტასტიკური არენის შესახებ მალე გახდა ცნობილი შვედეთის ფარგლებს გარეთ. თეატრი დალჰალლა ოფიციალურად გაიხსნა 1993 წელს. დალჰალლა მდებარეობს ქალაქ როტვიკის მახლობლად. მსოფლიოში ყველაზე უცნაური თეატრის „ინტერიერი“ - ყოფილი კირქვის კარიერია, მისი ზომებია - 60 მ. სიღრმე, 400 მ. სიგრძე და 175 მ. სიგანე. თეატრი იტევს 4000 მაყურებელს. ფორმით დალჰალლა გვაგონებს ამფითეატრს, ტერასები ეშვება ზურმუხტისფერ ტბაზე. აქ უნიკალური აკუსტიკაა, აბსოლუტურად ექოს გარეშე.

მსგავსი თეატრების ჯგუფით გამოირჩევა ავსტრიაც, მათ შორის აღსანიშნავია ბრეგენცის თეატრი (იხ.დანართი სურ.№20, 21). ბრეგენცი ვორალბერგის, ავსტრიის უკიდურესი დასავლეთით მდებარე ფედერალური ერთეულის, დედაქალაქია. ქალაქი ტბა კონსტანცას ნაპირებზეა გაშლილი, რომელიც სიდიდით მესამეა ევროპის სუფთაწლიან

ტბებში და შვეიცარიის დასავლეთით და გერმანიის ჩრდილოეთით მდებარეობს. ბრეგენცის ფესტივალი საშემსრულებლო ხელოვნების ყოველ წელს ივლისაა და აგვისტოში იმართება. იგი 1946 წელს დაარსდა და ერთ-ერთ თვალსაჩინო მაგალითს წარმოადგენს ევროპის მუსიკალურ და საშემსრულებლო სივრცეებს შორის. ბრეგენცოს Seebühne ანუ მოცურავე სცენა და 7000 მაყურებლის ადგილი ამ უნიკალური საოპერო და თეატრალური სივრცის ღირშესანიშნავი ელემენტია.

## თავი II. შედეგები და განსჯა

### 2.1. შერჩეული დრამატული თეატრების აკუსტიკური თვისებების თეორიული ანალიზი.

დარბაზთა აკუსტიკური თვისებების ანალიზისათვის აუცილებელია: სათავსოს რევერბერაციის დროის განსაზღვრა; მასში არტიკულაციის პროცენტის დადგენა; დარბაზის ფორმით გამოწვეული სხვადასხვა მოვლენების შესწავლა და სხვა.

იმის დასადგენად, თუ რამდენად შეუძლია სათავსოს აკუსტიკურ თვისებებს, განაპირობოს დამაკმაყოფილებელი სმენადობა, ტარდება აკუსტიკური გამოკვლევები. ამაში შედის სათავსოს აკუსტიკის ობიექტური და სუბიექტური შეფასება.

როგორც ზევით აღვნიშნეთ (იხ. თავი 1, 1.2.), აკუსტიკური გაზომვები შეიძლება ჩატარებულ იქნას სხვადასხვა ხელსაწყოების საშუალებით. მაგრამ, რადგანაც დღეს საქართველოში შექმნილი პირობები ზემოთ აღნიშნული ხელსაწყოების გამოყენების საშუალებას არ იძლევა, კვლევის ჩასატარებლად მივმართეთ დღევანდელ პერიოდებში ხელმისაწვდომ ისეთ მეთოდებს, როგორებიცაა: სათავსოში რევერბერაციის დროის განსაზღვრა არსებული ფორმულებისა და გრაფიკების მეშვეობით; სათავსოს არტიკულაციის პროცენტის განსაზღვრა ტესტირების მეთოდით; გრაფო - ანალიტიკური მეთოდი გეომეტრიულ აკუსტიკაზე დაყრდნობით.

ღია სივრცეში, ამრეკვლი ზედაპირების არ არსებობისას, მსმენელამდე აღწევს მხოლოდ ის ბგერითი ტალღები, რომლებიც უშუალოდ ბგერების წყაროდან მომდინარეობს. ამ დროს, ბგერითი ენერგია როგორც კი აღწევს სრულ სიდიდეს, აღიქმება მსმენელთა მიერ და ქრება ბგერის წყაროს ჟღერადობის შეწყვეტის შემდეგ. დახურულ სათავსოში კი, სადაც დიდი რაოდენობით ამრეკვლი ზედაპირებია, ბგერის წყაროს მოქმედებისას სათავსოს ყოველ წერტილში პირდაპირი გზით მოსული ბგერითი ენერგიის შემდგომ, თანმიმდევრობით მოდის სხვადასხვა

ზედაპირებიდან არეკლილი მრავალრიცხოვანი პირველადი და განმეორებადი ბგერებითი ტალღები. ენერგია რომელიც მოაქცევს თითოეულ არეკვლილ ბგერით ტალღას ჯამდება წინასთან და რხევითი სისტემის საერთო ენერგია თანდათანობით იზრდება. რადგან, თითოეული არეკვლილსას ენერგიის ნაწილი იკარგება ამრეკვლი ზედაპირის მასალის მიერ ბგერის შთანთქმის გზით, ცხადია, რომ ენერგიის რაოდენობა, რომელიც მოდის განსაზღვრულ წერტილში პირველადი არეკვლების შემდეგ, პირდაპირზე მცირე იქნება, მეორადი არეკვლების მერე - პირველადის ენერგიაზე მცირე და ა.შ. ამრიგად, ბგერითი ენერგიის შემდგომ, თანმიმდევრობით მოდის სხვადასხვა ზედაპირებიდან არეკლილი მრავალრიცხოვანი პირველადი და განმეორებადი ბგერითი ტალღები. ენერგია, რომელიც მოაქვს თითოეულ არეკვლილ ბგერით ტალღას ჯამდება წინასთან და რხევითი სისტემის საერთო ენერგია თანდათანობით იზრდება. რადგან, თითოეული არეკვლისას ენერგიის ნაწილი იკარგება ამრეკვლი ზედაპირის მასალის მიერ ბგერის შთანთქმის გზით, ცხადია, რომ ენერგიის რაოდენობა, რომელიც მოდის განსაზღვრულ წერტილში პირველადი არეკვლების შემდეგ, პირდაპირზე მცირე იქნება, მეორადი არეკვლების მერე - პირველადის ენერგიაზე მცირე და ა.შ. ამრიგად, ბგერითი ენერგიის ზრდის პროცესი თანდათან შენელდება, სანამ არ დადგება მომენტი, როცა  $\Pi$  - ჯერადი არეკვლების ენერგიის ამატება უმნიშვნელო იქნება ენერგიის საერთო ჯამთა შედარებით. თუ ამ დროს ბგერის წყარო შეწყვეტს ჟღერადობას, დაიწყება ქრობის პროცესი, განხილულ წერტილში ჯერ შეწყდება პირდაპირი გზით მოსული ენერგიის მიწოდება, შემდეგ პირველადი არეკვლების, მეორადის, მესამედის და ა.შ. მანამ, სანამ იგი პრაქტიკულად სრულიად არ გაქრება. სათავოში ბგერის გაგრძელებას ჟღერადობის შეწყვეტის შემდეგ ეწოდება რევერბერაციული პროცესი, რომლის რაოდენობრივ შეფასებას რევერბერაციის დრო (ე.ი. დრო, რომელიც საჭიროა ბგერითი წნევის დონის 60 დბ-ით შემცირებისათვის)

წარმოადგენს. იგი დიდხანს ითვლებოდა სათავსოს აკუსტიკური ხარისხის შესაფასებელ ერთადერთ ზუსტ კრიტერიუმად, ის ახლაც ინარჩუნებს პირველობას, მიუხედავად მთელი რიგი ახალი კრიტერიუმების აღმოჩენისა.

რაც უფრო დიდია სათავსო, მით უფრო მეტია ბგერითი ტალღების საშუალო თავისუფალი გარბენა  $P$  ( $P=4 V / S$ . სადაც,  $P$  - საშუალო თავისუფალი გარბენა;  $V$  - სათავსო მოცულობა;  $S$  - სათავსოს ყველა შიგა ზედაპირის ფართობთა ჯამი), ხოლო არეკვლების რიცხვი დროის ერთეულში - ნაკლები, ე.ი. ბგერის ჩაქრობის პროცესი ნელია.

განსაკუთრებით ხანგრძლივია რევერბერაციის დრო დიდი მოცულობის მქონე სათავსოებში, რომელთა შემომზღუდავი ზედაპირების ბგერათშთანმთქმელობის კოეფიციენტი მცირეა. ამ შემთხვევაში სათავსოში ადგილი გუგუნის ეფექტს. სათავსოს მოცულობის შემცირებასთან ერთად იზრდება ინტერიერის შემომზღუდავი ზედაპირებიდან ბგერითი სხვების არეკვლის რიცხვიც და თუ ამ ზედაპირებს მაღალი შთანთქმის კოეფიციენტი გააჩნიათ, ბგერის ჩაქრობა მოხდება სწრაფად (რევერბერაციის დრო იქნება ძალიან მცირე) და სათავსო იქნება ყრუ. სათავსოს საერთო რევერბერაციული მახასიათებლების შესაფასებლად შეიძლება ითქვას შემდეგი: მცირე რევერბერაციის დრო სასურველია ნებისმიერი დარბაზისათვის, ხოლო გადაჭარბებული რევერბერაციის დრო წარმოადგენს უზარმაზარ ნაკლოვანებას სათავსოს აკუსტიკის შეფასებისას.

სათავსოში რევერბერაციის დროის დასადგენად საჭიროა, განვსაზღვროთ სათავსოს მოცულობა  $V$  [მ<sup>3</sup>]; შემომზღუდავი ზედაპირების ჯამური ფართობი  $S_{\text{საერთო}}$  [მ<sup>2</sup>]; და ბგერათშთანმთქმელთა ექვივალენტური ფართობი  $A_{\text{საერთო}}$ , [მ<sup>2</sup>].

$A_{\text{საერთო}}$ -ს პოულობენ ფორმულით:

$$A_{\text{საერთო}} = \sum \alpha S + \sum A_{\alpha} \text{ დაშ. } S_{\text{საერთო}}$$

სადაც,  $\sum \alpha S$  - არის ჯამი ყველა ცალკეული ზედაპირის ბგერათ-  
შთანთქმის კოეფიციენტის ნამრავლისა შესაბამისი ზედაპირების ფართო-  
ბეზზე, [მ²];

$\sum A$  - არის მსმენელებისა და ცარიელი სავარძლების (ან სხვა საგნების)  
მიერ გამოწვეული ბგერათშთანთქმის ექვივალენტურ ფართობთა ჯამი;

$\alpha_{\text{დამ.}}$  - არის დამატებით ბგერათშთანთქმელთა საშუალო  
კოეფიციენტი (ამაში შედის განათების არმატურა, ბზარები და ხვრელები,  
სავენილაციო კვანძები და სხვა). დამატებითი ბგერათშთანთქმის  
საშუალო კოეფიციენტი შეიძლება ავიღოთ 0,08 – 0,09-ის ტოლად 125 ჰც.  
სიხშირისას და 0,04 – 0,05-ის ტოლად 500 – 2000 ჰც. სიხშირისას.  
დარბაზებში, რომლებშიც დამატებითი ბგერათშთანთქმელებით  
გამოწვეული პირობები მკვეთრად არის გამოხატული ეს მნიშვნელობა უნდა  
გავზარდოთ დაახლოებით 30%-ით, და პირიქით, დარბაზებში, რომლებშიც  
ეს პირობები სუსტადაა გამოხატული, იგი შემცირებული უნდა იქნას 30%-  
ით.

ბგერათშთანთქმის საერთო ექვივალენტური ფართობის ( $A_{\text{საერთო}}$ )  
მონახვის შემდეგ, საზღვრავენ  $\alpha_{\text{საშ.}}$  - დარბაზის შიგა ზედაპირების მიერ  
ბგერის შთანთქმის საშუალო კოეფიციენტს:

$$\alpha_{\text{საშ.}} = A_{\text{საერთო}} / S_{\text{საერთო}}$$

ბგერის შთანთქმის საშუალო კოეფიციენტი დამოკიდებულია  
ინტერიერის მოსაპირკეთებელი მასალისა და კონსტრუქციების შთანთქმის  
კოეფიციენტებზე, რომელთაც გააჩნია თვისება, განსხვავებულად შთანთქან  
სხვადასხვა სიხშირის ბგერები, ამიტომ, რევერბერაციის დრო დამოკი-  
დებულია აგრეთვე ბგერათა რხევის სიხშირეზე.

რევერბერაციის დროის ანგარიში წარმოებს სამი სიხშირის  
ბგერისათვის 125, 500 და 2000 ჰც. გამოთვლებისას გამოდიან იქიდან, რომ

დარბაზი 70%-ით შევსებულია (რევერბერაციის დრო დიდად არის დამოკიდებული სათავსოში მყოფ მსმენელთა რაოდენობაზე, რადგან მათი არსებობა არსებითად ზრდის სათავსოს ბგერათშთანთქმელობის ფონდს).

თუ  $\alpha_{საშ.} \leq 0,2$  მაშინ, რევერბერაციის დროის განსასაზღვრავად იყენებენ ფორმულას, რომელიც უ. სებინმა მიიღო ემპირული გზით:

$$T = 0,163 \ V / \alpha_{საშ.} S_{საერთო},$$

ანუ

$$T = 0,163. \ V / A_{საერთო}.$$

საიდანაც ჩანს, რომ რევერბერაციის დრო პროპორციულია სათავსოს მოცულობისა და უკუპროპორციულია ჯამური ბგერათშთანთქმისა.

თუ  $\alpha_{საშ.} > 0,2$  მაშინ, რევერბერაციის დროს საზღვრავენ ეირინგის ფორმულის საშუალებით

$$T = 0,163. \ V / S_{საერთო} \cdot \varphi(\alpha_{საშ.})$$

სადაც  $\varphi(\alpha_{საშ.}) = -\ln(1 - \alpha_{საშ.})$  - არის ბგერათშთანთქმის საშუალო კოეფიციენტის ფუნქცია, რომლის მნიშვნელობა მოცემულია დანართ 6-ში.

დიდი მოცულობის დარბაზებში ( $V \approx 10000 \text{ მ}^3$ ), რევერბერაციის დროის განსაზღვრისას, მხედველობაში უნდა მივიღოთ ბგერის შთანთქმა დატენიანებული ჰაერის მიერ, რაც განსაკუთრებით ყურადსაღებია მაშინ, როცა საქმე გვაქვს მაღალი სიხშირის ( $\leq 1000 \text{ ჰც.}$ ) ბგერათა დიაპაზონთა 1000 ჰც-ზე ნაკლები სიხშირეებისათვის ჰაერში ბგერის ქრობის მაჩვენებლის ( $m$ ) სიდიდის მნიშვნელობა იმდენად უმნიშვნელოა, რომ პრაქტიკულად გამოთვლებში შეიძლება, არც გავითვალისწინოთ. მაღალი სიხშირეებისას კი ეირინგისა და სებინის ფორმულებში შედის ახალი წევრი -  $4 \text{ m } V$ , სადაც,  $m$  - არის ჰაერში ბგერის ქრობის მაჩვენებელი [მ<sup>1</sup>]. იგი დამოკიდებულია ჰაერის ტემპერატურაზე, ტენიანობის პროცენტზე და ბგერის სიხშირეზე (იხ. დანართი 4).

უ. სეზინმა დაამტკიცა, რომ ყოველ სათავსოს (მისი მოცულობისა და დანიშნულების გათვალისწინებით) გააჩნია ბგერითი ტალღების ქრობის საშუალო ოპტიმალური სიჩქარე, რაც შეესაბამება მოცემულ დონეებზე ოპტიმალურ რევერბერაციის დროს. ამიტომ, ოპტიმალური რევერბერაციის დრო სხვადასხვა დანიშნულებისა და მოცულობის მქონე სათავსოებისათვის, დგინდება ამ კრიტერიუმის რიცხვითი მნიშვნელობების მრავალჯერადი შეფარდებით ჟღერადობის ხარისხის სუბიექტურ შეფასებასთან, იმ პირობებში, რომლებიც შეესაბამებიან კრიტერიუმის გაზომილ მნიშვნელობებს [49].

ოპტიმალური რევერბერაციის დრო არის ისეთი სტანდარტული რევერბერაციის დრო, რომლის დროსაც მოცემული მუსიკალური გადაცემების ჟღერადობა ან მეტყველების გარჩევითობა მოცემულ სათავსოში არის საუკეთესო.

პირველი მითითებები ოპტიმალური რევერბერაციის დროის შესახებ მოცემული იყო სეზინის მიერ. მისი მონაცემები მერყეობს 1 წმ-დან მცირე საკონცერტო დარბაზებისათვის, 2,32 წმ-მდე დიდი დარბაზებისათვის. ოპტიმალური რევერბერაციის დროის საკითხი შეისწავლებოდა სხვა მკვლევართა მიერაც. საინტერესოა კრიუგერის მიერ მოყვანილი საერთო მტკიცებანი მოსალოდნელი აკუსტიკური ეფექტის შესახებ [50]:

ტ, წმ:		აკუსტიკა:
5-ზე მეტი	-	ძალიან ცუდი;
5-სა და 3 შორის	-	ცუდი;
3-სა და 2 შორის	-	საკმაოდ კარგი;
2-სა და 1½ შორის	-	კარგი
1½ -სა და ½ შორის	-	ძალიან კარგი

სამეტყველო გადაცემებისას, რომლის დროსაც მნიშვნელოვანია მარცვლების მკაფიოდ გამოყოფა, ოპტიმალურად გვევლინება შედარებით მოკლე რევერბერაციის დროის მნიშვნელობა; საორღანო მუსიკისას კი



პირიქით, სასურველია შედარებით გრძელი რევერბერაციის დრო, რადგანაც ამ შემთხვევაში მეტი მნიშვნელობა ენიჭება ჟღერადობის სისრულეს. პრინციპში შეიძლება ითქვას, რომ რევერბერაციის დრო შეიძლება იყოს მით უფრო გრძელი, რაც უფრო დიდია ინტერვალი ცალკეულ ტონებს შორის. ასე მაგალითად: შედარებით მოკლე რევერბერაციის დრო შეესაბამება რითმულ საცეკვაო მუსიკას, საორღანო მუსიკის სფეროში ანალოგიურ მაგალითად შეიძლება მოვიყვანოთ ბახის ფუგები. შულტი იხსენებს, რომ ბახი თავის მუსიკებს წერდა სპეციალურად კონკრეტული ეკლესიისთვის და რომ მისი ფუგების ჩქარი ტემპიც აკუსტიკური თავისებურებებით აიხსნებოდა [51].

თუ, ბგერის წყარო და მსმენელი ერთსა და იმავე სათავსოში იმყოფებიან, მაშინ ოპტიმალური რევერბერაციის დროის სიდიდე განისაზღვრება ნახ. 40 ბ-ის მიხედვით (ნახაზზე მრუდები მოცემულია 500 ჰც. სიხშირისათვის, სხვადასხვა ტიპის მუსიკალური და სამეტყველო გადაცემებისას, სათავსოს მოცულობის გათვალისწინებით). ამ სიდიდის განსაზღვრა შეიძლება მიახლოებითი ფორმულების საშუალებითაც:

სამეტყველო გადაცემებისათვის:  $T_{\text{ოპტ.}} = 0,3 \lg V - 0.05$ ;

მცირე მუსიკალური ფორმებისა და საოპერო თეატრებისათვის:  $T_{\text{ოპტ.}} = 0,4 \lg V - 0.15$ ;

სიმფონიური მუსიკისათვის:  $T_{\text{ოპტ.}} = 0,5 \lg V - 0.3$ .

თუ, სათავსოში სრულდება სხვადასხვა პროგრამები, მაშინ ირჩევენ ან ყველა პროგრამისათვის მიღებულ რევერბერაციის საშუალო მნიშვნელობას, ან იმ მნიშვნელობას, რომელიც შეესაბამება შედარებით მნიშვნელოვან ან უფრო ხშირად შესრულებად პროგრამას [37].

რევერბერაციის ოპტიმალური დრო დამოკიდებულია არა მხოლოდ სათავსოს დანიშნულებასა და მოცულობაზე, არამედ რხევათა სიხშირეზეც. ჩვეულებრივ, სიხშირის ზრდასთან ერთად რევერბერაციის დროის ხანგრძლივობა შესაბამისად კლებულობს.

დანართი 8-ში მოცემულია მაღალი და დაბალი სიხშირეებისათვის ოპტიმალურ რევერბერაციის დროთა შორის თანაფარდობის რიცხვითი მნიშვნელობები. უახლესმა გამოკვლევებმა გვიჩვენეს, რომ ოპტიმალური რევერბერაციის დრო პირდაპირ კავშირშია ბგერის ინტენსივობასა და სათავსოს ბგერითი ველის დიფუზურობასთან. ასე მაგალითად, დიდი სიძლიერის პირდაპირი ბგერის არსებობისას შეიძლება დავუშვათ შედარებით ხანგრძლივი რევერბერაციის დრო, რაც არ გააფუჭებს სმენადობასა და გარკვეულობას. სწორედ ამ პრინციპზეა დამყარებული მეტყველების გარჩევითობის გაუმჯობესება, მიმართული მოქმედების ხმამაღლამოლაპარაკეებისა და მიკროფონების საშუალებით, ასეთ სათავსოებში, რომლებშიც ზედმეტად დიდი რევერბერაციის დროა, ასეთივე გავლენას ახდენს ბგერითი ველის დიფუზურობა ოპტიმალური რევერბერაციის დროის შერჩევაზე [49].

ზემოთ განხილული ფორმულების საშუალებით ხდება მოცემული დანიშნულებისა და მოცულობის მქონე სათავსოსათვის ფაქტიური რევერბერაციის დროის განსაზღვრა, და თუ, ცნობილია ამ სათავსოსათვის ოპტიმალური რევერბერაციის დრო მაშინ მათი შედარების საფუძველზე შეგვიძლია განვსაზღვროთ, თუ რამდენად საჭიროებს მოცემული სათავსო დამატებითი ბგერათშთანმთქმელი ელემენტების გამოყენებას. საანგარიშო რევერბერაციის დრო უნდა შეესაბამებოდეს ოპტიმალურს დარბაზის 70%-75%-იანი შევსებისას. პრაქტიკული ამოცანების გადაწყვეტისას სასურველია ავაგოთ მრუდე, რომელიც დაახასიათებს რევერბერაციის დროის ცვლილებას (500 ჰც.-ის დროს) ცარიელი დარბაზის და მისი 50%, 75% და 100%-ით შევსებისას. საერთოდ, სასურველია, რომ დარბაზის რევერბერაციის დრო შეძლებისდაგვარად დამოკიდებული არ იყოს მისი მსმენელით შევსებაზე. უნდა ითქვას, ამა თუ იმ სათავსოს ოპტიმალური რევერბერაციის დრო არ შეიძლება განვიხილოთ, როგორ ზუსტად დადგენილი სიდიდე. ოპტიმალური რევერბერაციის დროის საზღვრებად

შეიძლება მივიჩნიოთ  $\pm 10\%$  გადახრა იმ მნიშვნელობიდან, რომლებიც მოყვანილია სხვადასხვა ავტორთა შრომებში.

ბგერათმშენებელი მასალები და კონსტრუქციები - მნიშვნელოვანი ფაქტორია სათავსოში ბგერითი გარემოს შესაქმნელად: ისინი დიდ გავლენას ახდენენ ჟღერადობის ხარისხზე და წარმოადგენენ ხმაურთან ბრძოლის ეფექტურ საშუალებას. პრინციპში, ყოველი მასალა შთანთქმავს ბგერას, მაგრამ, რადგანაც მასალათა უმეტესობას გააჩნია არასაკმარისი ბგერათმშენებლის კოეფიციენტი, ამიტომ მათი შერჩევა შიგა მოპირკეთებისათვის გარკვეულწილად განისაზღვრება აკუსტიკური მოთხოვნების გათვალისწინებით [52]. ამასთან, აუცილებელი ჯამური შთანთქმადობა შეიძლება განხორციელდეს, როგორც მცირე შთანთქმის კოეფიციენტიანი დიდი ზედაპირების, ისე მაღალი შთანთქმის კოეფიციენტიანი მცირე ზედაპირების საშუალებითაც. დანართ 7-ში მოყვანილია იმ ზოგიერთი მასალის შთანთქმის კოეფიციენტები, რომელთა გამოყენებაც ხშირად ხდება პრაქტიკაში.

პრაქტიკაში გამოყენებად ცალკეულ ბგერათმშენებელ მასალებსა და კონსტრუქციებს გააჩნიათ უნარი შთანთქონ სხვადასხვა სიხშირის ბგერები. დღესდღეობით არ არსებობს ისეთი უნივერსალური ბგერათმშენებელი მასალები და კონსტრუქციები, რომლებსაც შეუძლიათ შთანთქონ ბგერითი რხევები სიხშირეთა ყველა დიაპაზონზე [49].

სათავსოში ბგერათმშენებელი მასალების გამოყენებისას დიდი ყურადღება უნდა მიექცეს ინტერიერში მათ განთავსებას. სპეციალური ბგერათმშენებელი მასალები, რომელთაც გააჩნიათ მაღალი შთანთქმის კოეფიციენტი, არ უნდა განვათავსოთ იმ ზედაპირებზე რომლებიც გვადლევნ მცირედ დაგვიანებად არეკვლებს (პირდაპირ ბგერასთან შედარებით), რამეთუ, მცირედ დაგვიანებადი ბგერითი არეკვლები (ძირითადად ესენია: პირველადი ანუ ერთჯერადი არეკვლები დარბაზის ზედაპირებიდან) ავსებენ პირდაპირ ბგერას, აუმჯობესებენ სმენადობასა და მეტყველების გარჩევითობას. თავიდან უნდა ავიცილოთ აგრეთვე, ასეთი

ნაწილების ძლიერი დანაწევრებაც. ოპტიმალური აკუსტიკური ხარისხის მისაღწევ ერთ-ერთ ძირითად პირობას წარმოადგენს, დარბაზში საკმარისი დიფუზური ბგერითი ველის არსებობა, რაც გარკვეულ წილად მიიღწევა ინტერიერის ზედაპირთა დანაწილებით (პილიასტრები, ნიშები და ა.შ.), ამასთან საჭიროა მცირედ დაგვიანებადი ბგერითი არეკვლების მიმართული გავრცელებაც (პირდაპირი ბგერის გასაძლიერებლად), რასაც ხელს უშლის ძლიერი დანაწევრება.

## 2.2. ქართულ დრამატულ თეატრებში რევერბერაციის დროის ანგარიში

რუსთაველის სახ. თეატრის დიდი დარბაზი. სათავსოში რევერბერაციის დროის დასადგენად საჭიროა, განვსაზღვროთ მისი მოცულობა  $V$ , მ<sup>3</sup>; შემომზღუდავი ზედაპირების ჯამური ფართობი  $S_{\text{საერთო}}$  მ<sup>2</sup>; და ბგერათშთანთქმელთა ეკვივალენტური ფართობი  $A_{\text{საერთო}}$ , მ<sup>2</sup> ხოლო სიდიდის დასადგენად საჭიროა, გავიგოთ ჯამი ყველა ცალკეული ზედაპირების ბგერათშთანთქმის კოეფიციენტების ნამრავლისა, შესაბამისი ზედაპირების ფართობებზე -  $\sum \alpha S$ , მ<sup>2</sup>, და მსმენელების და სავარძლების მიერ გამოწვეული ბგერათშთანთქმის ეკვივალენტურ ფართობთა ჯამი  $\sum A$ .

