



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування

**Є. В. Пугачов,
В. А. Зданевич**

ВИДИМІСТЬ І ЗОРОВЕ СПРИЙНЯТТЯ В БУДІВЛЯХ І СПОРУДАХ ДЛЯ ГЛЯДАЧІВ

Навчальний посібник

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник для студентів
вищих навчальних закладів, які навчаються
за напрямом підготовки «Архітектура»*

Рівне - 2014



Національний університет

УДК 725.8 (075.8)

ББК 85.11

П88

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
(Лист №1/11-10465 від 08.07.2014 р.)*

Рецензенти:

Сергейчук О. В., доктор технічних наук, професор Київського національного університету будівництва та архітектури;

Пустюльга С. І., доктор технічних наук, професор Луцького національного технічного університету;

Ричков П. А., доктор архітектури, професор Національного університету водного господарства та природокористування.

Є. В. Пугачов, В. А. Зданевич

П88 Видимість і зорове сприйняття в будівлях і спорудах для глядачів. Навч. посібник. – Рівне: НУВГП, 2014. – 150 с.

ISBN 978-966-327-290-0

У навчальному посібнику розглянуто основні положення зорового сприйняття та проектування видимості в будівлях і спорудах для глядачів. Розглянуто питання впливу форми рядів в плані і форми фокусної лінії на вибір моделі безперешкодної видимості і форму поверхні глядачів. Наведено відомості щодо особливості проектування видимості в культурно-видовищних будівлях, лекційних аудиторіях, спортивно-демонстраційних та спортивно-видовищних спорудах і залах.

Посібник відповідає робочій програмі дисципліни „Будівельна фізика”, а також робочій програмі дисципліни „Архітектурне проектування”, яка передбачає виконання курсових проектів „Універсальна концертна зала на 700-800 місць” та „Універсальна спортивна арена на 2500 місць”.

Навчальний посібник призначений для студентів вищих навчальних закладів за напрямом підготовки „Архітектура”. Він також може бути корисним для проектувальників та аспірантів.

Табл. 22. Іл. 88. Бібліогр. 64 назв.

УДК 725.8 (075.8)
ББК 85.11

ISBN 978-966-327-290-0

© Пугачов Є. В.,
Зданевич В. А., 2014
© НУВГП, 2014



З М І С Т

	Стор.
Вступ	5
Умовні позначення	7
1. Основні поняття і спрощення	8
<i>Контрольні запитання</i>	<i>17</i>
2. Зона розміщення місць для глядачів	18
2.1. Геометричні умови зорового сприйняття і границі зони розміщення місць для глядачів	18
2.2. Зони якості у залах і спорудах для глядачів	25
<i>Контрольні запитання</i>	<i>33</i>
3. Розміщення рядів місць для глядачів в плані та двовимірна і тривимірна геометричні моделі видимості	34
<i>Контрольні запитання</i>	<i>44</i>
4. Двовимірна геометрична модель видимості	45
4.1. Безперешкодна видимість при розміщенні місць для глядачів на горизонтальній площині	45
4.2. Безперешкодна видимість при розміщенні місць для глядачів на одній похилій площині	50
4.3. Безперешкодна видимість при розміщенні місць для глядачів на циліндричній поверхні найменшого підйому	56
4.4. Безперешкодна видимість при розміщенні місць для глядачів на відсіках похилих площин	72
4.5. Видимість із затулянням і вплив антропометрії на форму профілю місць для глядачів	77
4.6. Визначення перевищення променя зору при заданій висоті підлоги останнього ряду місць	80
<i>Контрольні запитання</i>	<i>83</i>



5. Тривимірна геометрична модель видимості	84
5.1. Оцінка фактичного затулення в залах і спорудах, запроєктованих за двовимірною моделлю видимості	84
5.2. Алгоритм розрахунку видимості за тривимірною моделлю	91
<i>Контрольні запитання</i>	95
6. Особливості проектування видимості у спорудах і залах різного призначення	96
6.1. Культурно-видовищні будівлі	96
6.1.1. Кінотеатри, клуби, театри	96
6.1.2. Театри юного глядача	103
6.1.3. Театри ляльок	110
6.2. Лекційні аудиторії	118
6.3. Спортивно-демонстраційні та спортивно-видовищні споруди і зали	124
Додаток А. Видовища та їх мінімальні предмети спостереження	132
Додаток Б. Рекомендації щодо розрахунку кінопроекції у спортивно-видовищних залах	135
Додаток В. Формули для визначення оптимальної кількості рядів в групах	136
Додаток Г. Приклади форм рядів в плані для залів різного призначення	138
Термінологічний словник	142
Список літератури	145



ВСТУП

Дослідження видимості в культурно-видовищних будівлях, лекційних аудиторіях, спортивно-демонстраційних та спортивно-видовищних спорудах і залах пройшли декілька етапів розвитку.

Перший етап пов'язаний із пошуками наочної очевидності рішень, геометричними побудовами форми залів з використанням кругів, квадратів, овалів тощо. Такий спрощений підхід не відповідав складності досліджуваної проблеми.

Другий етап досліджень пов'язаний із залученням фізіологічних констант зору (поле зору, кути ясного бачення, роздільний кут тощо). Метод "фізіологічного" нормування видимості відіграв позитивну роль, однак фізіологічні константи виявилися надто грубим інструментом, і їх прийшлося доповнити штучними і невиправданими допущеннями. Проте і зараз він використовується, оскільки дозволяє наближено визначати границі зони розміщення місць для глядачів без проведення експериментальних досліджень.

Третій етап досліджень залучає психологічні критерії – суб'єктивні судження глядачів про якість місць та комфортність спостереження, отримані шляхом статистичної обробки результатів численних експериментів, проведених в існуючих залах і в лабораторних умовах. Цей метод дає найбільш достовірні дані щодо просторової форми зони місць для глядачів і зон якості спостереження видовища. Але експериментальний метод дослідження вимагає значних витрат часу на його проведення і статистичну обробку результатів. Велика кількість існуючих різновидів видовищ та постійне виникнення нових призвело до того, що тільки для деяких видовищ визначені форма зони місць для глядачів і зони якості. Та навіть не всі отримані результати закріплено у нормах проектування, де трапляються як границі зони розміщення місць для глядачів без зон якості, так і зонування простору навколо видовища.

Четвертий, сучасний етап, спираючись на основні досягнення попереднього етапу, використовує методи комп'ютерного моделювання видимості, що, зокрема, дозволяє розраховувати поверхню очей глядачів, а також оцінювати фактичне затулювання,



яке виникає в залах, запроектованих за двовимірною моделлю видимості. Отримані на даний час результати не вичерпують собою всі ситуації, які виникають в практиці проектування видимості в залах і спорудах для глядачів. Перелік невирішених задач є досить великим.

У навчальному посібнику авторами узагальнено матеріал щодо проектування видимості, напрацьований на даний час. Причому значна частина цього матеріалу є результатом авторських досліджень. В основному вона стосується проектування видимості за тривимірною моделлю. Зокрема, автори вперше вводять в науковий обіг терміни "фокусна лінія" і "предмет спостереження", вперше пропонують метод оцінки фактичного затуляння в залах зі складною у плані формою рядів та алгоритм проектування видимості за тривимірною моделлю.

В навчальному посібнику зібраний нормативний матеріал щодо проектування видимості в деяких будівлях і спорудах з метою полегшення роботи студентам. У списку літератури є джерела, на які автори безпосередньо не посилаються, проте ознайомлення з ними (при бажанні) дозволить краще уявити студентами розвиток проектування видимості. З цією ж метою у списку наведено не тільки діючі, але й відмінені норми проектування. Аналіз зміни нормативних вимог показує їх еволюцію в бік збільшення зорового комфорту.

Вступ, розділи III, IV, V та VI написав професор Є. В. Пугачов; розділи I та II – В. А. Зданевич.

Автори висловлюють вдячність рецензентам проф. Сергійчуку О. В., проф. Пустюльзі С. І., проф. Ричкову П. А. за вагомий внесок щодо поліпшення якості посібника.

Автори будуть вдячні за зауваження та побажання щодо посібника, які слід надсилати безпосередньо авторам.

Навчальний посібник може бути корисним не тільки для студентів, але й для проектувальників та аспірантів.



УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

C_0 – антропометричне перевищення

C – перевищення променя зору, спрямованого у розрахункову (фокусну) точку, глядача наступного ряду над рівнем очей глядача попереднього ряду

d – глибина ряду (відстань в плані між спинками сидінь двох суміжних паралельних рядів або відстань в плані уздовж радіуса двох концентричних кіл, за якими окреслені суміжні ряди)

h – висота очей сидячого глядача над рівнем підлоги ($h = 1,2m$)

H – висота очей стоячого глядача над рівнем підлоги ($H = 1,65m$)

H_0 – висота циклопічного ока глядача першого ряду над рівнем фокусної точки (береться алгебраїчно: зі знаком "+", якщо $h > Y_f$, зі знаком "-", якщо $h < Y_f$)

H_{nid} – висота фокусної точки над рівнем подіуму, естради тощо

F – фокусна (розрахункова) точка

n – загальне число рядів в залі (в партері, на балконі), якщо не передбачається поділ рядів на групи

n_j – число рядів у j -тій групі рядів, якщо передбачається поділ рядів на групи

m – число груп рядів у залі

x_i – абсциса очей глядача i -го ряду (у двовимірній моделі видимості відстань в плані від фокусної точки F до циклопічного ока глядача i -го ряду; умовно вважається, що циклопічне око лежить у площині спинки крісла)

y_i – ордината очей глядача i -го ряду (у двовимірній моделі видимості відстань по вертикалі від рівня початку координат, найчастіше – рівня підлоги першого ряду)

Y_f – ордината фокусної точки (її висота над рівнем підлоги першого ряду)

w – роздільний або граничний кут

v – гострота зору



1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І СПРОЩЕННЯ

Проектування видимості. Взаємне розміщення глядачів і видовища визначає функціональне ядро залу або споруди – основу організації його архітектурного простору. Вибір параметрів цього функціонального ядра, диференціація за критерієм якості сприйняття видовища зони місць для глядачів і розміщення в ній місць і є проектуванням видимості. Очевидно, що комфортна видимість – не єдина вимога при проектуванні залу чи споруди для глядачів. Але вона є одною з незалежних вимог: погану видимість видовища не можна компенсувати зручною евакуацією чи доброю чутністю. Проектування залу чи споруди ґрунтується на компромісному урахуванні всіх вимог, включаючи як одне з ведучих – комфортне сприйняття видовища. Саме тому видимість можна розглядати самостійно [18].

Об'єкт спостереження (ОС) – елемент залу або споруди (геометрично – найчастіше відсік площини), на поверхні якого відбувається зорова робота [3, 18]. Об'єктами спостереження є: крейдяна дошка – в аудиторії, екран – в кінотеатрі, сцена – в театрі, футбольне поле, арена (манеж), ігровий майданчик, поверхня ванни в басейні або дельфінарії тощо. Іноді в залі або споруді може бути декілька об'єктів спостереження. Наприклад в аудиторії ними можуть бути крейдяна дошка, екран, демонстраційний стіл, телевізор, стаціонарні стенди і таблиці тощо.

Предмети спостереження – інші об'єкти, функціонально з ним пов'язані, що розміщуються в межах об'єкта спостереження (або поряд з ним), споглядання за якими дозволяє повноцінно сприймати видовище. Наприклад, на футбольному полі предметами спостереження є гравці, судді, футбольний м'яч, ворота та елементи розпланування футбольного поля (бокові лінії, лінії воріт, лінії штрафного і воротарського майданчиків, середня лінія і центральне коло, одинадцятиметрова позначка і позначка середини поля тощо). В дельфінарії – дельфіни, тренер, аксесуари (м'ячі, кільця тощо). Як бачимо, серед предметів спостереження зустрічаються як рухомі, так і нерухомі. Наявність рухомих предметів спостереження і характер їх руху суттєво впливають на проектування видимості.

Мінімальний предмет спостереження [3, 31-33, 52] –

найменший за розмірами предмет спостереження, розрізнення якого необхідне для повноцінного сприйняття видовища. Наприклад, в драматичному театрі глядачеві необхідно чітко бачити не тільки фігуру актора, порухи рук, але й міміку та вираз його очей. Тому для даного видовища мінімальним предметом спостереження є око актора. Хоровий спів, лекції і доповіді можна сприймати повноцінно, коли видно рот актора. Концерти, музична естрада, цирк, акробатика, фехтування, штанга повинні забезпечувати видимість закистьового суглоба руки, інакше як видовище ці функції неповноцінні. В аудиторії мінімальним предметом спостереження є штрих на крейдяній дошці, під час демонстрації мод – деталь вбрання, на футбольному полі – м'яч тощо (додаток 9.1).

Видимість – можливість зорового сприйняття об'єкта спостереження. Тобто коли говорять про видимість, то констатують її наявність або відсутність, не беручи до уваги якості зорового сприйняття. Розрізняють **безперешкодну видимість** (без затуляння), коли об'єкт спостереження бачать повністю, і **видимість із частковим затулянням (частково обмежену видимість)**, коли бачать лише частину об'єкта спостереження. Видимість залежить від взаємного розміщення глядача, об'єкта спостереження і об'єктів, що його затулюють, наприклад, інших глядачів, конструкцій [3].

Зорове сприйняття – можливість сприймати органами зору людини об'єкт спостереження з тією чи іншою ступінню чіткості. Зорове сприйняття залежить від різних факторів (**рис. 1.1**), частина з яких (віддалення від об'єкта спостереження та взаємне розміщення глядача та об'єкта спостереження) носить геометричний характер. Саме їх і беруть до уваги, розглядаючи як **геометричні умови зорового сприйняття**. На **рис. 1.1** під станом шару повітря між глядачем і об'єктом спостереження мається на увазі задимленість або запиленість повітря, наявність туману чи опадів, що можливо на відкритих спорудах [3].

Нормальний бінокулярний зір людини характеризується такими особливостями: по-перше, злиттям (фузією) двох монокулярних зображень, видимих роздільно лівим і правим оком, в одне об'ємне (тривимірне) зображення, і, по-друге, стереосприйняттям, що



включає як відчуття об'ємності предметів, так і бінокулярне сприйняття віддаленості інших видимих об'єктів відносно біфіксованого об'єкта [63]. При наявності об'єктів, що затуляють об'єкт спостереження, бінокулярність зору людини спричиняє зменшення реального затуляння.



Рис. 1.1. Фактори, що впливають на зорове сприйняття

Монокулярне (циклопічне) око – умовне око, розміщене посередині між очима глядача. Використовується для спрощення розрахунків щодо розміщення глядачів по висоті в межах зони місць для глядачів.

Поле зору – частина картинної площини, перпендикулярної головному променю зору, що охоплюється поглядом людини. Коли говорять про **поле зору ока**, то розрізняють **поле зору нерухомого ока**, **бінокулярне поле зору** і **поле зору з урахуванням можливості обертання очей**. Полем зору нерухомого ока називають простір, який одночасно бачить око (або обидва ока), фіксуючи певну точку нерухомим поглядом при нерухомій голові. На **рис. 1.2** суцільною лінією, що переходить у штрихову, показано поле зору кожного ока: праворуч – правого, ліворуч – лівого. Біле поле, обмежене штриховою лінією, бачать обидва ока одночасно, і тому його можна назвати бінокулярним. Форма бінокулярного поля близька до круга з діаметром 70° . Кожну заштриховану ділянку поля бачить тільки одне око. Суцільна лінія окреслює простір, що його одночасно охоплюють обидва ока, – все поле зору обох очей.

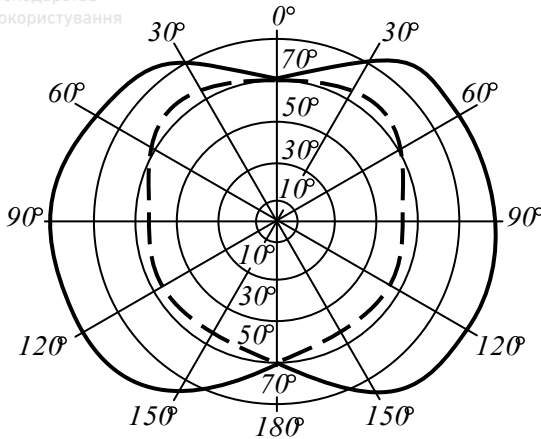


Рис. 1.2. Поле зору двох очей за даними [63]

Границі поля зору залежать від індивідуальних особливостей спостерігача. Нормальні границі поля зору одного ока такі [63]. По горизонталі: до скроні – 90° - 100° , до носа – 50° - 60° (всього 140° - 160°); по вертикалі: вгору – 50° - 60° , вниз – 60° - 75° (всього 110° - 135°). Поле, що його одночасно охоплюють обидва ока, по горизонталі трохи більше за 180° , а по вертикалі становить біля 120° . Останні два кути називають **кутами периферійного зору** (за даними [3] вони становлять, відповідно, 150° - 160° та 130° , а за даними [52] – 140° і 110°). Периферійний зір (кутиками очей) є важливою складовою повноцінного зорового сприйняття. Він забезпечує зорове сприйняття об'ємності об'єкту, глибини і простору. Під час обертання очей найбільше відхилення осей становить 45° - 50° .

Розмір поля зору залежить від багатьох факторів [63], зокрема, таких, як аметропія (при сильній короткозорості поле звужується), анатомічна будова обличчя (високе перенісся, глибоке розташування очей в очниці), фізіологічні коливання розміру зіниці (широка зіниця сприяє розширенню поля зору), вік (максимальне поле зору характерно для людей у віці 20 - 24 років, а потім з віком поле зменшується), зорова втомленість (від втомленості поле зору зменшується). До того ж судити про стан поля зору тільки за його зовнішніми границями недостатньо: всередині поля зору



зустрічаються ділянки із зниженою чи відсутньою світловою чутливістю, що може погано вплинути на зорову роботу.

В літературі з архітектурних аспектів видимості [52] розрізняють також **допустиме поле бінокулярного зору** і **оптимальне поле бінокулярного зору** (рис. 1.3). Перше характеризується допустимим розрізненням об'єктів на периферії. В допустимому полі зору око може нечітко сприймати одночасно 5-7 окремих об'єктів. На периферії допустимого поля зір ахроматичний, тобто колір не сприймається. Горизонтальний кут допустимого поля зору становить 124° (двома очима по 62° до центрального променя зору), а вертикальний – 70° (вгору від горизонталі 30° , вниз – 40°). Друге характеризується тим, що колір предметів добре сприймається, його інформативна здатність достатня для передавання усіх візуальних сигналів без спотворень, тому оптимальне поле зору є критерієм наближення глядача до об'єкта спостереження. Якщо розміщувати глядача ближче до об'єкту спостереження, перестають сприйматися периферичні деталі. Якщо глядача розміщувати далі, краще сприймається загальна картина видовища до тих пір, доки віддаленість дозволяє розрізняти важливі деталі, що характеризують видовище. Горизонтальний кут оптимального поля зору становить 90° (двома очима по 45° до центрального променя зору), а вертикальний – 45° (вгору від горизонталі 17° , вниз – 28°).

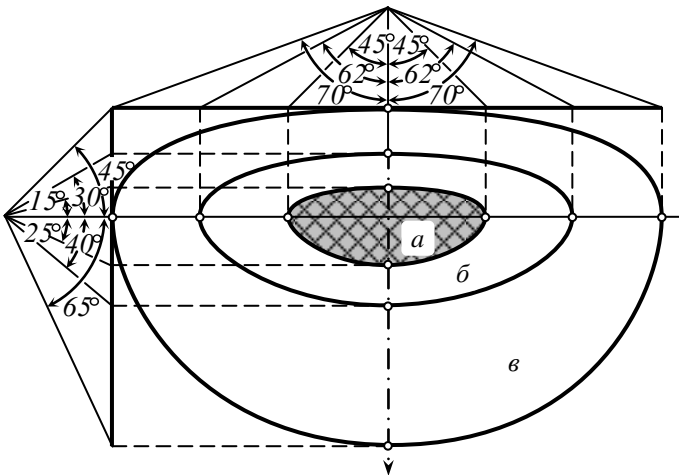


Рис. 1.3. Поле зору за даними [52]:

a – оптимальне; *b* – допустиме; *v* – максимальне

Кут ясного бачення – кут, в межах якого промені світла, що йдуть від об'єкту спостереження, створюють на сітківці ока спостерігача різке зображення. У горизонтальній площині він складає [3] 30° , у вертикальній – біля 22° . За межами цих кутів зображення поступово втрачає різкість. Кути ясного бачення утворюють в просторі конус ясного бачення з овальною основою і вершиною у кришталику ока. Якщо потрібно, щоб об'єкт спостереження сприймався в цілому з однаковою ступеню чіткості, його контури не повинні виходити за межі конусу ясного бачення.

Роздільний або граничний кут w [3, 11, 52] – найменший кут між променями світла, що йдуть в око від двох точок A і B , коли їх зображення на сітківці ока ще не збігаються (**рис. 1.4**). Фізіологічно його величина пов'язана із розмірами світлочутливих елементів ока, а також – із значеннями яскравості об'єкту і контрастом об'єкту із тлом. Зазвичай наводять значення роздільного кута для яскравості об'єкту не менше 100 кд/м^2 і контрасті, близькому до одиниці [63]. В архітектурній практиці роздільний кут встановлюється за сприйняттям кривини лінії і її розрізненням від прямої, що характеризується співвідношенням величин AB і L .

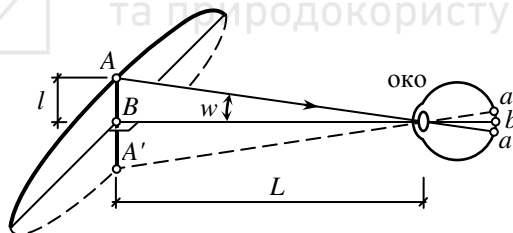


Рис. 1.4. Роздільний або граничний кут

Враховуючи, що форма предмета з криволінійним обрисом має відхилення контурної лінії від прямої в обидві сторони, роздільний кут подвоюється. Для розв'язання практичних задач щодо забезпечення необхідних умов зорового сприйняття, зважаючи на конкретні особливості предметів спостереження (рухомість, освітленість, реальні розміри, віддаленість та інші), на основі узагальнення експериментальних даних встановлені роздільні кути в межах від $2,30'$ до $4'$ [3]. За іншими даними [27, 52] – від $3,50'$ до $4'$. Зустрічаються також пропозиції задавати його змінним залежно від положення мінімального предмета спостереження на



об'єкті спостереження. Так в роботі [39], що стосується геометричної побудови без'ярусних трибун для бейсболу, пропонується задавати три значення роздільного кута (1,5'; 2'; 4') залежно від положення бейсбольного м'яча в ігровій зоні поля.

Гострота зору [3, 63] – здатність ока бачити окремо два розміщені поряд предмети. Гострота зору обернено пропорційна куту w і дорівнює одиниці (нормальна гострота зору), коли $w=1'$:

$$v = 1/w. \quad (1)$$

Зазвичай вважають, що в чисельнику стоїть не просто одиниця, а одна мінута, тому гострота зору є безрозмірною величиною. Бінокулярна гострота зору вища за монокулярну (гостроту зору одного ока) приблизно у **1,3** рази [63].

Кути огляду (охоплення) [3] – кути між променями зору (рис. 1.5), що спрямовані від монокулярного ока глядача до країв об'єкта спостереження. Зазвичай розглядають два кути охоплення: один спирається на висоту (глибину) об'єкта спостереження і лежить у вертикальній площині, інцидентній оку глядача, а другий спирається на ширину (горизонтальний відрізок) об'єкта спостереження і не лежить, в загальному випадку, у горизонтальній площині. Від їх значення для конкретного глядача залежить, зможе він охоплювати весь об'єкт спостереження одним поглядом (без рухів головою) чи ні, буде сприймати деталі на периферії об'єкта спостереження чи ні (дивись вище: **допустиме та оптимальне поле зору, кут ясного бачення**).

В загальному випадку використання тільки цих двох кутів огляду не дає можливості судити однозначно, чи потрапляє весь об'єкт спостереження в поле зору глядача. Нехай, наприклад, маємо прямокутний об'єкт спостереження (футбольне поле). Тоді його діагональ набагато довша (приблизно на 22 м) за ширину, і для розміщеного певним чином глядача кінцеві частини діагоналі можуть не потрапити в поле зору, тоді як і ширина і глибина поля потрапляють повністю. Об'єкт спостереження потрапляє повністю в поле зору глядача тільки тоді, коли його проекція на картину, перпендикулярну головному променю, лежить всередині границі поля зору. Розв'язання цієї задачі потребує геометричного опису як границі поля зору, так і границь конкретних об'єктів спостереження, що реально зустрічаються у практиці проектування.



Вертикальний і горизонтальний кути бачення [3] – кути у, відповідно, вертикальній і горизонтальній площинах, перпендикулярних площині об’єкта спостереження, між нормаллю до об’єкта спостереження у його геометричному центрі і променем зору (бісектрисою відповідного кута зору), спрямованим в цей центр (**рис. 1.5**). В певній мірі визначають якість зорового сприйняття форми і пропорційності частин об’єкта чи предмета спостереження. Слід зазначити, що виділення саме цих двох кутів з усіх, що їх можуть утворювати з нормаллю промені зору, спрямовані у геометричний центр об’єкта чи предмета спостереження, хоч і має певні підстави, але не охоплює всі можливі взаємні положення глядача і об’єкта. Для оцінки зорового сприйняття доцільніше користуватись кутом між нормаллю і променем зору. Цей кут і слід називати **кутом бачення**. Тоді промені зору, що описують навколо нормалі коловий конус, відповідають однаковому куту бачення, і, геометрично, визначають місця з приблизно однаковим спотворенням форми об’єкта чи предмета спостереження. Приблизність пояснюється тим, що напрям відхилення променя зору від нормалі для конкретного об’єкта спостереження може мати значення, бути більш небажаним, ніж таке ж саме відхилення в іншому напрямі, що треба встановлювати дослідженням.

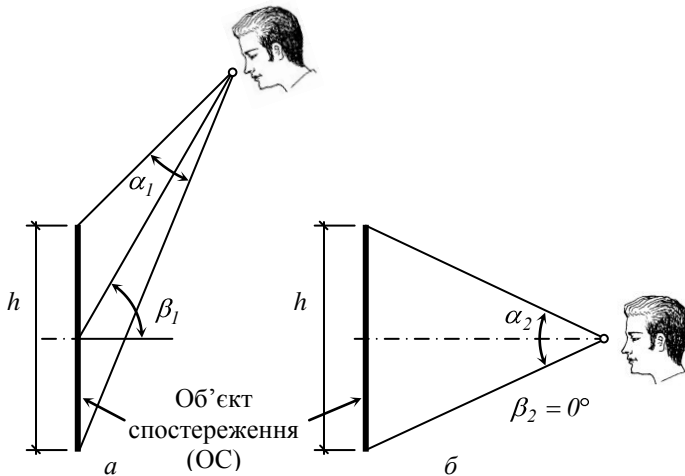


Рис. 1.5. Кути огляду (охоплення) і кути бачення



Антропометричне перевищення [3, 9, 15-19] C_0 – середньо-

статистична відстань по вертикалі від рівня очей людини до верху її голови (людина без головного убору) або до верху її головного убору (рис. 1.6). Антропометричними вимірюваннями встановлено, що для глядачів без головного убору $C_0 = 0,12\text{ м}$, а для людини у головному уборі $C_0 = 0,15\text{ м}$ [3]. Обидва значення використовують для розрахунку видимості: перше – у залах, де глядачі зазвичай знімають головні убори, друге – на відкритих спорудах, де головні убори зазвичай не знімають.



Рис. 1.6. Антропометричне перевищення людини без головного убору та з головним убором

Висота очей сидячого глядача над рівнем підлоги h для середньостатистичної людини за сучасними даними становить **1,2 м** [3, 15-19, 50, 52]. Раніше у розрахунках видимості використовували значення $h = 1,15\text{ м}$.

Висота очей стоячого глядача над рівнем підлоги H для середньостатистичної людини за сучасними даними становить **1,65 м** [3, 50].

Фокусна (розрахункова) точка – у двовимірній геометричній моделі видимості найбільш несприятлива для видимості (нижня) точка об'єкта спостереження, видимість якої забезпечує безперешкодну видимість об'єкта спостереження в цілому [3, 9, 15-19, 50, 52]. Слід зазначити, що цей термін використовують також і для позначення **альтернативних фокусних (розрахункових) точок** [13-21, 40], видимість яких забезпечує допустиме затулювання об'єкта спостереження. Використання альтернативних розрахункових точок дозволяє зменшити підйом рядів місць для глядачів.



Фокусна (розрахункова) лінія [26-28, 46] – у тривимірній геометричній моделі видимості найбільш несприятлива для видимості (нижня) лінія об'єкта спостереження, видимість якої забезпечує безперешкодну видимість об'єкта спостереження в цілому. Аналогічно, можна використати для позначення **альтернативних фокусних (розрахункових) ліній**.

Перевищення променя зору [3, 9, 15-19, 47, 50] C – відстань по вертикалі від монокулярного ока глядача даного ряду до променя зору, спрямованого у фокусну точку з монокулярного ока глядача наступного ряду. Зокрема, при проектуванні безперешкодної видимості перевищення променя зору задають рівним антропометричному перевищенню $C = C_0$ або більшим за нього, а при проектуванні видимості із затулянням – меншим.

Контрольні запитання

1. В чому полягає проектування видимості в залі або споруді?
2. Чим відрізняється об'єкт спостереження від предмету спостереження?
3. Дайте означення мінімальному предмету спостереження.
4. Чим відрізняється видимість від зорового сприйняття?
5. Якими особливостями характеризується нормальний бінокулярний зір людини?
6. Чому периферійний зір є важливою складовою повноцінного зорового сприйняття?
7. З якою метою використовують конус ясного бачення?
8. Чому в архітектурній практиці роздільний (граничний) кут встановлюють різним для різних видовищ?
9. З якою метою використовують кути огляду (охоплення)? А вертикальні і горизонтальні кути бачення?
10. Чим відрізняється антропометричне перевищення від перевищення променя зору?
11. Дайте означення фокусній точці і фокусній лінії.



2. ЗОНА РОЗМІЩЕННЯ МІСЦЬ ДЛЯ ГЛЯДАЧІВ

2.1. ГЕОМЕТРИЧНІ УМОВИ ЗОРОВОГО СПРИЙНЯТТЯ І ГРАНИЦІ ЗОНИ РОЗМІЩЕННЯ МІСЦЬ ДЛЯ ГЛЯДАЧІВ

Геометричні умови зорового сприйняття визначають взаємне розміщення в просторі об'єктів спостереження і глядачів, при якому забезпечується чітке зорове сприйняття об'єкта спостереження, його форми, пропорційності частин, положення або переміщення в просторі, а в деяких випадках кольору і фактури. Ці умови визначають **граничні**:

- віддалення глядачів від об'єкта спостереження;
- вертикальний і горизонтальний кути бачення;
- кути огляду (охоплення).

Граничне віддалення глядача від об'єкта спостереження (тобто найбільша з можливих відстань глядача від границь об'єкта спостереження) залежить від розміру мінімального предмета спостереження. Адже якщо кутовий розмір його зображення на сітківці ока глядача менший за роздільний кут для даного видовища, то споглядання видовища або стає неповноцінним, або зовсім втрачає сенс. Як видно з **рис. 1.4**, тангенс роздільного кута дорівнює

$$\operatorname{tg}w = \frac{l}{L}, \quad (2.1)$$

де w – роздільний кут для даного видовища, l – відстань між точками, що спостерігаються, L – віддалення об'єкта спостереження.

Зважаючи на те, що для кутів, менших за 5° , тангенс кутів приблизно дорівнюють самим кутам в радіанах, матимемо

$$w = \frac{l \cdot 180 \cdot 60}{L \cdot \pi}, \quad (2.2)$$

звідки

$$L = \frac{l \cdot 180 \cdot 60}{w \cdot \pi}. \quad (2.3)$$

Підставляючи в (1.3) замість l розмір мінімального предмета спостереження, а замість w – роздільний кут в хвилинах, отримаємо



граничне віддалення глядачів від об'єкта спостереження для даного видовища. Наприклад, для футболу $w = 4'$, розмір об'єкта спостереження (футбольний м'яч) $l = 0,22$ м, тому маємо

$$L = \frac{0,22 \cdot 180 \cdot 60}{4 \cdot 3,1416} = 189,07 \approx 189 \text{ м.}$$

Зазначимо, що для деяких видовищ граничне віддалення пов'язане не тільки з розмірами мінімального предмета спостереження і фізіологією зору людини, але й з сучасними технічними характеристиками приладів. В кінотеатрі, наприклад, – з можливостями проекційної апаратури.

Спираючись на визначене для конкретного видовища граничне віддалення та форму і розміри об'єкта спостереження, можна окреслити в просторі **задню границю зони розміщення місць для глядачів.**

В додатку 7.1 наведено перелік мінімальних предметів спостереження та граничних віддалень для деяких видовищ та видів спорту [52]. Граничні віддалення для деяких видовищ наводяться також у нормах проектування відповідних будівель і споруд.

Якість зорового сприйняття форми і пропорційності частин предмета спостереження, як вже відзначалося раніше, в значній мірі визначається горизонтальними і вертикальними кутами бачення. Якісне зорове сприйняття предметів спостереження досягається під такими вертикальними і горизонтальними кутами бачення, коли форма і пропорційність частин предмета близькі до звичних. Воно виникає, якщо промінь зору, спрямований у геометричний центр об'єкта чи предмета спостереження, перпендикулярний до його площини (**рис. 2.1, а**). По мірі відхилення променя зору від цього напрямку форма і пропорційність частин об'єкта спотворюються (**рис. 2.1, б**).

Наприклад, найкраща якість зорового сприйняття в кінотеатрі забезпечується при розміщенні глядача навпроти геометричного центру екрана. З крайніх бічних місць зображення на екрані сприймається спотворено – звуженим, видовженим по вертикалі (**рис. 2.2**). В театрі найменше спотворення фігури актора досягається тоді, коли очі глядача розміщені на рівні середини його



(актора) зросту. По мірі відхилення променя зору від горизонталі пропорційність частин фігури актора все більше і більше порушується (рис. 2.3).

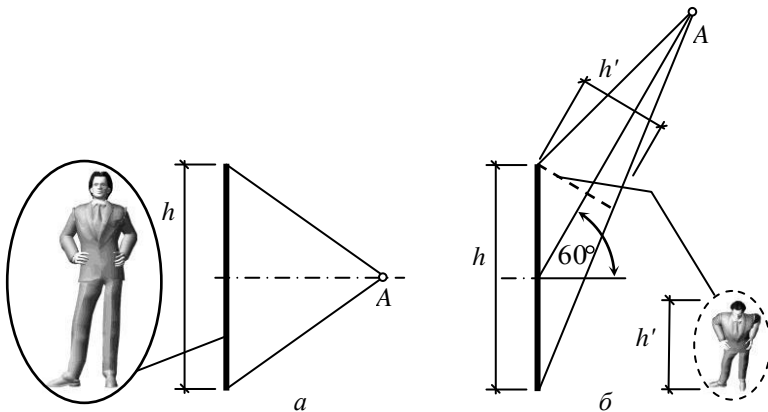


Рис. 2.1. Зміни пропорцій об'єкта спостереження залежно від кута бачення: a – промінь зору перпендикулярний до площини об'єкта спостереження, b – кут бачення дорівнює 60° ; h – дійсна висота, h' – спотворена висота

Проте для деяких видовищ якісне зорове сприйняття **об'єкта спостереження і предметів спостереження**, що на ньому знаходяться, суперечать одне одному. Так, виходячи з наведеного вище, якісне зорове сприйняття футбольного поля (**об'єкт спостереження**) досягається тоді, коли глядач знаходиться навпроти його геометричного центру, тобто над полем (кут бачення поля дорівнює нулю). При цьому фігури гравців (**предмет спостереження**) він побачить у дуже незвичному ракурсі (кут бачення гравців дорівнює 90°), що заважає нормально сприймати ігрові дії окремих футболістів, але дозволяє дуже добре сприймати панораму всього видовища.

Якщо ж очі глядача знаходяться на рівні середини зросту гравців, то добре сприймаються їх рухи, а поле – під кутом бачення, близьким до 90° ; панорамне бачення практично відсутнє, гравці можуть затуляти один одного, погано "читаються" колективні дії футболістів. Тобто в обох випадках виникає неповноцінне сприйняття видовища. І якщо перший випадок практично не

реалізується (не беручи до уваги телевізійний показ високо розташованою камерою), то низько розміщені місця (на рівні арени), як правило, на трибунах є, але їх відносять до мало зручних місць [14, 20, 22].

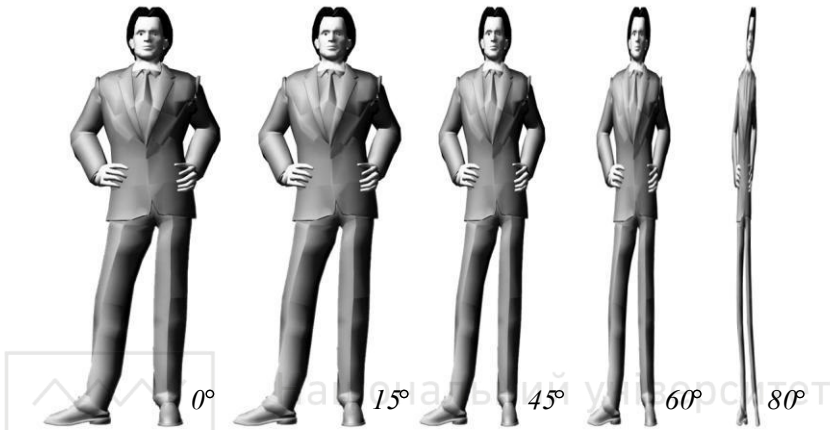


Рис. 2.2. Спотворення плоского зображення фігури людини при зміні горизонтальних кутів бачення від 0° до 80°

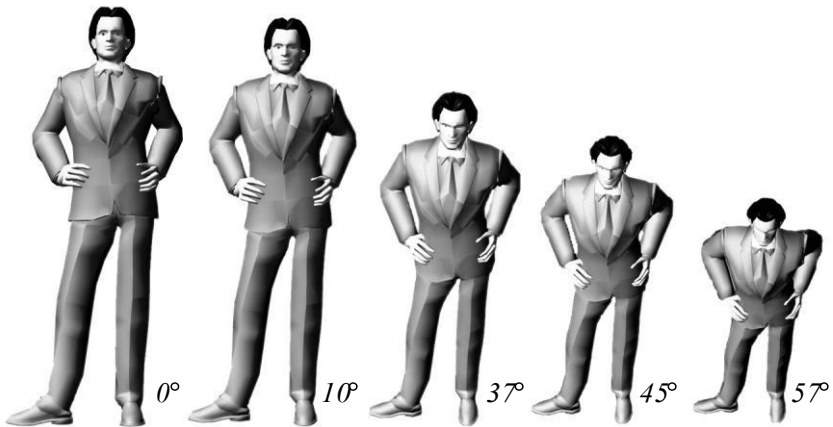


Рис. 2.3. Спотворення пропорцій людини залежно від вертикального кута бачення від 0° до 57°



Отже, якісне зорове сприйняття видовища в цілому може бути компромісом між якісним сприйняттям об'єкта і предмета спостереження, і повинне досліджуватись окремо для кожного видовища.