რუსთაველის თეატრის დიდი დარბაზისთვის გვაქვს შემდეგი მონაცემები:  $V = 5200$  მ<sup>3</sup>.

$S_{\text{საერთო}} = 1778$  მ<sup>2</sup>. აქედან შელესილი ზედაპირების საერთო ფართობი  $S$  შელესილი = 1014 მ<sup>2</sup>,  $S$ ხის იატაკი = 516 მ<sup>2</sup>,  $S$ ხის კარებები = 101 მ<sup>2</sup>,  $S$  ხალიჩა = 67 მ<sup>2</sup>,  $S$ თაბაშირის ბარელიეფი = 80 მ<sup>2</sup>.

ვიცით რა, ყველა საჭირო ზედაპირის ფართობი, დანართი 7- ის საშუალებით ვპოულობთ შესაბამის მასალის შთანთქმის კოეფიციენტს, რის შედეგადაც ვსაზღვრავთ  $\sum \alpha S$  სიდიდეს. ჩვენს შემთხვევაში:

$$\sum \alpha S_{(125)} = 1014 \times 0,1 + 516 \times 0,05 + 101 \times 0,05 + 67 \times 0,09 + 80 \times 0,025 = 101,4 + 25,8 + 5,05 + 6,03 + 2 = 140,28;$$

$$\sum \alpha S_{(500)} = 1014 \times 0,2 + 516 \times 0,03 + 101 \times 0,061 + 67 \times 0,20 + 80 \times 0,035 = 202,8 + 15,48 + 6,16 + 13,4 + 2,8 = 240,64;$$

$$\sum \alpha S_{(2000)} = 1014 \times 0,2 + 516 \times 0,03 + 101 \times 0,03 + 67 \times 0,27 + 80 \times 0,047 = 202,8 + 15,48 + 3,03 + 18,1 + 3,76 = 243,17;$$

განსაზღვრული სიდიდეები მიღებულია, სამი სიხშირის ბგერის არსებობისას: 125 ჰც. 500 ჰც და 2000 ჰც. ჩვეულებრივ, ანგარიში წარმოებს დარბაზის 70-75%-ით შევსებისას. ჩვენს შემთხვევაში ამ პროცენტს შეესაბამება დაახლოებით 550 მაყურებელი და 236 ნახევრადრბილი სავარძელი. დანართი 7-ის საშუალებით ვპოულობთ რომ, მოზრდილი მაყურებლის ტანსაცმლით გამოწვეული შთანთქმის კოეფიციენტი 125 ჰც-ისას არის 0,19, 500 ჰც-ისას 0,43, 2000 ჰც-ისას კი 0,54. ნახევრად რბილი სავარძლის შთანთქმის კოეფიციენტია 125 ჰც-ისას არის 0,05; 500 ჰც-ისას - 0,18; 2000 ჰც-ისას - 0,17, ამის საფუძველზე ვპოულობთ  $\sum A$  სიდიდეს:

$$\sum A_{(125)} = 550 \times 0,19 + 236 \times 0,05 = 104,5 + 11,8 = 116,3$$

$$\sum A_{(500)} = 550 \times 0,43 + 236 \times 0,18 = 236,5 + 42,48 = 278,98$$

$$\sum A_{(2000)} = 550 \times 0,54 + 236 \times 0,17 = 297 + 40,12 = 337,12$$

$A_{\text{საერთო}}$ -ს საპოვნელად საჭიროა, განვსაზღვროთ  $\alpha$  დამ  $S$  საერთო სიდიდე ( $\alpha$  დამ - არის დამატებითი ბგერათშთანთქმის საშუალო კოეფიციენტი).  $\alpha$  დამ - აიღება - 2000 ჰც. სიხშირეებისას. ჩვენს შემთხვევაში:

$$\alpha \text{ დამ } S_{\text{საერთო}} = 1778 \times 0,09 = 160,02$$

$$\alpha \text{ დამ } S_{\text{საერთო}} = 1778 \times 0,05 = 88,9$$

მიღებული მონაცემების საფუძველზე ვპოულობთ  $A_{\text{საერთო}}$ -ს, რომელიც ჩვენს შემთხვევაში:

$$A_{\text{საერთო}} (125) = 140,28 + 116,3 + 160,02 = 416,6$$

$$A_{\text{საერთო}} (500) = 240,64 + 278,98 + 88,9 = 608,52$$

$$A_{\text{საერთო}} (2000) = 243,17 + 337,12 + 88,9 = 669,19$$

$A_{\text{საერთო}}$ -ს განსაზღვრის შემდეგ ვპოულობთ  $\alpha_{\text{საშ}}$  - დარბაზის შიგა ზედაპირების მიერ ბგერის შთანთქმის საშუალო კოეფიციენტს, რომელიც კონკრეტული შემთხვევისთვის იყო:

$$\alpha_{\text{საშ}} (125) = 416,6 : 1778 = 0,23$$

$$\alpha_{\text{საშ (500)}} = 608,52 : 1778 = 0,34$$

$$\alpha_{\text{საშ (2000)}} = 669,19 : 1778 = 0,38$$

რევერბერაციის დროს განსაზღვრისათვის ვსარგებლობთ სეზინის ფორმულით.

$$T_{(125)} = 0,163 \times 5200 : 416,6 = 2,03 \text{ წმ.}$$

$$T_{(500)} = 0,163 \times 5200 : 608,52 = 1,39 \text{ წმ.}$$

$$T_{(2000)} = 0,163 \times 5200 : 669,19 = 1,27 \text{ წმ.}$$

რუსთაველის სახ. თეატრის მცირე დარბაზის მონაცემებია:

$$V = 3000 \text{ მ}^3$$

$$S_{\text{საერთო}} = 1052 \text{ მ}^2$$

სამაყურებლო დარბაზის კედლები და ჭერი შელესილია  $S_{\text{შელესვა}} = 702 \text{ მ}^2$ , ღიობებში ხავერდის ფარდები  $S_{\text{ხავერდის}} = 70 \text{ მ}^2$ , ბარელიეფი კაპიტელი -  $S = 30 \text{ მ}^2$ , იატაკი ხის  $S_{\text{ხის}} = 220 \text{ მ}^2$ , იატაკზე დაფენილი ხალიჩა -  $S_{\text{ხალიჩა}} = 30 \text{ მ}^2$

ვიცით რა ყველა საჭირო მონაცემი, დანართი 7-ის საშუალებით ვპოულობთ შესაბამის მასალათა შთანთქმის კოეფიციენტებს, შემდეგ კი ვსაზღვრავთ 125 ჰც. 500 ჰც. და 2000 ჰც. სიხშირეებისას  $\Sigma \alpha S$  სიდიდეს:

$$\Sigma \alpha S_{(125)} = 702 \times 0,02 + 70 \times 0,06 + 30 \times 0,025 + 30 \times 0,09 + 220 \times 0,05 = 14 + 4,2 + 0,75 + 2,7 + 11 = 32,65$$

$$\Sigma \alpha S_{(500)} = 702 \times 0,02 + 70 \times 0,13 + 30 \times 0,035 + 30 \times 0,20 + 220 \times 0,03 = 14 + 9,1 + 1,05 + 6,6 = 36,75$$

$$\Sigma \alpha S_{(2000)} = 702 \times 0,04 + 70 \times 0,40 + 30 \times 0,47 + 30 \times 0,27 + 220 \times 0,03 = 28,1 + 28 + 1,41 + 8,1 + 6,6 = 93,8$$

ანგარიში წარმოებს დარბაზის 70-75%-ით შევსებისას. ჩვენს შემთხვევაში ამ პროცენტს შეესაბამება დაახლოებით 234 მაყურებელი. დანართი 7-ის საშუალებით ვპოულობთ, რომ მოზრდილი მაყურებლის ტანსაცმლით გამოწვეული შთანთქმის კოეფიციენტი 125 ჰც-ისას არის 0,19, 500 ჰც-ისას 0,43, 2000 ჰც-ისას კი 0,54, ხოლო ცარიელი ხის სკამის

რაოდენობა დაახლოებით 96. დანართი 7-ის საშუალებით ვპოულობთ, რომ ხის სკამის შთანთქმის კოეფიციენტი 125-500-2000 ჰგ-სას არის 0,02.

$$\sum \alpha S_{(125)} = 234 \times 0,19 + 96 \times 0,02 = 44,46 + 1,92 = 46,38$$

$$\sum \alpha S_{(500)} = 234 \times 0,43 + 96 \times 0,02 = 100,62 + 1,92 = 102,54$$

$$\sum \alpha S_{(2000)} = 234 \times 0,54 + 96 \times 0,02 = 126,36 + 1,92 = 128,28$$

ჩვენს შემთხვევაში  $\alpha$  დამ  $S$  საერთო სიდიდე ტოლია:

$$\alpha_{\text{დამ } S \text{ საერთო}} = 1052 \times 0,09 = 94,68$$

$$\alpha_{\text{დამ } S \text{ საერთო}} = 1052 \times 0,05 = 52,6$$

მირებული მონაცემების საფუძველზე ვპოულობთ  $A$  საერთოს:

$$A_{\text{საერთო } (125)} = 32,65 + 46,38 + 94,68 = 173,71$$

$$A_{\text{საერთო } (500)} = 36,75 + 102,54 + 52,6 = 191,89$$

$$A_{\text{საერთო } (2000)} = 93,8 + 128,28 + 52,6 = 274,68$$

$A$  საერთოს განსაზღვრის შემდეგ ვპოულობთ  $\alpha$  საშ.

$$\alpha_{\text{საშ. } (125)} = 173,71 : 1052 = 0,16$$

$$\alpha_{\text{საშ. } (500)} = 191,89 : 1052 = 0,18$$

$$\alpha_{\text{საშ. } (2000)} = 274,68 : 1052 = 0,25$$

რადგან, ყოველ განხილულ შემთხვევაში  $\alpha_{\text{საშ.}} \leq 0,2$ , ამიტომ რევერბერაციის დროის განსაზღვრისთვის ვსარგებლობთ სებინის ფორმულით:

$$T_{(125)} = 0,163 \times 3000 : 173,71 = 2,8 \text{ წმ};$$

$$T_{(500)} = 0,163 \times 3000 : 191,89 = 2,5 \text{ წმ};$$

$$T_{(2000)} = 0,163 \times 3000 : 274,68 = 1,8 \text{ წმ};$$

თუმანიშვილის სახ.კინომსახიობთა თეატრის დარბაზის მონაცემებით  $V = 1264 \text{ მ}^3$

$$S_{\text{საერთო}} = 620 \text{ მ}^2$$

დარბაზის კედლები და ჭერი შელესილი და შეღებილია, ამ ზედაპირთა საერთო ფართობით  $S = 442 \text{ მ}^2$ ; რბილი იატაკის ფართობი  $S_{\text{იატაკი}} = 158 \text{ მ}^2$ ; ხის კარებების საერთო ფართობი  $S_{\text{კარის}} = 16,2 \text{ მ}^2$ ; შემოსული ზედაპირის ფართობია  $S_{\text{შემოწ.}} = 3,8 \text{ მ}^2$ ;

ვიცით რა, ყველა საჭირო ზედაპირის ფართობი, დანართი 7-ის საშუალებით ვპოულობთ შესაბამისი მასალის შთანთქმის კოეფიციენტს, შემდეგ კი ვსაზღვრავთ. 125 – 500 – 2000 ჰც-ის სიხშირეებისას  $\sum \alpha S$  სიდიდეს:

$$\sum \alpha S_{(125)} = 442 \times 0,02 + 158 \times 0,09 + 16,2 \times 0,03 + 3,8 \times 0,03 = 8,84 + 14,22 + 0,5 + 0,13 = 23,69$$

$$\sum \alpha S_{(500)} = 442 \times 0,02 + 158 \times 0,20 + 16,2 \times 0,05 + 3,8 \times 0,027 = 8,84 + 31,6 + 0,81 + 0,10 = 41,35$$

$$\sum \alpha S_{(2000)} = 442 \times 0,04 + 158 \times 0,27 + 16,2 \times 0,04 + 3,8 \times 0,02 = 17,68 + 42,66 + 0,65 + 0,07 = 61,06$$

როგორც უკვე ავღნიშნეთ, ანგარიში წარმოებს დარბაზის 70 – 75%-ით შევსებისას, რასაც ჩვენს შემთხვევაში დაახლოებით 120 მაყურებელი შეესაბამება. დანართი 7-ის საშუალებით ვპოულობთ, რომ მოზრდილი მაყურებლის ტანსაცმლით გამოწვეული შთანთქმის კოეფიციენტი 125 ჰც-ისას არის 0,19, 500 ჰც-ისას 0,43, 2000 ჰც-ისას კი 0,54. ცარიელი ნახევრადრბილი სავარძლის რაოდენობა დაახლოებით 45. დანართი 7-ის საშუალებით ვპოულობთ, რომ ნახევრადრბილი სავარძლის შთანთქმის კოეფიციენტი 125 ჰც-ისას არის 0,05; 500 ჰც-ისას - 0,18; 2000 ჰც-ისას - 0,17 და ამის საფუძველზე ვეძებთ  $\sum A$  სიდიდეს:

$$\sum A_{(125)} = 120 \times 0,19 + 45 \times 0,05 = 22,8 + 2,25 = 25,05$$

$$\sum A_{(500)} = 120 \times 0,43 + 45 \times 0,18 = 51,6 + 8,1 = 59,7$$

$$\sum A_{(2000)} = 120 \times 0,54 + 45 \times 0,17 = 64,8 + 7,65 = 72,45$$

ჩვენს შემთხვევაში  $\alpha_{\text{დამ}} S_{\text{საერთო}}$  სიდიდე იქნება:

$$\alpha_{\text{დამ}} S_{\text{საერთო}} = 620 \times 0,09 = 55,8$$

$$\alpha_{\text{დამ}} S_{\text{საერთო}} = 620 \times 0,05 = 31$$

მიღებული მნიშვნელობების საფუძველზე ვსაზღვრავთ  $A_{\text{საერთო}}$  -ს

$$A_{\text{საერთო (125)}} = 23,69 + 25,05 + 55,8 = 104,54$$

$$A_{\text{საერთო (500)}} = 41,35 + 59,7 + 31 = 132,05$$

$$A_{\text{საერთო (2000)}} = 61,06 + 72,45 + 31 = 164,51$$



$A$  საერთო-ს განსაზღვრის შემდეგ ვპოულობთ  $\alpha$  საშ. ს:

$$\alpha_{\text{საშ. (125)}} = 104,54 : 620 = 0,17$$

$$\alpha_{\text{საშ. (500)}} = 132,05 : 620 = 0,21$$

$$\alpha_{\text{საშ. (2000)}} = 164,51 : 620 = 0,25$$

რევერბერაციის დროის განსაზღვრისათვის ვსარგებლობთ სეზინის ფორმულით:

$$T_{(125)} = 0,163 \times 1264 : 104,54 = 1,97 \text{ წმ.}$$

$$T_{(500)} = 0,163 \times 1264 : 132,05 = 1,56 \text{ წმ.}$$

$$T_{(2000)} = 0,163 \times 1264 : 164,51 = 1,25 \text{ წმ.}$$

### 2.3. მეტყველების გარჩევითობის დადგენა ქართულ დრამატულ თეატრებში

იმის დასადგენად, თუ რამდენად შეუძლია სათავსოს აკუსტიკურ თვისებებს, განაპირობონ დამაკმაყოფილებელი სმენადობა, ტარდება აკუსტიკური გამოკვლევები. ერთ-ერთი ასეთი გამოკვლევაა ექსპერიმენტი არტიკულაციური ტაბულების საშუალებით (იხ. დანართი 1).

საზოგადოდ, სამეტყველო გადაცემათა ხარისხი შედარებით მარტივად განისაზღვრება. როცა მეტყველება გასაგებია ზედმეტი ძალისხმევის გარეშე, ე.ი. როცა განსაკუთრებული დამაბვის გარეშე აღიქმება ყოველი სიტყვა მაშინ, საქმე გვაქვს სულ ცოტა, დამაკმაყოფილებელ სამეტყველო აკუსტიკასთან. ამასთან, მნიშვნელოვანია, რომ მეტყველების გარჩევითობა არ სუსტდებოდეს ორატორის ხანგრძლივი გამოსვლის დროსაც.

როგორც ცნობილია, მსმენელი გამოსვლის დასაწყისში განსაკუთრებით ძლიერ ამახვილებს ყურადღებას ორატორზე, ამიტომ, ამ დროს მეტყველება შეიძლება იყოს საკმაოდ გასაგები მაშინაც კი, როცა აკუსტიკური პირობები ამ დარბაზში არ არის განსაკუთრებულად ხელსაყრელი. თუმცა, ყურადღების ასეთი კონცენტრაცია - მიუხედავად მეტყველების შინაარსისა - ძალიან გადამღლელია და ამიტომ მალე დუნდება. ეს მდგომარეობა მყარდება მით უფრო სწრაფად, რაც უფრო მეტი ყურადღებაა საჭირო მეტყველების შინაარსის აღსაქმელად. როცა საქმე გვაქვს ერთ მთლიან

ტექსტთან, ბუნებრივია, ძნელია გავატაროთ მკაცრი საზღვარი მეტყველების გაგებასა და გაუგებრობას შორის, რადგან ეს დამოკიდებულია ერთ შემთხვევაში მის შინაარსზე, მეორე შემთხვევაში კი მსმენელის სმენასა და მის სუბიექტურ თვისებებზე. ამიტომ, შემოთავაზებულ იქნა გამოკვლევის ისეთი მეთოდი, რომელიც გარკვეულ წილად გამორიცხავს ამ ცვალებადი ფაქტორების გავლენას. გამოკვლევა ტარდება სპეციალური არტიკულაციური ტესტების საშუალებით, რომლებიც განკუთვნილია მეტყველების გარჩევითობის შესაფასებლად.

ფლექტერისა და მისი თანამშრომლების მიერ, ბელის სატელეფონო ლაბორატორიაში შემუშავებული იქნა მეთოდი მეტყველების გარჩევითობის განსაზღვრისათვის. თავდაპირველად „არტიკულაციური ტესტები“ გამოიყენებოდა მეტყველების სატელეფონო გადაცემათა პირობების დასადგენად. შემდეგ ეს ტესტები (ტაბულები) კნუდსენის მიერ გამოყენებულ იქნა დარბაზებში არტიკულაციის პროცენტის განსაზღვრავად.

არტიკულაციის პროცენტის მიღება ხდება ექსპერიმენტის შედეგად. მეთოდი შემდეგში მდგომარეობს: დიქტორი კითხულობს ცალკეულ მარცვლებს (მათ „ლოგატომებს“ ანუ სხვაგვარად რომ ვთქვათ, მეტყველების ატომებს უწოდებენ), მსმენელები კი, რომლებიც დარბაზის სხვადასხვა წერტილებში იმყოფებიან, იწერენ ამ მარცვლებს ისე, როგორც ესმით (თვით მარცვლები აზრს მოკლებულია, მაგრამ ისინი უნდა გამოხატავდნენ იმ ენის სიტყვების შემადგენელ ნაწილებს, რომელზედაც ტარდება გამოკვლევა გარჩევითობაზე). ასეთი ხერხი გამორიცხავს მარცვლების ცუდი სმენადობის აღდგენას მსმენელთა მიხვედრილობით. სწორად ჩაწერილი მარცვლების რაოდენობის დამოკიდებულება წაკითხული მარცვლების საერთო რიცხვთან განსაზღვრავს მარცვლოვან არტიკულაციას (გარჩევითობას), ხშირად ეს დამოკიდებულება გამოისახება პროცენტებში. მიღებულია, რომ:

1. თუ არტიკულაცია აღწევს 85%-ს ან მეტია - სმენადობის პირობები ძალიან კარგია;
2. თუ 75%-ს აღწევს - დამაკმაყოფილებელია, მაგრამ მოითხოვს გაძლიერებულ ყურადღებას;
3. თუ 65%-ია - სმენადობის პირობები ჯერ კიდევ მისაღებია, მაგრამ დამღლელია;
4. თუ 65%-ზე ნაკლებია - არადამაკმაყოფილებელია.

არ უნდა გამოგვრჩეს, რომ ასეთი არტიკულაციური გამოკვლევები მიმდინარეობს აზრს მოკლებული მარცვლების კითხვის გზით, ჩვეულებრივი საუბრის მოსმენისას კი მისი გარჩევითობა, რასაკვირველია, ექსპერიმენტით მიღებული არტიკულაციის პროცენტზე მაღალი იქნება. მეტყველების არტიკულაციასა და მარცვლოვანი არტიკულაციის პროცენტს შორის შემდეგი დამოკიდებულებაა:

მარცვლოვანი არტიკულაცია	-%	65	70	75	85
მეტყველების არტიკულაცია	-%	90	92	94	97

სათავსოს არტიკულაციის პროცენტის მიღება შეიძლება კნუდსენის მიერ შემოღებული ფორმულის საშუალებითაც. მან ჩაატარა გამოკვლევები ღია სივრცეში, ყოველგვარ ხმაურს მოწყვეტილ ადგილას, როცა მეტყველების ინტენსივობა დაახლოებით 70 დეციბელი, ხოლო მანძილი ორატორიდან მსმენელამდე იყო არა უმეტეს 1 მ-ისა, რევერბერაცია საერთოდ არ არსებობდა და ასეთ იდეალურ სივრცეშიც კი, მან არტიკულაცია მიიღო არა 100% არამედ 96%. თუ განვიხილავთ რაოდენობრივ ფაქტორებს, რომლებიც გავლენას ახდენენ დახურულ სათავსოში სმენადობის პირობებზე, მაშინ აშკარაა შესასწორებელი კოეფიციენტების შემოტანის აუცილებლობა, რომლებიც დამოკიდებულნი

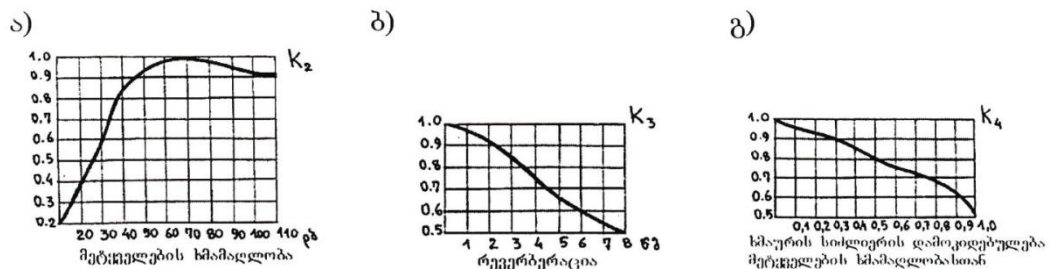
არიან სათავსოს ფორმაზე ( $K_1$ ); ორატორის ხმის სიძლიერეზე ( $K_2$ ); სათავსოს რევერბერაციის მახასიათებლებზე ( $K_3$ ); სათავსოში ხმაურის ფონზე ( $K_4$ ).

კნუდსენმა ნებისმიერი სათავსოს პროცენტული არტიკულაციის ( $A$ ) გამოსათვლელად შემოიტანა შემდეგი ფორმულა:

$$A=96\% \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4$$

საზოგადოდ, სათავსოს ფორმა წარმოადგენს რთულ ფაქტორს, რომელიც იწვევს  $K_1$  კოეფიციენტის სიდიდის ცვლილებას. მიღებულია, რომ ჩვეულებრივი სწორკუთხა და სექტორული ფორმის სათავსოებისათვის  $K_1=1$ ; დიდ სათავსოებში, რომლებშიც გვხვდება შეწყული მრუდხაზოვანი ზედაპირები (კედლებსა და ჭერზე)  $K_1$  აიღება 0,9-ის ტოლი; მცირე სათავსოებში კი, რომლებიც მოპირკეთებულია ბერათ ამრეკლავი ელემენტებით,  $K_1$  - კოეფიციენტი მნიშვნელობა ითვლება 1,6-ის ტოლად.

$K_2$ ,  $K_3$  და  $K_4$  - კოეფიციენტების მნიშვნელობები შეიძლება, განისაზღვროს სპეციალური გრაფიკების საშუალებით (ნახ. 1 ა,ბ,გ).



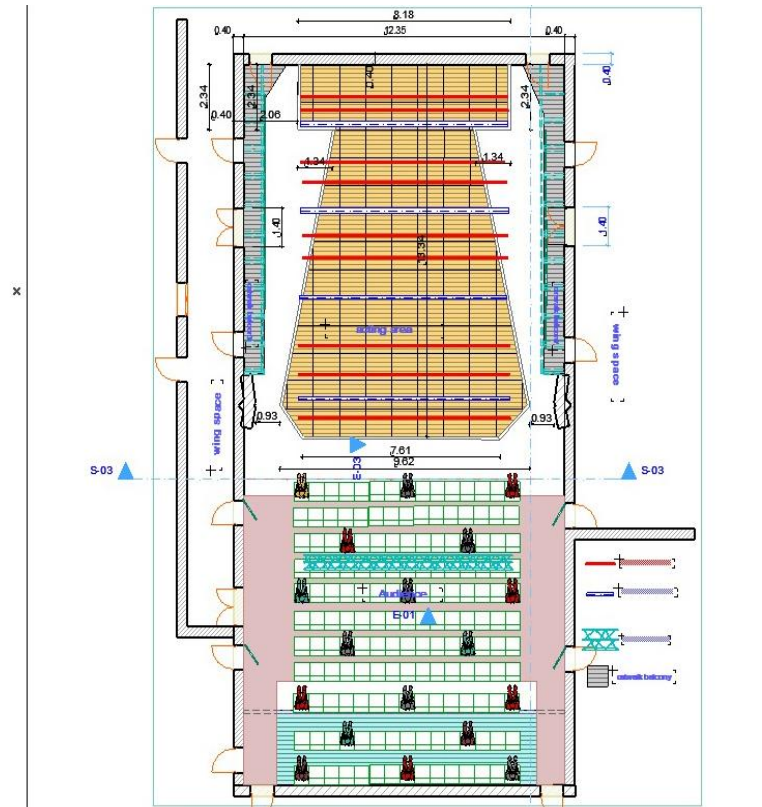
ნახ.1. არტიკულაციის პროცენტის დასადგენად აუცილებელი  $K_2$ (ა),  $K_3$ (ბ) და  $K_4$ (გ)

კნუდსენის მიერ შემოთავაზებული ფორმულის გამოყენება საშუალებას იძლევა, შევაფასოთ მეტყველების გარჩევითობა არტიკულაციური გამოკვლევების ჩატარების გარეშე, ე.ი. პროექტირების სტადიაშივე, რასაც დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს და საშუალებას იძლევა თავიდან ავიცილოთ ცუდი აკუსტიკური პირობების გამოსასწორებლად საჭირო ხარჯები.

დახურული სათავსოს აკუსტიკური თვისებები შეუძლებელია საკმარისად საფუძვლიანად იქნას შეფასებული მოვლენის მხოლოდ ფიზიკური მხარის განხილვით, რადგან საბოლოო ჯამში ასეთი შეფასება უნდა წარმოადგენდეს სუბიექტური შეგრძნებების შედეგს. ეს გარემოება განსაკუთრებით ცხადად ვლინდება მუსიკალური ნაწარმოებების შესრულების შესახებ მსჯელობისას, რამეთუ მუსიკის აღიარებული მცოდნენიც კი ხშირად არსებითად განსხვავებულ შეფასებას იძლევიან ერთი და იმავე ნაწარმოების მოსმენისას, სამეტყველო გადაცემათა ხარისხი კი შედარებით მარტივად განისაზღვრება. იმ სათავსოებში, რომლებშიც სრულდება სამეტყველო გადაცემები, მაგალითად დრამატულ თეატრებში, აუდიტორიებში, კლუბებში და სხვა, ძირითადი მნიშვნელობა ენიჭება მეტყველების გარჩევითობას, რომლის განსაზღვრაც ხდება სპეციალური არტიკულაციური ტაბულების საშუალებით (იხ. დანართი 1). ამიტომ მეთოდსაც არტიკულაციური ეწოდება.