Ще один предмет спостереження, а саме, футбольний м'яч рухається, як і в інших іграх з м'ячем, не тільки на полі, але й подекуди дуже високо над ним. Спостереження за його польотом є невід'ємною складовою сприйняття гри, тому при розміщенні місць для глядачів треба зважати і на цей фактор. В роботах [31-33] наведено динамічні характеристики у горизонтальній площині і об'ємно-просторові характеристики різних ігор. На **рис. 2.4** маємо названі вище характеристики для тенісу і боротьби. Динамічна характеристика відображає час знаходження гравців на даній ділянці арени (густина точок пропорційна часу знаходження), а об'ємно-просторова показує, що насправді об'єкт спостереження не плоский, а об'ємний і для тенісу – складної форми. Динамічна характеристика також дозволяє визначити вертикальну площину, в якій повинен знаходитися оптимальний напрям променя зору (прямі А-А на обох рисунках).

Слід зазначити, що свідомість людини коригує зорове сприйняття, ніби виправляючи геометричні спотворення образів. Однак при значних спотвореннях об'єкта спостереження поправки свідомості не можуть їх компенсувати.

Дослідження геометричних параметрів зорового сприйняття дозволили встановити граничні вертикальні і горизонтальні кути бачення для різних об'єктів спостереження залежно від їх особливостей і допустимих для них зорових спотворень форми і пропорційності частин. Встановлені граничні кути бачення обмежують зони розміщення місць для глядачів по відношенню до об'єкта спостереження **на плані і розрізі**.

Залишається розглянути, яким чином утворюється **передня границя** зони місць для глядачів. Найменша відстань до глядачів від об'єкта спостереження обумовлена тим, що він повинен знаходитись в полі зору глядача. Отже, найменша відстань залежить від параметрів поля зору людини і розмірів об'єкта спостереження. При наближенні глядача до об'єкта спостереження кути огляду (охоплення) поступово збільшуються, а потім виходять за межі конуса ясного бачення, допустимого поля зору і, взагалі, поля зору.

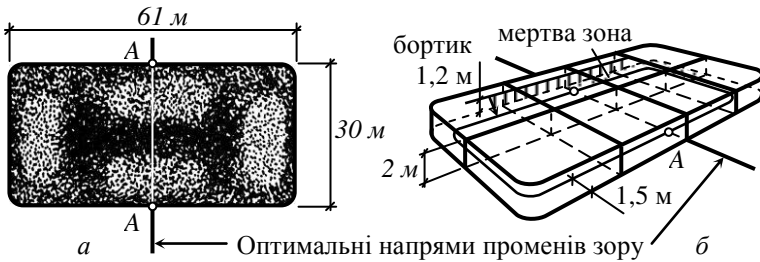
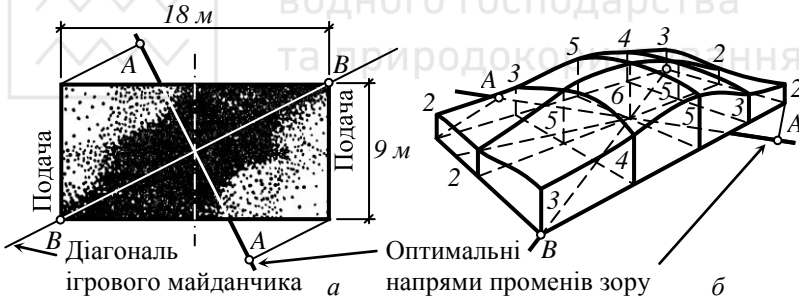
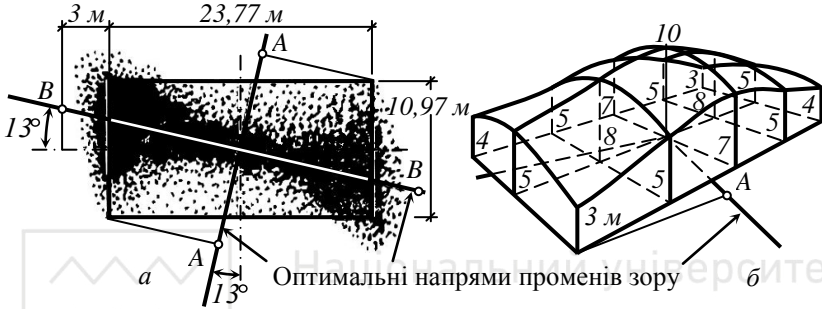
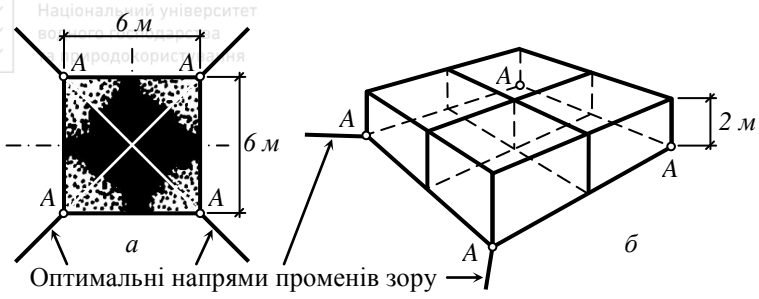


Рис. 2.4. Динамічна (а) і об'ємно-просторова (б) характеристики боксу, волейболу, тенісу і боротьби



Залежно від конкретного об'єкта спостереження одне з таких положень глядача і є граничним наближенням, обумовленим геометричними умовами зорового сприйняття.

Наприклад, у кінотеатрах плоский екран, як правило, повинен знаходитися в межах конуса ясного бачення, а для широких екранів конус ясного бачення охоплює лише ту частину екрану, на якій в даний момент відбувається дія; решта знаходиться тільки в полі периферичного зору [3]. Надмірне наближення до екрану в кінотеатрі погіршує зорове сприйняття також і тому, що починає відчуватися "зернистість" зображення.

При визначенні граничного наближення глядачів до об'єкта спостереження зважають також на безпеку глядачів, можливе пересування гравців за межами об'єкта спостереження і влаштування проходів перед першим рядом місць для глядачів. Тому мінімальні відстані від глядачів до об'єктів спостереження часто (але не завжди) регламентуються правилами змагань. Наприклад, для настільного тенісу мінімальна відстань від тенісного столу становить: 1,5-3 м – до поздовжніх кромek столу, 2,5-6 – до торцевих (дивись **параграф 6.3, таблиця 6.12**). Вочевидь, така значна різниця обумовлена різними розмірами зон можливого польоту м'яча і відповідним пересуванням в них гравців. Аналогічна ситуація виникає і для великого тенісу.

Таким чином, геометричні умови зорового сприйняття та деякі інші додаткові фактори дозволяють, зважаючи на особливості конкретного видовища, окреслити в **просторі** навколо об'єкта спостереження зону розміщення місць для глядачів. Такі зони наводяться у нормах проектування відповідних будівель і споруд у вигляді схематичних плану і розрізу зони, на яких позначаються геометричні параметри її формоутворення [13, 14, 20, 21, 34, 35, 53-56, 59]. Для деяких будівель і споруд зони наведено в **параграфі 6**.

Границі зон, визначені для деяких видовищ в результаті експериментальних досліджень на основі суб'єктивних суджень глядачів [18], дещо відрізняються від нормативних, визначених ще, переважно, на основі методу фізіологічних констант, викладеного, по суті, в цьому параграфі.



2.2. ЗОНИ ЯКОСТІ У ЗАЛАХ І СПОРУДАХ ДЛЯ ГЛЯДАЧІВ

Зонування простору навколо видовища необхідне для диференціації вартості квитків, правильного розміщення місць для vip-персон, журналістів, коментаторів тощо, а також для проектування при необхідності будівель і споруд елітного типу, в яких відсутні малозручні місця.

Фактична якість кожного місця для глядача визначається якістю двох зон: **зони розміщення і зони затуляння** [18], тобто найгіршою з двох відповідних оцінок. Зона розміщення і зона затуляння є поняттями умовними. Перше стосується якісного зонування простору навколо видовища тільки за положенням глядача відносно самого видовища, коли до уваги не береться можливість його часткового затуляння. В цьому випадку координати глядача відносно видовища визначають дистанцію, кути і, взагалі, всі геометричні параметри, а, отже, – і якість зорового сприйняття.

Друге стосується зонування простору самого видовища (кіноекрану, естради тощо) за допустимістю його часткового затуляння різними візуальними перепонами (головами глядачів, краями конструкцій). Фактично допустима зона затуляння визначає можливе розміщення глядача відносно візуальних перепон. Експерименти показали, що границі допустимого затуляння містяться, як правило, неподалік від контуру дії. Наприклад, для видовищ із множиною ідентичних елементів, рівномірно розподілених на сцені (масовий танець, хор, оркестр тощо), допустиме затуляння до 10-12 відсотків площі в межах їх контуру. Те ж допустимо при яскраво вираженому членуванні дії на ділянки ведучого і другорядного значення (наприклад, соліст і музичний супровід) [18].

Покажемо на прикладі спортивних споруд [50], як виглядають і будуються зони розміщення і зони затуляння для таких видовищ (або їх сполучень): хокей з шайбою, фігурне катання, волейбол, баскетбол, ручний м'яч (гандбол), мініфутбол, бокс, боротьба, спортивна гімнастика, а також концерт і кінофільм. На **рис. 2.5** показано зонування простору навколо ігрового майданчика для перелічених спортивних видовищ, на **рис. 2.6** – для концерту, а на **рис. 2.7** – для кінопоказу.

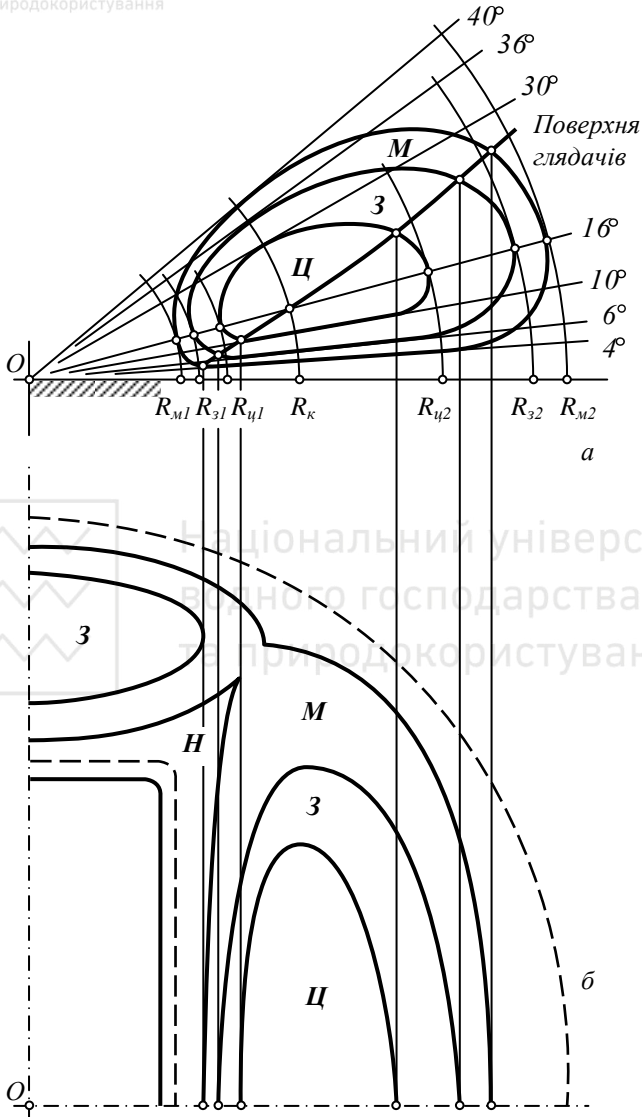


Рис. 2.5. Зони розміщення трибун для спортивних видовищ:
a – розріз; *б* – план; $R_{\text{Ц}}$, $R_{\text{З}}$, $R_{\text{М}}$ – радіуси розміщення цілком зручних
(*Ц*), зручних (*З*), мало зручних (*М*) місць відповідно

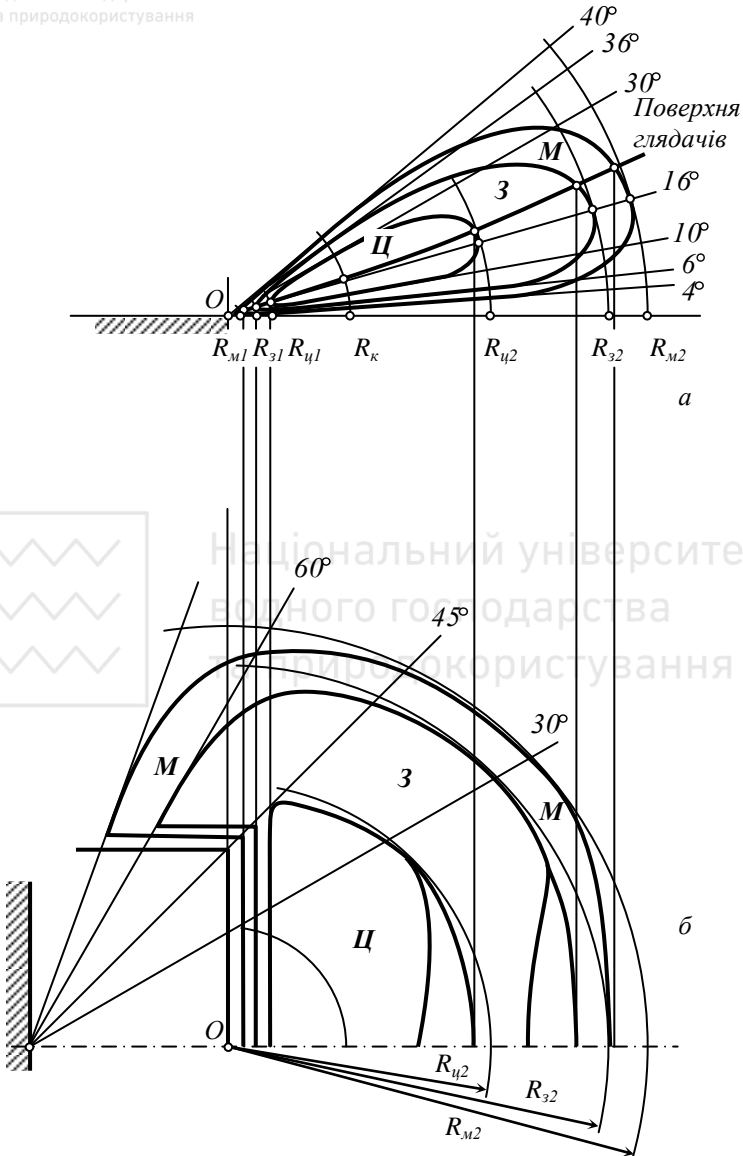


Рис. 2.6. Зони розміщення для концерту: *а* – розріз; *б* – план

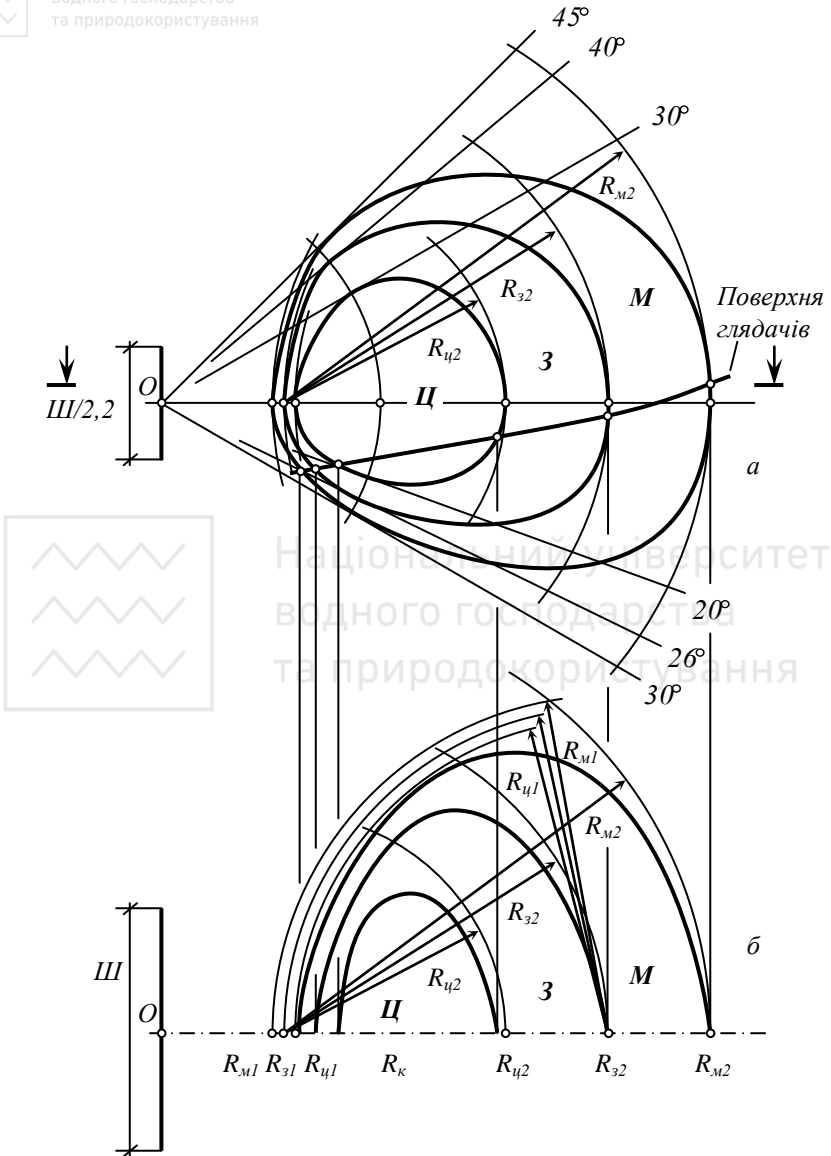


Рис. 2.7. Зони розміщення для кінопоказу: a – розріз; $б$ – план



Для побудови зон вихідну точку O слід призначати: для спортивного видовища – у центрі ігрового майданчика (арени, помосту, килима, рингу); для концерту – на передній кромці естради по її осі; для кінопоказу – в центрі екрану. Радіуси, позначені на рис. 2.5-2.7, слід приймати за таблицею 2.1.

На рис. 2.8 показано зони затуляння видовища, а у табл. 2.2 наведено відповідні значення параметрів зон.

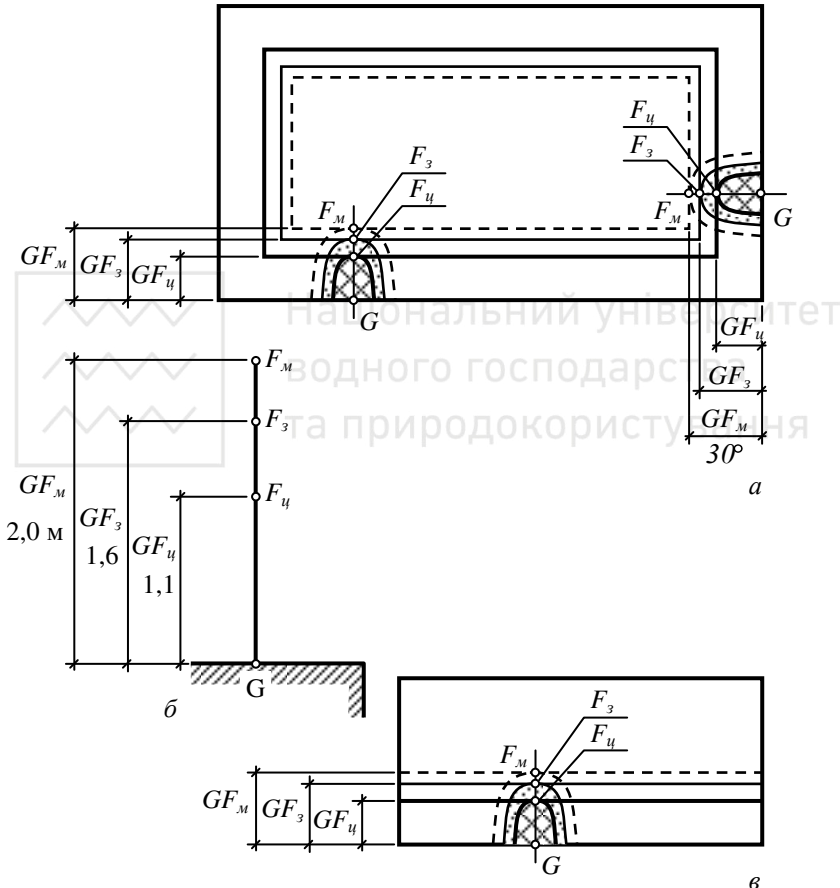


Рис. 2.8. Зони затуляння видовища: *a* – ігровий майданчик, *б* – концертна естрада (розріз), *в* – кіноекран (фасад); GF_U , GF_3 , GF_M – величина допустимого затуляння для цілком зручних (*U*), зручних (*3*) і малозручних (*M*) місць відповідно



Таблиця 2.1

Радіуси розміщення для різних видовищ

Найменування видовищ	Радіуси розміщення для різних видовищ, м						
	M_1	$З_1$	$Ц_1$	K	$Ц_2$	$З_2$	M_2
Баскетбол	$\frac{9}{15}$	11	17	23	36	46	50
Бокс	$\frac{6}{7}$	9					
Спортивна гімнастика	$\frac{9}{18}$	11					
Волейбол	$\frac{8}{12}$	10					
Ручний м'яч	$\frac{12}{23}$	14	22	30	46	56	60
Фігурне ковзання	$\frac{17}{33}$	19					
Хокей з шайбою	$\frac{17}{33}$	19					
Міні-футбол	$\frac{17}{33}$	21	26	34	54	68	75
Концерт	2	3	5	12	26	38	42
Кінопоказ	0,45 <i>III</i>	0,5 <i>III</i>	0,6 <i>III</i>	0,9 <i>III</i>	1,4 <i>III</i>	1,8 <i>III</i>	2,3 <i>III</i>



Примітки:

1. Радіуси зон розміщення вимірюються у розрізі трибун уздовж осової лінії зон, згідно **рис. 2.5**. Фактичні границі відповідних зон розміщення на трибуні і форму їх в плані слід визначати перетином зон розміщення з лінією очей глядачів на профілі трибун, що проектується.

2. Радіуси M_1 , Z_1 , C_1 визначають ближчі до видовища границі малозручної, зручної і цілком зручної зон відповідно (уздовж осової лінії зон); радіуси M_2 , Z_2 , C_2 – дальні границі тих же зон. Радіус K визначає точки дотику всіх зон до нижніх і верхніх обмежувальних кутів, згідно **рис. 2.5, 2.6, 2.7**.

3. Величини радіусів M_1 вказані: над рискою – по довгій стороні майданчика, під рискою – по короткій стороні. Величини радіусів M_1 для діагональних розрізів ігрового майданчика слід визначати згідно фактичним контурам зони безпеки.

4. При побудові зон розміщення по короткій стороні майданчика, коли радіус M_1 більше радіусів Z_1 , C_1 , K , наведених у **табл. 2.1**, ці радіуси слід використовувати для побудови загальних контурів зон, а потім передньою границею зони малозручних місць (згідно радіусу M_1) відсікати зону можливого розташування глядачів.

5. "Ш" – ширина кіноекрану. Рекомендації щодо розрахунку кінопроекції наведені у **додатку 9.2**.

Таблиця. 2.2

Величини зон затуляння для різних видовищ

Найменування видовища	Величина зон затуляння для різних видовищ, м		
	цілком зручної GF_u	зручної GF_z	мало зручної GF_m
1	2	3	4
Хокей, міні-футбол, фігурне ковзання	$\frac{5,5}{3,5}$	7	$\frac{8}{8}$
Волейбол	$\frac{0,8}{-0,5}$	$\frac{1,2}{0,8}$	$\frac{1,5}{1,2}$



1	2	3	4
Баскетбол	$\frac{1}{1,5}$	$\frac{1,5}{2}$	$\frac{1,8}{2,5}$
Ручний м'яч (гандбол)	$\frac{2}{1}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{4}{3}$
Боротьба	0,5	2,0	2,5
Бокс (при $l = 1,5 \text{ м}$)	0,3	0,5	0,9
Спортивна гімнастика (при $l = 2,5 \text{ м}$)	0	0,3	0,6
Концерт (при $l = 2,2 \text{ м}$)	1,1	1,6	2
Кінофільм	0,2 H	0,3 H	0,4 H

Примітки:

1. Точку G (дивись **рис. 2.8**) слід призначати: для спортивних видовищ (окрім боксу) на границі поля для гри; для кінопоказу – на нижній кромці екрана; для концерту, гімнастики і боксу – у площині планшета, помосту, рингу на віддалені l від найближчого до глядача краю. Величини зон для спортивних видовищ і для кінопоказу слід відкладати від точки G у площині ігрового майданчика (екрана), а величини зон для концерту, гімнастики і боксу – від точки G на вертикалі до ігрової площини.

2. Над рискою наведені величини зон затулювання уздовж довгою сторони майданчика, під рискою – уздовж короткої сторони. Для боротьби і боксу вказана величина зони для довільної сторони поля.

3. Від'ємну величин GF (для волейболу) слід відкладати від краю майданчика за його межі.



4. Для кінопоказу відстані GF_u , GF_z , GF_M наведені у частинах від висоти екрана H .

5. Затуляння хокейного поля бортом допускається: уздовж довгої сторони поля для цілком зручних і зручних місць – до **3,5 м**; для малозручних місць – до **5,5 м**; уздовж короткої сторони поля для цілком зручних і зручних місць – до **4,5 м**; для малозручних місць – **6,5 м**.

З наведеного вище зрозуміло, що побудова зон розміщення є досить кропіткою роботою. Тому, по-перше, зонування поки що задіяне не у всіх нормах проектування будівель і споруд для глядачів (наприклад, [13, 21]), навіть якщо зони для цих будівель і споруд встановлено, а, по-друге, там, де воно задіяне, зони будуються спрощено [14, 20, 40, 56].

Зони ж затуляння у нормах враховуються наявністю альтернативних (допустимих) фокусних точок [13, 14, 20, 40, 56], використання яких призводить до часткового затуляння видовища.

Інформацію стосовно зон розміщення і затуляння для кінотеатрів, концертних залів, клубів можна знайти в [18].

Контрольні запитання

1. Поясніть принцип визначення задньої границі зони для глядачів.

2. Які фактори впливають на визначення передньої границі зони для глядачів?

3. Які фактори враховують при визначенні верхньої, нижньої та бічних границь зони для глядачів?

4. В якому вигляді показують зону для глядачів в нормах проектування?

5. Що відображають динамічна і об'ємно-просторова характеристики гри?

6. Для чого необхідно зонувати простір навколо видовища?

7. Дайте означення терміну "зона затуляння". Чому виникає необхідність визначення і використання зон затуляння?

8. Яким чином в нормах проектування враховують зони затуляння?



3. РОЗМІЩЕННЯ РЯДІВ МІСЦЬ В ПЛАНІ ТА ДВОВИМІРНА І ТРИВИМІРНА ГЕОМЕТРИЧНІ МОДЕЛІ ВИДИМОСТІ

Просторова побудова місць для глядачів у визначеній попередньо зоні розміщення починається з розташування рядів місць в плані. В літературі [3, 18] розглядаються, практично, тільки паралельні ряди з лінійним (в потилицю) або шаховим розміщенням місць. Проте в практиці проектування зустрічаються ряди різноманітних форм: у вигляді (**рис. 3.1**) концентричних кіл, двохланкових та трьохланкових ламаних, багатоланкових замкнених ламаних, сполучень дуг кіл і відрізків прямих тощо [1, 19, 26, 38, 52,]. В межах довжини ряду (**рис. 3.2**) може змінюватися його глибина (збільшується при наближенні до проходу). Ширина поперечних проходів в залі між групами рядів, окреслених за різними лініями (наприклад, коло і пряма), теж може бути змінною (збільшується при наближенні до виходу із залу).

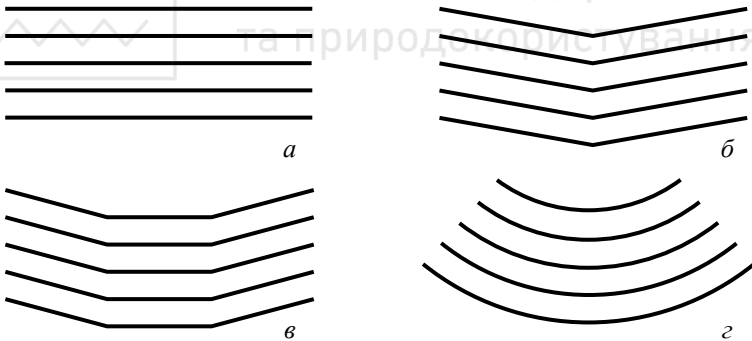


Рис. 3.1. Форма і взаємне розміщення рядів в плані при незмінній глибині ряду:

- а) прямолінійні паралельні ряди;
- б) двохланкові ламані з паралельними ланками;
- в) трьохланкові ламані з паралельними ланками;
- г) концентричні кола

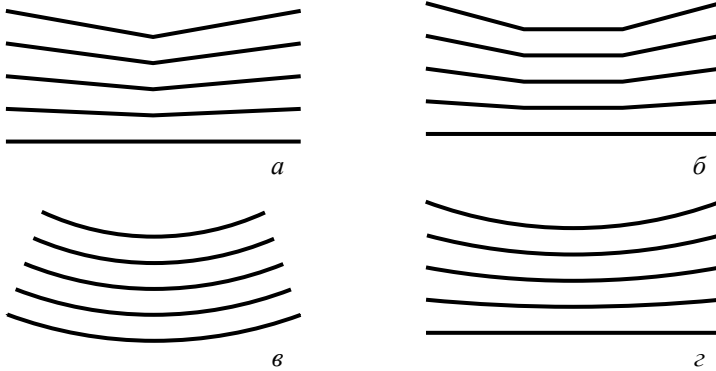


Рис. 3.2. Форма і взаємне розміщення рядів при змінній глибині ряду:

- а) двохланкова ламана при поступовому переході від ламаної до прямої; б) трьохланкова ламана;
в) неконцентричні кола різних радіусів;
г) криві другого порядку при поступовому переході від кола до прямої

Таким чином, можна констатувати, що питання формоутворення рядів місць для глядачів та їх розміщення один відносно одного майже не вивчено. Натомість форма і розміщення рядів впливають на місткість залу, зручність його заповнення і звільнення, швидкість евакуації глядачів в екстремальних ситуаціях, комфортність сприйняття видовища, а також – разом із формою і розташуванням об'єкта спостереження – визначають геометричну модель (двовимірну або тривимірну) безперешкодної видимості. Тому розглянемо деякі питання проектування видимості, пов'язані із формою в плані і взаємним розміщенням рядів.

Прямолінійні паралельні ряди, як це показано в роботі [44] на прикладі прямокутної в плані зони для глядачів і зони у вигляді трапеції, дають найбільшу відносну місткість залу (відношення числа місць до площі зони для глядачів). При цьому шахове розміщення місць дещо зменшує місткість залу порівняно з лінійним, оскільки у проходах ряди утворюють уступи. Проте при проектуванні видимості із затулянням у такий спосіб реалізується видимість між головами. З **рис. 3.3** зрозуміло [3, 18], що ширина видимої між головами ділянки видовища зростає по мірі віддалення



місця від об'єкта спостереження, але ширина просвіту між головами зменшується, якщо дивитися не прямо поперед себе, а вбік. Тому таке розташування дає бажаний ефект лише поблизу поздовжньої осі залу.

Дійсно, глядач, що сидить по осі залу, дивиться на об'єкт спостереження прямо поперед себе у просвіт між головами, і навіть якщо дія не вмістилася у просвіт повністю, то затуляння (більше розрахункового) виникає на периферії видовища (рис. 3.3). Для глядача ж, що дивиться з бічного місця, такі ж тіні від голів опиняться у центрі об'єкта спостереження, а на дальньому його краю тіні будуть ще ширше. У такому випадку можна рекомендувати не проектувати центральні поздовжні проходи, щоб використати цю площу для місць.

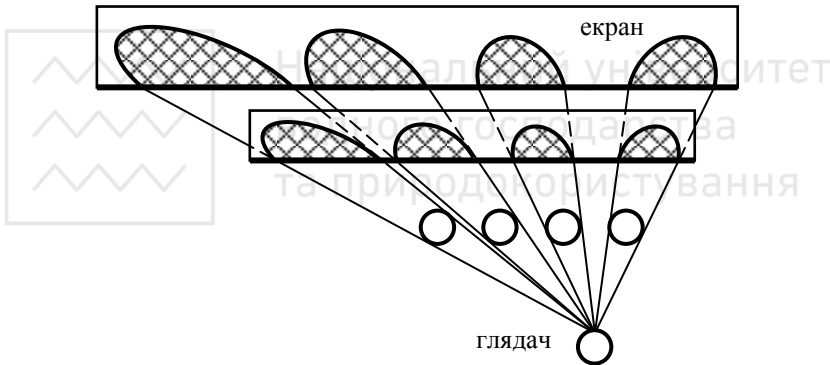


Рис. 3.3. Схема умов видимості між головами глядачів (циклопічне око)

Використання **складної форми рядів** пояснюється або прагненням поліпшити умови зорового сприйняття, або складною формою фокусної лінії, яку і повторює (чи наближається до неї) форма рядів. Поліпшення умов зорового сприйняття при проектуванні безперешкодної видимості забезпечується орієнтацією крісла на геометричний центр об'єкта спостереження, що дозволяє сприймати видовище без поворотів голови або з мінімальними поворотами. А при проектуванні видимості із затулянням такий прийом до того ж зменшує затуляння для глядачів, розташованих на бічних місцях [18].



Оскільки по мірі віддалення від об'єкта спостереження кут бачення для бічних місць зменшується, то кут повороту крісел при проектуванні безперешкодної видимості теж може зменшуватися, а форма рядів, відповідно, спрощуватися. Це часто реалізується шляхом розділення рядів на дві групи: в першій, розміщеній ближче до об'єкта спостереження, ряди мають більш складну форму, що наближається до форми фокусної лінії, а в другій – більш просту.

Проте можливий і інший підхід [44], коли форма рядів поступово спрощується по мірі віддалення від об'єкта спостереження, а глибина рядів збільшується по мірі наближення до бічних проходів, що значно поліпшує умови заповнення і звільнення залу, а також прискорює евакуацію в зв'язку із зменшенням щільності людських потоків між рядами. Реалізація такого підходу вимагає аналітичного опису форми рядів і розв'язання задачі розбивання ряду складної форми на окремі крісла. Аналітичний опис можна здійснити різними способами. Якщо задані неявні рівняння ліній, за якими окреслені перший і останній ряди (чи перший і останній ряди даної групи рядів до поперечного проходу),

$$f_1(x, y) = 0, \quad f_2(x, y) = 0, \quad (3.1)$$

тоді рівняння

$$f_1(x, y) \cdot (1-t) + f_2(x, y) \cdot t = 0 \quad (3.2)$$

задає однопараметричну сім'ю кривих плавного переходу від f_1 до f_2 , наприклад, від кола до прямої (t – параметр). Якщо обидві криві алгебраїчні, то порядок проміжних кривих сім'ї дорівнюватиме порядку старшої за цим показником кривої. При значенні параметра $t = 0$ матимемо криву f_1 , а при $t = 1$ – криву f_2 . Для отримання рівняння кривої конкретного ряду і забезпечення його мінімальної глибини необхідно підставити в рівняння сім'ї кривих (3.2) координати відповідним чином відібраної точки і визначити значення параметра t .

Нехай, наприклад (рис. 3.4), перший ряд окреслено за колом, центр якого збігається з початком координат:

$$f_1(x, y) = x^2 + y^2 - R^2, \quad (3.3)$$

а останній – за прямою:

$$f_2(x, y) = x - L, \quad (3.4)$$



де L – відстань останнього ряду від початку координат, задана таким чином, що різниця $L - R = d \cdot (n - 1)$ кратна глибині ряду d (n – число рядів).