სწორედ ამ მეთოდის გამოყენება მივიჩნიეთ საჭიროდ, თბილისის თუმანიშვილის სახელობის კინომსახიობთა თეატრის სამაყურებლო დარბაზში და რუსთაველის სახელობის თეატრის დიდ და მცირე დარბაზებში მეტყველების გარჩევითობის დასადგენად.

კინომსახიობთა თეატრში (იხ. დანართი 2) არტიკულაციური ტაბულების საშუალებით ჩატარებულ ექსპერიმენტში მონაწილეობას იღებდა 18 მსმენელი და 1 ორატორი (იხ. ნახ 2). მსმენელები განლაგებულნი იყვნენ თანაბრად სამაყურებლო დარბაზის მთელ ფართობზე. ორატორი კი, რომელიც სცენაზე იჯდა (იქ სადაც ძირითადად იმყოფება ხოლმე მსახიობი როლის შესრულების დროს) ხმამაღლა და გარკვევით კითხულობდა ტაბულაში შემავალ ცალკეულ მარცვლებს. ტაბულა შედგებოდა 200 მარცვლისაგან. მარცვლები სპეციალურად შერჩეულ, ქართული ენისათვის დამახასიათებელი სიტყვების შემადგენელ ნაწილებს წარმოადგენენ.



ნახ.2. თუმანიშვილის სახ. კინომსახიობთა თეატრის სამაყურებლო დარბაზი

ექსპერიმენტების ჩატარების შედეგად გაირკვა, რომ თუმანიშვილის კინომსახიობთა თეატრის სამაყურებლო დარბაზში ის მსმენელები, რომლებიც უშუალოდ ორატორის სიახლოვეს იმყოფებოდნენ მეტი სიზუსტით იწერდნენ მარცვლებს. შესაბამისად, მათ მიერ სწორად ჩაწერილი მარცვლების რაოდენობა აღემატებოდა დანარჩენებისას. ორატორიდან დაშორებასთან ერთად სწორად ჩაწერილი მარცვლების რაოდენობაც მცირდებოდა. სწორად ჩაწერილი მარცვლების ყველაზე ნაკლები რაოდენობა ჰქონდათ იმ მსმენელებს, რომლებიც იკავებდნენ სამაყურებლო დარბაზის ბოლო რიგების ადგილებს. აშკარად შეიმჩნეოდა, რომ სწორად ჩაწერილი მარცვლების რაოდენობაზე გავლენას ახდენდა გარედან შემოსული ხმაურის დონეც (ფოიეში იყო მზადება პრეზენტაციისთვის).

ჩატარებული ექსპერიმენტის შედეგი ასეთია, მსმენელთა მიერ სწორად ჩაწერილი მარცვალთა რაოდენობა წარმოადგენდა მარცვალთა საერთო რაოდენობის სხვადასხვა პროცენტს, კერძოდ:

I რიგში - 93% - 92% - 80%

III რიგში - 79,5% - 91%

V რიგში 82,5% - 82,5% - 76,5%

VII რიგში - 84,5% - 78,5%

IX რიგში - 77,5% - 77,5% - 79%

X რიგში - 79% - 84%

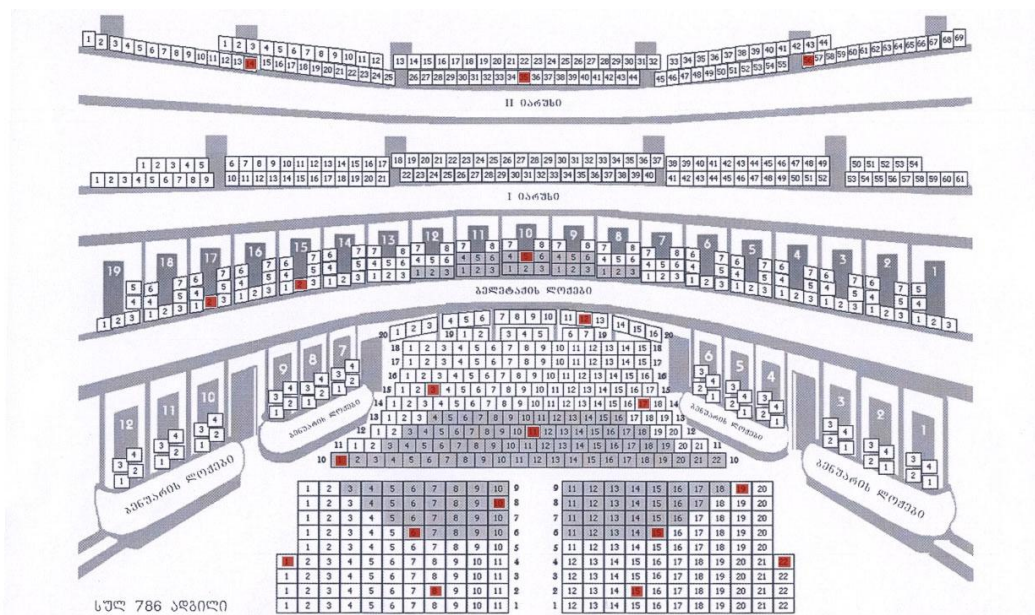
XI რიგში - 78% - 84,5% - 73,5%

ამ მონაცემების საფუძველზე მივიღეთ საერთო არტიკულაციის პროცენტი, რომელიც ტოლია:

$$A = (93+92+80+79,5+91+82,5+82,5+76,5+84,5+78,5+77,5+77,5+79+79+84+78+84,5+73,5):18=77,8\%$$

როგორც უკვე ვიცით, თუ არტიკულაციის პროცენტი აღწევს 85%-ს, მაშინ სმენადობა ძალიან კარგია, ხოლო თუ აღწევს 75%-ს - დამაკმაყოფილებელია, მაგრამ მოითხოვს გაძლიერებულ ყურადღებას. რაც პრინციპში სუბიექტური დაკვირვებითაც შეიმჩნევა.

რუსთაველის თეატრის დიდ დარბაზში არტიკულაციური ტაბულების საშუალებით ჩატარებულ ექსპერიმენტში მონაწილეობას იღებდა 19 მსმენელი და 1 ორატორი(იხ. ნახ. 3). აქაც წინა შემთხვევის ანალოგიურად მსმენელები განაწილებულნი იყვნენ მთელ დარბაზში თანაბრად (თუმცა სამწუხაროდ I იარუსი, გარკვეული მიზეზების გამო დაკეტილი დაგვხვდა და იქ ვერ შევძელით ექსპერიმენტის რომელიმე მონაწილის განთავსება), სცენაზე მჯდომი დიქტორი კი (ამჯერად თავად დოქტორანტი) კითხულობდა მარცვლებს სპეციალური არტიკულაციური ტაბულიდან.



ნახ.3. შ. რუსთაველის სახ. დრამატული თეატრის დიდი დარბაზი

ექსპერიმენტების ჩატარების შედეგად გაირკვა, რომ რუსთაველის სახ. დიდ დარბაზში ის მსმენელები, რომლებიც უშუალოდ ორატორის სიახლოვეს იმყოფებოდნენ მეტი სიზუსტით იწერდნენ მარცვლებს. შესაბამისად, მათ მიერ სწორად ჩაწერილი მარცვლების რაოდენობა აღემატებოდა დანარჩენებისას. ორატორიდან დაშორებასთან ერთად სწორად ჩაწერილი მარცვლების რაოდენობაც მცირდებოდა. აღმოჩნდა, რომ აკუსტიკური თვალსაზრისით ყველაზე მეტად უჭირს იარუსებს, სადაც სმენადობა მართალია ჯერ კიდევ დამაკმაყოფილებელია, მაგრამ მოითხოვს გაძლიერებულ ყურადღებას. II იარუსის I რიგის ადგ. 14-ზე კი საერთოდ არადამაკმაყოფილებელია (62.5%). ასევე სავალალო შედეგი აჩვენა მე-14-ე რიგში მჯდომმა ექსპერიმენტის მონაწილემ (60.5%). სავარაუდოდ, მის მიერ ჩაწერილი სწორი მარცვლების დაბალი პროცენტი განპირობებული იყო იმით, რომ იგი იჯდა შემოსასვლელი კარის უშუალო სიახლოვეს, სადაც აღინიშნებოდა გარედან შემოსული ხმაურის შედარებით მაღალი დონე. მეტყველების გარჩევითობის დაბალი პროცენტი მივიღეთ ასევე დარბაზის მე-8-ე (69% ) და მე-9-ე (66%) რიგებში.



მთლიანობაში ჩატარებული ექსპერიმენტის შედეგი ასეთია, მსმენელთა მიერ სწორად ჩაწერილი მარცვალთა რაოდენობა წარმოადგენდა მარცვალთა საერთო რაოდენობის სხვადასხვა პროცენტს, კერძოდ:

II რიგში - 93.5% - 93%

IV რიგში - 92% - 89.5%

VI რიგში - 84,5% - 88%

VIII რიგში - 69%

IX რიგში - 66%

X რიგში - 72%

XII რიგში - 79%

XIV რიგში - 60.5%

XV რიგში - 70.5%

XIX რიგში - 85.5%

ბელეტაჟის ლოჟა N10 - 76%

ბელეტაჟის ლოჟა N15 - 79%

ბელეტაჟის ლოჟა N17 - 82.5%

II იარუსი

I რიგი ადგ. 14 - 62.5%

II იარუსი ადგ. 35 - 73%

II იარუსი ადგ. 56 - 71%

ამ მონაცემების საფუძველზე მივიღეთ საერთო არტიკულაციის პროცენტი, რომელიც ტოლია:

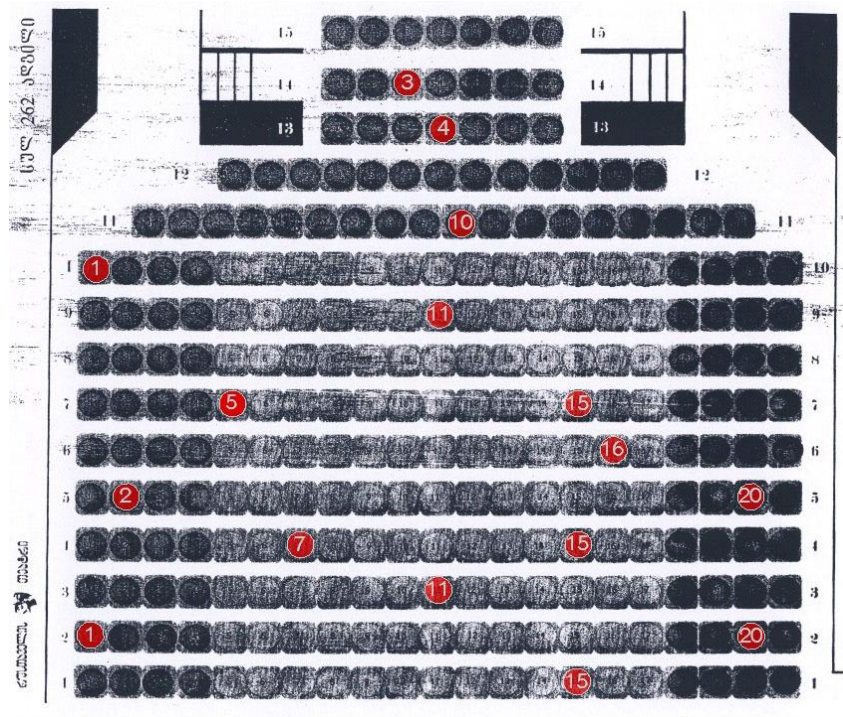
$$A = (93.5+93+92+89.5+84.5+88+69+66+72+79+60.5+70.5+85.5+76+79+82.5+62.5+73+71):19 = 78,2\%$$

ანუ საერთო პროცენტი 75-სა და 85%-ს შორისაა, რაც დამაკმაყოფილებელია, თუმცა ცალკეულ რიგებში დაფიქსირებული მეტყველების გარჩევითობის დაბალი პროცენტი, გვაფიქრებინებს იმას, რომ დარბაზის კონკრეტულად განსაზღვრულ ადგილებში კარგი სმენადობის უზრუნველ-

საყოფად სასურველი იქნებოდა დამატებითი ღონისძიებების ჩატარება (ბგერების ამრეკვლი ზედაპირების შეტანა, ბგერათა გამამძლიერებლების დაყენება და ა.შ.).

წინა ორი შემთხვევის ანალოგიურად, რუსთაველის თეატრის მცირე დარბაზშიც არტიკულაციური ტაბულების საშუალებით ჩატარდა ექსპერიმენტი, რომელშიც მონაწილეობას იღებდა 16 მსმენელი და 1 ორატორი (იხ. ნახ. 4). აქაც მსმენელები განაწილებულნი იყვნენ მთელ დარბაზში თანაბრად, სცენაზე მჯდომი დიქტორი კი (კვლავაც თავად დოქტორანტი) კითხულობდა მარცვლებს სპეციალური არტიკულაციური ტაბულიდან.

ექსპერიმენტების ჩატარების შედეგად გაირკვა, რომ რუსთაველის სახ. თეატრის მცირე დარბაზში ის მსმენელები, რომლებიც უშუალოდ ორატორის სიახლოვეს იმყოფებოდნენ მეტი სიზუსტით იწერდნენ მარცვლებს. თუმცა, გამოვლინდა საინტერესო ფაქტი, დარბაზის მარცხენა ფლანგში მსხდომი ექსპერიმენტში მონაწილეების მიერ, სწორად ჩაწერილი მარცვლების რაოდენობა საგრძნობლად დაბალია, ვიდრე იმავე რიგის მარჯვენა ფლანგში მსხდომი მონაწილეების მიერ ჩაწერილი. აღმოჩნდა, რომ აკუსტიკური თვალსაზრისით დარბაზს უჭირს, და სასწრაფოდ ითხოვს დამატებითი ღონისძიებების ჩატარებას, რაც განსაკუთრებით შეიმჩნევა მე-6-ე რიგიდან.



ნახ.4. შ. რუსთაველის სახ. დრამატული თეატრის მცირე დარბაზი

ჩატარებული ექსპერიმენტის შედეგი ასეთია, მსმენელთა მიერ სწორად ჩაწერილი მარცვალთა რაოდენობა წარმოადგენდა მარცვალთა საერთო რაოდენობის სხვადასხვა პროცენტს, კერძოდ:

- I რიგში - 91%
- II რიგში - 58% - 76.5%
- III რიგში - 89%
- IV რიგში - 51.5% - 67%
- V რიგში - 71% - 76.5%
- VI რიგში - 60%
- VII რიგში - 59.5% - 74.5%
- IX რიგში - 50.5%
- X რიგში - 50.5%
- XI რიგში - 52.5%
- XIII რიგში - 64%
- XIV რიგში - 42%

ამ მონაცემების საფუძველზე მივიღეთ საერთო არტიკულაციის პროცენტი, რომელიც ტოლია:

$$A = (91+58+76.5+89+51.5+67+71+76.5+60+59.5+74.5+50.5+50.5+52.5+64+42):16=64.6\%$$

ანუ საერთო პროცენტი 65%-ზე დაბალია, რაც ნიშნავს, რომ დარბაზში სმენადობა არადამაკმაყოფილებელია. მეტყველების გარჩევითობის ასეთი დაბალი ხარისხი ერთმნიშვნელოვნად მიუთითებს იმაზე, რომ დარბაზს აკუსტიკური თვისებების გაუმჯობესების მიზნით აუცილებლად ესაჭიროება სპეციალური რეკომენდაციები და შესაბამისი ღონისძიებების ჩატარება. ზოგადად, თავდაპირველად აღნიშნული დარბაზი არც იყო განკუთვნილი სპექტაკლების ჩასატარებლად, ეს იყო საცეკვაო დარბაზი, ამდენად, როგორც ჩანს მასში კარგ აკუსტიკაზე არც ყოფილა პირველადი მოთხოვნილება, მაგრამ რაკი დღეს, როგორც სამაყურებლო დარბაზი ისეა წარმოდგენილი, მასში აკუსტიკური თვისებების გამოსწორების მიზნით ჩასატარებელია დამატებითი ღონისძიებები.

საზოგადოდ, მეტყველების გარჩევითობაზე გავლენას ახდენს შემდეგი ფაქტორები; რევერბერაციის დრო, მეტყველების ხმამაღლობა, ხმაურის დონის თანაფარდობა მეტყველების ხმამაღლობის დონესთან, აგრეთვე სათავსოს ფორმა ზომები და მოპირკეთების ხერხები.

გასათვალისწინებელია, რომ რევერბერაციის დროის გაზრდისას, მეტყველების გარჩევითობა უარესდება დაახლოებით 10%-ით დროის ყოველ წამზე. მეტყველების კარგი გარჩევითობა დამოკიდებულია ორატორის ხმამაღლობის დონეზე, ხმის ტემბრზე. სათავსოებში გარჩევითობა ხშირად მცირდება არასაკმარისი ხმამაღლობის გამო, რასაც ადგილი აქვს მით უფრო, რაც უფრო დიდია სათავსო (სათავსოს ზომათა ზრდისას, ორატორს სჭირდება მეტი ძალისხმევა, რომ უზრუნველყოს საკმარისი ხმამაღლობის დონე), ამიტომ, ასეთ სათავსოებში რეკომენდირებულია ბგერათგამამდიერებლების სისტემის გამოყენება. ისეთ სათავსოებში, სადაც ასეთი სისტემა არ გვაქვს, რევერბერაციის დროის

რამდენადმე გაზრდა ხელს უწყობს მეტყველების გარჩევითობის ამაღლებას, რადგან ამ დროს მიიღწევა ხმამაღლობის შედარებით მაღალი დონე. მაგრამ აქ ლაპარაკია კომპრომისზე, რადგან თავისთავად ხანგრძლივი რევერბერაციის დრო ამცირებს მეტყველების გარჩევითობას იმდენად, რამდენადაც ჩაქრობის პროცესში მყოფი ბგერები ედება ახლად წარმოთქმულებს და ხდის ძნელად აღქმადს. საზოგადოდ, რევერბერაციის დრო შეიძლება იყოს მით უფრო ხანგრძლივი, რაც უფრო დიდია ინტერვალთა ცალკეულ ტონებს შორის. თეატრებში კი ეს ინტერვალთა საკმაოდ დიდია - იქ ერთმანეთს ენაცვლება მეტყველება და მუსიკალური ნომრები. ჩვენი აზრით, სწორად ამით არის განპირობებული ის ფაქტი, რომ თეატრებში ხანგრძლივი რევერბერაციის დრო ხელისშემშლელად არ მოქმედებს სმენადობაზე.

ადამიანის ყური წარმოადგენს არა მარტო ძალზედ ეფექტურ მიკროფონს, არამედ ანალიზატორსაც. მას შეუძლია ბგერის სახით აღიქვას მხოლოდ გარკვეული სიხშირისა და წნევის მქონე ჰაერის რხევები. ეს არის დაახლოებით 20-დან 2000 ჰც. სიხშირისა და  $2 \cdot 10^{-5}$ -დან  $20 \text{ ნ/მ}^2$ -მდე ბგერითი წნევის საშუალო კვადრატული მნიშვნელობების მქონე ბგერები (ბგერითი წნევა როცა  $20 \text{ ნ/მ}^2$ -ზე მეტია, ადამიანი გრძნობს ძლიერ ტკივილს). ბგერითი წნევის დონის - ცნების შემოღების წყალობით შესაძლო გახდა უზარმაზარი დიაპაზონის  $2 \times 10^{-5}$ -დან  $20 \text{ ნ/მ}^2$ -მდე გარდაქმნა უფრო მოსახერხებელ დიაპაზონად 0-დან 120 დბ-მდე.

მიღებულია, რომ ჩურჩულით საუბრისას ბგერითი წნევის დონე 40დბ-ია, საშუალო ხმამაღლობის ჩვეულებრივი მეტყველებისას - 60დბ, ხმამაღლა მეტყველებისას კი - 75დბ. საუკეთესო მეტყველების გარჩევითობა შეიმჩნევა მაშინ, როცა მეტყველების დონე 70...80 დბ-ია (500ჰც-დან 2000ჰც-მდე სიხშირეთა დიაპაზონში, ბგერითი წნევის დონისა და ხმამაღლობის დონის რიცხვითი მნიშვნელობები ერთნაირია). პრაქტიკაში აუცილებლად გასათვალისწინებელია ადამიანის ფსიქოლოგიური რეაქცია ფერზე. ადამიანის მიერ აღქმული წმინდა ვიზუალურად მოქმედებს მის სხვა გრძნობებზეც. ასე

მაგალითად, მკვეთრი აკუსტიკური გამაღიზიანებლები შეიძლება შესუსტდეს შესაბამისი ფერთი გამაღიზიანებლებით. მკვეთრი, ყურის "მომჭრელი" ხმაური ნაკლებ მშვიდი აღსაქმელი იქნება ზეთისხილისფერ მწვანედ, მონაცრისფრო მწვანედ, ჭაობისფერ მწვანედ ან მუქ ყავისფერ ფერად შეღებილ სათავსოში. ყრუ ხმაური კი შეიძლება ჩახშობილ იქნეს სათავსოს მოყვითალო შეფერილობით და ა.შ.

საზოგადოდ, ოპტიმალური სმენადობა შეიძლება მიღწეულ იქნას მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როცა მოცემულ სათავსოში ხელისშემშლელი ხმაურის ინტენსივობა მცირეა. ამიტომ, პირველ რიგში საჭიროა სათავსო უზრუნველყოთ საკმარისი ბგერათიზოლაციით. ძირითადად განასხვავებენ:

1. გარედან შემოდგეულ ხმაურს, გამოწვეულს მაგალითად, საქალაქო ტრანსპორტით;
2. ხმაურს, გამოწვეულს სათავსოს შიგნით სხვადასხვა მექანიზმთა მუშაობით (მაგ. ლიფტები, სავენტილაციო და განათების მოწყობილობები და ა.შ.);
3. ხმაურს, გამოწვეულს მსმენელების მიერ (მაგ. ჩურჩული, გადაადგილება და ა.შ.);

ჩვენს მიერ განხილული თეატრებიდან კინომსახიობთა თეატრი მდებარეობს სიღრმეში, შესაბამისად, სამაყურებლო დარბაზი არ არის გზის სიახლოვეს. ამიტომ ამ კონკრეტულ შემთხვევაში შეიძლება გარედან შემოდგეული ხმაურის უგულვებელყოფა. რუსთაველის თეატრის შემთხვევაშიც შესაძლებელია ამ ფაქტორზე თვალის დახუჭვა, რადგან მიუხედავად იმისა, რომ თეატრი ზედ რუსთაველის პროსპექტზე გამოდის, მისი სამაყურებლო დარბაზები სიღრმეშია განთავსებული და შესაბამისად, სანამ ხმაური დარბაზს მიაღწევს, ბევრი წინაღობის გამო სუსტდება და ნაკლებ შესამჩნევი ხდება. სათავსოს შიგნით სხვადასხვა მექანიზმების მუშაობით გამოწვეული ხმაურიც სამივე დარბაზის შემთხვევაში შეგვიძლია უგულვებელყოთ (თეატრებში ამ სახის ხმაური უმნიშვნელოა). რაც შეეხება

მესამე ფაქტორს, ხმაურს, გამოწვეულს მსმენელების მიერ - იგი დაახლოებით შეადგენს 40 დბ-ს. გასათვალისწინებელია, რომ, როცა მეტყველების ხმამაღლობის დონე და შემშლელი ხმაურის დონე დაახლოებით ერთნაირია, მაშინ მეტყველების გარჩევითობა 60%-მდე მცირდება. მსმენელებით გამოწვეული ხმაურის დონის ნაწილობრივ შესუსტება ხდება იატაკის ძირითად სავალ ნაწილზე ხალიჩების დაგებით, რაც ამცირებს მსმენელთა გადაადგილებით გამოწვეულ ხმაურს (კინომ-სახიობთა სამაყურებლო დარბაზსა და რუსთაველის თეატრის დიდ დარბაზში ეს ფაქტორი განხორციელებულია - მთელი იატაკი დაფარულია რბილი ბეერთშთამნთქავი მასალით, რუსთაველის თეატრის დარბაზში ეს ეფექტი გაძლიერებულია ინტერიერში რბილი ფარდებისა და რბილი სავარ-ძლების შეტანით, რაც პრინციპში შედეგზეც აშკარად აისახება).

ჩვენს მიერ განხილულ პირველ ორ შემთხვევაში სამეტყველო გადაცემათა ხარისხი დამაკმაყოფილებელია და არ საჭიროებს დამატებითი ღონისძიებების ჩატარებას. თუმცა, როგორც ექსპერიმენტებმა გვიჩვენა სამაყურებლო დარბაზის სივრცის ყველა ზონა, სმენადობისათვის ერთნაირად ხელსაყრელი როდია. ასე მაგალითად, შესასვლელი კარების სიახლოვეს, თეატრის ბოლო რიგებში სმენადობა უარესია, ვიდრე ორატორის სიახლოვეს. ზოგადი რეკომენდაციის სახით შეიძლება ითქვას, რომ სასურველი იქნება თუ დარბაზებში შესასვლელი კარები იქნება მეტად ჰერმეტიკული, რაც ხელს შეუშლის არასასურველი ხმაურის დარბაზში შეღწევას და შესაბამისად, ხელს შეუწყობს სმენადობის ხარისხის კიდევ უფრო მეტად ამაღლებას.

მესამე შემთხვევაში კი, კერძოდ, რუსთაველის თეატრის მცირე დარბაზში, სადაც სმენადობა არადამაკმაყოფილებელია საჭირო გახდება უფრო სერიოზული ღონისძიებების ჩატარება აკუსტიკის გამოსწორების მიზნით.

ვთვლით, რომ არტიკულაციური ტაბულების საშუალებით ჩატარებული ექსპერიმენტები გვცხადებს არსებულ თეატრებში რეალურად შევაფასოთ

მეტყველების გარჩევითობის ხარისხი, კნუდსენის ფორმულის საშუალებით კი შესაძლებელია დავადგინოთ სავარაუდო არტიკულაციის პროცენტი პროექტირების სტადიაში მყოფი თეატრებისათვის. ორივე მეთოდი საშუალებას გვაძლევს განვსაზღვროთ, საჭიროებს თუ არა ესა თუ ის თეატრი აკუსტიკური თვისებების გამუჯობესებას (მაგ. ორატორის ხმის გაძლიერებას -ამრეკვლი ზედაპირების მოწყობითა, თუ თეატრში შთამნთქმელი მასალების დამატებით და ა.შ.). მიღებული დასკვნების შედეგად ჩატარებული ღონისძიებები კი გამოიწვევს მეტყველების გარჩევითობის გაუმჯობესებასა და არტიკულაციის პროცენტის გაზრდას.