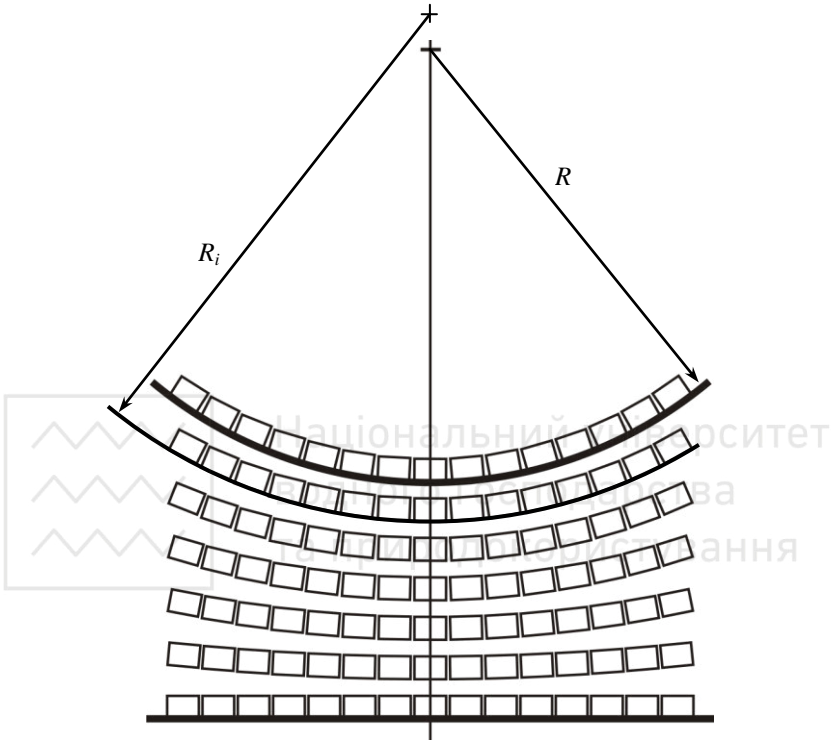


Рис. 3.4. Плавний перехід форми рядів від кола першого ряду до прямої останнього ряду (сім'я неконцентричних кіл)

Тоді рівняння сім'ї кривих другого порядку, а саме неконцентричних кіл, за якими будуть окреслені ряди, матиме вигляд:

$$(x^2 + y^2 - R^2) \cdot (1 - t) + (x - L) \cdot t = 0. \quad (3.5)$$

Знайдемо, скажімо, рівняння кола, за яким буде окреслено i -тий ряд. Координати точки перетину цього кола з віссю X :

$$x = R + d \cdot (i - 1), \quad y = 0.$$



Підставляючи їх у (3.5), отримаємо рівняння:

$$((R + d \cdot (i - 1))^2 - R^2) \cdot (1 - t) + (R + d \cdot (i - 1) - L) \cdot t = 0, \quad (3.6)$$

звідки маємо значення параметра t , як функції від номера ряду i :

$$t = \frac{R^2 - (R + d \cdot (i - 1))^2}{R + d \cdot (i - 1) - L - (R + d \cdot (i - 1))^2 + R^2}. \quad (3.7)$$

Центр кола кожного ряду матиме координати $O_i(-t/2(1-t), 0)$, а радіус кола дорівнюватиме:

$$R_i = \sqrt{\frac{t^2}{4 \cdot (1-t)^2} + R^2 + \frac{L \cdot t}{1-t}}. \quad (3.8)$$

Для визначення координат центру кола конкретного i -го ряду і його радіусу треба скористатись формулою (3.7).

Якщо при такому способі формоутворення рядів зробити поздовжні бічні проходи, паралельні осі X , то глибини рядів на проході не будуть однаковими, а будуть зменшуватися по мірі віддалення рядів від об'єкта спостереження, залишаючись проте більшими за d . Щоб забезпечити рівність глибин рядів на поздовжніх проходах, можна скористатись іншим способом формоутворення рядів, при якому відбувається плавний перехід від кола першого ряду з меншим радіусом R_1 до кола останнього ряду з більшим радіусом R_n (рис. 3.5) або теж до прямої ($R_n = \infty$). Для побудови дуги кола конкретного ряду треба задати три точки. Вздовж осі X , починаючи від точки перетину кола першого ряду з віссю X , задамо точки з кроком d (мінімальна глибина ряду), тобто аналогічно попередньому варіанту. Далі розіб'ємо відрізки – бічні границі групи рядів уздовж проходів – на рівні $(n-1)$ частин. В результаті отримаємо по три точки на дузі кола кожного ряду, що дозволяє побудувати її (дугу) графічно або визначити геометричні параметри кожного кола з системи трьох квадратних рівнянь:

$$(x_{i,j} - a_i)^2 + (y_{i,j} - b_i)^2 - R_i^2 = 0, \quad i=1, 2, \dots, n, \quad j=1, 2, 3, \quad (3.9)$$

де a_i, b_i – абсциса і ордината центра кола i -го ряду, R_i – його радіус, а $x_{i,j}, y_{i,j}$ – координати точок.



Система рівнянь (3.9) має два розв'язки, причому в обох, якщо одна з трьох точок лежить на осі X , а дві інші симетричні відносно неї, $b = 0$. Розв'язки відрізняються отриманим знаком радіусу R . Природно, що вибирається розв'язок з додатнім R .

В зв'язку із використанням рядів криволінійної форми задача розбивання ряду на крісла ускладнюється і набуває самостійного значення. Її розв'язання необхідне для розміщення крісел у залі, визначення його місткості, розрахунку видимості за тривимірною моделлю. Зазвичай форма ряду задається лінією, в яку вписуються спинки крісел. Розбивання ряду криволінійної форми з урахуванням реальної глибини крісел геометрично означає апроксимацію лінії ряду ламаною з ланками двох типів за довжиною, що чергуються між собою (рис. 3.5). Ланки першого типу мають сталу довжину що дорівнює ширині крісла, а ланки другого типу – змінну, яка залежить від кривини лінії ряду і дорівнює проміжкам між спинками сусідніх крісел, необхідним для їх розміщення. Розв'язання такої задачі є доволі складним, тому простіше прийняти, що форма ряду визначається лінією, в яку вписані передні сторони крісел. Тоді розбивання ряду зводиться до апроксимації ламаною з ланками сталої довжини, що дорівнює ширині крісла (рис. 3.6).

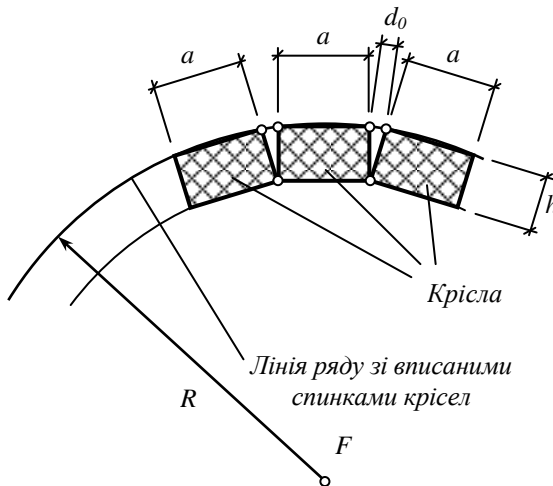


Рис. 3.5. Лінія ряду зі вписаними спинками крісел

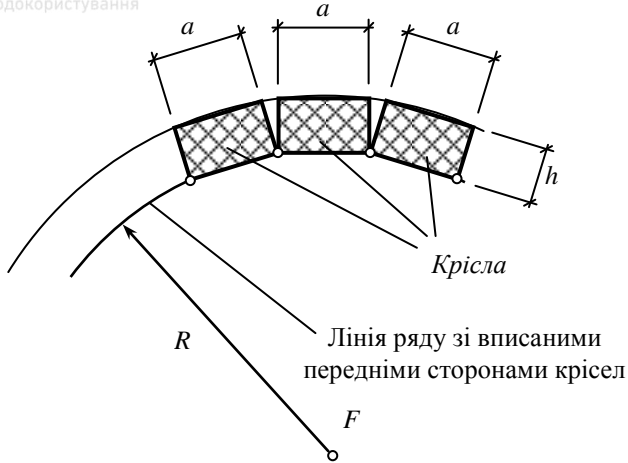


Рис. 3.6. Лінія ряду зі вписаними передніми сторонами крісел

Якщо перший і останній ряди мають форму **двохланкової ламаної**, і ланки першого і останнього рядів складають, відповідно, кути φ_1 і φ_n з віссю залу (**рис. 3.7**), то кут між віссю залу і ланкою ламаної i -го ряду можна визначити за формулою:

$$\varphi_i = \varphi_1 + (\varphi_n - \varphi_1) \cdot (i - 1) / (n - 1), \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (3.10)$$

Тоді відстані по осі залу між точками зламу рядів можна обчислити за формулою:

$$d_j^* = d / \sin(\varphi_{j+1}), \quad j = 1, 2, \dots, n-1, \quad (3.11)$$

де d – мінімальна глибина ряду.

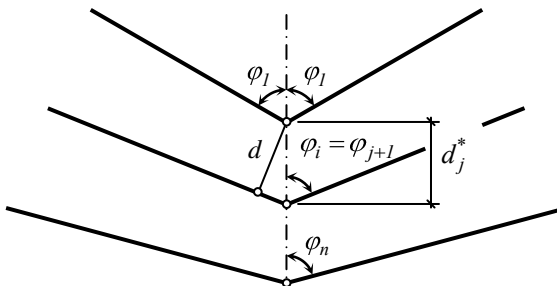


Рис. 3.7. Параметри рядів у вигляді двухланкової ламаної



Нехай, наприклад, $\varphi_1 = 50^\circ$, $\varphi_n = 85^\circ$, $d = 0,9$ м, $n = 16$, тоді отримаємо результати, наведені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Кути φ_i між ланками рядів і віссю залу та відстані d_j^* між точками зламу ламаних на осі залу

$i(j)$	1	2	3	4	5	6	7	8
Кути φ_i , град.	50	52,33	54,66	57	59,33	61,66	64	66,33
Відстані d_j^* , м	1,137	1,103	1,073	1,046	1,022	1,001	0,983	0,966
$i(j)$	9	10	11	12	13	14	15	16
Кути φ_i , град.	68,667	71	73,333	75,667	78	80,333	82,667	85
Відстані d_j^* , м	0,952	0,939	0,929	0,92	0,913	0,907	0,903	-

Після розміщення місць в плані розраховують їх положення по висоті. В сучасній літературі з проектування видимості виходять з того, що на об'єкті спостереження існує одна розрахункова (фокусна) точка, видимість якої забезпечує видимість всього об'єкта спостереження. І дійсно, коли ряди в плані прямолінійні і паралельні між собою, а також паралельні, наприклад, нижній кромці плоского кіноекрана чи передній кромці сцени (естради), і має місце лінійне розміщення місць, то всі перерізи залу вертикальними площинами, перпендикулярними рядам і кромці, є абсолютно однаковими. Зокрема, всі вони перетинають згадану кромку на однаковій висоті (точка перетину – фокус), а відстань по горизонталі від попереднього ряду до кромки є однаковою для всіх площин, як і відстань від розрахункового ряду до попереднього. Тому розрахунок можна проводити для розрізу залу, на якому кожен ряд представлений лише одним місцем. При цьому всі крісла даного ряду розміщуються на однаковій висоті, визначній для цього представника ряду. Таку модель назовемо **двовимірною геометричною моделлю видимості**.



При лінійному розміщенні місць згадані вище вертикальні площини проводять через середини спинок крісел, оскільки умовно вважається, що циклопічне око глядача інцидентне вертикальній прямій, яка проходить крізь середину спинки крісла. Натомість при шаховому розміщенні місць відповідні вертикальні площини вже не будуть перпендикулярні рядам і кромці (рис. 3.8), хоча й залишаться паралельними між собою. А відстань в плані x_1^* від кромки до глядача, що може затуляти об'єкт спостереження, буде однаковою для всіх глядачів ряду, як і відстань в плані d^{**} між глядачем, що може затуляти об'єкт спостереження і спостерігачем (рис. 3.8).

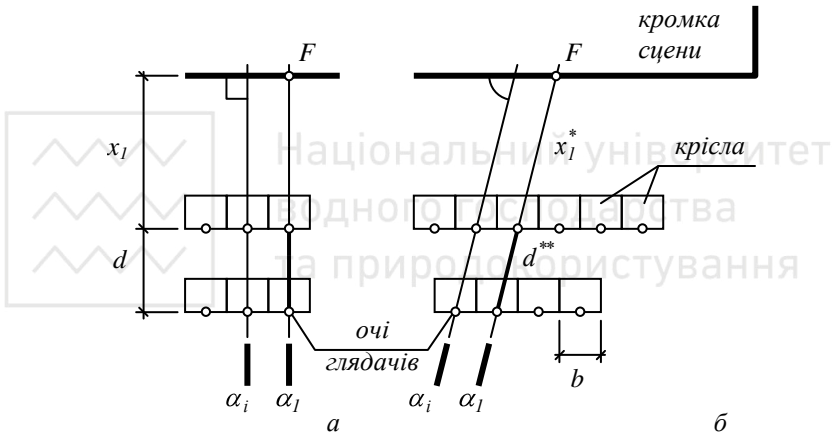


Рис. 3.8. Вертикальні площини α , в яких розміщені глядач, що може затулювати об'єкт спостереження, і спостерігач, при лінійному (а) і шаховому (б) розміщенні рядів

Тому і для шахового розміщення глядачів виникає двовимірна модель видимості. Причому формально в якості глибини ряду d слід використовувати відстань d^{**} , а в якості відстані в плані x_1 від фокусною точки до глядача першого ряду – x_1^* . Ці параметри можна розрахувати за формулами:

$$d^{**} = \sqrt{d^2 + b^2}; \quad (3.12)$$



$$x_1^* = \frac{x_1}{d} \sqrt{d^2 + b^2}, \quad (3.13)$$

де b – ширина крісла.

Проте з геометричних міркувань зрозуміло, що така заміна не змінить результатів розрахунків, що ми покажемо у наступних параграфах.

У всіх інших випадках треба зважати не тільки на взаємне розміщення місць по висоті, але й на взаємне розміщення місць в плані. При цьому кожне місце матиме свою висоту, і ряд не може бути представлений лише одним місцем. Тобто виникає **тривимірна геометрична модель видимості**. Розрахована в рамках цієї моделі висота розміщення кожного місця даного ряду може бути збільшена до висоти найвищого місця в ряді, що дозволить зробити підлогу ряду горизонтальною. Проте, як відмічають спеціалісти [36], і негоризонтальна підлога ряду не викликає суттєвих заперечень.

Отже, після розміщення рядів в плані залу необхідно визначитися щодо геометричної моделі – двовимірної чи тривимірної – видимості, що в ньому виникла, і застосувати відповідний метод розрахунку.

Контрольні запитання

1. Назвіть форми рядів в плані, що зустрічаються в практиці проектування і будівництва залів і споруд для глядачів.
2. З якою метою використовують ряди складної в плані форми?
3. Які переваги і недоліки виникають при використанні рядів складної в плані форми?
4. Чому форма рядів в плані по мірі їх віддалення від об'єкта спостереження може спрощуватися?
5. Чому не бажано робити поздовжні проходи посередині залу?
6. Назвіть випадки, коли зал чи споруду можна розраховувати за двовимірною моделлю видимості.



4. ДВОВИМІРНА ГЕОМЕТРИЧНА МОДЕЛЬ ВИДИМОСТІ

4.1. БЕЗПЕРЕШКОДНА ВИДИМОСТЬ ПРИ РОЗМІЩЕННІ МІСЦЬ ДЛЯ ГЛЯДАЧІВ НА ГОРИЗОНТАЛЬНІЙ ПЛОЩИНІ

Розміщення місць для глядачів на горизонтальній площині використовують зазвичай для невеличких залів або для перших декількох рядів у великих залах, що дозволяє зменшити загальний підйом рядів i , відповідно, висоту залу [3]. Як видно з **рис. 4.1**, для забезпечення безперешкодної видимості при збільшенні числа рядів, необхідно збільшувати ординату фокусної точки Y_f . По-перше, це не завжди можливо. Наприклад, сцена-естрада повинна мати висоту не більше 1,1 м (тобто нижче рівня очей сидячого глядача), оскільки у протилежному випадку створюються несприятливі умови зорового сприйняття – частина сцени затуляється проекцією її краю. Низ крейдяної дошки в аудиторії за умовами зручного користування можна розмішувати на 0,9-1 м вище підлоги біля дошки. Таким чином, підйом об'єкта спостереження над рівнем підлоги обмежений. По-друге, навіть тоді, коли підйом можливий, для глядачів (особливо перших рядів) виникають несприятливі умови спостереження, як тому, що їм доводиться задирати голову, і з часом втомлюються відповідні м'язи, так і тому, що збільшується горизонтальний кут бачення.

Тому найчастіше визначають максимальне число рядів n і віддаленість останнього ряду x_n від об'єкта спостереження, виходячи з заданої висоти підвісу об'єкта спостереження H_{nid} і відповідної йому ординати фокусної точки Y_f . Адже, наприклад, висоту підлоги біля крейдяної дошки рекомендують збільшувати на 0,2-0,3 м порівняно з рівнем підлоги першого ряду (дивись **параграф 6.2**). В такому випадку висота підвісу крейдяної дошки буде менше за ординату фокусної точки саме на вказану вище величину.

Умовою безперешкодної видимості фокусної точки F для глядача останнього ряду є те, що промінь світла FO_n , який йде від фокусної точки F до монокулярного ока глядача останнього ряду O_n , торкається маківки глядача попереднього ряду (**рис. 4.1**).

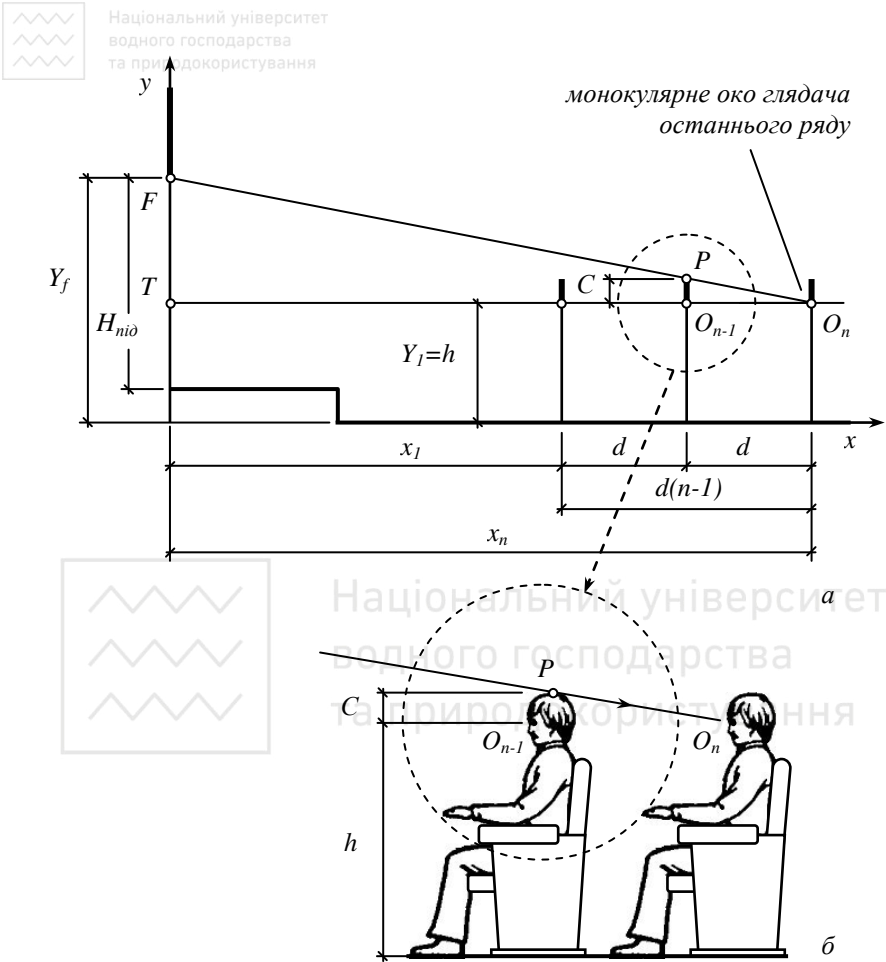


Рис. 4.1. До розрахунку безперешкодної видимості при розміщенні місць для глядачів на горизонтальній площині

Тобто перевищення променя над монокулярним оком глядача передостаннього ряду дорівнює антропометричному перевищенню C_0 . Ця ж умова забезпечує безперешкодну видимість для глядачів решти рядів так би мовити з запасом.



З подібності трикутників O_nFT та O_nPO_{n-1} випливає, що

$$\frac{d}{C_0} = \frac{x_n}{Y_f - h}. \quad (4.1)$$

Зваживши на те, що абсциса i -го ряду дорівнює

$$x_i = x_1 + d(i - 1), \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4.2)$$

і, зокрема, для останнього ряду

$$x_n = x_1 + d(n - 1), \quad (4.3)$$

отримаємо

$$n = \frac{Y_f - h}{C_0} - \frac{x_1}{d} + 1. \quad (4.4)$$

Якщо ж задана кількість рядів n , то можна визначити необхідну висоту (ординату) фокусної точки

$$Y_f = x_1 \frac{C_0}{d} + C_0(n - 1) + h \quad (4.5)$$

і порівняти її з максимально допустимою для даного об'єкта спостереження.

З (4.5) за умови $n = 2$ отримаємо:

$$Y_f^* = C_0 \left(\frac{x_1}{d} + 1 \right) + h. \quad (4.6)$$

Отже, якщо ордината фокусної точки менша за обчислену за формулою (4.6), то на горизонтальній підлозі можна розмістити лише один ряд.

Нехай $H_{nid} = 0,9$ м, $x_1 = 2$ м, $C_0 = 0,12$ м, $d = 0,9$ м, $h = 1,2$ м.

Піднявши підлогу біля дошки на 0,3 м, отримаємо $Y_f = 1,2$ м, а за

формулою (4.6) $Y_f^* = 1,587$ м. Тобто за таких умов горизонтальну підлогу в аудиторії влаштувати взагалі не можна. Зменшити значення Y_f^* в даному випадку теж неможливо, оскільки $x_1 = 2$ м – це мінімально допустима відстань від крейдяної дошки до першого ряду (дивись **параграф 6.2**). Зазначимо, що за формулою (4.4) для наведених вище вихідних даних ми б отримали від'ємне значення



числа рядів, а саме $n = 1,222$, що теж свідчить про неможливість розміщення місць на горизонтальній площині.

На рис. 4.2-4.5 наведено залежності числа рядів від параметрів, що входять у формулу (4.5). Залежності від перевищення променя зору і глибини ряду є нелінійними. Проте перша є суттєвою, а друга в можливих межах зміни глибини ряду – ні. Оскільки зменшення перевищення променя зору призводить до затуляння, а суттєве наближення першого ряду до фокусної точки є проблематичним, то збільшення ординати фокусної точки залишається, фактично, єдиним засобом для збільшення числа рядів, розміщених на горизонтальній підлозі.

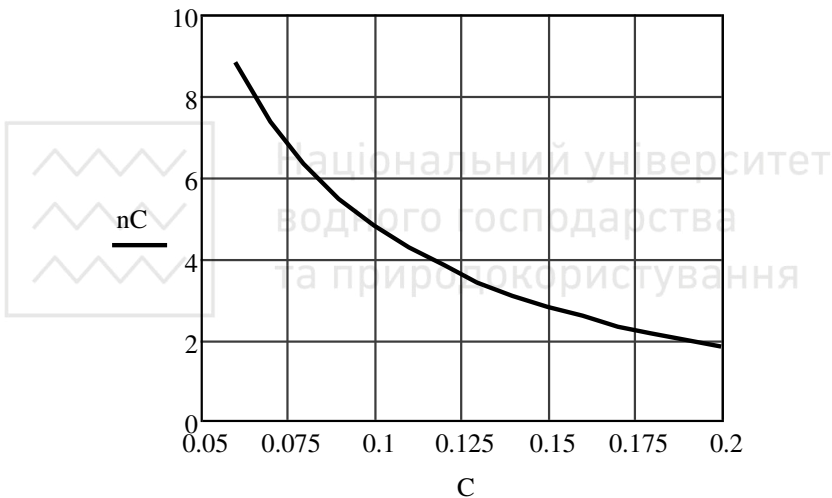


Рис. 4.2. Залежність числа рядів від перевищення променя зору

Розглянемо, яку користь ми б мали, розмістивши місця у шаховому порядку. Для цього задамо ширину сидіння $b = 0,55$ м, обчислимо за формулами (3.12), (3.13) відповідні відстані $d^{**} = 1,055$ м, $x_1^* = 2,344$ м і підставимо їх у формули (4.4-4.6). В результаті одержимо такі ж значення, як і для лінійного розміщення місць. Це пояснюється тим, що у зазначені формули обчислені параметри входять у вигляді відношення, а воно однакове для лінійного і шахового розміщення місць. Тому користі – ніякої,



окрім можливості спостерігати об'єкт поміж головами глядачів попереднього ряду.

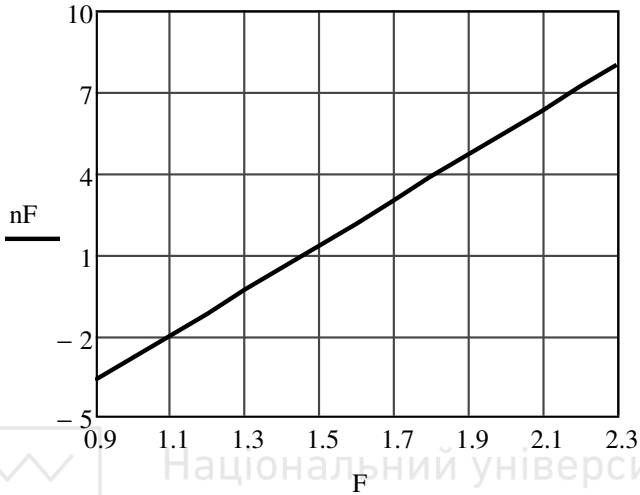


Рис. 4.3. Залежність числа рядів від ординати фокусної точки

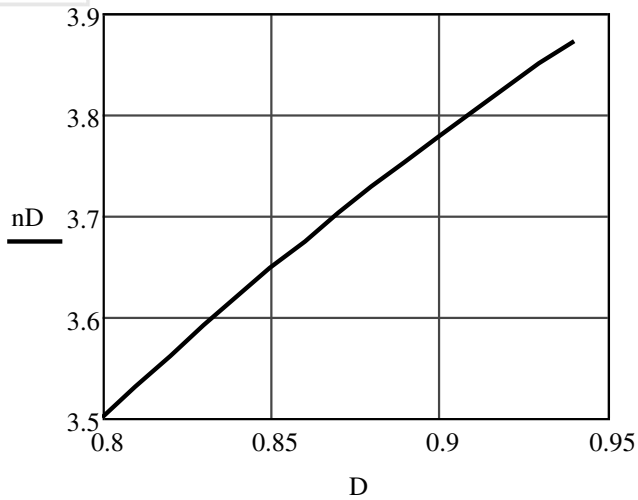


Рис. 4.4. Залежність числа рядів від глибини ряду

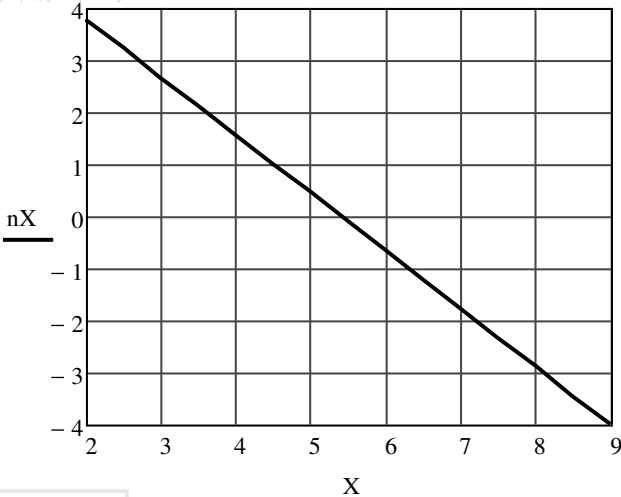


Рис. 4.5. Залежність числа рядів від відстані першого ряду до фокусної точки

Таким чином, умови безперешкодної видимості в залах середньої і великої місткості не можуть бути забезпечені при розміщенні крісел на горизонтальній підлозі і досягаються різними способами підйому рядів. А на горизонтальній підлозі часто розміщують (якщо це можливо) перші два або три ряди, починаючи підйом рядів з третього або четвертого ряду. Такий прийом дозволяє зменшити загальну висоту підйому рядів і найбільшу висоту присідця.

4.2. БЕЗПЕРЕШКОДНА ВИДИМІСТЬ ПРИ РОЗМІЩЕННІ МІСЦЬ ДЛЯ ГЛЯДАЧІВ НА ОДНІЙ ПОХИЛІЙ ПЛОЩИНІ

При такому розміщенні місць для глядачів висоти присідців всіх рядів однакові, і розрахунок зводиться до визначення ординати монокулярного ока глядача останнього ряду y_n . Як і в попередньому випадку умовою [3] безперешкодної видимості для глядачі усіх рядів є те, що промінь світла, спрямований від фокусної



точки F до монокулярного ока глядача останнього ряду O_n , торкається маківки глядача попереднього (передостаннього) ряду (рис. 4.6).

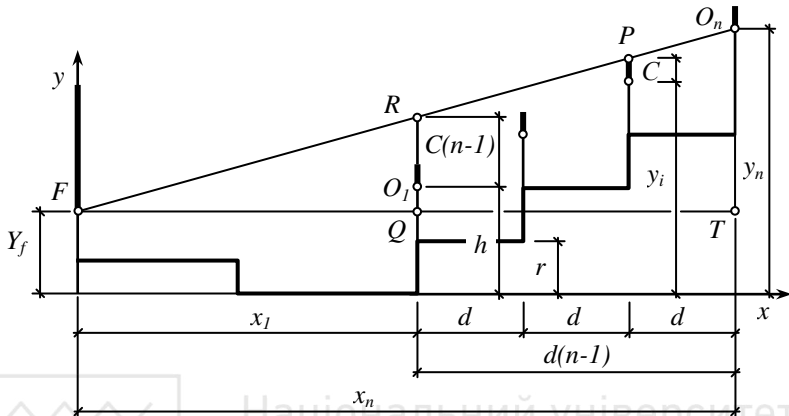


Рис. 4.6. До розрахунку видимості при розміщенні місць для глядачів на одній похилій площині

Тоді перевищення цього променя над монокулярним оком глядача передостаннього ряду становить C_0 , а над монокулярним оком глядача першого ряду:

$$C = C_0(n-1). \quad (4.7)$$

Розглянемо подібні прямокутні трикутники RQF та O_nTF . Катет RQ дорівнює $h + C_0(n-1) - Y_f$, а катет O_nT дорівнює $y_n - Y_f$. Тому з подібності трикутників випливає відношення:

$$\frac{h + C_0(n-1) - Y_f}{x_1} = \frac{y_n - Y_f}{x_1 + d(n-1)}, \quad (4.8)$$

звідки

$$y_n = \frac{1}{x_1} (x_1 + d(n-1))(h + C_0(n-1) - Y_f) + Y_f. \quad (4.9)$$

Тоді висоту присхідця кожного ряду r і ординату циклопічного ока глядача i -го ряду можна визначити за формулами:



$$r = \frac{y_n - h}{n - 1}, \quad (4.10)$$

$$y_i = h + r(i - 1), \quad (4.11)$$

де $y_n - h$ – підйом останнього ряду.

Обчисливши за формулою (4.9) ординату монокулярного ока глядача останнього ряду для умов розглянутого в попередньому параграфі приклада ($H_{nid} = 0,9$ м, $x_1 = 2$ м, $C_0 = 0,12$ м, $d = 0,9$ м, $h = 1,2$ м, $Y_f = 1,2$ м) і $n = 15$, отримаємо $y_n = 13,464$ м (підйом рядів становить 12,264 м) і $r = 0,876$ м (рис. 4.7). Зменшивши ж число рядів до $n = 10$, матимемо $y_n = 6,654$ м (підйом рядів – 5,454 м) і $r = 0,606$ м.

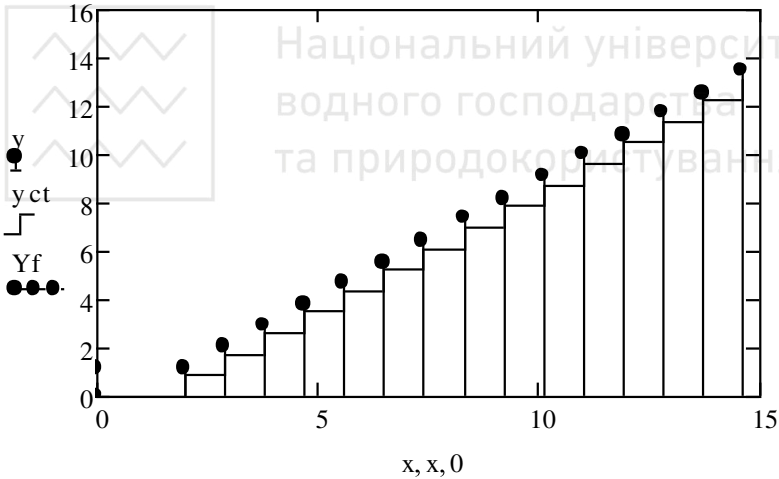


Рис. 4.7. Розміщення місць для глядачів на одній похилій площині

Тобто при розміщенні місць для глядачів на одній похилій площині може утворитися дуже великий підйом рядів і, відповідно, збільшитися висота і об'єм залу, зрости вартість конструкцій і їх улаштування, витрати на опалення. Негативним є також недопустиме збільшення висоти присідця. Єдина перевага



розглянутого способу обумовлена однаковою висотою присхідця для всіх рядів, що є конструктивно і технологічно дуже зручним. Фактично цей спосіб забезпечення безперешкодної видимості використовують лише для залів з невеликим числом рядів, наприклад, у спортивних плавальних басейнах [24, 64].

Як видно з формули (4.9), висота підйому останнього ряду прямо пропорційна глибині ряду d та антропометричному перевищенню C_0 і обернено пропорційна ординаті фокусної точки Y_f (рис. 4.8-4.10, відповідно). Залежності висоти підйому від відстані першого ряду до фокусної точки x_1 та числа рядів n є нелінійними (рис. 4.11, 4.12, відповідно). Причому із збільшенням x_1 висота підйому зменшується, що можна ефективно використати для здешевлення будівлі, як і збільшення ординати фокусної точки Y_f .

Шахове розміщення місць для глядачів не дає ніяких позитивних результатів щодо висоти підйому рядів, тобто, підставляючи в (4.9) $d^{**} = 1,055$ м, $x_1^* = 2,344$ м замість d і x_1 , отримаємо те саме значення.

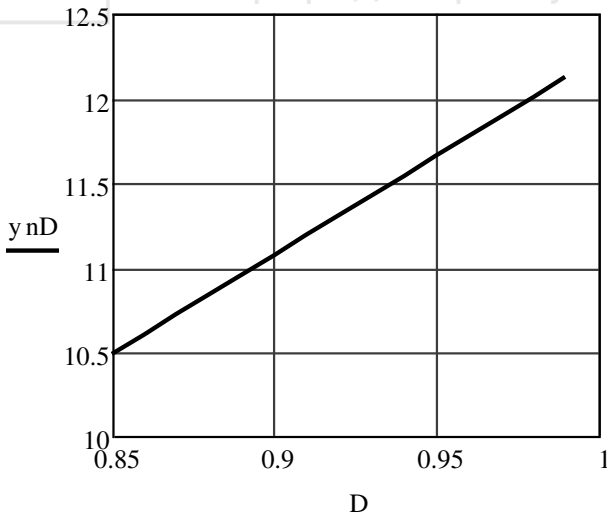


Рис. 4.8. Залежність висоти підйому останнього ряду від глибини ряду

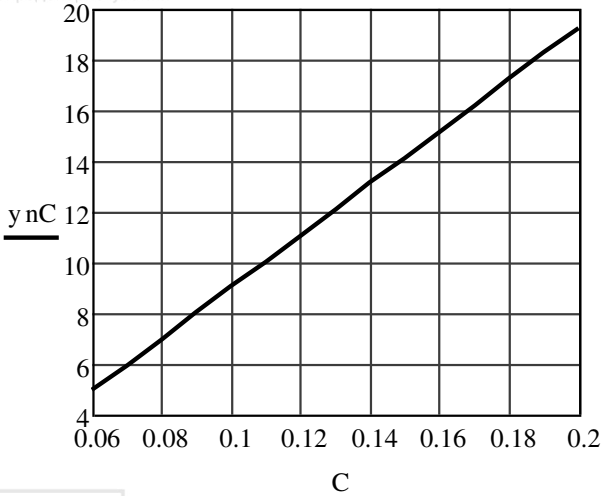


Рис. 4.9. Залежність висоти підйому останнього ряду від перевищення променя зору

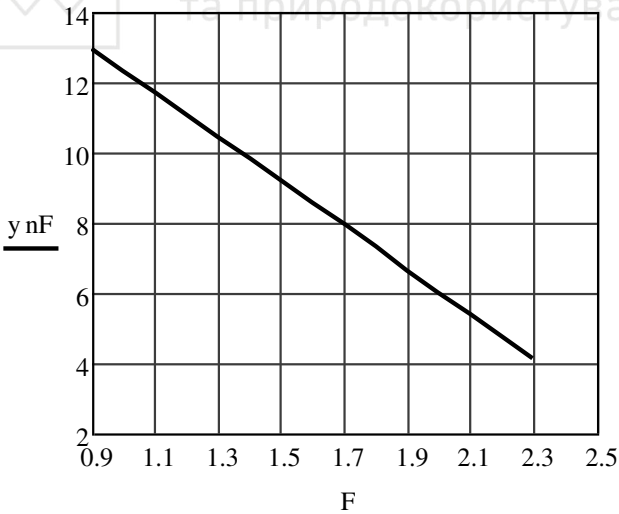


Рис. 4.10. Залежність висоти підйому останнього ряду від ординати фокусної точки

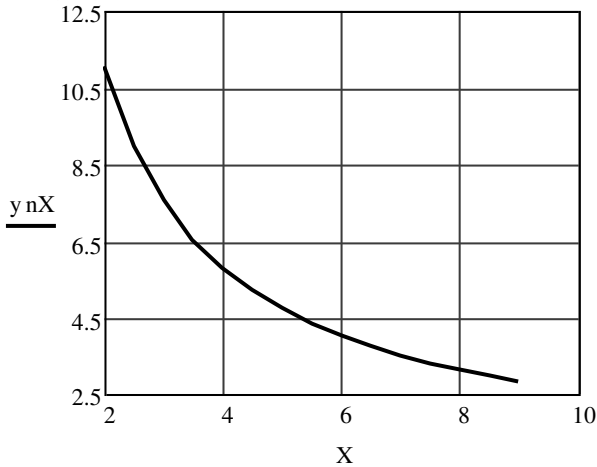


Рис. 4.11. Залежність висоти підйому останнього ряду від відстані першого ряду до фокусної точки

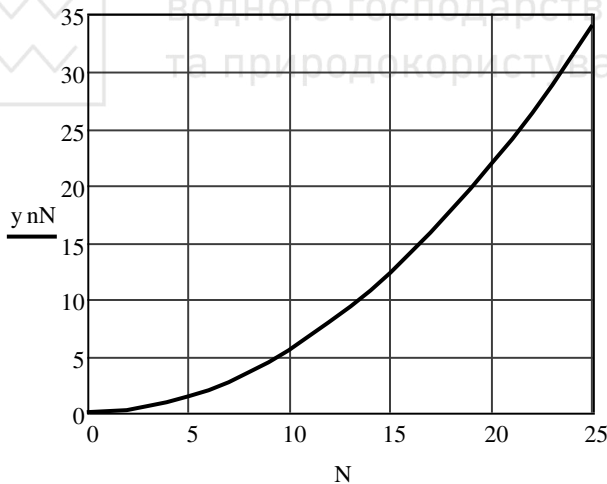


Рис. 4.12. Залежність висоти підйому останнього ряду від числа рядів

Подальший розвиток проектування безперешкодної видимості призвів до способу розміщення місць для глядачів на циліндричній поверхні найменшого підйому.