#### **2.4. ქართული დრამატული თეატრების აკუსტიკური თვისებების საექსპერტო ანალიზი (ანკეტური გამოკითხვის საშუალებით)**

ქართული დრამატული თეატრების აკუსტიკური თვისებების ანალიზი ჯერჯერობით არ გამხდარა სპეციალური სამეცნიერო კვლევის საგანი მაშინ, როდესაც ჩვენი აზრით თეატრებში მეტყველების გარჩევითობა ფრიად მნიშვნელოვანი საკითხია და საჭიროებს ძირეულ გამოკვლევას. ამაში დასარწმუნებლად ჩვენს მიერ შერჩეული თეატრების დარბაზებში აკუსტიკური თვისებების სრული ანალიზისთვის საჭიროდ ჩავთვალეთ სოციოლოგიური გამოკვლევის ჩატარება, რისთვისაც შევიმუშავეთ და დავარიგეთ სპეციალური კითხვარები. ანკეტების დარიგება მოხდა არა მარტო თეატრებში, არამედ დაიდო სოციალურ ქსელშიც, კერძოდ facebook-ში, რუსთაველის და თუმანიშვილის თეატრების ფან-კლუბის გვერდზე. დარიგებული ანკეტის შევსებული სახით მიღებისა და გაანალიზების შემდეგ გაირკვა საბოლოო სურათი, რომელიც დაგვებმარა გაგვეგო, თუ როგორ აფასებენ საკვლევი თეატრების მაყურებლები და მსახიობები დარბაზის აკუსტიკას და მიაჩნიათ თუ არა განსახილველ დარბაზებში აკუსტიკური თვისებების გასაუმჯობესებლად დამატებითი ღონისძიებების ჩატარება. ანალიზის საფუძველზე შეიძლება



ითქვას, რომ გამოკითხულთა უმეტესობა მიიჩნევს, რომ აკუსტიკური კვლევა ჩასატარებელია და აკუსტიკური პირობების გაუმჯობესების მიზნით რიგ შემთხვევაში საჭიროა გარკვეული ღონისძიებების ჩატარება.

ანკეტა შედგებოდა 8 კითხვისაგან და რამოდენიმე სავარაუდო პასუხისაგან. კითხვებზე პასუხის გასაცემად საკმარისი იყო რესპონდენტს ხაზი გაესვა არჩეული პასუხისათვის (შეიძლება რამოდენიმესათვის), თუ სავარაუდო პასუხებიდან რესპონდენტს არც ერთი არ დააკმაყოფილებდა, პასუხი შეეძლო დაეწერა სპეციალურად დატოვებულ თავისუფალ ხაზზე. თითოეული ანკეტა ივსებოდა დამოუკიდებლად (ანკეტის ნიმუში თან ერთვის სადისერტაციო ნაშრომს, იხ. დანართი 3). გამოკითხა 100 - ზე მეტი რესპონდენტი რუსთაველის თეატრის დიდ დარბაზში გამოიკითხა 37 სხვადასხვა პროფესიის მაყურებელი მათ შორის არქიტექტორები, მსახიობები, ფილოლოგები, მუსიკის პედაგოგი, დრამატურგი, სტუდენტი. პირველ შეკითხვაზე, რომელიც შემდეგი შინაარსის იყო - „შოთა რუსთაველის სახელმწიფო თეატრის დიდი დარბაზი მიეკუთვნება დარბაზთა იმ კატეგორიას, რომლებშიც უპირველესად მნიშვნელოვანია მეტყველების გარჩევითობა. მიგაჩნიათ თუ არა, რომ მასში აუცილებელია აკუსტიკური პირობების დადგენა?“ - გამოკითხულთა 42%-მა უპასუხა რომ აუცილებლად გასათვალისწინებელია, 42% თვლის, რომ ნაწილობრივ გასათვალისწინებელია, 16%-ის აზრით მთავარი ყურადღება უნდა დაეთმოს მხატვრულ-ესთეტიკურ მხარეს.

მეორე შეკითხვა ასეთი იყო - „როგორ შეაფასებდით განსახილველი დარბაზის აკუსტიკას?“ – 8% თვლის, რომ დადებითად, რამეთუ მასში არ შეიმჩნევა აკუსტიკური დეფექტები, სმენადობა კი კარგად აღსაქმელია, 84%-მა შეაფასა დამაკმაყოფილებლად, რადგან მიუხედავად გარკვეული აკუსტიკური დეფექტებისა დარბაზში სმენადობა მაინც მისაღებია. 8% აფასებს უარყოფითად, ვინაიდან დარბაზში შეიმჩნევა მთელი რიგი აკუსტიკური დეფექტებისა.

მესამე შეკითხვაზე - „თვლით თუ არა, რომ დარბაზში ხალხმრავლობისას ადგილი აქვს გუგუნის არასასურველ ეფექტს?“ 58%-მა ჩათვალა, რომ ადგილი აქვს ცალკეულ შემთხვევაში, ხოლო 42% თვლის, რომ გუგუნის ეფექტს ადგილი არა აქვს.

მეოთხე შეკითხვა ასეთი იყო - „მიგაჩნიათ თუ არა, რომ სპექტაკლის მსვლელობისას სმენადობის ხარისხი ეცემა დარბაზში მაყურებელთა გადაადგილების დროს?“ 50% თვლის, რომ მაყურებელთა გადაადგილებით გამოწვეული ხმაურის დონე იმდენად უმნიშვნელოა, რომ ის ფაქტიურად დარბაზში სმენადობაზე გავლენას არ ახდენს. 42%-ის აზრით მაყურებელთა გადაადგილებით გამოწვეული ხმაური ნაწილობრივ აუარესებს დარბაზში სმენადობას. 8%-ს ამაზე არ უფიქრია.

მეხუთე კითხვის შინაარსი ასეთი იყო - „თვლით თუ არა, რომ მსახიობთა გამოსვლისას სმენადობის ხარისხი ეცემა გარედან შემოსული ხმაურის ზემოქმედებით?“ 75% თვლის, რომ გარედან შემოსული ხმაურის დონე იმდენად უმნიშვნელოა, რომ ის ფაქტიურად დარბაზში სმენადობაზე გავლენას არ ახდენს. 17%-ის აზრით გარედან შემოსული ხმაური ნაწილობრივ აუარესებს დარბაზში სმენადობას. 8%-ს ამაზე არ უფიქრია.

მეექვსე კითხვაზე - „თვლით თუ არა, რომ განსახილველი დარბაზი აკუსტიკური თვისებების გაუმჯობესების მიზნით საჭიროებს გარკვეული ღონისძიებების ჩატარებას?“ 25% თვლის, რომ არ საჭიროებს. 59%-მა უპასუხა, რომ საჭიროებს ნაწილობრივად. 8%-ის აზრით აუცილებლად საჭიროებს. 8%-ს ამაზე არ უფიქრია.

ბოლო ორი კითხვა პირადად რესპონდენტს შეეხებოდა, რათა დაგვედგინა მათი განათლება და პროფესია. ანკეტური გამოკითხვის შედეგად აღმოჩნდა, რომ პროფესიის მიუხედავად ყველა რესპონდენტი, მცირე გამოწვევის გარდა თვლის, რომ დარბაზის აკუსტიკური თვისებების შესწავლა და მათი ანალიზი მნიშვნელოვანია.

რუსთაველის სახ. თეატრის მცირე დარბაზში გამოვკითხეთ 32 მაყურებელი. პირველ შეკითხვაზე - „შოთა რუსთაველის სახელმწიფო თეატრის მცირე დარბაზი მიეკუთვნება დარბაზთა იმ კატეგორიას, რომლებშიც უპირველესად მნიშვნელოვანია მეტყველების გარჩევითობა. მიგაჩნიათ თუ არა, რომ მასში აუცილებელია აკუსტიკური პირობების დადგენა?“ - გამოკითხულთა 56%-მა უპასუხა რომ აუცილებლად გასათვალისწინებელია, 18% - ის აზრით ნაწილობრივ გასათვალისწინებელია, 5% თვლის, რომ მთავარი ყურადღება უნდა დაეთმოს მხატვრულ-ესთეტიკურ მხარეს, 18% ფიქრობს, რომ მთავარი ყურადღება აკუსტიკურ მახასიათებლებს უნდა დაეთმოს, 3%-ს ამაზე არ უფიქრია.

მეორე შეკითხვაზე - „როგორ შეაფასებდით განსახილველი დარბაზის აკუსტიკას?“ - 6% თვლის, რომ დადებითად, რამეთუ მასში არ შეიმჩნევა აკუსტიკური დეფექტები, სმენადობა კი კარგად აღსაქმელია, 22%-მა შეაფასა დამაკმაყოფილებლად, რადგან მიუხედავად გარკვეული აკუსტიკური დეფექტებისა დარბაზში სმენადობა მაინც მისაღებია. 72% აფასებს უარყოფითად, ვინაიდან დარბაზში შეიმჩნევა მთელი რიგი აკუსტიკური დეფექტებისა.

მესამე შეკითხვაზე - „თვლით თუ არა, რომ დარბაზში ხალხმრავლობისას ადგილი აქვს გუგუნის არასასურველ ეფექტს?“ - 41%-ის აზრით ადგილი აქვს გუგუნის არასასურველ ეფექტს, 31% თვლის, რომ ადგილი აქვს ცალკეულ შემთხვევაში, 22%-მა ჩათვალა, რომ ადგილი არ აქვს, 6%-ს ამაზე არ უფიქრია.

მეოთხე შეკითხვა ასეთი იყო - „მიგაჩნიათ თუ არა, რომ სპექტაკლის მსვლელობისას სმენადობის ხარისხი ეცემა დარბაზში მაყურებელთა გადაადგილების დროს?“ 6% თვლის, რომ მაყურებელთა გადაადგილებით გამოწვეული ხმაურის დონე იმდენად უმნიშვნელოა, რომ ის ფაქტიურად დარბაზში სმენადობაზე გავლენას არ ახდენს. 50%-ის აზრით მაყურებელთა გადაადგილებით გამოწვეული ხმაური ნაწილობრივ აუარესებს დარბაზში სმენადობას. 41%-მა ჩათვალა, რომ მაყურებელთა გადაადგილებით გამო-

წვეული ხმაური საგრძნობლად აუარესებს დარბაზში სმენადობას, 3%-ს ამაზე არ უფიქრია.

მეხუთე კითხვის შინაარსი ასეთი იყო - „თვლით თუ არა, რომ მსახიობთა გამოსვლისას სმენადობის ხარისხი ეცემა გარედან შემოსული ხმაურის ზემოქმედებით?“ 18% თვლის, რომ გარედან შემოსული ხმაურის დონე იმდენად უმნიშვნელოა, რომ ის ფაქტიურად დარბაზში სმენადობაზე გავლენას არ ახდენს. 38%-ის აზრით გარედან შემოსული ხმაური ნაწილობრივ აუარესებს დარბაზში სმენადობას. 41% -მა ჩათვალა, რომ გარედან შემოსული ხმაური საგრძნობლად აუარესებს დარბაზში სმენადობას. 8%-ს ამ საკითხზე არ უფიქრია.

მეექვსე კითხვაზე - „თვლით თუ არა, რომ განსახილველი დარბაზი აკუსტიკური თვისებების გაუმჯობესების მიზნით საჭიროებს გარკვეული ღონისძიებების ჩატარებას?“ 6%-ის აზრით არ საჭიროებს. 25%-მა უპასუხა, რომ საჭიროებს ნაწილობრივად. 69% თვლის, რომ აუცილებლად საჭიროებს.

მეშვიდე კითხვა - „თქვენი განათლება?“ პროცენტულად ასე გამოიყურება 9% - საშუალო, 3% - საშუალო სპეციალური(პროფესიული), 12% - არასრული უმაღლესი, 76% - უმაღლესი.

მერვე კითხვა ეხებოდა რესპონდენტის პროფესიას. 17% - მსახიობი, 6% - რეჟისორი, 6% - არქიტექტორი, 71% სხვადასხვა პროფესიის.

ოთხმა სხვადასხვა პროფესიის მაყურებელმა გამოთქვა თავისუფალი აზრი. კერძოდ ორმა რესპონდენტმა(თეატრმცოდნე, ექიმი) აღნიშნა, რომ მცირე დარბაზში ჩატარებული რემონტის შემდეგ დარბაზში სმენადობა საგრძნობლად გაუარესდა. ორი რესპონდენტის (რეჟისორი, მენეჯერი) აზრით საჭიროა სამაყურებლო დარბაზში განლაგებული ხის სკამები შეიცვალოს, რადგან მათი მოძრაობა აჩენს პრობლემებს.

ანკეტურმა გამოკითხვამ აჩვენა, რომ უმრავლესობა მაყურებლისა, მიუხედავად სხვადასხვა პროფესიისა თვლის, რომ მცირე დარბაზი აუცილებლად საჭიროებს აკუსტიკური თვისებების შესწავლას და მათ

ანალიზს. ასევე სასურველი იქნება ინტერიერის ზედაპირების მოპირკეთება სპეციალური მასალებით, ბგერათმთანმთქავი ელემენტების გამოყენება და ამრეკვლი ზედაპირების მოწყობა.

თუმანიშვილის კინომსახიობთა თეატრში გამოიკითხა 34 მაყურებელი. პირველ შეკითხვაზე - „თუმანიშვილის თეატრის სამაყურებლო დარბაზი მიეკუთვნება დარბაზთა იმ კატეგორიას, რომლებშიც უპირველესად მნიშვნელოვანია მეტყველების გარჩევითობა. მიგაჩნიათ თუ არა, რომ მასში აუცილებელია აკუსტიკური პირობების დადგენა?“ - გამოკითხულთა 79%-მა აღნიშნა. რომ აუცილებლად გასათვალისწინებელია, 9% თვლის, რომ ნაწილობრივ გასათვალისწინებელია, 12%-ის აზრით მთავარი ყურადღება მხატვრულ-ესთეტიკურ მხარეს უნდა დაეთმოს.

მეორე შეკითხვაზე - „როგორ შეაფასებდით განსახილველი დარბაზის აკუსტიკას?“ - 15% თვლის, რომ დადებითად, რამეთუ მასში არ შეიმჩნევა აკუსტიკური დეფექტები, სმენადობა კი კარგად აღსაქმელია, 62%-მა შეაფასა დამაკმაყოფილებლად, რადგან მიუხედავად გარკვეული აკუსტიკური დეფექტებისა დარბაზში სმენადობა მაინც მისაღებია. 23% აფასებს უარყოფითად, ვინაიდან დარბაზში შეიმჩნევა მთელი რიგი აკუსტიკური დეფექტებისა.

მესამე შეკითხვაზე - „თვლით თუ არა, რომ დარბაზში ხალხ-მრავლობისას ადგილი აქვს გუგუნის არასასურველ ეფექტს?“ - 6%-ის აზრით ადგილი აქვს გუგუნის არასასურველ ეფექტს, 50% თვლის, რომ ადგილი აქვს ცალკეულ შემთხვევაში, 32%-მა ჩათვალა, რომ ადგილი არ აქვს, 12%-ს ამაზე არ უფიქრია.

მეოთხე შეკითხვა ასეთი იყო - „მიგაჩნიათ თუ არა, რომ სპექტაკლის მსვლელობისას სმენადობის ხარისხი ეცემა დარბაზში მაყურებელთა გადაადგილების დროს?“ 15% თვლის, რომ მაყურებელთა გადაადგილებით გამოწვეული ხმაურის დონე იმდენად უმნიშვნელოა, რომ ის ფაქტიურად დარბაზში სმენადობაზე გავლენას არ ახდენს. 53%-ის აზრით მაყურებელთა გადაადგილებით გამოწვეული ხმაური ნაწილობრივ აუარესებს დარბაზში

სმენადობას. 23%-მა ჩათვალა, რომ მაყურებელთა გადაადგილებით გამოწვეული ხმაური საგრძნობლად აუარესებს დარბაზში სმენადობას, 9%-ს ამაზე არ უფიქრია.

მეხუთე კითხვის შინაარსი ასეთი იყო - „თვლით თუ არა, რომ მსახიობთა გამოსვლისას სმენადობის ხარისხი ეცემა გარედან შემოსული ხმაურის ზემოქმედებით?“ 23% თვლის, რომ გარედან შემოსული ხმაურის დონე იმდენად უმნიშვნელოა, რომ ის ფაქტიურად დარბაზში სმენადობაზე გავლენას არ ახდენს. 54%-ის აზრით გარედან შემოსული ხმაური ნაწილობრივ აუარესებს დარბაზში სმენადობას. 23% -მა ჩათვალა, რომ გარედან შემოსული ხმაური საგრძნობლად აუარესებს დარბაზში სმენადობას.

მეექვსე კითხვაზე - „თვლით თუ არა, რომ განსახილველი დარბაზი აკუსტიკური თვისებების გაუმჯობესების მიზნით საჭიროებს გარკვეული ღონისძიებების ჩატარებას?“ 59%-მა უპასუხა, რომ საჭიროებს ნაწილობრივად. 35%-ის აზრით აუცილებლად საჭიროებს. 6%-ს ამაზე არ უფიქრია.

მეშვიდე კითხვა - „თქვენი განათლება?“ პროცენტულად ასე გამოიყურება 4% - საშუალო, 3% - საშუალო სპეციალური(პროფესიული), 5% - არასრული უმაღლესი, 88% - უმაღლესი.

მერვე კითხვა ეხებოდა რესპონდენტის პროფესიას. 33% - მსახიობი, 8% - რეჟისორი, 4% - არქიტექტორი, 55% სხვადასხვა პროფესიის.

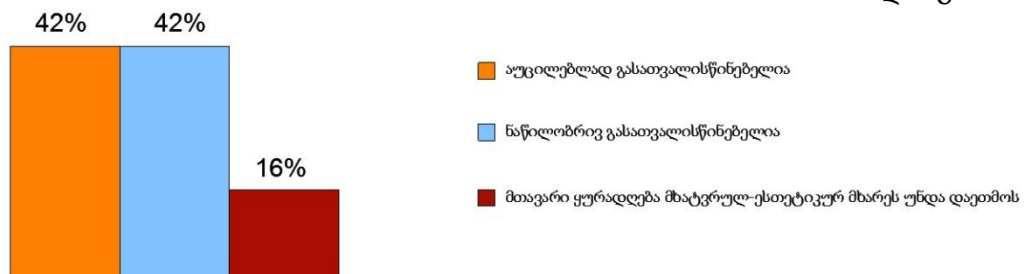
გამოკითხულთა შორის თავისუფალი აზრი გამოთქვა რესპონდენტთა 18%-მა. მათ შორის უმრავლესობამ ძირითადად მსახიობებმა აღნიშნეს, რომ სპექტაკლის მსვლელობისას სმენადობაზე არასასურველ გავლენას ახდენს გარედან შემოსული ხმაური(წვიმის, ძაღლის ყევის, მანქანის საყვირის ხმა და ა.შ.). ორმა რესპონდენტმა (არქიტექტორი, მსახიობი) აღნიშნა, რომ დარბაზის აკუსტიკა გაუარესდა რემონტის ჩატარების შემდეგ. ერთი რესპონდენტის მიერ (პროფესია სამხედრო მფრინავი) გამოთქვა მოსაზრება ელექტროაკუსტიკური მოწყობილობის გამოყენების შესახებ.

გამოკითხვამ აჩვენა, რომ აკუსტიკური თვისებების გაუმჯობესების, ასევე გარეგანი ხმაურის აღმოფხვრის მიზნით ჩასატარებელია რიგი ღონისძიებებისა. კერძოდ სასურველი იქნება ინტერიერის ზედაპირების მოპირკეთება სპეციალური ბგერათსაიზოლაციო მასალებით, ბგერათშთანმთქავი ელემენტების გამოყენებით და ამრეკვლი ზედაპირების მოწყობით.

ზოგადად დარბაზთა აკუსტიკური თვისებების ანალიზისთვის აუცილებელია: სათავსოს რევერბერაციის დროის განსაზღვრა; მასში არტიკულაციის პროცენტის დადგენა; დარბაზის ფორმით გამოწვეული სხვადასხვა მოვლენების შესწავლა და სხვა.

1. შოთა რუსთაველის სახელმწიფო თეატრის დიდი დარბაზი მიეკუთვნება დარბაზთა იმ კატეგორიას, რომლებშიც უპირველესად მნიშვნელოვანია მეტყველების გარჩევითობა. მიგაჩნიათ თუ არა, რომ მასში აუცილებელია აკუსტიკური პირობების დადგენა?

დიაგრამა №1



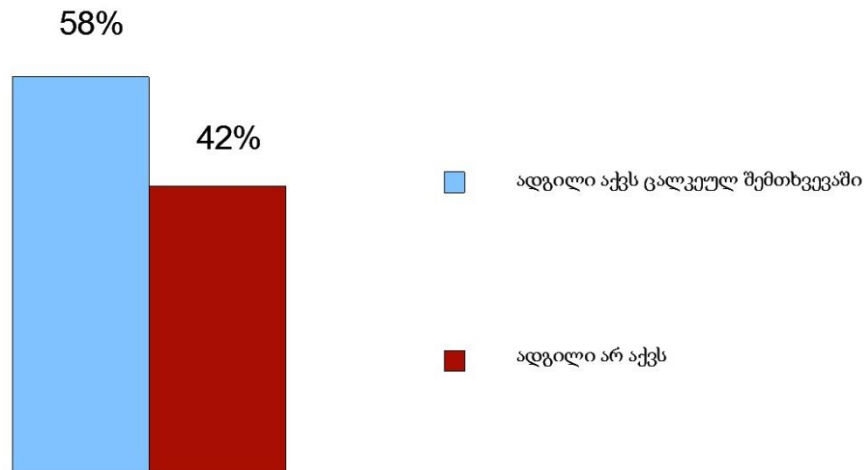
2. როგორ შეაფასებდით განსახილველი დარბაზის აკუსტიკას?

დიაგრამა №2



3. თვლით თუ არა, რომ დარბაზში ხალხმრავლობისას ადგილი აქვს გუგუნის არასასურველ ეფექტს?

დიაგრამა №3



4. მიგაჩნიათ თუ არა, რომ სპექტაკლის მსვლელობისას სმენადობის ხარისხი ეცემა დარბაზში მაყურებელთა გადაადგილების დროს?

დიაგრამა №4





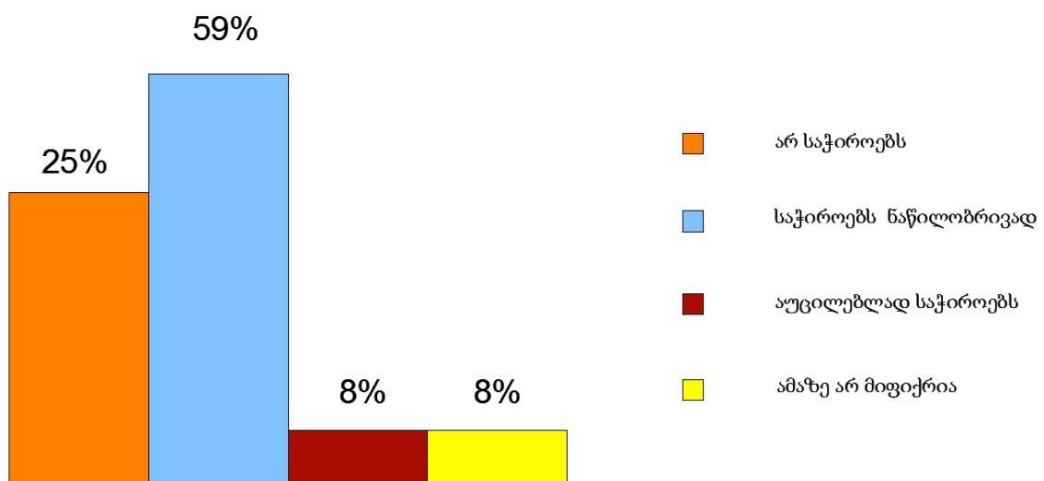
5. თვლით თუ არა, რომ მსახიობთა გამოსვლისას სმენადობის ხარისხი ეცემა გარედან შემოსული ხმაურის ზემოქმედებით?

დიაგრამა №5



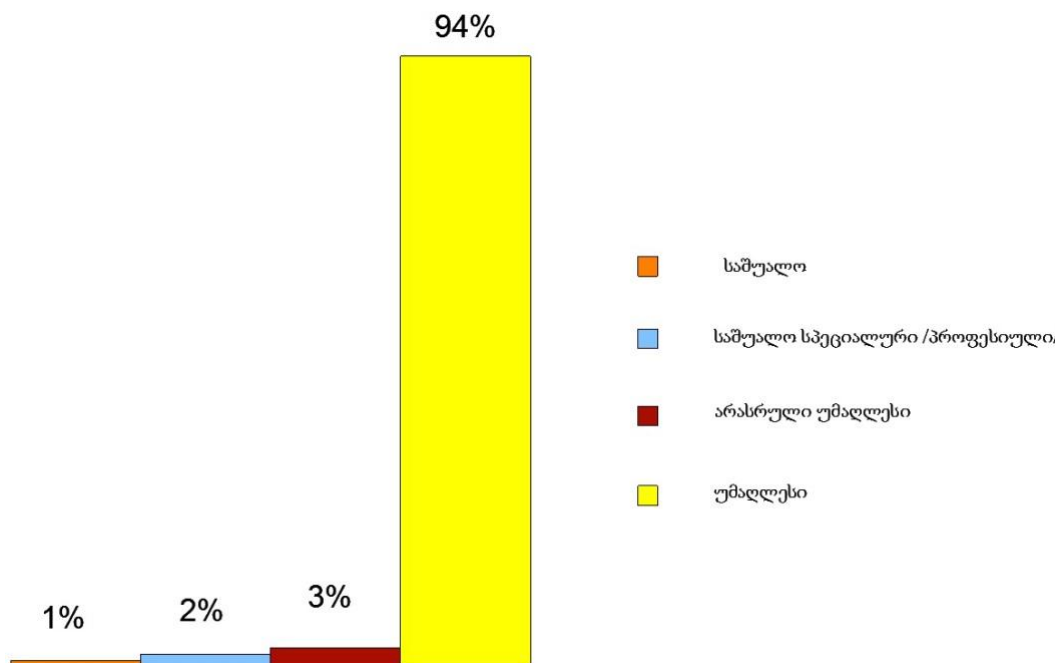
6. თვლით თუ არა, რომ განსახილველი დარბაზი აკუსტიკური თვისებების გაუმჯობესების მიზნით საჭიროებს გარკვეული ღონისძიებების ჩატარებას?

დიაგრამა №6



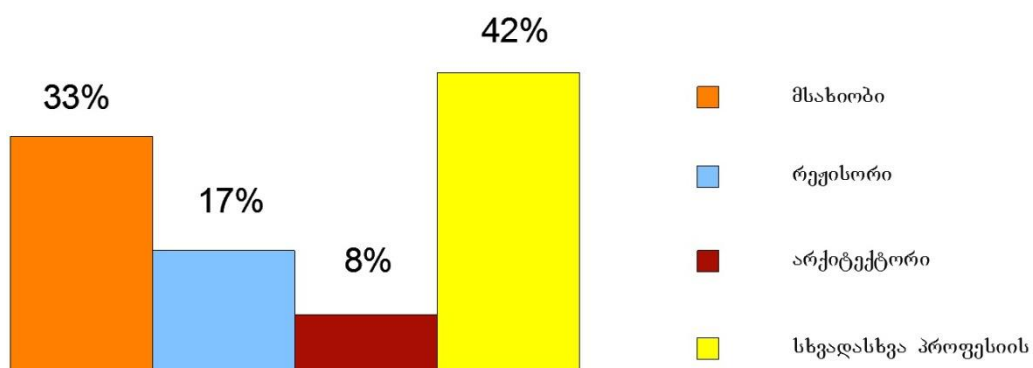
### 7. თქვენი განათლება?

დიაგრამა №7



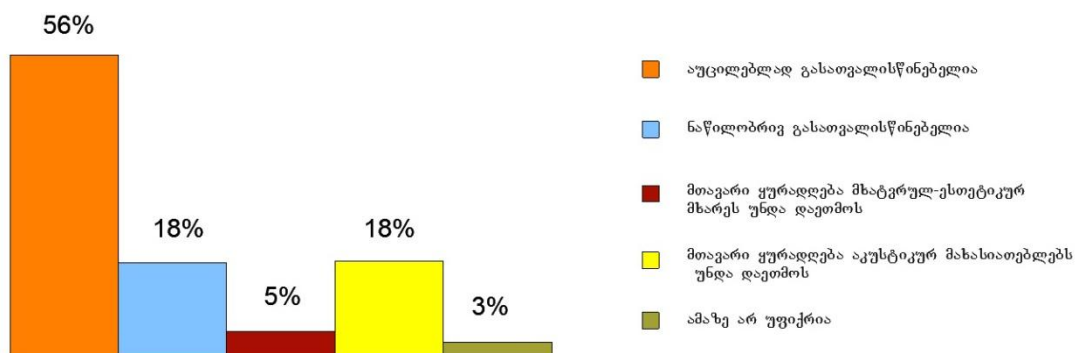
### 8. თქვენი პროფესია?

დიაგრამა №8



1. შოთა რუსთაველის სახელმწიფო თეატრის მცირე დარბაზი მიეკუთვნება დარბაზთა იმ კატეგორიას, რომლებშიც უპირველესად მნიშვნელოვანია მეტყველების გარჩევითობა. მიგაჩნიათ თუ არა, რომ მასში აუცილებელია აკუსტიკური პირობების დადგენაც?

დიაგრამა №9



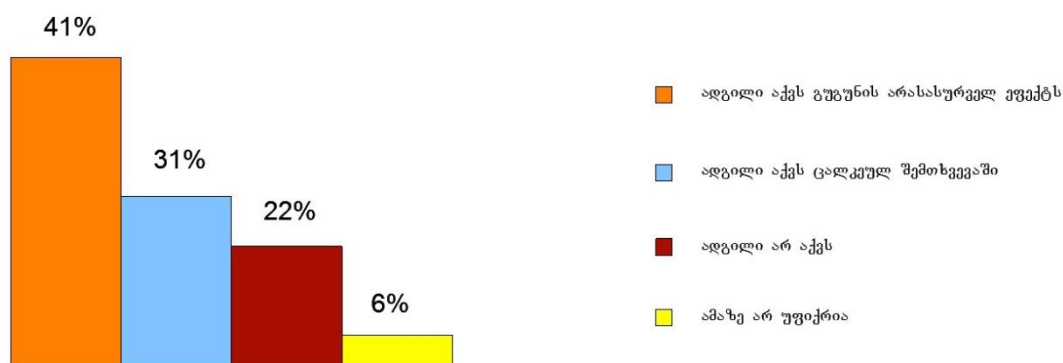
2. როგორ შეაფასებდით განსახილველი დარბაზის აკუსტიკას?

დიაგრამა №10



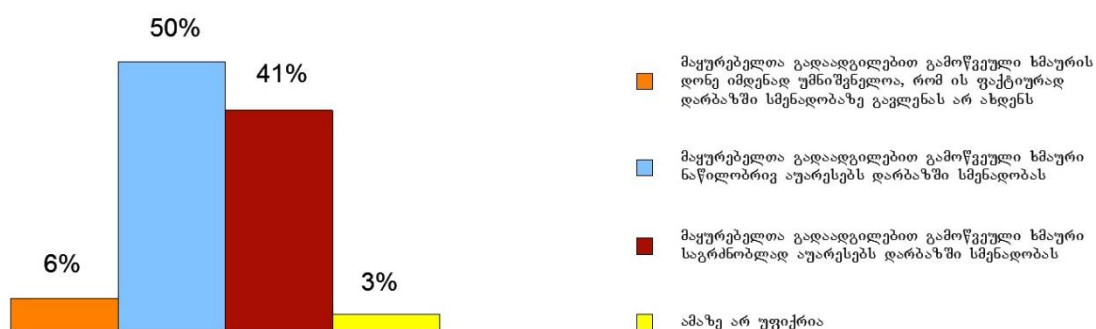
3. თვლით თუ არა, რომ დარბაზში ხალხმრავლობისას ადგილი აქვს გუგუნის არასასურველ ეფექტს?

დიაგრამა №11



4. მიგაჩნიათ თუ არა, რომ სპექტაკლის მსვლელობისას სმენადობის ხარისხი ეცემა დარბაზში მაყურებელთა გადაადგილების დროს?

დიაგრამა №12



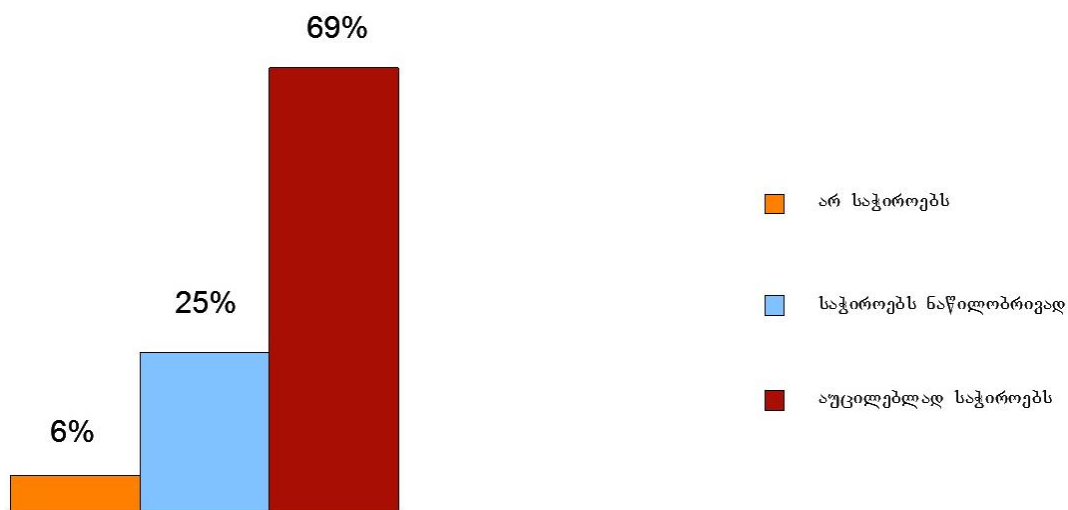
5. თვლით თუ არა, რომ მსახიობთა გამოსვლისას სმენადობის ხარისხი ეცემა გარედან შემოსული ხმაურის ზემოქმედებით?

დიაგრამა №13



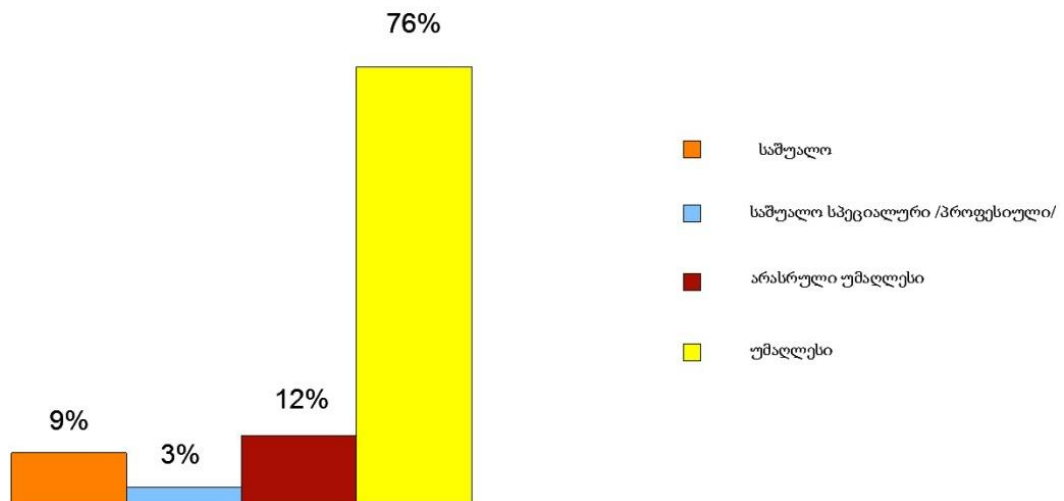
6. თვლით თუ არა, რომ განსახილველი დარბაზი აკუსტიკური თვისებების გაუმჯობესების მიზნით საჭიროებს გარკვეული ღონისძიებების ჩატარებას?

დიაგრამა №14



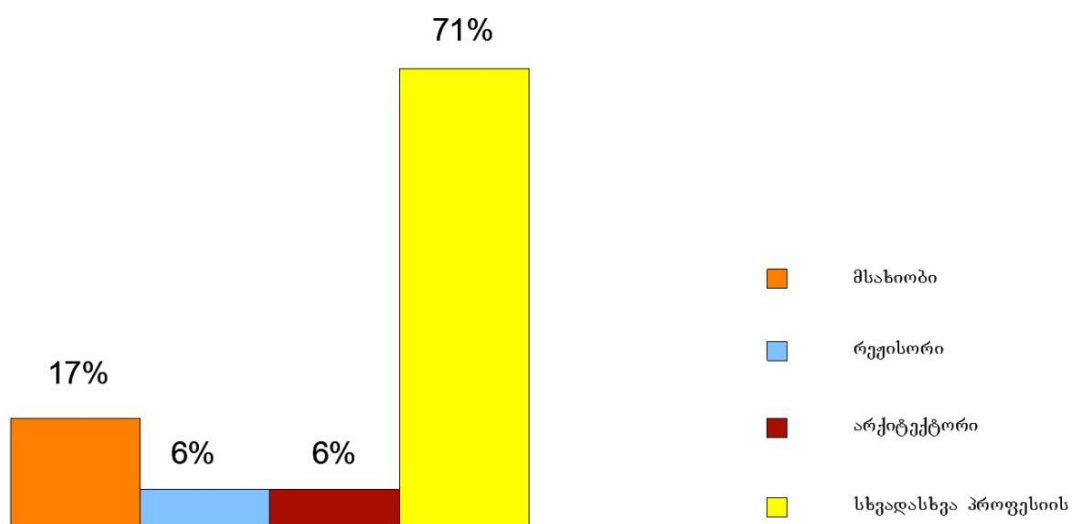
## 7. თქვენი განათლება?

დიაგრამა №15



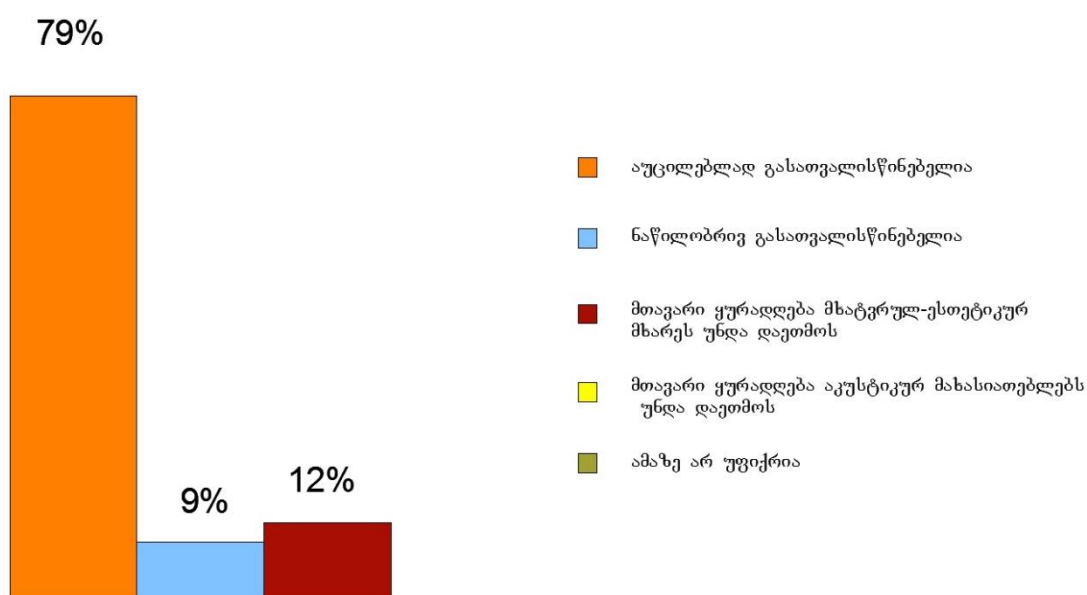
## 8. თქვენი პროფესია?

დიაგრამა №16



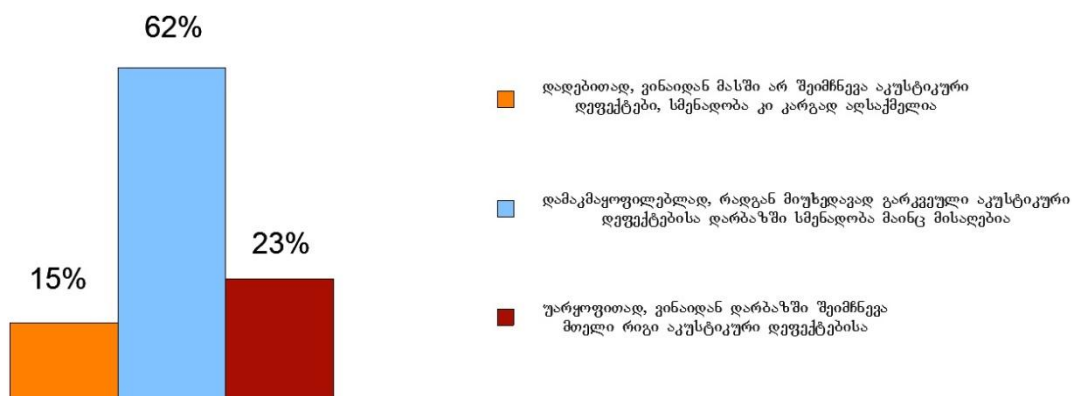
1. თუმანიშვილის თეატრის სამაყურებლო დარბაზი მიეკუთვნება დარბაზთა იმ კატეგორიას, რომლებშიც უპირველესად მნიშვნელოვანია მეტყველების გარჩევითობა. მიგაჩნიათ თუ არა, რომ მასში აუცილებელია აკუსტიკური პირობების დადგენაც?

დიაგრამა №17



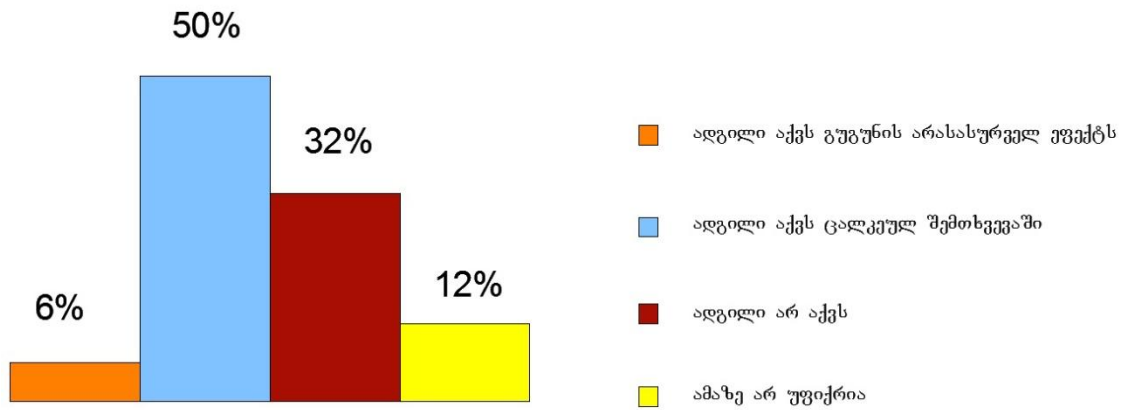
2. როგორ შეაფასებდით განსახილველი დარბაზის აკუსტიკას?

დიაგრამა №18



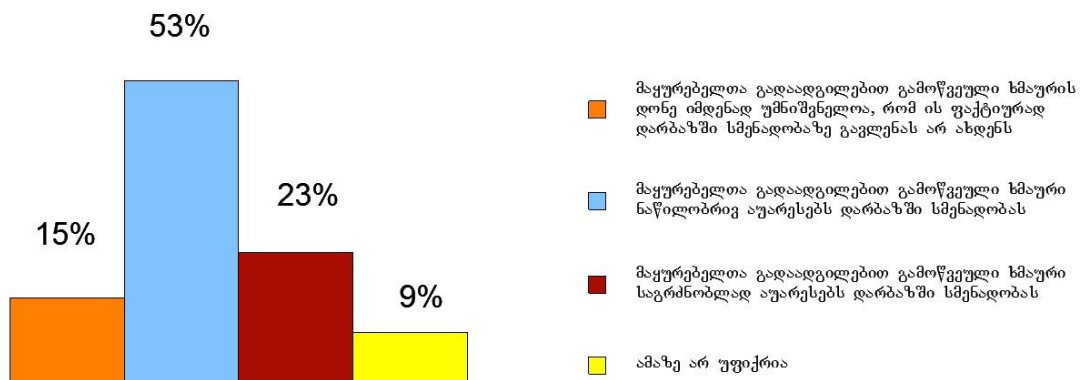
3. თვლით თუ არა, რომ დარბაზში ხალხმრავლობისას ადგილი აქვს გუგუნის არასასურველ ეფექტს?

დიაგრამა №19



4. მიგაჩნიათ თუ არა, რომ სპექტაკლის მსვლელობისას სმენადობის ხარისხი ეცემა დარბაზში მაყურებელთა გადაადგილების დროს?

დიაგრამა №20





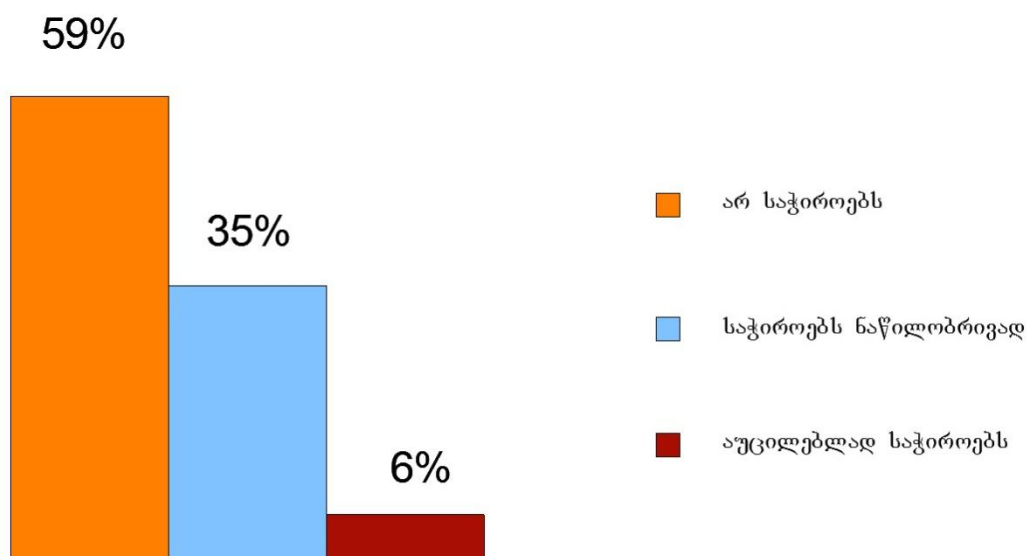
5. თვლით თუ არა, რომ მსახიობთა გამოსვლისას სმენადობის ხარისხი ეცემა გარედან შემოსული ხმაურის ზემოქმედებით?

დიაგრამა №21



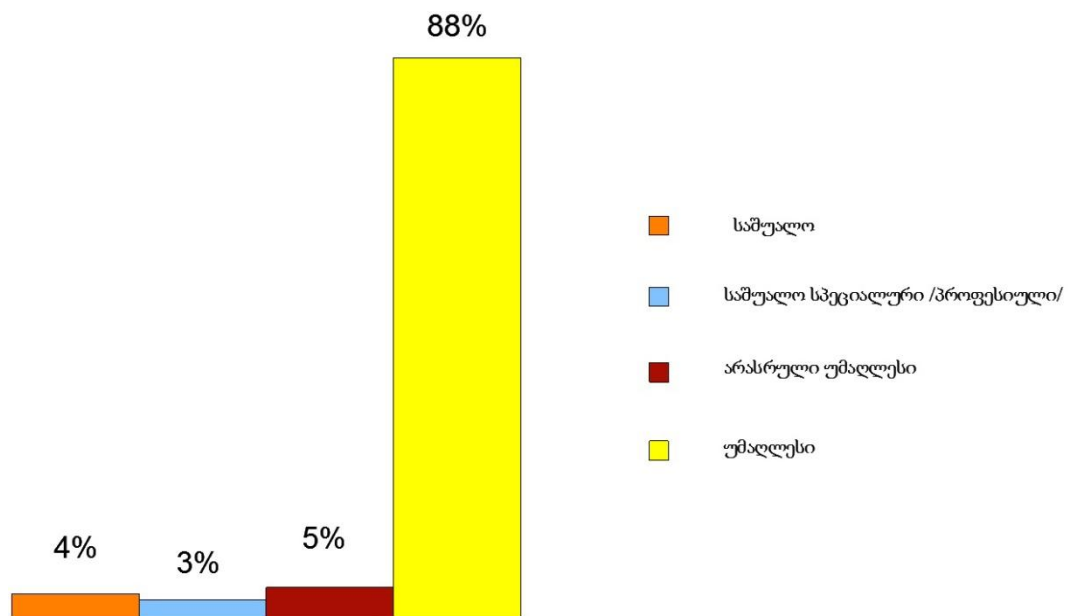
6. თვლით თუ არა, რომ განსახილველი დარბაზი აკუსტიკური თვისებების გაუმჯობესების მიზნით საჭიროებს გარკვეული ღონისძიებების ჩატარებას?

დიაგრამა №22



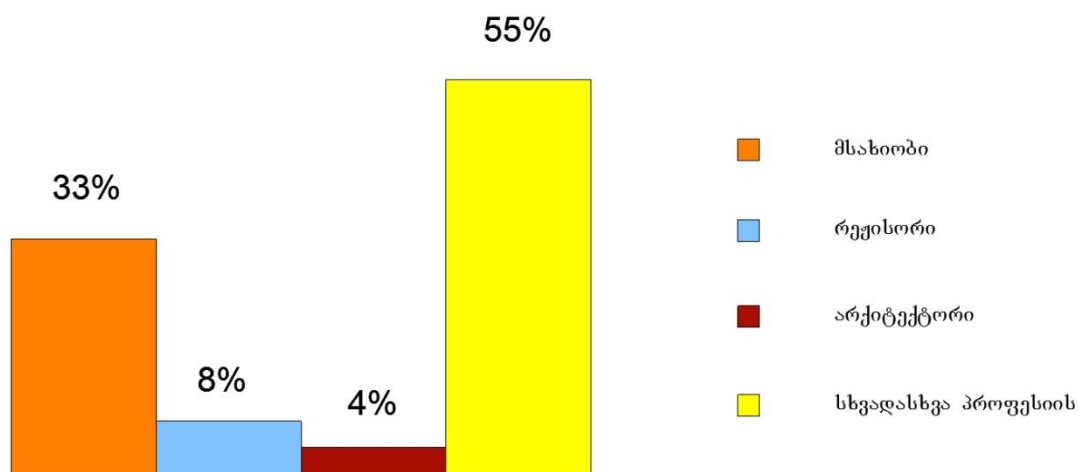
7. თქვენი განათლება?

დიაგრამა №23



8. თქვენი პროფესია?

დიაგრამა №24



## 2.5. გეომეტრიული აკუსტიკის მეთოდის გამოყენება ქართულ დრამატულ თეატრებში

აღორძინების ეპოქის არქიტექტორები თვლიდნენ, რომ უნდა არსებობდეს აკუსტიკური თვალსაზრისით იდეალური კონტური გარკვეული მოცულობისათვის. ამის მსგავსად ბოლო ათწლეულების განმავლობაში ელოდნენ, რომ ადრე თუ გვიან აკუსტიკური ცოდნის განვითარებასთან ერთად შესაძლებელი გახდებოდა სათავსოს იდეალური ფორმის მონახვაც, მაგრამ ამ ცოდნის გაღრმავებამ მიგვიყვანა სხვა შედეგამდე: დღეს შეიძლება დარწმუნებით ვამტკიცოთ, რომ აკუსტიკური თვალსაზრისით დოგმატური, იდეალური ფორმა არ არსებობს. თუმცა გასათვალისწინებელია ისიც, რომ დიდი მოცულობის მქონე, არასწორად შერჩეული ფორმის დარბაზებში კარგი აკუსტიკური პირობების შექმნა საკმაოდ რთულია. მხოლოდ არეკვლების გზით მიღებული ბგერის გაძლიერებით, ფოკუსირების აღმოფხვრით, დარბაზში ექოს წარმოშობის თავიდან აცილებით შეიძლება გამოვიწვიოთ მსმენელთა მხრიდან დარბაზის აკუსტიკის მაღალი შეფასება.

სათავსოს, რომლის ძირითად ფუნქციას მეტყველების მოსმენა წარმოადგენს, უნდა გააჩნდეს სმენადობისთვის ხელსაყრელი პირობები, რომლის მისაღწევადაც მნიშვნელოვანია სათავსოს ფორმისა და ზომების სწორად შერჩევა. ხშირად შეცდომით თვლიან, რომ არქიტექტურული აკუსტიკა იწყება სათავსოს შიგა მოპირკეთებით, უხეში გეომეტრიული შეცდომები კი უმეტეს შემთხვევაში შეუძლებელია გამოვასწოროთ შიგა გაფორმების საშუალებით, ვინაიდან სივრცითი საკითხების გადაწყვეტა უშუალო კავშირშია შემომზღუდავ კონსტრუქციებთან და მათი ზედაპირებისათვის მასალის შერჩევასთან.

სათავსოს აკუსტიკურ ანგარიშთან დაკავშირებული მრავალი პრობლემის გადაწყვეტა შეიძლება უბრალო გეომეტრიის გამოყენებით, ოპტიკური ანალოგიების მეშვეობით, რაც საშუალებას გვაძლევს

თავიდან ავიცილოთ უფრო რთული, სტატიკურ ან ტალღურ თეორიებზე დაფუძნებული მათემატიკური მეთოდების გამოყენება.

ჩვეულებრივ, დიდ სათავსოებში ჟღერადობის ხარისხი ფასდება არა მარტო რევერბერაციის დროით, არამედ ადრეული არეკვლების სტრუქტურითაც, რომელიც მნიშვნელოვანწილად განისაზღვრება ინტერიერის ფორმითა და პლასტიკური მოპირკეთებით. ცნობილია, რომ ადრეულ არეკვლათა სტრუქტურა დიდ გავლენას ახდენს მუსიკის ხარისხზე და მეტყველების გარჩევითობაზე. ადრეული არეკვლების სტრუქტურა განისაზღვრება მოცემულ წერტილამდე პირდაპირი და არეკვლილი ბგერების მიღწევის მომენტებს შორის დროის ინტერვალით.