4.3. БЕЗПЕРЕШКОДНА ВИДИМІСТЬ ПРИ РОЗМІЩЕННІ МІСЦЬ ДЛЯ ГЛЯДАЧІВ НА ЦИЛІНДРИЧНІЙ ПОВЕРХНІ НАЙМЕНШОГО ПІДЙОМУ

Метод розрахунку найменшого підйому місць для глядачів був розроблений у 1924 році інженером А. Рендолом і професором Пенсільванського університету С. Кроулі і вперше застосований в цьому ж році у проектному бюро інженера Г. Хеддена (США) при проектуванні трибун стадіону [9, 18]. Надалі метод розглядався в роботах [3, 9, 15].

Умовою безперешкодної видимості для глядача наступного i -го ряду є те, що промінь світла, спрямований від фокусної точки F до його (глядача) циклопічного ока, торкається маківки глядача $(i-1)$ -го ряду (**рис. 4.13**). Ця умова є одночасно і конструктивним алгоритмом геометричної побудови профілю кривої найменшого підйому. Але його практичне використання супроводжується систематичним накопиченням похибок, викликаних дуже великою різницею горизонтальних (десятки або й сотні метрів) і вертикальних (десяті долі метра) розмірів. Тому ординати очей глядачів і висоти присхідців кожного ряду краще розраховувати.

З подібності прямокутних трикутників FQR та FTO_i (**рис. 4.13**) отримаємо:

$$\frac{y_i - Y_f}{x_1 + d(i-1)} = \frac{y_{i-1} + C_0 - Y_f}{x_1 + d(i-2)}, \quad (4.12)$$

звідки

$$y_i = \frac{(y_{i-1} + C_0 - Y_f)(x_1 + d(i-1))}{x_1 + d(i-2)} + Y_f, \quad i = 2, 3, \dots, n. \quad (4.13)$$

Рекурентна формула (4.13) дозволяє за ординатою циклопічного ока глядача попереднього ряду y_{i-1} розрахувати ординату ока глядача наступного ряду y_i , починаючи з другого ряду ($i = 2$). Для першого ряду $y_1 = h$. Висоти присхідців обчислюються як різниці ординат очей глядачів суміжних рядів:

$$r_i = y_{i+1} - y_i, \quad i = 1, 2, \dots, n-1. \quad (4.14)$$

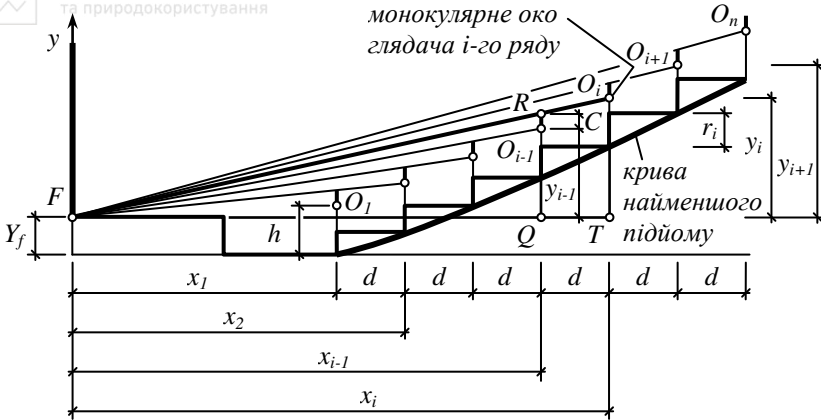


Рис. 4.13. До розрахунку видимості при розміщенні місць для глядачів на циліндричній поверхні найменшого підйому

Зрозуміло, що висоти присхідців будуть різними, і це є головним технологічним недоліком такого способу розміщення місць. Другий недолік пов'язаний з тим, що формула (4.13) є рекурентною, тобто за нею не можна зразу, не обчислюючи ординати очей глядачів усіх рядів, визначити ординату очей глядача останнього ряду y_n і оцінити висоту підйому рядів. Хоча, зважаючи на сучасний розвиток комп'ютерної техніки, цей недолік навряд чи можна вважати суттєвим. Тим не менш розглянемо точний метод безпосереднього визначення ординати очей глядача останнього ряду, як, втім, і ординати очей глядача будь-якого ряду [19] і відповідні формули наближеного визначення цих же параметрів.

Метод [19] ґрунтується на обчисленні перевищення C_{Σ}^n променя світла, що йде від фокусної точки F до ока глядача останнього ряду, над оком глядача першого ряду (рис. 4.14).

З подібності трикутників O_2TF та QRF випливає:

$$\frac{C_2}{C_0} = \frac{x_1}{x_1 + d}, \quad (4.15)$$

звідки

$$C_2 = \frac{x_1 C_0}{x_1 + d}. \quad (4.16)$$

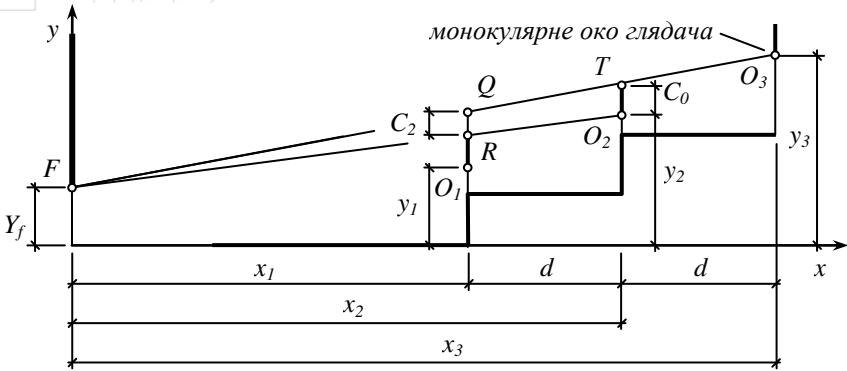


Рис. 4.14. До визначення перевищення променя світла C_{Σ}^n

Взагалі, промені, спрямовані з фокусної точки в очі глядачів двох суміжних рядів i -го та $(i+1)$ -го, висікають на вертикальній прямій над головою глядача першого ряду відрізок

$$C_i = \frac{x_1 C_0}{x_1 + d(i-1)}. \quad (4.17)$$

Тому перевищення променя, що йде до ока глядача i -го ряду, над оком глядача першого ряду можна обчислити за формулою:

$$C_{\Sigma}^i = x_1 C_0 \sum_{i=1}^{i-1} \frac{1}{x_1 + d(i-1)}. \quad (4.18)$$

Обчисливши перевищення C_{Σ}^i , визначимо ординату точки A_i : $y_a^i = y_1 + C_{\Sigma}^i$. Її можна використати для графічної побудови ока глядача i -го (або останнього) ряду: з'єднавши точки F та A_i прямою, в перетині з вертикальною прямою i -го (або останнього) ряду отримаємо шукане око. Аналітично це приводить до виразів:

$$y_1 = h, y_i = (x_1 + d(i-1)) \left(\frac{y_1 - Y_f}{x_1} + C_0 \sum_{i=1}^{i-1} \frac{1}{x_1 + d(i-1)} \right), \quad (4.19)$$

де $i = 2, 3, \dots, n$, які дозволяють точно обчислити ординату ока глядача кожного ряду. Якщо ж переписати (4.18) для n -го ряду у вигляді



$$C_{\Sigma}^n = \frac{x_1 C_0}{d} \sum_{i=1}^{n-1} \frac{1}{\frac{x_1}{d} + (i-1)}, \quad (4.20)$$

і позначити відношення $\frac{x_1}{d}$ як t , то отримаємо таку формулу

$$C_{\Sigma}^n = t C_0 \sum_{i=1}^{n-1} \frac{1}{t + (i-1)}. \quad (4.21)$$

Якщо t ціле число, тобто x_1 кратно d , то суму з формули (4.21) можна наближено представити у вигляді ряду. Відомо, що ряд $1+1/2+1/3+\dots+1/(t-1)$ дає суму $\ln(t-1) + 0,577$, а ряд $1+1/2+1/3+\dots+1/(t+(n-1))$ дає, відповідно, суму $\ln(t+n-1) + 0,577$. Їх різниця і є потрібною нам сумою. Тобто формула (4.21) набуває вигляду:

$$C_{\Sigma}^n = t C_0 (\ln(t+n-1) - \ln(t-1)) = t C_0 \ln \frac{t+n-1}{t-1}. \quad (4.22)$$

Подальші викладки і спрощення [19] приводять до наближеної формули

$$y_i = (x_1 + d(i-1)) \left(\frac{H_0}{x_1} + \frac{2,4C_0}{d} \log \frac{x_1 + d(i-1)}{x_1} \right) + Y_f, \quad (4.23)$$

де H_0 – висота циклопічного ока глядача першого ряду над рівнем фокусної точки F , яка береться алгебраїчно (зі знаком "+", якщо $h > Y_f$, або зі знаком "-", якщо $h < Y_f$).

В роботі [9] схожим, але дещо іншим шляхом отримана теж наближена формула

$$y_i = \frac{(x_1 + d(i-1))H_0}{x_1} + \dots + \frac{2,3026(x_1 + d(i-1))C_0}{d} \log \frac{x_1 + d(i-1) - 0,5d}{x_1 - 0,5d} + h. \quad (4.24)$$

Розрахуємо для умов попереднього прикладу ($H_{нид} = 0,9$ м, $x_1 = 2$ м, $C_0 = 0,12$ м, $d = 0,9$ м, $h = 1,2$ м, $Y_f = 1,2$ м, $n = 15$) ординати очей глядачів усіх рядів і висоти відповідних присхідців за формулами (4.13) і (4.19) [45]. Результати (таблиця 4.1, другий стовпчик) абсолютно ідентичні, оскільки обидві формули точні.



Таким чином, порівняно з розміщенням рядів на одній похилій площині висота підйому рядів зменшилась з 12,262 м до 4,279 м. Для десяти рядів (дивись **табл. 4.1** для перших десяти рядів) висота підйому зменшилась з 5,454 м до 2,445 м.

Формула (4.23) дає занижені значення ординат очей глядачів (**таблиця 4.1**, третій стовпчик), а формула ж (4.24), навпаки, – завищені значення (**таблиця 4.1**, останній стовпчик). Те ж саме стосується і висоти прихідців (**таблиця 4.2**, відповідні стовпчики).

Таблиця 4.1

Ординати і абсциси очей глядачів, розміщених на циліндричній поверхні найменшого підйому при $n = 15$

Номер ряду	Ординати очей глядачів, м			Абсциси очей глядачів, м
	за точними формулами (4.13), (4.19)	за наближеною формулою (4.23)	за наближеною формулою (4.24)	
1	2	3	4	5
1	1,200	1,200	1,200	2
2	1,374	1,350	1,377	2,9
3	1,585	1,539	1,590	3,8
4	1,825	1,758	1,832	4,7
5	2,088	2,001	2,097	5,6
6	2,369	2,265	2,380	6,5
7	2,668	2,546	2,680	7,4
8	2,981	2,842	2,995	8,3
9	3,307	3,151	3,323	9,2
10	3,645	3,473	3,663	10,1
11	3,994	3,806	4,013	11,0
12	4,352	4,149	4,373	11,9
13	4,720	4,502	4,742	12,8
14	5,096	4,864	5,120	13,7
15	5,479	5,233	5,505	14,6



Таблиця 4.2

**Висоти присхідців при розміщенні глядачів на циліндричній
поверхні найменшого підйому при $n = 15$**

Номер ряду	Висоти присхідців, м		
	за точними формулами (4.13), (4.19)	за наближеною формулою (4.23)	за наближеною формулою (4.24)
1	2	3	4
1	0	0	0
2	0,174	0,15	0,177
3	0,211	0,189	0,213
4	0,240	0,219	0,242
5	0,263	0,243	0,264
6	0,282	0,263	0,284
7	0,299	0,281	0,300
8	0,313	0,296	0,315
9	0,326	0,310	0,328
10	0,338	0,322	0,340
11	0,349	0,333	0,350
12	0,358	0,343	0,360
13	0,367	0,353	0,369
14	0,376	0,362	0,378
15	0,384	0,370	0,385

На **рис. 4.15** показано криві найменшого підйому, розраховані за точними формулами (4.13, 4.19), формулою (4.23) і (4.24), з якого видно, що формула (4.24) дає непогане наближення до точних значень (криві у та у₂ практично збігаються), а значення, обчислені за формулою (4.23) (крива у₁), навпаки, сильно відхиляються від точних. Абсолютні похибки залежно від номера ряду наведено на **рис. 4.16**. Суттєво, що із збільшенням числа рядів модулі абсолютних похибок зростають, проте для кривої (4.24) значно повільніше ніж для (4.23).

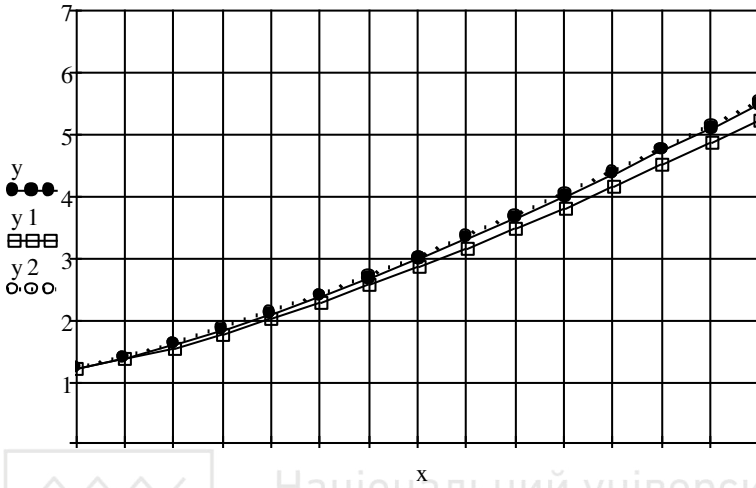


Рис. 4.15. Криві найменшого підйому, обчислені за: точними формулами (4.13 або 4.19) – y ; формулою (4.23) – $y1$; формулою (4.24) – $y2$

А на **рис. 4.17** маємо залежності висот присідців від відстані ряду до фокусної точки, які свідчать також на користь формули (4.24) порівняно з формулою (4.23).

Розглянемо вплив параметрів кривої (C_0 , d , Y_f , x_1) на її підйом. Від антропометричного перевищення C_0 (в даному випадку точніше його називати перевищенням променя зору над оком глядача C) висота підйому кривої залежить прямо пропорційно, що видно з **рисунку 4.18**, де показано залежність висоти підйому ока глядача 15-го ряду при зміні перевищення C від 0,06 до 0,2 м для наведених вище вихідних даних ($H_{nid} = 0,9$ м, $x_1 = 2$ м, $d = 0,9$ м, $h = 1,2$ м, $Y_f = 1,2$ м, $n = 15$). Причому вплив в межах розумної зміни параметра C є дуже значним (висота підйому збільшилась на 4,992 м).



Національний університет
водного господарства
та природокористування

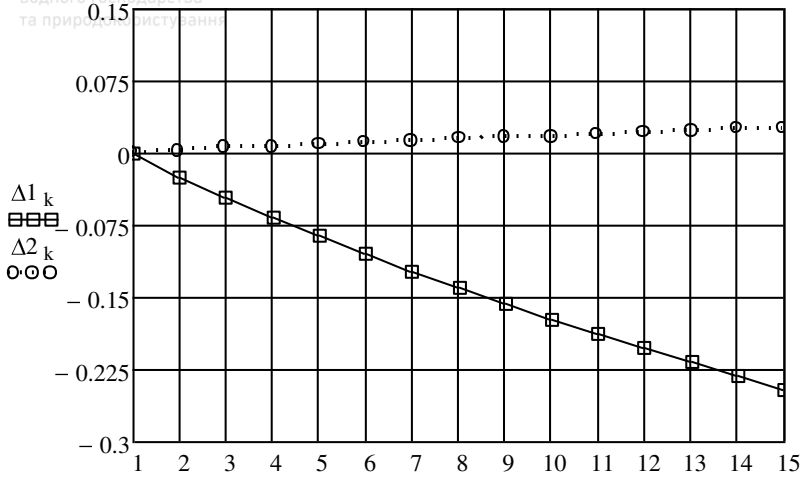


Рис. 4.16. Абсолютні похибки ординат очей глядачів, обчислених за: формулою (4.23) – $\Delta 1_k$; формулою (4.24) – $\Delta 2_k$

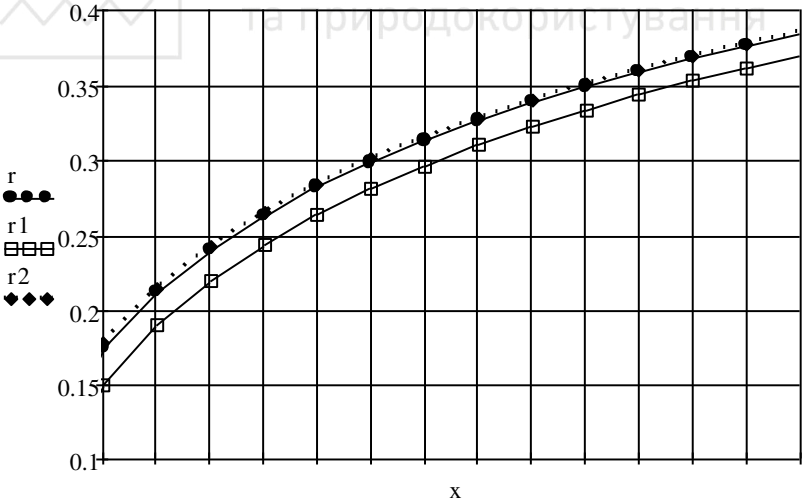


Рис. 4.17. Висоти присхідців при обчисленні ординат очей глядачів за: точними формулами (4.13 або 4.19) – r ; за формулою (4.23) – $r1$; формулою (4.24) – $r2$

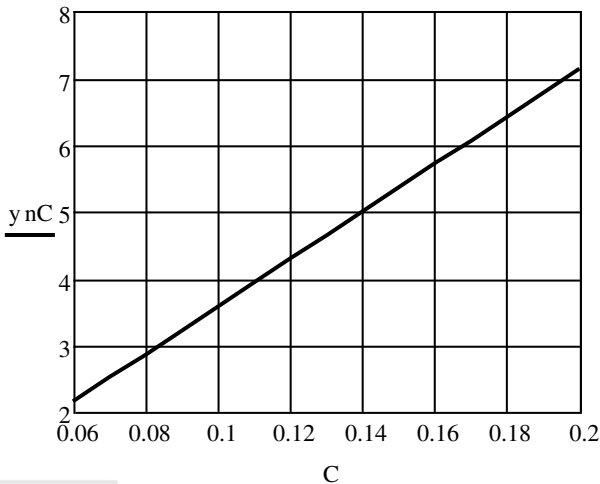


Рис. 4.18. Залежність висоти підйому ока глядача останнього (15-го) ряду від перевищення променя зору над оком глядача C

Так само кардинально впливає на висоту підйому ордината фокусної точки Y_f . На **рисунку 4.19** показано криві найменшого підйому, отримані при зміні ординати фокусної точки від 0,9 до 2,3 м через 0,2 м. Чим нижче фокусна точка, тим вище підйом кривої. Залежність обернено пропорційна (**рис. 4.20**) і є суттєвою (різниця між відмітками очей глядачів останніх рядів становить 8,81 м). Саме тому при однакових перевищеннях променя C в театральних залах амфітеатр набагато крутіший, ніж у кінотеатрах, де кіноекран розміщений вище очей глядачів першого ряду і на більшому віддаленні від них. На **рис. 4.19** частина кривих має обернений ухил. Ця закономірність була використана для проектування кінозалів з оберненим ухилом партеру [19].