ადრეული არეკვლების ანალიზი ემყარება გეომეტრიული აკუსტიკის ხერხების გამოყენებას. მათი არსი დაკავშირებულია ბგერითი ტალღის ფრონტის ცნებასა ბგერითი სხივის გამოყენების მეთოდთან. ბგერითი ტალღების მრავალჯერადი არეკვლების შედეგად, აგრეთვე პირდაპირი და არეკვლილი ტალღების დაჯამებით სათავსოში ყალიბდება ბგერითი ველი. ენერგეტიკული დაჯამების მეთოდის გამოყენება შესაძლებელია იმ დაშვებით, რომ ზედდებადი ტალღების მიმართულებები, ამპლიტუდები და ფაზები ქაოსურადაა განაწილებული და რომ ყოველი წერტილისათვის ბგერითი ენერგიის სიმკვრივე არის ყოველი ტალღის ენერგიის სიმკვრივეთა ჯამი. ამ დაშვებათა საფუძველზე შესაძლებელია შემოვიტანოთ ბგერითი სხივის ცნება, რომლის ქვეშაც იგულისხმება უსასრულოდ მცირე სხეულოვანი კუთხით გავრცელებადი ბგერითი ტალღა. შესაბამისად, ბგერითი ველი წარმოადგენს სათავსოს მოცულობაში ყველა ასეთი სხივის ერთობლიობას. სივრცეში მოძრავი ბგერითი ტალღის ფრონტი კი წარმოადგენს უწყვეტ ზედაპირს, რომლის ყოველ წერტილსაც დროის მოცემულ მომენტში რხევის ერთნაირი ფაზა გააჩნია. ტალღის გავრცელების მიმართულება ტალღის ფრონტის პერპენდიკულარულია მისი ყოველი წერტილის მიმართ[2]. განასხვავებენ მიმართულ და

გაბნეულ ბგერით არეკვლებს. არეკვლის ხასიათი დამოკიდებულია ამრეკვლი ზედაპირის ზომებსა და ფაქტურაზე. როგორც უკვე აღვნიშნეთ, მოსაპირკეთებელი ფენის მცირე სიღრმისას და ჭერისა თუ კედლების მსხვილი არქიტექტურული დანაწევრებისას (ბგერითი ტალღის სიგრძესთან შედარებით) ბგერითი სხივები აირეკვლებიან მიმართულად, შუქის სარკული ზედაპირიდან არეკვლის კანონის მსგავსად. ამდენად, გეომეტრიული აკუსტიკის მეთოდიც ეფუძნება შემდეგ კანონებს:

- ა) ამრეკვლი ზედაპირის რაიმე წერტილზე დაცემული და არეკვლილი ბგერითი სხივები ამ წერტილში ზედაპირის ნორმალის მიმართ ტოლ კუთხეებს ქმნიან.
- ბ) ამრეკვლ ზედაპირზე დაცემული და არეკვლილი ბგერითი სხივები, აგრეთვე ნორმალი, ამ ზედაპირის პერპენდიკულარულ, ერთსა და იმავე სიბრტყეში დევს.

ამ კანონთა გამოყენებით მარტივად შეგვიძლია, განსახილველი დარბაზის გეგმასა და გრძივ ჭრილზე პირდაპირი და არეკვლილი ბგერითი სხივების დატანით თვალნათლივ დავინახოთ თუ როგორი არის (ან იქნება) მოცემული დარბაზის აკუსტიკა.

ცნობილია, რომ მეტყველების კარგი გარჩევითობისათვის სასურველია პირდაპირი და არეკვლილი ბგერის მოსვლას შორის დროის ინტერვალი შეადგენდეს 0,02-0,03 წმ-ს, რასაც შეესაბამება პირდაპირი და არეკვლილი ბგერების მიერ განვლილ მანძილთა სხვაობა 7...10 მ. ამრიგად, დიდ სათავსოებში, რომლებშიც მანძილი ორატორიდან მსმენელამდე 8 მ. და მეტია, პირდაპირ და არეკვლილ ბგერათა მიერ განვლილ მანძილთა სხვაობა არ უნდა აღემატებოდეს 7 მ-ს, უკიდურეს შემთხვევაში კი 10 მეტრს. ამასთან, უნდა ავიღოთ ტრაექტორიათა ნატურალური სიგრძეები და არა ნახაზზე მათი გეგმილები. ცნობილია აგრეთვე, რომ თუ პირდაპირი და არეკვლილი ბგერის მოსვლის მომენტებს შორის დროის ინტერვალი 0,06-0,07 წმ-ს აღემატება, მაშინ

ადგილი აქვს ექოს ეფექტს. მეტი სიზუსტისათვის თვლიან, რომ თუ არეკვლილი ბგერა პირდაპირთან შედარებით 0,05 წმ და მეტით იგვიანებს, მაშინ ექოს წარმოშობაა მოსალოდნელი (იგულისხმება, რომ 1 წმ-ში ადამიანი წარმოთქვამს 10 მარცვალს, ე.ი. 1 მარცვლის ჟღერადობის ხანგრძლივობაა 0,1 წმ. და რადგან ვიცით, რომ თუ დაგვიანება პირდაპირი და არეკვლილი ბგერის მოსვლას შორის 1 მარცვლის ჟღერადობის ხანგრძლივობის ნახევარს ე.ი. 0,05 წმ-ს აღემატება, მაშინ ადგილი ექნება ექოს). 0,05 წმ-ში ბგერა გადის 17 მ-ს ( $340 \times 0,05 = 17$ ), ამ სიდიდეების ცოდნა საშუალებას გვაძლევს სათავსოში სხვადასხვა აკუსტიკური ხარვეზის წარმოშობის შესაძლებლობა შევამოწმოთ გეომეტრიული აგებების საშუალებით[2].

გეომეტრიული აკუსტიკის მეთოდის გამოყენებით ჩავატარეთ რუსთაველის სახელობის თეატრის დიდი და მცირე დარბაზის და თუმანიშვილის კინომსახიობთა თეატრის სამაყურებლო დარბაზის აკუსტიკური თვისებების ანალიზი. განსახილველი დარბაზების გეგმასა და გრძივ ჭრილზე დავიტანეთ პირდაპირი და არეკვლილი ბგერითი სხივები. აღმოჩნდა, რომ რუსთაველის სახელობის თეატრის მცირე დარბაზის დიდ ნაწილში ცუდი სმენადობაა, რაც განპირობებულია იმით, რომ თუმცა პირდაპირი და არეკვლილი ბგერების მიერ განვლილ მანძილთა სხვაობა 17 მ-ს არ აღემატება (ე.ი. ექოს ეფექტს ადგილი არ აქვს), უმეტეს შემთხვევაში 10 მ-ზე დაბალი მაინც არ არის. კერძოდ, მესამედან მეშვიდე რიგის ჩათვლით სხვაობა შეადგენს 11 – 13 მ-ს. ბოლო რიგებში ეს სხვაობა კიდევ უფრო იზრდება და შესაბამისად, სმენადობაც უარესდება. ამ დროს ადგილი აქვს ბგერათა ზედდებას, ე.წ. “წარეცხვას”, რაც მკვეთრად ამცირებს მეტყველების გარჩევითობას და აკუსტიკური თვალსაზრისით არადამაკმაყოფილებელია. იმისათვის, რომ აღმოვფხვრათ ეს უსიამოვნო მომენტი, საჭიროა ჭერის ის მონაკვეთები, რომლებიც იძლევა მავნე არეკვლებს, მოვაპირკეთოდ სპეციალური ბგერათმთანმთქმელი მასალით. გეომეტრიული გზით შესაძლებელი

გახდა ინტერიერის ზოგიერთი დეტალით გამოწვეული აკუსტიკური დეფექტების გამოვლენა. ინტერიერში შეზნექილი სიბრტყეების (ნიშები, კამარები), რომელიც მრავლად არის სამაყურებლო დარბაზში (იხ. ფოტო), ქმნის მთელ რიგ სირთულეებს. ისინი ერთის მხრივ ხელს უწყობენ დიფუზური ბგერითი ველის შექმნას, მაგრამ მეორეს მხრივ, როგორც ბგერითი სხივების აგებისას გამოჩნდა ასეთი ზედაპირებიდან არეკვლილი სხივები ზოგიერთ შემთხვევაში ერთ წერტილში იკრიბება (რაც განსაკუთრებით ხელისშემშლელია მეხუთე რიგიდან), ამ დროს ხდება ბგერითი ენერგიის კონცენტრაცია და ადგილი აქვს ე.წ. ფოკუსირების ეფექტს, რომლის დროსაც დარბაზის ზოგ უბანში ბგერა იქნება ძალიან ხმამაღალი, ზოგში კი მოკლებული საჭირო გამამდიერებელ არეკვლებს. დარბაზის ლოჟაში შეიმჩნევა ე.წ. "ჩრდილის" ზონის არსებობა, რაც განპირობებულია მოაჯირს მიღმა მსმენელებამდე პირდაპირი ბგერის არასრულფასოვანი შეღწევადობით. აქ სასურველია ეს ზონა უზრუნველყოფილ იქნას მცირედ დაგვიანებადი პირველადი არეკვლილი ბგერებით.

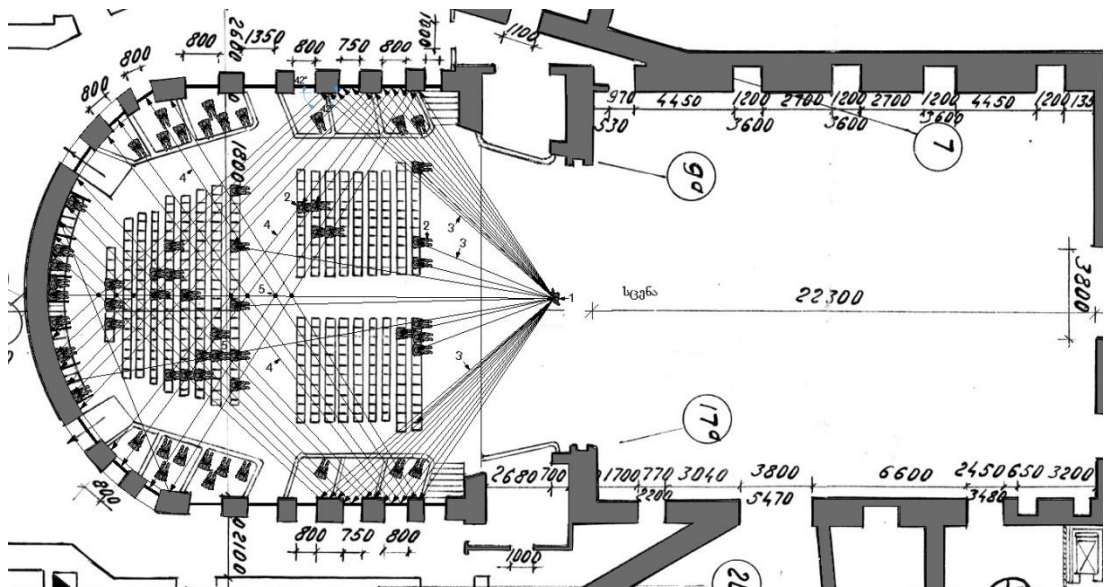




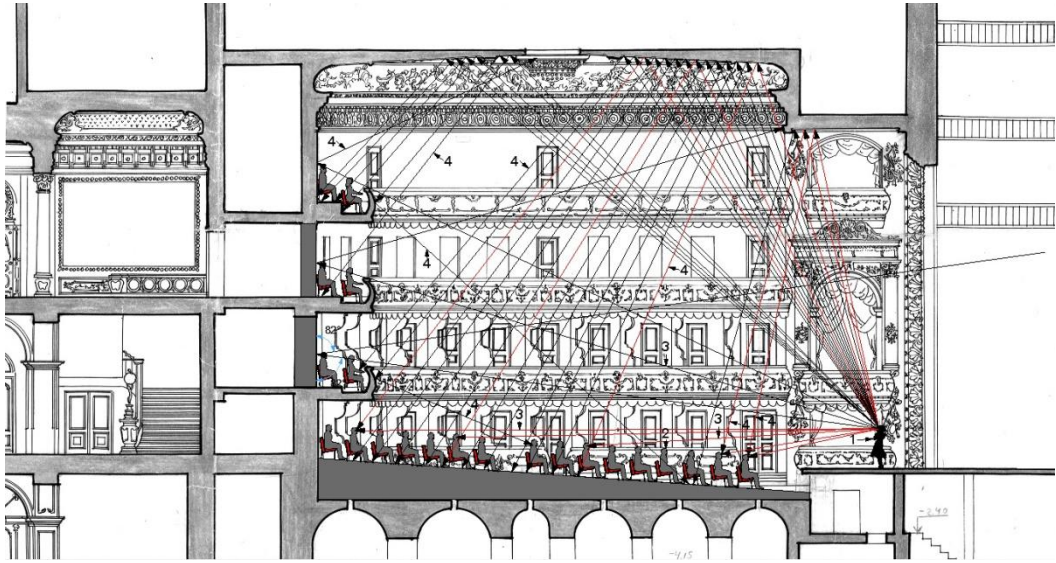
ჩატარებული კვლევის შედეგების ანალიზმა აჩვენა, რომ აკუსტიკური პირობები აღნიშნულ დარბაზში, საერთო ჯამში, არადამაკმაყოფილებელია.

კვლევამ საშუალება მოგვცა რეალურად შეგვეფასებინა რუსთაველის სახელობის თეატრის დიდი და მცირე დარბაზის, ასევე თუმანიშვილის კინომსახიობთა თეატრის სამაყურებლო დარბაზის აკუსტიკური ხარისხი, გამოგვევლინა მისი ფორმით და ზომებით გამოწვეული აკუსტიკური ხარვეზები და დარბაზის აკუსტიკური თვისებების გაუმჯობესების მიზნით, გვეფიქრა ამ დეფექტების გამოსწორებაზე.

ა)



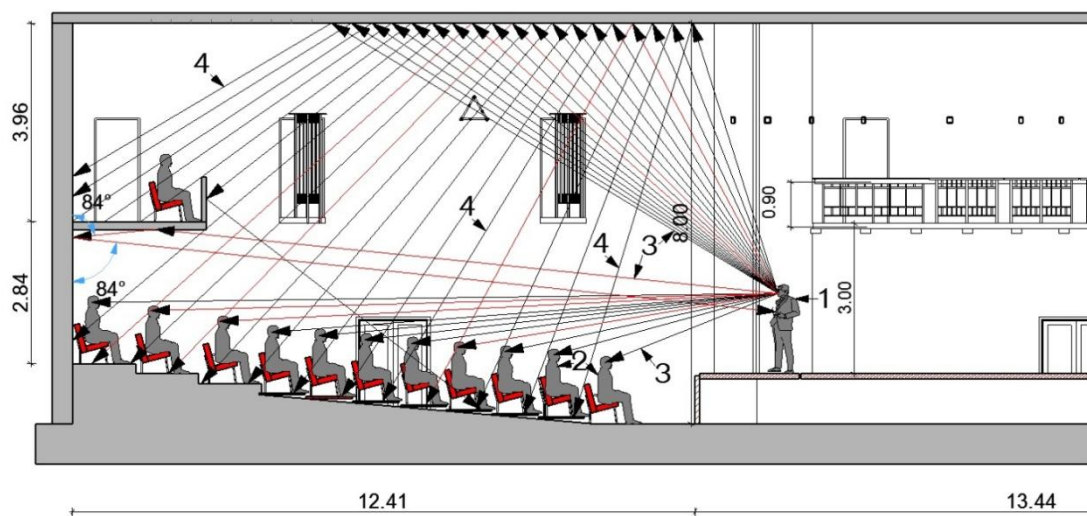
ბ)



ნახ. 6. რუსთაველის სახელობის თეატრის დიდი დარბაზი.

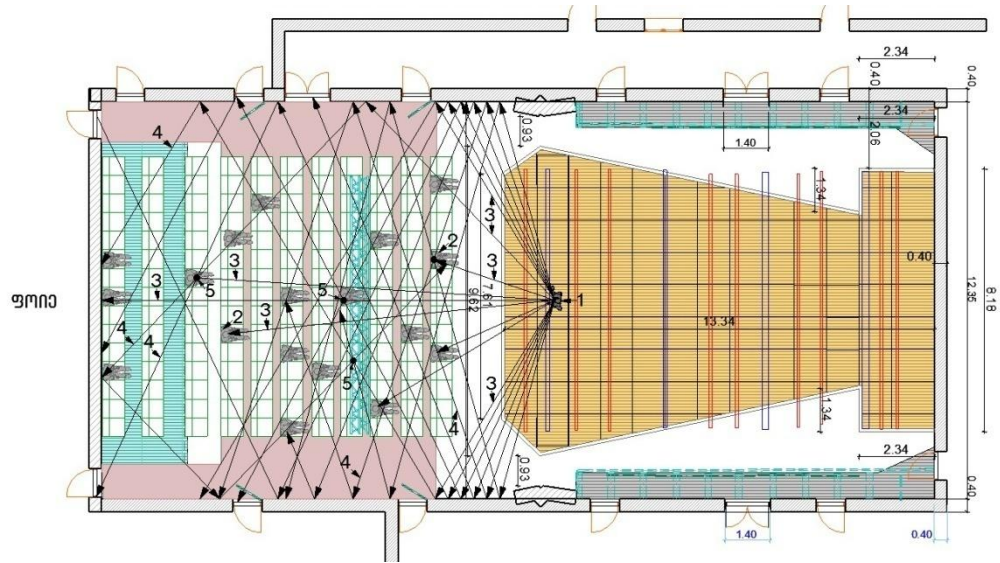
ა) გეგმა; ბ) კრილი.

1 – ბგერის წყარო; 2 – მსმენელი; 3 – პირდაპირი ბგერითი სხივი; 4 – არეკვლილი ბგერითი სხივი; 5 – ფოკუსირების წერტილი.



ა)

ბ)



0ნახ. 7. თუმანიშვილის სახელობის კინომსახიობთა თეატრის სამაყურებლო დარბაზი.

ა) ჭრილი; ბ) გეგმა.

1 – ბგერის წყარო; 2 – მსმენელი; 3 – პირდაპირი ბგერითი სხივი; 4 – არეკვლილი ბგერითი სხივი; 5 – ფოკუსირების წერტილი.

თავი III დასკვნა.

### 3.1. ქართული დრამატული თეატრების აკუსტიკის კომპლექსური ანალიზი, რეკომენდაციები და სამომავლო პერსპექტივები

კვლევისათვის შერჩეული დრამატული თეატრებისადმი წაყენებული ძირითადი აკუსტიკური მოთხოვნები უმთავრესად დარბაზთა მოცულობით გეგმარებით გადაწყვეტაზეა დამოკიდებული. ეს მოთხოვნებია: ყოველი მსმენელის საკმარისი ბგერითი ენერგიით უზრუნველყოფა, დიფუზიური ბგერითი ველის შექმნა (რაც გამორიცხავს ისეთი აკუსტიკური დეფექტების წარმოშობას, როგორიცაა ექო, ბგერათა ფოკუსირება), ოპტიმალური რევერბერაციის დროის უზრუნველყოფა. ჩამოთვლილ მოთხოვნათა დაკმაყოფილება მიიღწევა დარბაზთა ზომებისა და ფორმის რაციონალური შერჩევით და აგრეთვე ინტერიერის მოპირკეთების ხასიათით.

როგორც ცნობილია, დარბაზის კომფორტულობის განმსაზღვრელ ერთ-ერთ ძირითად ფაქტორს წარმოადგენს მასში შესრულებადი ბგერითი პროგრამების აღქმის ოპტიმალური პირობების უზრუნველყოფა[1]. ამ ამოცანის გადაწყვეტა რთულდება იმით, რომ ყოველი მსმენელი ამა თუ იმ ბგერით პროგრამას აღიქვამს საკუთარი ინდივიდუალური სმენით ე.ი. წმინდა სუბიექტურად. მიუხედავად ამისა, ნებისმიერი სათავსოს სავარაუდო აკუსტიკური პირობები შეიძლება თითოეული გზითაც იქნას გაანალიზებული. ასე მაგალითად, არსებული ფორმულების საშუალებით ჩვენ მოვახდინეთ ზოგიერთი ქართულ დრამატულ თეატრში რევერბერაციის დროის თეორიული ანგარიში, როგორც გაირკვა, ზოგიერთ მათგანში ეს მნიშვნელოვანი კრიტერიუმი საკმაოდ ხანგრძლივია.

თავისთავად ხანგრძლივი რევერბერაციის დრო ნაკლს წარმოადგენს, მაგრამ რადგან ქართულ დრამატულ თეატრებში ბგერის წყაროს სიმძლავრე შეზღუდულია, რაც გამოწვეულია იმით, რომ მათი მოცულობა და ზომები საკმაოდ დიდია, ბგერის გაძლიერება კი სპეციალური ელექტრო-აკუსტიკური საშუალებებით (გამაძლიერებლები, მიკროფონები) არ ხდება, რის გამოც ბგერის წყაროდან მოშორებულ ადგილებში შეიმჩნევა

სმენადობის გაუარესება, ამიტომ უკანა რიგების საზღვრებში რევერბერაციით, აღქმის სტერეოფონურობა ხორციელდება კი მსმენელს რევერბერაციული ველის ხელშემშლელი მოქმედებისაგან გარკვეულწილად აბსტრაგირების საშუალებას აძლევს. სწორედ ეს არის ერთ-ერთი მიზეზი იმისა, რომ ხანგრძლივი რევერბერაციის დროის მიუხედავად თეატრების სამაყურებლო დარბაზებში სმენადობა მაინც დამაკმაყოფილებელია.

საზოგადოდ, მაყურებელთა ძირითადი მასის მიერ აკუსტიკური კომფორტის ბუნებრივი აღქმა დარბაზის აკუსტიკური ხარისხს საერთო სუბიექტურ შეფასებას წარმოადგენს. თავად პროცესი სმენითი აღქმისა ძალზედ რთულია. აქვე უნდა ითქვას, რომ სამეტყველო სიგნალთა აღქმა მნიშვნელოვნად განსხვავდება მუსიკალურისაგან როგორც ფსიქო-ფიზიოლოგიური, ისე ესთეტიკური თვალსაზრისით. ამიტომ მუსიკისა და მეტყველების სუბიექტური შეფასება ცალ-ცალკე განიხილება. რადგან ქართული დრამატულ თეატრებში მუსიკალურ გადაცემებთან ერთად სრულდება სამეტყველო გადაცემებიც, ამიტომ დარბაზებში მეტყველების გარჩევითობას მნიშვნელოვანი როლი ეკისრება, რომლის დასადგენად ტარდება ექსპერიმენტები არტიკულაციური ტაბულების საშუალებით. ამ სიდიდის დადგენა შესაძლებელია აგრეთვე თეორიული გზით, კერძოდ, კნუდსენის მიერ შემოთავაზებული ფორმულის საშუალებით, ჩვენს მიერ კვლევის საფუძველზე გაირკვა, რომ ჩვენს მიერ შერჩეული დარბაზებიდან რუსთაველის თეატრის დიდ დარბაზში და თუმანიშვილის თეატრის დარბაზში მეტყველების გარჩევითობა დამაკმაყოფილებელია, თუმცა ორივე დარბაზის გარკვეულ უბნებში სმენადობის ხარისხი დაბალია. რაც შეეხება რუსთაველის თეატრის მცირე დარბაზს, მასში სმენადობა არადამაკმაყოფილებელია. დარბაზს აკუსტიკური თვისებების გაუმჯობესების მიზნით აუცილებლად ესაჭიროება სპეციალური რეკონსტრუქციები და შესაბამისი ღონისძიებების ჩატარება. კერძოდ სასურველი იქნება ინტერიერის ზედაპირების მოპირკეთება სპეციალური ბგერათსაიზოლაციო მასალებით, ამრეკვლი ზედაპირების მოწყობით და

ბგერათშთანმთქავი ელემენტების გამოყენებით, რომელთა მახასიათებლები და მათი გამოყენების რეკომენდაციები ქვემოთ არის მოყვანილი.

### **ბგერათშთანმთქმელი მასალები და კონსტრუქციები**

თეატრის სამაყურებლო დარბაზის ფორმის შერჩევა, გეორმეტრიული ზომებისა და მათი თანაფარდობის დადგენა აკუსტიკური პროექტირების პირველ და აუცილებელ პირობას წარმოადგენს. პროექტის ამ ნაწილის შესრულების შემდეგ საჭიროა გადავიდეთ დამაგვირგვინებელ ეტაპზე - დარბაზის აკუსტიკურ ანგარიშზე, შთანმთქმელთა შერჩევაზე, მათ განლაგებაზე, ინტერიერის არქიტექტურულ გაფორმებაზე.

საზოგადოდ, ბგერის შთანთქმას გადამწყვეტი მნიშვნელობა ენიჭება სათავსოში კარგი აკუსტიკური პირობების უზრუნველსაყოფად[1]. მიუხედავად იმისა, რომ კოლონები, კესონები, კედელთა ბრტყელი ფორმის დარღვევა და ამის მსგავსი მოწყობილობანი ანადგურებს სწორხაზოვან არეკვლებს და ჯამურ ბგერას ხდის დიფუზიურს, აუცილებელია არსებობდეს აგრეთვე შთანთქმადობაც, რომელიც ბგერით ენერგიას თბოენერგიად აქცევს. ამისათვის კი საჭიროა სათავსოში აუცილებელი რაოდენობის ბგერათშთანმთქმელი მასალების არსებობა, რომელთა დამახასიათებელ ძირითად მაჩვენებელს შთანთქმის კოეფიციენტი წარმოადგენს.

პრინციპში, ყველა მასალა შთანთქავს ბგერას. რადგანაც ჩვეულებრივი გამოყენებადი საშენი მასალები - მინა, ხე, შელესვა შთანთქავს მათზე დაცემული ბგერითი ენერგიის არა უმეტეს 3%-ისა, რაც ხშირ შემთხვევაში არასაკმარისია, ამიტომ აუცილებელი გახდა ისეთი მასალების შემუშავება, რომლებიც იძლევა უფრო ძლიერ შთანთქმადობას.

პრაქტიკაში გამოყენებულ ბგერათშთანმთქმელ მასალებსა და კონსტრუქციებს გააჩნიათ განსხვავებული უნარი შთანთქან სხვასასხვა სიხშირის ბგერები. ამიტომ, ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში საჭიროა შევარჩიოთ მასალები სასურველი ბგერათშთანმთქმის მახასიათებლებით. შიგა გაფორმებისათვის ბგერათშთანმთქმელ მასალათა შერჩევა მნიშვნე-

ლოვანწილად დამოკიდებულია აკუსტიკურ მოთხოვნებზე. ამასთან, აუცილებელი ბგერათშთანთქმა შეიძლება მიღწეულ იქნას როგორც მცირე ბგერადშთანთქმის კოეფიციენტიანი დიდი ზედაპირების შემოტანით, ასევე მაღალი ბგერათშთანთქმის კოეფიციენტიანი მცირე ზედაპირებით.

ბგერათშთანთქმის კლასიფიცირდება დანიშნულების, ფორმის, სისუსტის, აალების, სტრუქტურის მიხედვით. აკუსტიკური თვალსაზრისით ბგერათშთანთქმელი მასალები და კონსტრუქციები შეიძლება დაიყოს შემდეგ ჯგუფებად: ფოროვანი მასალები, რხევითი სისტემები (რეზონირებადი პანელები).

პერფორირებული შრიანი კონსტრუქციები და ფოროვანი აკუსტიკური მასალები შედგება გამჭოლი კაპილარებისაგან. ფოროვან მასალებში ბგერათშთანთქმის პროცესის ფიზიკური ბუნება შეიძლება შემდეგნაირად აიხსნას: ბრტყელი ბგერითი ტალღა ეცემა ფოროვანი მასალის ზედაპირს, ბგერითი ტალღის ნაწილი აირეკლება. ამ მასალიდან, ნაწილი კი შედის ფორებში. მასალის სისქეში შესვლასთან ერთად ხდება ბგერითი ტალღის ენერგიის კარგვაც, როცა ეს ბგერითი ტალღა აღწევს მყარ კედელს იგი აირეკლება მისგან და ვრცელდება უკანა მიმართულებით, ამ დროს იგი კვლავ განიცდის ენერგიის კარგვას, შეიძლება მოხდეს, რომ იმ მომენტში, როცა ბგერითი ტალღა მიაღწევს ფოროვანი მასალის ზღვარს (მარჯვნიდან მარცხნივ გადაკვეთისას), მისი ენერგია იმდენად მცირე აღმოჩნდეს, რომ მასალიდან მისი ჰაერში გამოსხივება შეიძლება უგულვებელყოფოთ და ჩავთვალოთ, რომ ბგერითი ტალღა პრაქტიკულად მთლიანად შთანთქმა მასალაში.

მასალიდან გამოსხივებული ბგერითი ენერგიის სიმკრივის ფარდობა მასალაზე დაცემული ტალღის ენერგიის სიმკრივესთან შეადგენს სიდიდეს, რომელსაც შთანთქმის კოეფიციენტს უწოდებენ, ბგერითი ენერგიის ქრობის ხარისხი დამოკიდებულია ტალღის სიგრძესა და მასალის სისქეს შორის თანაფარდობაზე. ასე მაგალითად, ფოროვან მასალათა შთანთქმის კოეფიციენტი მკვეთრად მცირდება დაბალი სიხშირის ბგერების



არსებობისას (დაბალი სიხშირის მქონე ბგერითი ტალღის სიგრძე საკმაოდ დიდია -  $\lambda = c/f$ , სადაც  $\lambda$  - ტალღის სიგრძეა,  $c$  - ბგერის გავრცელების სიჩქარე,  $f$  - რხევათა სიხშირე), ამიტომ ფოროვანი ბგერათშთანმთქმელი მასალები მიზანშეწონილია გამოვიყენოთ, როცა საჭიროა მაღალსიხშირიანი ბგერების შთანთქმის უზრუნველყოფა. დაბალსიხშირიანი ბგერების შთანქმისათვის ფოროვანი მასალებისაგან დამზადებული ფილები უნდა მოვაშოროთ მყარ შემომზღუდავ ზედაპირს (ჩვეულებრივ 50-100 მმ.-ით), ან გავზარდოთ ფოროვანი მასალის სისქე.

ფოროვან შთანმთქმელებს ჩვეულებრივ ამზადებენ ხისტი ფილების სახით. მის საფუძვლად შეიძლება აღებული იყოს პემზა, ხრეში, მინერალური ფხვნილი, კაოლინი ან წიდა. შემკველის სახით გამოიყენება ცემენტი ან თხევადი მინა.

სათავსოებში, რომლებშიც ბგერათშთანმთქმელების გარე სახეს განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა, იყენებენ ბოჭკოვან ფოროვან მასალებს, დამზადებულს მერქნის ბოჭკოსაგან, აზბესტისაგან, მინერალური ბამბისაგან, მინის ან კაპრონის ბოჭკოსაგან, შემკვრელის სახით კი - ბიტუმს, ფისს ან ცემენტს.

ფოროვან მასალებს ეკუთვნის ფარდები და ხალიჩებიც, რომლებიც გამოიყენება ძირითადად საშუალო და მაღალსიხშირეებზე ბგერათშთანთქმის გასაძლიერებლად. სამაყურებლო დარბაზებში, როგორც თავი 2.2-დან ჩანს, რევერბერაციის დრო ყველზე ხანგრძლივია საშუალო სიხშირეებზე, ამიტომ მათში იატაკზე ხალიჩების დაგება ხელს შეუწობს რევერბერაციის დროის შემცირებას და თუ მათ დარბაზის ძირითად სავალ ნაწილზე მოვათავსებთ, მაყურებელთა გადაადგილებით გამოწვეულ ხმაურსაც შევამცირებთ და ამით საგრძნობლად გავაუმჯობესებთ მათ აკუსტიკურ თვისებებს.

ფოროვან მასალებს შეიძლება მივაკუთვნოთ აგრეთვე ზოგიერთი ხელოვნური ქვა და ბეტონი, რომელთა ფოროვანობა უმთავრესად დამოკიდებულია მათ სტრუქტურაზე (წვრილღორღიანი, პემზობეტონი და



ა.შ.). განსაკუთრებული ადგილი უკავია ფოროვან თაბაშირს და ბეტონს ღრუბლისებრი სტრუქტურით, მაგრამ ეს მასალები ბგერათშთანთქმისათვის გამოიყენება მხოლოდ მაშინ, როცა მათი ფორები გამოდის ზედაპირზე და კავშირში იმყოფება ერთმანეთთან.

ტიპიურ ფოროვან მასალას წარმოადგენს აკუსტიკური შელესვა. ასხვავებენ: ა) ცემენტის ან სხვა შემკვრელიანი სტრუქტურის ბგერათშთანთქმელ შელესვას; ბ) თიხის ან მინერალურ შემკვრელიან ბოჭკოვანი სტრუქტურის ბგერათშთანთქმელ შელესვას; და გ) ბოჭკოვან მასალებს, დაშეფუთულს ფოროვან დამზადებაზე.

აკუსტიკური შელესვის შთანთქმის ეფექტურობა დიდად არის დამოკიდებული შელესვის სისქეზე. შთანთქმის კოეფიციენტის მაღალი მნიშვნელობის მისაღებად საჭიროა შელესვის საკმარისი სისქე და მაღალი ფორიანობა. დანართ 7-ში მოყვანილია 10 მმ. სისქის აკუსტიკური შელესვის შთანთქმის კოეფიციენტები ბგერათა სიხშირეებთან დამოკიდებულებაში. დანართის მონაცემებიდან ჩანს, რომ აკუსტიკური შელესვა შეიძლება გამოვიყენოთ მაშინ, როცა აუცილებელია სათავსოს დახშობა მაღალი სიხშირეების დიაპაზონში. დაბალი სიხშირეების შთანთქმისათვის უნდა ვისარგებლოთ სხვა ტიპის შთანთქმელებით.

აკუსტიკურ შელესვას ის უპირატესობა გააჩნია, რომ თავისი გარეგნული სახით იგი არ განსხვავდება ჩვეულებრივი შელესვისაგან, ამიტომ მას იყენებენ მაშინ, როცა კედლების ფილებით მოპირკეთება ეწინააღმდეგება არქიტექტურულ ჩანაფიქრს. თავისი ბგერათშთანთქმის თვისებებით ის ჩამორჩება სხვა მასალებს.

თუ ნებისმიერ ფოროვან მასალას გამოვცვლით სიმტკიცეზე, გრძელვადიანობაზე, ცეცხლგამძლეობაზე, შუქგამძლეობაზე, ტენიანობაზე, პარაზიტებისა და ბაქტერიების გავრცელების შესაძლებლობაზე და აგრეთვე ვიფიქრებთ მის შემდგომ განახლებაზე, მაშინ ვნახავთ, რომ მასალა, რომელიც ყველა ამ მოთხოვნას დააკმაყოფილებს, არ არსებობს. პრობლემას

წარმოადგენს მისი შეღებვა, რადგან ამ დროს ფორების ნაწილი იფარება საღებავით და ამით მასალის ბგერათშთანთქმის კოეფიციენტი მცირდება.

ფოროვანი ბგერათშთანთქმელი მასალების უმნიშვნელო სიმტკიცისა და მათი ზედაპირების დამუშავების შეზღუდულ შესაძლებლობებს მივყავართ იქითკენ, რომ დავფაროთ ისინი მყარი პერფორირებული მასალით, რომელიც იცავს მის ქვეშ მყოფ ფოროვან მასალას მექანიკური დაზიანებისაგან.

ბგერათშთანთქმელი კონსტრუქციები პერფორირებული შრით ძირითადად შედგება: პერფორირებული ფურცლისაგან (ალუმინი, პლასტმასი, ფანერი, ასბესტოცემენტი და ა.შ.); დამცავი (ფრიქციული) შრისაგან, რომელიც ჩვეულებრივ დაფარულია პერფორირებული ფურცლით შიგა მხარე (მინაქსოვილი, ჩითი, ბიაზი და ა.შ.) - მისი დანიშნულებაა ბგერითი ენერგიის კარგვის გაზრდა კონსტრუქციებში; ფოროვანი შთანქმელისაგან, რომელიც მოთავსებულია ჰაერის ნაფენობაში კედელსა და ფურცლებს შორის (მინერალური ბოჭკო, მინა-ბოჭკო და ა.შ.) - სავალდებულო არ არის, რომ ფოროვანი მასალით ამოივსოს ჰაერის მთელი შრე. ფიზიკური თვალსაზრისით მნიშვნელოვანია, რომ ფოროვანი მასალა უშუალოდ ებჯინებოდეს პერფორირებულ ფურცელს და არა ხისტ კედელს; კარკასისაგან, რომელზედაც დამაგრებულია პერფორირებული შრე.

აკუსტიკური მოქმედების მიხედვით პერფორირებული ფურცლები შეიძლება დამზადდეს:

ა) ხვრელების დიდი ფართობით (როცა ნახვრეტებს შორის მანძილი არ აღემატება რამოდენიმე სანტიმეტრს, ხვრელთა საერთო ფართი კი შეადგენს მთელი ზედაპირის არანაკლებ 20%-ს) ამ შემთხვევაში პერფორირებული შრე ფაქტიურად არ ახდენს გავლენას მის უკან მდებარე ფოროვანი მასალის ბგერათშთანთქმადობის თვისებებზე ;

ბ) ხვრელების მცირე ფართობით (ან როცა ნახვრეტები მოშორებული არიან ერთმანეთისაგან) - ამ შემთხვევაში პერფორირებული შრე წარმოადგენს ბგერათშთანთქმელი კონსტრუქციის ორგანულ ნაწილს;

პერფორაცია შეიძლება შესრულდეს როგორც ნახვრეტების, ისე ღრეჩოების სახით, რომლებიც თავისი აკუსტიკური მოქმედებით არ გამოირჩევა მრგვალი ნახვრეტებით პერფორირებული ფილებისაგან, აგრეთვე ძალზედ წვრილი ხვრელებით, რომლებიც მხედველობისათვის შეუმჩნეველიც კი არიან.

ასეთი კონსტრუქცია საშუალებას იძლევა მივიღოთ საკმარისი ბგერათმთანთქმა ნებისმიერი სიხშირის დროს და ამიტომ გამოიყენება სხვადასხვა დანიშნულების სათავსოში.

ნახვრეტების ფართის, მათი რაოდენობის, ფოროვანი მასალის და სართოდ კონსტრუქციული სისტემის ვარიანტებით შეიძლება მიღწეულ იქნას ბგერათმთანთქმის ნებისმიერი, სასურველი რეგულირება.

ჩვეულებრივ, პერფორირებული ფენა შეიძლება შესრულდეს ნებისმიერი მასალისაგან და ნებისმიერი ხერხით, იმ პირობით, რომ ხვრელები გახსნილი დარჩეს. რადგან პერფორირებული ზედაპირების აკუსტიკური მოქმედება არ არის დამოკიდებული მასალაზე და არც გარე მოსახვის ხასიათზე, ამიტომ ისინი პასუხობენ არა მარტო აკუსტიკურ, არამედ სამშენებლო მოთხოვნებსაც. სიძნელე არქიტექტურულ გაფორმებაშია, პირველ რიგში ეს ეხება თავად ნახვრეტებს, მაგრამ უფრო მეტად ზედაპირის გარდაუვალ დაყოფას ნაწიბურებით. მრუდხაზოვანი ზედაპირების და აგრეთვე ირიბკუთხა კონტურებით შემოსაზღვრული სიბრტყეების შემთხვევაში, ნაწიბურების არსებობა ხშირად ართულებს არქიტექტურულ გაფორმებას.

პერფორირებული შრიანი ფილების სწორკუთხა ფორმა ხშირად ჭადრაკის დაფას გვაგონებს, თუმცა მათ ზედაპირს შეიძლება ნებისმიერი ფორმაც მიეცეს, მაშინ ისინი დარბაზის ინტერიერის გაფორმების ერთ-ერთ დომინანტადაც კი შეიძლება იქცნენ.

ნაწიბურების შენიღბვა შეიძლება ნახვრეტიან ზედაპირიანი ფილის ხის ლარტყებით მოპირკეთების საშუალებით.

თუმცა აკუსტიკური თვალსაზრისით პერფორირებულ შრიანი კონსტრუქციები მრავალი ვარიაციის საშუალებას იძლევა (დრეწოები და ნახვრეტები სურვილისამებრ შეიძლება დაიხუროს ან დარჩეს ღიად), ამავე დროს ხელს უწყობს შემომზღუდავი ზედაპირების გამოცოცხლებას.

საზოგადოდ, პერფორირებული შრით დაფარული ფოროვანი მასალის შთანთქმა ატარებს რეზონანსულ ხასიათს.

შთანთქმელთა კიდევ ერთ ტიპს წარმოადგენს რხევითი სისტემები და რეზონატორები. რხევითი პანელები წამოადგენს კონსტრუქციებს, რომელთაც გააჩნიათ დაბალი ბგერათშთანთქმადობა მაღალი სიხშირეების დიაპაზონში. რადგან რხევითი სისტემები უმეტესად გამოიყენება დაბალსიხშირიანი ბგერითი რხევების შთანთქმისათვის, ამიტომ მათ „დაბალსიხშირიან“ შთანთქმელებს უწოდებენ. რხევითი სისტემის კონსტრუქცია შედგება მკვრივი, მოქნილი ფურცლისაგან (ფანერი, ასბესტოცემენტი და ა.შ.), რომელიც სახსროვნად (ხრახნით) დამაგრებულია ხის ან ლითონის კარკასზე, შემომზღუდავ ზედაპირსა და ფურცელს შორის კი არის ჰაერის შრე. მკვრივი ფურცელი ამ კონსტრუქციაში მოქმედებს როგორც მასა, ჰაერის შრე მის უკან კი, როგორც ზამბარა. ასეთი კონსტრუქციების მოქმედებისას ბგერითი ენერგიის გარდაქმნა თბურ ენერგიად ხდება სწრაფი ღუნვისადმი მკვრივი ფურცლის წინააღმდეგობის გაწევით და ამ წინააღმდეგობის შედეგად ჰაერის შეკუმშვით.

რხევით სისტემებში ბგერათშთანთქმის კოეფიციენტის ასამაღლებლად ჰაერის შრეს ავსებენ რაიმე ფოროვანი მასალით.

რხევით სისტემებს მიეკუთვნებიან არაპერფორირებული პანელები, რომლებიც რხევით მდგომარეობაში მოდიან მათზე დაცემული ბგერითი ტალღების მოქმედებით. რადგან პანელების რხევა უკავშირდება ბგერითი ენერგიის შთანთქმას, ამიტომ არაპერფორირებული ზედაპირები წარმოადგენენ ბგერათშთანთქმელთა გარკვეულ ტიპს. ბგერის შთანთქმაზე მომუშავე არაპერფორირებული პანელის მარტივ მაგალითს წარმოადგენს

ფანჯრის მინა. მისი შთანთქმის კოეფიციენტი დამოკიდებულია მინის ზომებზე, მის სისქეზე.

რხევითი პანელების ფოროვან შთანთქმელებთან შედარებით რიგი უპირატესობებისა გააჩნია, ისინი მეტად ჰიგიენური, ხანგამძლე, ტენმედეგი, მექანიკური მოქმედების მიმართ მეტად მდგრადნი არიან. მათი ზედაპირები შეიძლება ნებისმიერად დამუშავდეს და მათი აღდგენა ექსპლუატაციის პროცესში შესაძლებელია ბგერათშთანთქმისათვის ყოველგვარი ზიანის მიყენების გარეშე.

საზოგადოდ, რხევითი სისტემები შეიძლება შესრულდეს ნებისმიერი მასალისაგან, რადგან მათი ბგერათშთანთქმის კოეფიციენტი დამოკიდებულია არა შესასრულებელ მასალაზე, არამედ სისტემის მოწყობილობაზე. ეს ეხება აგრეთვე რეზონირებად პანელებსა და საჰაერო რეზონატორებს.

რეზონატორები შეიძლება გამოიყენებოდეს როგორც ცალკეული, ინდივიდუალური შთანთქმელის, ისე რეზონირებადი სისტემის - პანელის სახით.

ცალკეული საჰაერო რეზონატორები (ჰელმჰოლცის რეზონატორები) წარმოადგენს ჰაერის ღრუს ვიწრო ყელით. ღრუში არსებული ჰაერი მოქმედებს, როგორც ზამბარა კონკრეტულ რეზონანსულ სიხშირეზე მოცემული მოცემულობის ჰაერის მასისათვის.

ცალკეულ რეზონატორებს გააჩნია საკმაოდ მახვილი არჩევითობა შთანთქმისას. ფართოზოლიანი რეზონატორის მისაღებად აუცილებელია გავზარდოთ მისი მოცემულობა, მაგრამ რეზონატორის კუბატურის გაზრდისას უნდა გვახსოვდეს, რომ ყველა ზომა უნდა დარჩეს ნაკლები იმ ბგერის ტალღის სიგრძესთან შედარებით, რომელიც შეესაბამება რეზონანსის სიხშირეს.

ჩვეულებრივ, ცალკეულ რეზონატორებს იშვიათად იყენებენ დარბაზთა აკუსტიკური დამუშავებისას, მათი თვისებების - მკვეთრი სელექციურობის - გამო. იყო გაკეთებული ცდები აუდიტორიების დამუშავებისას გამოყენებით მსგავსი მოწყობილობები. ერთ-ერთ

აუდიტორიაში ჭერზე, ბეტონის სისტემაში ჩააყოლეს მინის ბოთლები (რძის ბოთლები), რომლებიც ყელით სათავსოში გამოდიოდნენ. მიღებულმა აკუსტიკურმა ეფექტმა ეჭვის ქვეშ დააყენა დამუშავების ასეთი მეთოდის მიზანშეწონილობა - სისტემა მუშაობდა შედარებით ეფექტურად მხოლოდ 188 – 209 ჰც. სიხშირეთა დიაპაზონში. თუმცა, ცალკეული რეზონატორები ძალზედ სასარგებლოა მაშინ, როცა მიზანს წარმოადგენს რომელიმე კონკრეტული სიხშირის ან სიხშირეთა ვიწრო არის ჩახშობა. ერთ-ერთი საკონცერტო დარბაზის ჭერში ჩაფლულია 250 ცალკეული ბეტონის რეზონატორი, რაც საგრძნობლად აუმჯობესებს მასში აკუსტიკურ პირობებს.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ცალკეული რეზონატორების გარდა არის დაჯგუფებული რეზონატორები პანელების უწყვეტი სისტემის სახით. ამ ტიპის შთანთქმელებში შესაძლებელია მივიღოთ სრული ბგერათშთანთქმა რეზონანსული სიხშირის დროს. რეზონანსულ პანელებს ხშირად იყენებენ აუდიტორიების, დაწესებულებების, საკონცერტო დარბაზების და სხვა კედლების და ჭერის დამუშავებას.

რეზონირებადი (რხევითი) პანელების საუკეთესო კონსტრუქციულ გადაწყვეტას წარმოადგენს რაბეტცის ბადეზე შელესვის მოწყობა. იმისათვის, რომ თხელი ფილა რაბეტცის ბადეზე მუშაობდეს როგორც ეფექტური აკუსტიკური პირნაკეთობა, იგი უნდა გამოიწიოს კედლიდან 1 - 2 სმ-ზე, დაიყოს ნაკვეთებად ლარტყებისაგან შემგარი ცხაურით, საჰაერო შუალედი კი უნდა ამოივსოს ბგერათშთანთქმადი მასალით. მაგ. 1-2 სმ სისქის მინერალური შალის გამოყენებისას, შელესვის რეზონანსული რხევა შეადგენს 150 – 200 ჰც. ამ დროს მიღებული ბგერათშთანთქმადობა ძალიან კარგად ავსებს შთანთქმას წარმოებულს მსმენელების მიერ. ამიტომ, შედარებით მჭიდროდ შევსებულ სათავსოებში ოპტიმალური რევერბერაციის დრო შეიძლება მიღწეულ იქნას ამგვარი მოპირკეთების საშუალებით, ამისათვის რეზონანსული რხევების სიხშირის ვარირება შესაძლებელია შელესვის სისქის ცვალებადობით. ასეთი კონსტრუქცია,

რომელიც წარმოადგენს სათავსოს აკუსტიკური გაფორმების ხერხს, პასუხობს ყველა სამშენებლო მოთხოვნას და არ იწვევს რაიმე არქიტექტურულ შეზღუდვებს. მიგვაჩნია, რომ საჭიროების შემთხვევაში სწორედ ასეთი კონსტრუქციის გამოყენება იქნება ეფექტური. იგი მარტივად შესასრულებელია და მისი გარჩევა შეუძლებელია ჩვეულებრივი შელესილი კედლისაგან, ამავე დროს აკუსტიკური თვალსაზრისით საკმაოდ ეფექტურია.

საზოგადოდ, ბგერათმთარმთქავი მასალები და კონსტრუქციები მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ სათავსოში ბგერითი გარემოს ფორმირებაზე. მათზე გარკვეულ წილად დამოკიდებულია დარბაზში ჟღერადობის ხარისხი, ამავე დროს ისინი წარმოადგენს ხმაურთან ბრძოლის ეფექტურ საშუალებას (ზოგიერთი ბგერათმთარმთქავი მასალისა და კონსტრუქციის შთანთქმის კოეფიციენტები მოყვანილია დანართი 7-ში).

ბგერათმთარმთქავ მასალათა განთავსება ინტერიერში გულდასმით უნდა იყოს მოფიქრებული, რათა მასალამ ეფექტური გავლენა მოახდინოს დარბაზის აკუსტიკაზე.

ბგერათმთარმთქავ მასალებს ძირითადად ათავსებენ იმ ზედაპირებზე, რომლებმაც შეიძლება გამოიწვიოს მავნე არეკვლები. მავნე არეკვლების მაქსიმალურად თავიდან ასაცილებლად რეკომენდირებულია შთანთქმელების სათავსოს კუთხეებში განთავსება (მაგ. კედლისა და ჭერის შეერთების ადგილებში და ა.შ.).

ბგერის წყაროდან მოშორებულ ადგილებში ბგერის ინტენსივობა სუსტდება. ამის მიზეზია „მცოცავი შთანთქმა“ ბგერისა იატაკის გასწვრივ (გამოწვეული ძირითადად მსმენელთა მიერ.) პრაქტიკაში ხშირად ხდება, რომ ბგერა თითქოს მოდის არა ორატორიდან, არამედ ჭერიდან. მცდარი ლოკალიზაციის ეს შთაბეჭდილება, რომელიც ძირითადად უკანა რიგებში მყოფი მსმენელი პრაქტიკულად აღიქვამს ჭერისაგან არეკლილ ბგერას, პირდაპირი ბგერა კი, რომელიც შესუსტებულია „მცოცავი შთანთქმით“ შენიღბულია უფრო ინტენსიური არეკვლილი ბგერებით. ეს არასასიამოვნო

ეფექტი - კოორდინაციის არქონა ხედვით და სმენით შთაბეჭდილებებს შორის გვევლინება ისეთივე სერიოზულ დაფექტად, როგორებიცაა ექო, გუგუნი და სხვა, ამ ეფექტის თავიდან ასაცილებლად შესაძლებელია ბგერათშთანქმელთა ჭერზე განთავსების ხერხს მივმართოთ, თუმცა არ არის საჭირო ჭერის გადატვირთვა ბგერათშთანქმელი მასალებით, რადგან თუ მათ მხოლოდ ჭერზე მოვათავსებთ შემცირდება ძირითადად ვერტიკალური არეკვლები. ბგერითი ტალღების ჰორიზონტალურ რხევებზე კი ამგვარად განლაგებული შთანთქმელები გავლენას თითქმის არ ახდენს, მათ შთანთქმაში მონაწილეობას გვერდითი კედლები ღებულობს.

საზოგადოდ, სათავსოში კარგად განაწილებული ბგერითი ველის ფორმირებისათვის, მიზანშეწონილია ინტერიერში ბგერათშთანმთქმელ მასალათა თანაბარი განაწილება. ამასთანავე რკომენდირებულია შთანთქმელთა მონაცვლეობა კარგი არეკვლადობის მქონე ზედაპირებთან, რაც ხელს უწყობს ბგერითი ენერგიის გაფანტვას და ამით აუმჯობესებს სათავსოს აკუსტიკურ პირობებს.

ინტერიერთა ბგერათშთანქმელი მასალით დამუშავებას აკუსტიკური თვალსაზრისით ფართო შესაძლებლობები აქვს. მათი შერჩევა ყოველი კონკრეტული შემთხვევისათვის ხდება ეკონომიური და არქიტექტურული მოთხოვნების გათვალისწინებით.

ბგერათშთანქმელი მასალები არ უნდა განვიხილოთ უტილიტარული თვალსაზრისით, ე.ი. როგორც მხოლოდ ბგერათშთანქმელისათვის განკუთვნილი მასალები. მათი შერჩევისას უნდა გავითვალისწინოთ მათი არა მხოლოდ ბგერათშთანქმელის, ფიზიკურ - ტექნიკური და სხვა თვისებები, არამედ უნდა გადავწყვიტოთ არქიტექტურულ - დეკორატიულ მოთხოვნებთან დაკავშირებული საკითხებიც, რამეთუ ისინი ინტერიერის გაფორმების არქიტექტურულ ხერხადაც გვევლინება თავისი ფაქტორის, ტექსტურისა და ფერის წყალობით.



### 3.2. ძირითადი შედეგები და დასკვნები

1. ქართული თეატრის ისტორია შორეულ წარსულში იღებს სათავეს. შუა საუკუნეების ქართული ისტორიული და მხატვრული ლიტერატურის ძეგლებში აღმოჩენილია ძველი ქართული დრამატული პოეზიის ფრაგმენტები და ელინისტური პერიოდის პანტომიმურ წარმოდგენათა ვრცელი აღწერა ასეთი მრავალი ქართული ძირეული თეატრალური ტერმინი რადგან, ქართული არქიტექტურის თეორიაში არ მოიძებნება თეატრების აკუსტიკური თვისებების ანალიზი, ქართველ მეცნიერთა შრომებში კი თეატრების აკუსტიკის შესახებ პრაქტიკულად არაფერია ნახსენები, ამიტომ საკითხის გადასაწყვეტ ძირითად საშუალებად თანამედროვე უცხოელ მკვლევართა გამოცდილებაზე დაყრდნობა გვესახება, რადგან დარბაზის კომფორტულობის განმსაზღვრელ ერთ-ერთ ძირითად ფაქტორს ბგერათა აღქმის ოპტიმალური პირობების და შესაბამისად, კარგი ჟღერადობის უზრუნველყოფა წარმოადგენს.

2. აკუსტიკური თვისებების კვლევის ობიექტებად შერჩეულ იქნა ორი ობიექტი: მ. თუმანიშვილის სახ. კინომსახიობთა და შ. რუსთაველის სახ. დრამატული თეატრები. აკუსტიკური ანალიზისთვის შევედით ამ თეატრების დარბაზში, კერძოდ მ. თუმანიშვილის თეატრის დარბაზში, შ. რუსთაველის თეატრის დიდ და მცირე დარბაზებში. მათი შერჩევა მოხდა გამიზნულად, რადგან გვსურდა აკუსტიკური თვისებები შეგვესწავლა სხვადასხვა ზომის (დიდ, საშუალო და მცირე) სივრცეში.

3. თანამედროვე უცხოელ მკვლევართა შრომების ანალიტიკური დამუშავების შედეგად დადგენილია, რომ სხვადასხვა დანიშნულების დარბაზებში სრულყოფილი აკუსტიკური პირობების მისაღწევად აუცილებელია, რომ დარბაზში, რომლის ძირითად ფუნქციას მეტყველების ან მუსიკის მოსმენა წარმოადგენს, არსებობდეს სმენადობის ხელსაყრელი პირობები, რისთვისაც საჭიროა, რომ მასში

- ფონური ხმაურის დონე იყოს საკმარისად დაბალი, ხოლო ძირითადი ბგერები საკმარისად მაღალი იმისათვის, რომ ეს უკანასკნელი იყოს კარგად აღქმადი და გასარჩევი;

- ბგერითი ველი იყოს დიფუზიური, ამავე დროს თავისუფალი ჩუმი წერტილებისა და გაძლიერებული ხმამაღლობის ზონებისაგან. სათავსოში არ უნდა წარმოიშვას ექო, მდგრადი ტალღები, ადგილი არ უნდა ჰქონდეს ბგერითი ენერგიის კონცენტრაციას და სხვა აკუსტიკურ დეფექტებს;

- რევერბერაციის დრო უნდა შეესაბამებოდეს სათავსოს დანიშნულებას იყო კარგად ბალანსირებული აღქმადი სიხშირეების ყველა დიაპაზონზე.

4. ღია ცის ქვეშ არსებულ ანტიკურ თეატრში, გვატყობინებს პოლიონ ვიტრუვიუსის ტრაქტატი, მსმენელთათვის განკუთვნილ პირველ რიგებთან დამონტაჟებული იყო სპილენძის ჭურჭლები („ქდერადი ვაზები“) თეატრის ზომების გათვალისწინებით. ვაზა - რეზონატორები შთანთქავდნენ ადამიანის ხმის დაბალსიხშირიან მდგენელებს და შესაბამისად უმჯობესდებოდა მეტყველების გარჩევითობა. აღმოჩნდა, რომ ეპიდავრის თეატრის უნიკალური აკუსტიკის საიდუმლო აიხსნება მისი არქიტექტურული თავისებურებებით. კერძოდ რიგთა აღმავლობის პერიოდული სტრუქტურით და მათზე დასაჯდომთა მონაცვლეობით. დადგენილია, რომ თეატრის ქვის სკამები გამოიყენებოდა როგორც აკუსტიკური ფილტრები - ისინი თრგუნავდნენ დაბალი სიხშირის ბგერას. თანამედროვე თეატრების და სტადიონების უმეტესობა ემყარება გახმოვანების სისტემას და ამით თითქოს აკუსტიკური პრობლემები უნდა იქნას გადაწყვეტილი, მაგრამ ამას არ იზიარებენ ზემოთ მოყვანილი ჰიპოთეზის ავტორები - ისინი დარწმუნებულები არიან, რომ ღია არენებისათვის მიზანშეწონილია ყურადღება მიექცეს ამფითეატრის კონსტრუქციას, რაც წარმოადგენს ბუნებრივ ფილტრს.

5. დარბაზთა აკუსტიკური თვისებების ანალიზისათვის აუცილებელია: სათავსოს რევერბერაციის დროის განსაზღვრა; მასში არტიკულაციის პროცენტის დადგენა; დარბაზის ფორმით გამოწვეული სხვადასხვა

მოვლენის შესწავლა და ა.შ. დღეისათვის ცნობილია მრავალი მკვლევარის მიერ შეთავაზებული, სხვადასხვა დანიშნულების სათავესთან აკუსტიკური ანალიზის თეორიული მეთოდები. მათი გამოყენება შესაძლებელია ქართული დრამატული თეატრებისათვის აკუსტიკური ანალიზის ჩატარებისას.

6. ქართული დრამატული თეატრების აკუსტიკური თვისებების ანალიზი ჯერჯერობით არ გამხდარა სპეციალური კვლევის საგანი. ამ საკითხის ძირეული გამოკვლევის აუცილებლობაში დასარწმუნებლად ჩავატარეთ ანკეტური გამოკითხვა, რომელიც ძირითადად მოცემული საკითხის შესწავლის შესაძლებლობათა მოსინჯვისაკენ იყო მიმართული, გამოკითხვას ჰქონდა დაზვერვითი ხასიათი და არ ჰქონდა საკითხის განხილვის სისრულის, მიღებული მასალის რეპრეზენტატიულობის პრეტენზია. გამოკითხვის შედეგად მიღებული მონაცემების ანალიზმა აჩვენა, რომ კვლევისათვის შერჩეული თეატრების სამაყურებლო დარბაზების აკუსტიკური თვისებების ანალიზი აქტუალურია არა მხოლოდ სპეციალისტებისათვის, არამედ ნებისმიერი პროფესიისა და განათლების მაყურებელთათვის.

7. თეატრების სამაყურებლო დარბაზების აკუსტიკური ხარისხის შესაფასებელ ერთ-ერთ ძირითად კრიტერიუმს რევერბერაციის დრო წარმოადგენს. ჩვენს მიერ, არსებულ ფორმულებზე დაყრდნობით შემოთავაზებულია მეთოდური მიდგომა თეატრების სამაყურებლო დარბაზებისათვის რევერბერაციის დროის თეორიული ანგარიშისა. ჩატარებული გამოთვლების შედეგად აღმოჩნდა, რომ კვლევის ობიექტებად შერჩეული სამი დარბაზიდან, რუსთაველის თეატრის მცირე დარბაზშია ხანგრძლივი რევერბერაციის დრო. ასე მაგალითად, რუსთაველის დიდი დარბაზისათვის, რომლის მოცულობა  $5.200 \text{ მ}^3$ -ს შეადგენს, რევერბერაციის დრო 500 ჰც. სიხშირისას 1.39 წმ-ია; რუსთაველის თეატრის მცირე დარბაზში რომლის მოცულობაც  $3000 \text{ მ}^3$ -ია რევერბერაციის დრო 500 ჰც. სიხშირისას 2.5 წმ-ია. ხოლო თუმანიშვილის თეატრის დარბაზისათვის,

რომლის მოცულობა 1264 მ<sup>3</sup>-ია, რევერბერაციის დრო 500 ჰც.-ის სიხშირისას 1.56 წმ-ს შეადგენს.

8. ხანგრძლივი რევერბერაცია დარბაზში იწვევს თანმიმდევრულად გამოცემული ზგერების ზედდებას, რაც არასასურველ პირობებს ჰქმნის, როგორც მეტყველების აღქმის, ასე მუსიკის მოსმენის დროს. მეორეს მხრივ, მცირე რევერბერაციაც არასასურველია, რადგან ამ დროს ზგერები არაზუნებრივად ჟღერს. ამიტომ რევერბერაციის დროის ოპტიმალური სიდიდის შერჩევა დარბაზის აკუსტიკური ანგარიშის უმნიშვნელოვანეს ფაქტორს წარმოადგენს. წინამდებარე ნაშრომში არის ცდა ქართული დრამატული თეატრებისათვის ოპტიმალური რევერბერაციის დროის დადგენისა. ოპტიმალური რევერბერაციის დრო სხვადასხვა დანიშნულების სათავსოებისათვის შეიძლება მიახლოებით განისაზღვროს, თუ ცნობილია სათავსოს მოცულობა და კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია სათავსოს დანიშნულებაზე. თეატრების სამაყურებლო დარბაზებისათვის ასეთი კოეფიციენტის მნიშვნელობა განსაზღვრული არ არის. ჩატარებული დაკვირვებების მათემატიკური ანგარიშისა და ანალიზის საფუძველზე განვსაზღვრეთ თეატრებისათვის ამ კოეფიციენტის სიდიდე, რომლის საშუალებითაც შესაძლებელი გახლდათ იმ დარბაზებისათვის, რომელთა მოცულობა ცნობილია, ოპტიმალური რევერბერაციის დროის თეორიული ანგარიში.

9. მეტყველების გარჩევითობის დასადგენად არტიკულაციური მეთოდის გამოყენებით ჩატარებული ექსპერიმენტის შედეგად გაირკვა, რომ რუსთაველის თეატრის დიდ დარბაზში და თუმანიშვილის თეატრის დარბაზში მეტყველების გარჩევითობა დამაკმაყოფილებელია. - რუსთაველის თეატრის დიდი დარბაზისათვის არტიკულაციის პროცენტი 78.2%-ს, ხოლო თუმანიშვილის თეატრის დარბაზისათვის 77.8%-ს შედგენს. ამასთანავე აღმოჩნდა, რომ დარბაზია შიგა სივრცის ყველა ზონა სმენადობისათვის ერთნაირად ხელსაყრელი არ არის. ასე მაგალითად რუსთაველის თეატრის დიდ დარბაზში აღმოჩნდა, რომ ყველაზე მეტად

უჭირს იარუსებს, სადაც სმენადობაც ჯერ კიდევ დამაკმაყოფილებელია, მაგრამ მოითხოვს გაძლიერებულ ყურადღებას. მეორე იარუსის პირველი რიგის ადგ. 14-ზე კი საერთოდ არადამაკმაყოფილებელია (62.5 %); ასევე სავალალო შედეგი აჩვენა მე-14-ე რიგში მჯდომმა ექსპერიმენტის მონაწილემ (60.5%), სავარაუდოდ მისი დაბალი პროცენტი განპირობებული იყო იმით, რომ იგი იჯდა შემოსასვლელი კარის უშუალო სიახლოვეს, სადაც აღინიშნებოდა გარედან შემოსული ხმაურის შედარებით მაღალი დონე. მეტყველების გარჩევითობის დაბალი პროცენტი მივიღეთ ასევე დარბაზის მე-8-ე (69%) და მე-9-ე (66%) რიგებში. ცალკეულ რიგებში დაფიქსირებული მეტყველების გარჩევითობის დაბალი პროცენტი, გვაფიქრებინებს იმას, რომ დარბაზში კონკრეტულად განსაზღვრულ ადგილებში კარგი სმენადობის უზრუნველსაყოფად სასურველი იქნებოდა დამატებითი ღონისძიებების ჩატარება (ბგერის ამრეკვლი ზედაპირების შეტანა, ბგერათა გამაძლიერებლების დაყენება). წინა ორი შემთხვევის ანალოგიურად, რუსთაველის თეატრის მცირე დარბაზშიც ჩატარდა ექსპერიმენტი არტიკულაციური ტაბულების საშუალებით. სადაც არტიკულაციის პროცენტმა 64%-ი შეადგინა. ანუ საერთო პროცენტი 65%-ზე დაბალია, რაც ნიშნავს, რომ დარბაზში სმენადობა არადამაკმაყოფილებელია. მეტყველების გარჩევითობის ასეთი დაბალი ხარისხი ერთნიშვნელოვნად მიუთითებს იმაზე, რომ დარბაზის აკუსტიკური თვისებების გაუმჯობესების მიზნით აუცილებლად ესაჭიროება სპეციალური რეკომენდაციები და შესაბამისი ღონისძიებების ჩატარება.

10. მეტყველების ოპტიმალური გარჩევითობა შეიძლება მიღწეულ იქნას მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როცა მოცემულ სათავსოში ხელისშემშლელი ხმაურის ინტენსიურობა მცირეა. ძირითადად ასხვავენ: ა) გარედან შემოსულ ხმაურს (ტრანსპორტი და ა.შ.); ბ) ხმაურს, გამოწვეულს მსმენელთა მიერ (გადაადგილება, ჩურჩული). რადგან თეატრების სამაყურებლო დარბაზთან უმეტესობა წყნარ ადგილებშია აგებული, ამიტომ მათში საქალაქო ტრანსპორტით გამოწვეული ხმაური უმნიშვნელოა. თუ

ამგვარი ხმაური მაინც საგრძნობია. თეატრების სამაყურებლო დარბაზებში სათავსოს შიგნით არსებულ მექანიზმთა გამოწვეული ხმაური იმდენად უმნიშვნელოა, რომ შეგვიძლია უგულებელვყოთ. სამაგიეროდ, მათში მსმენელთა მიერ გამოწვეული ხმაურია საკმაოდ საგრძნობი. ამგვარი ხმაურის ნაწილობრივ შესასუსტებლად რეკომენდირებულად ვთვლით, იატაკის ძირითად სავალ ნაწილზე რბილი ხალიჩების დაგებას.(მცირე დარბაზი).

11. სათავსოს აკუსტიკურ ანგარიშთან დაკავშირებული მრავალი პრობლემის გადაწყვეტა შეიძლება უბრალო გეომეტრიის გამოყენებით, ოპტიკური ანალოგიების მეშვეობით, რაც საშუალებას გვაძლევს თავიდან ავიცილოთ უფრო რთული, სტატიკურ ან ტალღურ თეორიებზე დაფუძნებული მათემატიკური მეთოდების გამოყენება.

გეომეტრიული აკუსტიკის მეთოდის გამოყენებით ჩავატარეთ რუსთაველის სახელობის თეატრის დიდი და მცირე დარბაზის და თუმანიშვილის კინომსახიობთა თეატრის სამაყურებლო დარბაზის აკუსტიკური თვისებების ანალიზი. განსახილველი დარბაზების გეგმასა და გრძივ ჭრილზე დავიტანეთ პირდაპირი და არეკვლილი ბგერითი სხივები. აღმოჩნდა, რომ რუსთაველის სახელობის თეატრის მცირე დარბაზის დიდ ნაწილში ცუდი სმენადობაა, რაც განპირობებულია იმით, რომ თუმცა პირდაპირი და არეკვლილი ბგერების მიერ განვლილ მანძილთა სხვაობა 17 მ-ს არ აღემატება (ე.ი. ექოს ეფექტს ადგილი არ აქვს), უმეტეს შემთხვევაში 10 მ-ზე დაბალი მაინც არ არის. კერძოდ, მესამედან მეშვიდე რიგის ჩათვლით სხვაობა შეადგენს 11 – 13 მ-ს. ბოლო რიგებში ეს სხვაობა კიდევ უფრო იზრდება და შესაბამისად, სმენადობაც უარესდება. ამ დროს ადგილი აქვს ბგერათა ზედდებას, ე.წ. “წარეცხვას”, რაც მკვეთრად ამცირებს მეტყველების გარჩევითობას და აკუსტიკური თვალსაზრისით არადამაკმაყოფილებელია. იმისათვის, რომ აღმოვფხვრათ ეს უსიამოვნო მომენტი, საჭიროა ჭერის ის მონაკვეთები,

რომლებიც იძლევა მავნე არეკვლებს, მოვაპირკეთოდ სპეციალური ბგერათმთხმთქმელი მასალით. გეომეტრიული გზით შესაძლებელი გახდა ინტერიერის ზოგიერთი დეტალით გამოწვეული აკუსტიკური დეფექტების გამოვლენა. ინტერიერში შეზნექილი სიბრტყეების (ნიშები, კამარები), რომელიც მრავლად არის სამაყურებლო დარბაზში (იხ. ფოტო), ქმნის მთელ რიგ სირთულეებს. ისინი ერთის მხრივ ხელს უწყობენ დიფუზური ბგერითი ველის შექმნას, მაგრამ მეორეს მხრივ, როგორც ბგერითი სხივების აგებისას გამოჩნდა ასეთი ზედაპირებიდან არეკვლილი სხივები ზოგიერთ შემთხვევაში ერთ წერტილში იკრიბება (რაც განსაკუთრებით ხელისშემშლელია მეხუთე რიგიდან), ამ დროს ხდება ბგერითი ენერგიის კონცენტრაცია და ადგილი აქვს ე.წ. ფოკუსირების ეფექტს, რომლის დროსაც დარბაზის ზოგ უბანში ბგერა იქნება ძალიან ხმამაღალი, ზოგში კი მოკლებული საჭირო გამაძლიერებელ არეკვლებს. დარბაზის ლოჟაში შეიმჩნევა ე.წ. "ჩრდილის" ზონის არსებობა, რაც განპირობებულია მოაჯირს მიღმა მსმენელებამდე პირდაპირი ბგერის არასრულფასოვანი შეღწევადობით. აქ სასურველია ეს ზონა უზრუნველყოფილ იქნას მცირედ დაგვიანებადი პირველადი არეკვლილი ბგერებით.

ჩატარებული კვლევის შედეგების ანალიზმა აჩვენა, რომ აკუსტიკური პირობები აღნიშნულ დარბაზში, საერთო ჯამში, არადაამაკმაყოფილებელია.

კვლევამ საშუალება მოგვცა რეალურად შეგვეფასებინა რუსთაველის სახელობის თეატრის დიდი და მცირე დარბაზის, ასევე თუმანიშვილის თეატრის დარბაზის აკუსტიკური ხარისხი, გამოგვევლინა მისი ფორმით და ზომებით გამოწვეული აკუსტიკური ხარვეზები და დარბაზის აკუსტიკური თვისებების გაუმჯობესების მიზნით, გვეფიქრა ამ დეფექტების გამოსწორებაზე.

12. დრამატულ თეატრებში ოპტიმალური აკუსტიკური პირობების უზრუნველსაყოფად აქტუალურია გავითვალისწინოთ ნაშრომში

განხილული ფაქტორები - რევერბერაციის დრო, მეტყველების გარჩევითობის დონე, გეომეტრიული აკუსტიკის მეთოდის საშუალებით გამოვლენილი სხვადასხვა აკუსტიური დეფექტები (ექო, ბგერათა „წარეცხვა“, მრუდხაზოვანი ზედაპირების გამოწვეული ბგერითი ენერგიის კონცენტრაცია, აკუსტიკური „ჩრდილის“ ზონები).

აკუსტიკური საკითხების შესწავლის მიზნით ჩვენს მიერ შერჩეული თეატრების სამაყურებლო დარბაზებში ჩატარებული კვლევის შედეგად, რომელიც განხორციელდა სხვადასხვა მეთოდით, კერძოდ დაანგარიშდა რევერბერაციის დრო, ჩატარდა კვლევა არტიკულაციური ტაბულების საშუალებით, მოვაწყვეთ ანკეტური გამოკითხვა, გამოყენებულ იქნა გეომეტრიული აკუსტიკის მეთოდი, დადგინდა, რომ სამივე დარბაზი, მიუხედავად ზემოთ მოყვანილი მეტყველების გარჩევითობის სხვადასხვა პროცენტული მაჩვენებლისა, საჭიროებს გარკვეული ღონისძიებების ჩატარებას და რეკომენდაციებს, კერძოდ:

რუსთაველის სახელობის თეატრის დიდ დარბაზში, როგორც პარტერში ასევე იარუსებზე გამოიკვეთა უბნები სადაც სმენადობის ხარისხი იყო ძალიან დაბალი. ასევე დარბაზში შემოსასვლელი კარებების სიახლოვეს შეიმჩნეოდა გარედან შემოსული ხმაური. იმის გათვალისწინებით, რომ დარბაზის ინტერიერის მოპირკეთება, დარბაზში განლაგებული რბილი სავარძლები, იატაკზე დაგებული ხალიჩა და სხვა ბგერათმთანმთქმელი თუ ბგერების ამრეკვლი ზედაპირების არსებობით იკვეთება სურათი, რომ მოცემული დარბაზისათვის შეიძლება შემოვიფარგლოთ შემდეგი რეკომენდაციებით: დარბაზის იმ ნაწილში სადაც ცუდი სმენადობაა განთავსდეს დამატებითი ბგერათგამამლჩიერებლები, ხოლო დარბაზში შემოსასვლელ ყველა კარს გაუკეთდეს ჰერმეტიზაცია.

რუსთაველის თეატრის მცირე დარბაზის აკუსტიკური თვისებების კვლევით დადგინდა, რომ სამაყურებლო დარბაზში მეტყველების გარჩევითობა არადამაკმაყოფილებელია. რევერბერაციის დრო ხანგრძლივია, ასევე პირდაპირი და არეკვლილი ბგერების მიერ განვლილ



მანძილთა სხვაობა შეადგენს 11 -13 მ-ს. აკუსტიკის მხრივ ამ არასახარბიელო მდგომარეობას განაპირობებს მრავალი ფაქტორი. დარბაზში მოწყობილი ხის იატაკი, ხის სკამები, რომელთა მოძრაობა იწვევს ხმაურს, ბარელიეფების და ნიშების სიმრავლე, რომელიც იწვევს ბგერის მრავალჯერად არეკვლებს და შესაბამისად რევერბერაციის დროის გაზრდას(რევერბერაციის დრო საშუალო სიხშირის ბგერისათვის შეადგენს 2.5წმ-ს,დაბალი სიხშირის ბგერისათვის 2.8წმ-ს), დარბაზის პროპორციები და ა.შ. ამ პრობლემათა ნაწილობრივ მოსაგვარებლად და აკუსტიკური პირობების გასაუმჯობესებლად ვთვლით, რომ საჭიროა ჩატარდეს შემდეგი ღონისძიებები მიეცეს რეკომენდაცია: დარბაზის იატაკზე დაიგოს ხალიჩა, ხის სკამები შეიცვალოს რბილი სავარძლებით, დარბაზის ინტერიერში მრავლად არსებული ნიშები და ჭერი მოპირკეთდეს ბგერათშთანმთქმელი მასალებით. სასურველია ჭერის ნიშნულის დაწევა.

რაც შეეხება თუმანიშვილის კინომსახიობთა თეატრის სამაყურებლო დარბაზში შეინიშნება ბგერათა ფოკუსირება, მსახიობების დიდმა უმრავლესობამ მიუთითა სპექტაკლის მსვლელობის დროს გარედან შემოსული ხმაურის ზემოქმედებაზე. რეკომენდაციები ასე ჩამოყალიბდა: ამრეკვლი ზედაპირების მოწყობით შეიცვალოს ჭერის პროფილი ასევე განთავსდეს ბგერათშთანმთქმელი მასალები, დარბაზში შემოსასვლელ კარებებს გაუკეთდეს ჰერმეტიზაცია, ინტერიერის კედლები და ჭერი განაკუთრებით სცენის სივრცეში მოპირკეთდეს ბგერათსაიზოლაციო მასალებით.

\* \* \*

ვფიქრობთ, რომ სადისერტაციო ნაშრომში, კვლევის შედეგებზე დაყრდნობით ჩამოყალიბებული დასკვნების, რეკომენდაციების, წინადადებების ერთობლიობა მისცემს საშუალებას არქიტექტორებს პროექტირების სტადიაში გადაწყვიტონ კვალიფიციურად თეატრების სამაყურებლო დარბაზების აკუსტიკური საკითხები, როგორც რეკონსტრუქციის, ასევე ახლის მშენებლობის დროს, რათა მაყურებელმა ბევრად კომფორტულად იგრძნოს თავი სპექტაკლის მსვლელობისას.

## ლიტერატურა

1. ნ. ხაბეიშვილი., ქართული გუმბათოვანი ტაძრების აკუსტიკა.,  
სადისერტაციო ნაშრომი., ქ.თბილისი., 1999წ.
2. ლ. ბერიძე „არქიტექტურული ფიზიკა“ სასწავლო სახელმძღვანელო 2010წ.  
2. Laine, S., Siltanen, S., Lokki, T., Savioja, L., "[Accelerated beam tracing algorithm](#)".,  
Applied Acoustics, vol. 70., 2009.
3. Svensson, U. P. and Calamia, P. T., "[Edge-diffraction impulse responses near specular-zone and shadow-zone boundaries](#)"., Acta Acustica united with Acustica., 2006.
4. Ковригин С. Д., Крышов С. И., "Архитектурно - строительная акустика",  
"Высшая школа"., М., 1986 г.
5. Макриненко Л. И., "Акустика помещений общественных зданий"., М.,  
Стройиздат., 1986 г.
6. Рейхардт В., "Акустика общественных зданий"., Стройиздат., М., 1984 г.
7. მ. ბერიკაშვილი.,  
მეტყველების კულტურის თეორიისა და პრაქტიკის საკითხები., ქ.თბილისი.,  
2011 წ.
8. <http://www.zvuki.ru/R/P/24978/>
9. <http://www.kulturologia.ru/blogs/280111/13906/>
10. [http://os.colta.ru/music\\_classic/events/details/29941/?attempt=1](http://os.colta.ru/music_classic/events/details/29941/?attempt=1)
11. Кнудсен В.О., Архитектурная акустика. ОНТИ, Хрк-Киев, 1936.
12. Покровский Н.Б., Расчет и измерение разборчивости речи. Связьиздат. М.,  
1962.
13. Рабинович А., О заметности эхо и его влияние на разборчивость речи. ЖТФ  
10, М., 1940.
15. Сасковец И.Г., Влияние параметров звукового поля помещения на  
разборчивость речи и метод ее оценки. Диссертация. М., 1987.
16. Клар Г., Тест Люшера., Психология цвета., М., Изд. Питер., 1998.
17. <http://tbiliso.ge/index.php?/topic/9065-%E1>

18. <http://www.zvuki.ru/R/P/24978/>
19. <http://www.kulturologia.ru/blogs/280111/13906/>
20. [http://os.colta.ru/music\\_classic/events/details/29941/?attempt=1](http://os.colta.ru/music_classic/events/details/29941/?attempt=1)
21. Чедд Г.Звук.1975
22. Основы физики и техники ультразвука.Б.А.Агранат.1987
23. Боббер Р.Дж.Гидроакустические измерения.1974
24. Майер В.В.Простые опыты с ультразвуком.1978
25. Пирсол И.Кавитация.1975
26. Алешин Н.П.Ультразвуковая дефектоскопия.1987
27. Красильников В.А.Введение в физическую акустику
28. Everest F.A.The master handbook of acoustics.2001
29. Mason W.P., Thurston R.N. Physical Acoustics Vol.X . 1973
30. Бергман Л. Ультразвук и его применение в науке и технике. 1957
31. Блауэрт Й. Пространственный слух. 1979
32. Блохинцев Д.И. Акустика неоднородной движущейся среды. 1981
33. Бреховских Л.М. Годин О.А. Акустика слоистых сред. 1989
34. Гринченко В.Т. Вовк И.В. Волновые задачи рассеяния звука на упругих оболочках. 1986
35. Давыдов В.В. Акустика помещений. 1995
36. Ефимов А.П. Никонов М.А. Акустика. 1989
37. Иофе В.К., Корольков В.Г., Сапожков М.А. Справочник по акустике. 1979
38. Исакович М.А. Общая акустика. 1973
39. Канаевский И.Н. Фокусирование звуковых и ультразвуковых волн. 1977
40. Крылов В.В. Основы теории излучения и рассеяния звука. 1989
41. Лепендин Л.Ф. Акустика. 1978
42. Лэмб Г. Динамическая теория звука. 1960
43. Морз Ф. Колебания и звук. 1949

44. Розенберг Л.Д. Физика и техника мощного ультразвука. Физические основы ультразвуковой технологии. 1970
45. Сапожков М.А. Акустика. 1989
46. Стрэтт Дж. В. Теория звука. 1944
47. Фант Е. Акустическая теория речеобразования. 1964
48. Шендеров Е.Л. Излучение и рассеяние звука. 1989
49. Гусев Н.М. Основы строительной физики Госстройиздат. 1975
50. Kreuger., Research into Acooustic Problems in Buildings, Ingeriors Vetenskaps Akademien., Stockholm. 1924
51. Ганус К. Архитектурная акустика. Госстройиздат. 1963.
52. Рудник В. М.. и др. Звукопоглощающие материалы и конструкции. Справочник. 1970