Глибина ряду d не так суттєво впливає на підйом рядів (кривої). При зміні глибини ряду від 0,85 до 1 м підйом останнього (15-го) ряду збільшився на 0,261 м (**рис. 4.21**). Коли число рядів велике, підйом може бути значним. Тому Г. Хедден для стадіонів розробив спеціальні сидіння консольного типу, щоб зменшити глибину ряду до 0,61-0,71 м [18].



Національний університет
водного господарства
та природокористування

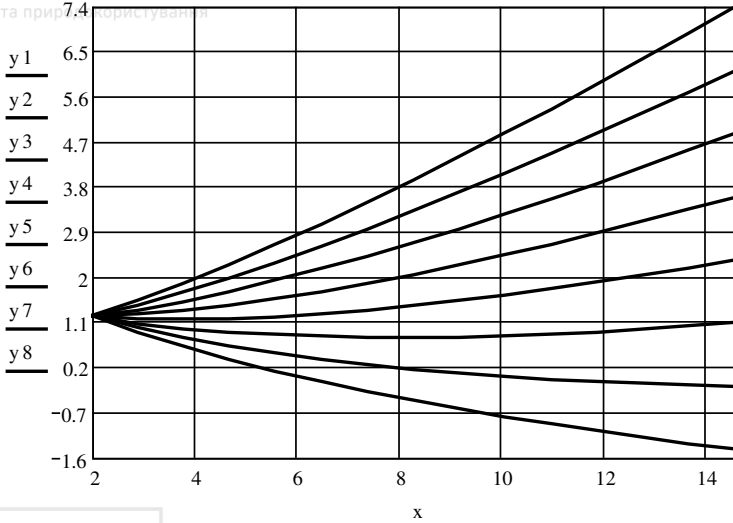


Рис. 4.19. Криві найменшого підйому при зміні ординати фокусної точки від 0,9 (верхня крива) до 2,3 м (нижня крива)

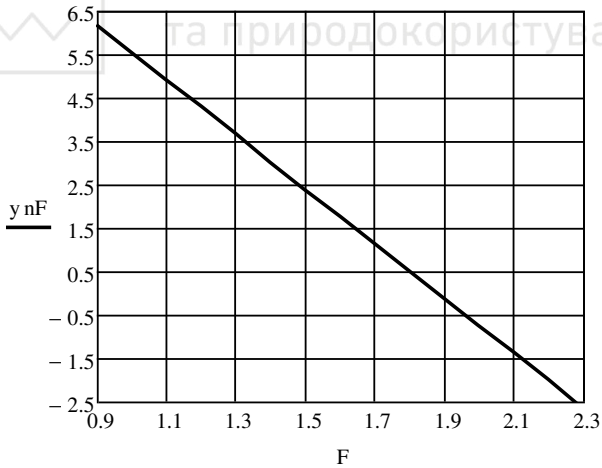


Рис. 4.20. Залежність висоти підйому ока глядача останнього (15-го) ряду від ординати фокусної точки Y_f

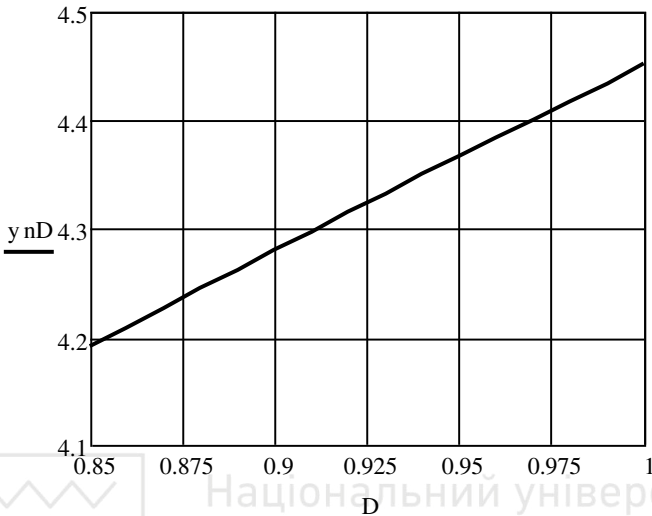


Рис. 4.21. Залежність висоти підйому ока глядача останнього (15-го) ряду від глибини ряду d

Залежність висоти підйому останнього ряду від відстані між фокусної точкою і глядачем першого ряду x_1 є нелінійною і суттєвою (рис. 4.22). Так при збільшенні x_1 від 2 до 9 м, висота підйому зменшилась на 1,672 м. Проте для більшості видовищ надмірне віддалення першого ряду є небажаним, оскільки задні ряди опиняються у несприятливих умовах щодо сприйняття деталей видовища. Хоча для стадіонів, наприклад, у протиріччі між підйомом рядів і віддаленням першого ряду визначним є перше.

У випадку, коли в залі передбачається поперечний прохід (проходи), криву найменшого підйому слід розраховувати спочатку до проходу, потім визначати ординату очей глядача ряду, розміщеного безпосередньо за проходом, а потім знову розраховувати криву найменшого підйому до наступного поперечного проходу. Покажемо це на прикладі.

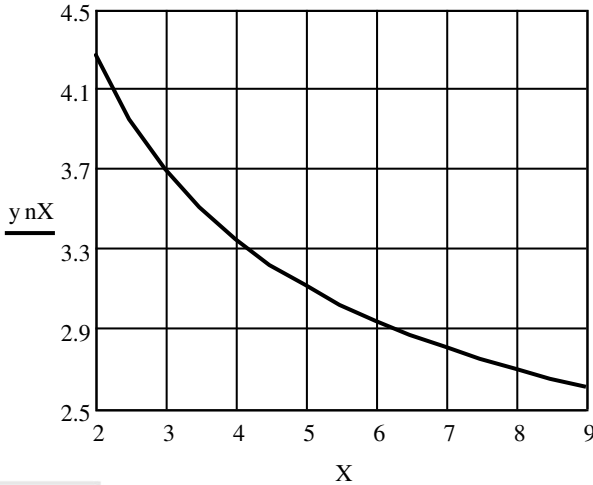


Рис. 4.22. Залежність висоти підйому ока глядача останнього (15-го) ряду від віддалення першого ряду від фокусної точки

Нехай за наведеними вище вихідними даними ($H_{nid} = 0,9$ м, $x_1 = 2$ м, $C_0 = 0,12$ м, $d = 0,9$ м, $h = 1,2$ м, $Y_f = 1,2$ м) необхідно розрахувати криву найменшого підйому, якщо при загальному числі рядів $n = 20$ після перших 10-ти рядів ($n_1 = 10$, $n_2 = 10$) треба влаштувати поперечний прохід шириною $d_{np} = 1,2$ м (під шириною проходу в розрахунках видимості матимемо на увазі відстань між спинками рядів, суміжних проходу). Тоді ордината очей глядача 10-го ряду $y_{10} = 3,645$ м (табл. 4.1), а його маківки $y_{10} + C_0 = 3,765$ м. Відстань від глядача 11-го ряду до фокусної точки дорівнює $x_{11} = x_{10} + d_{np} + d = x_1 + d(10-1) + d_{np} + d = 12,2$ м. Ординату очей глядача 11-го ряду визначимо як перетин променя зору, що йде від фокусної точки, торкаючись маківки глядача 10-го ряду, з вертикальною прямою 11-го ряду $x = x_{11}$. Рівняння променя має вигляд:

$$\frac{x}{x_{10}} = \frac{y - Y_f}{y_{10} + C_0 - Y_f} \quad (4.25)$$



Підставляючи в (4.25) x_{11} замість x , отримаємо

$$y_{11} = \frac{x_{11}(y_{10} + C_0 - Y_f)}{x_{10}} + Y_f = 4,298 \text{ м.} \quad (4.26)$$

Надалі скористаємось формулою (4.19) для визначення ординат очей глядачів з 12-го по 20-й ряд. При цьому в якості x_1 візьмемо відстань від фокусної точки до очей глядача 11-го ряду $x_{11} = 12,2$ м, а в якості y_1 ординату очей цього ж глядача $y_{11} = 4,298$ м. Результати наведено в таблиці 4.3 і на рис. 4.23.

Таблиця 4.3

Ординати і абсциси очей глядачів, розміщених на циліндричній поверхні найменшого підйому, при $n = 20$ і влаштуванні одного поперечного проходу

Номер ряду	Абсциса очей глядача, м	Ордината очей глядача, м	Номер ряду	Абсциса очей глядача, м	Ордината очей глядача, м
1	2	3	4	5	6
1	2	1,200	11	12,2	4,298
2	2,9	1,374	12	13,1	4,655
3	3,8	1,585	13	14,0	5,021
4	4,7	1,825	14	14,9	5,394
5	5,6	2,088	15	15,8	5,775
6	6,5	2,369	16	16,7	6,162
7	7,4	2,668	17	17,6	6,556
8	8,3	2,981	18	18,5	6,956
9	9,2	3,307	19	19,4	7,362
10	10,1	3,645	20	20,3	7,773

З таблиці 4.3 видно, що наявність проходу суттєво збільшила ординати очей глядачів 11-15-го рядів порівняно із наведеними в таблиці 4.2. Чим більша ширина проходу, тим більше зростають ординати очей глядачів рядів, розміщених за проходом. Залежність підйому останнього ряду від ширини проходу показано на рис. 4.24. При цьому шириною проходу вважалась сума ширини самого проходу і глибини наступного ряду. Сума змінювалася від 1,2 до 3 м. Прохід розміщувався за 10-тим рядом. Залежність є лінійною.

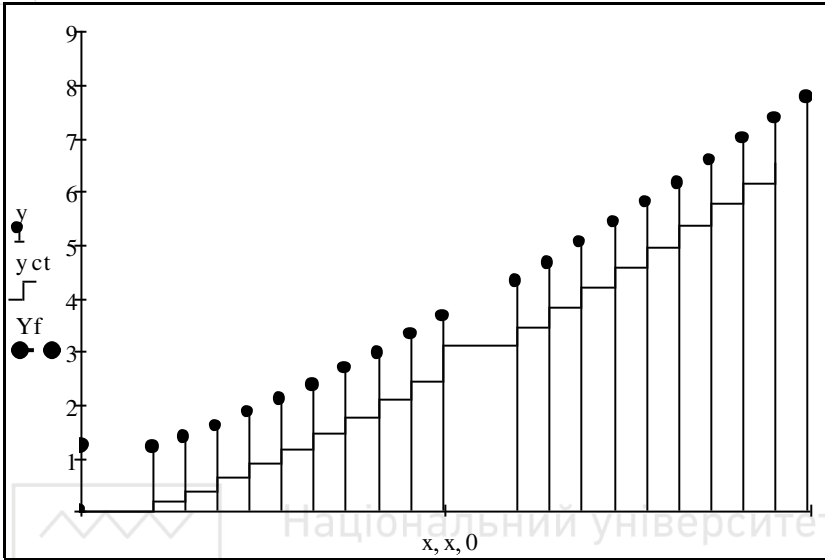


Рис. 4.23. Крива найменшого підйому при влаштуванні поперечного проходу

Поглянемо тепер, як впливає розміщення поперечного проходу на підйом рядів. Для цього, умовно розмістивши прохід одразу після першого ряду, будемо перемішувати його до останнього ряду і обчислювати підйом рядів. На **рисунку 4.25** показано залежність підйому останнього ряду від номеру ряду, за яким розміщений прохід (вихідні дані – з попереднього прикладу).

Як видно з **рисунку 4.25**, при віддаленні проходу від першого ряду підйом ока глядача останнього ряду зростає – спочатку стрімко, а потім повільно. Тому, виходячи, звісно, з об’ємно-планувального рішення, прохід бажано розміщувати ближче до першого ряду. Якщо після проходу (для забезпечення безперешкодної видимості з більшою ймовірністю) приймають перевищення променя зору більшим, ніж до проходу, то характер кривої змінюється. На **рис. 4.26** показано відповідну криву для випадку, коли після проходу перевищення становить 0,14 м. В такому випадку можна рекомендувати розміщувати прохід ближче до останнього ряду.



Національний університет
водного господарства
та природокористування

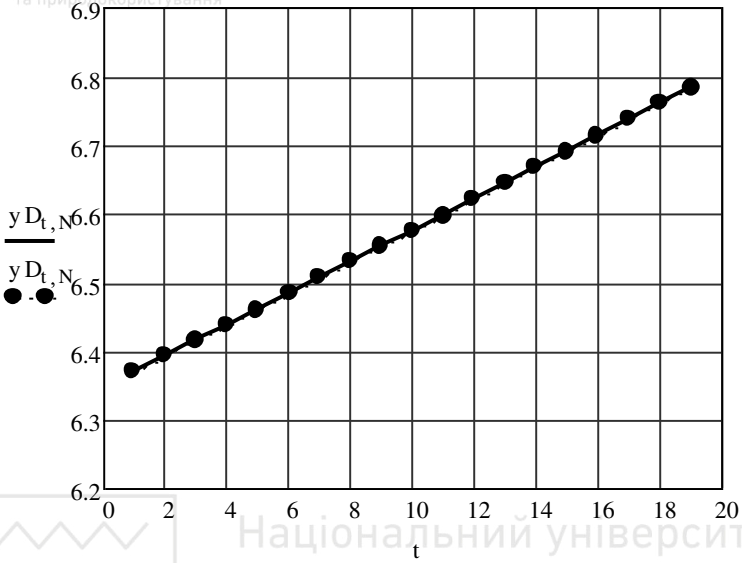


Рис. 4.24. Залежність підйому ока глядача останнього ряду від ширини проходу

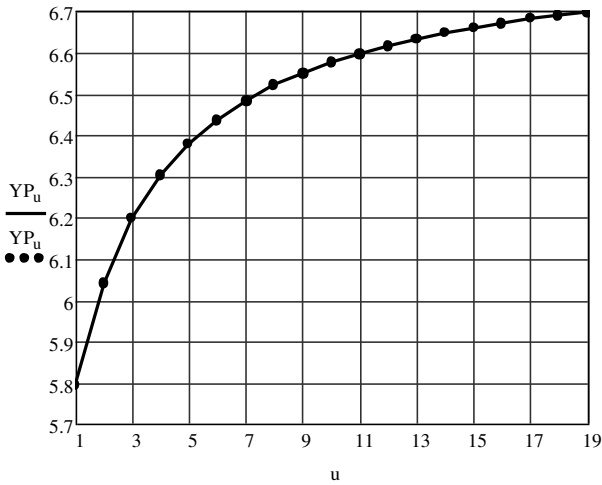


Рис. 4.25. Залежність підйому ока глядача останнього ряду від номера ряду, за яким розміщено прохід

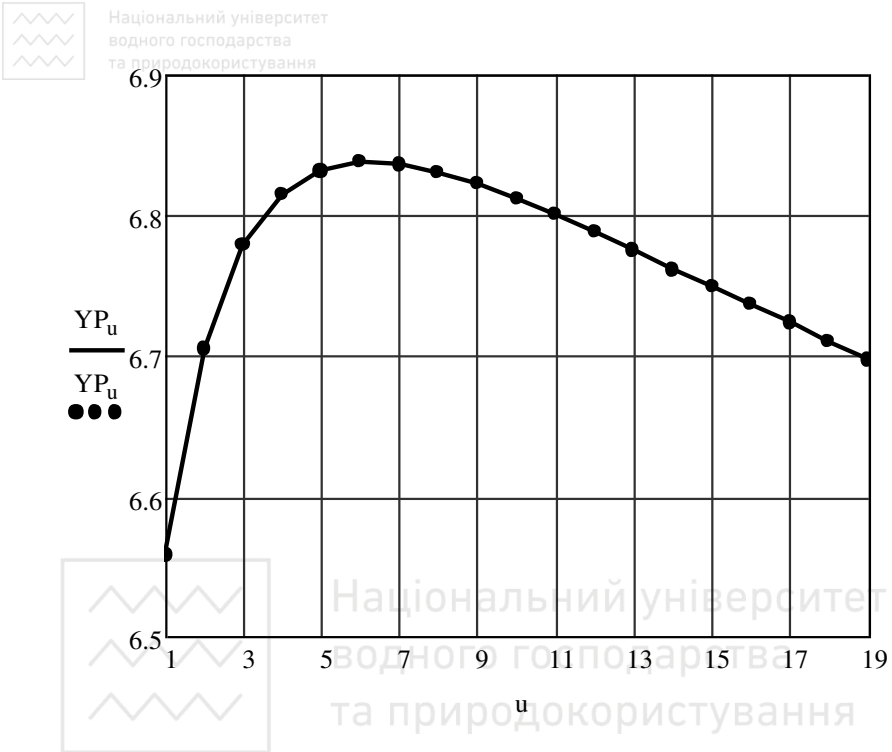


Рис. 4.26. Залежність підйому ока глядача останнього ряду від номера ряду, за яким розміщено прохід, при збільшеному значенні перевищення променя зору після проходку

Технологічні і конструктивні труднощі, пов'язані з різною висотою присідців при розміщенні рядів на циліндричній поверхні найменшого підйому, змусили проектувальників шукати компроміс між названим вище розміщенням і розміщенням рядів на похилій площині. Це призвело до розміщення рядів на відсіках похилих площин.



4.4. БЕЗПЕРЕШКОДНА ВИДИМІСТЬ ПРИ РОЗМІЩЕННІ МІСЦЬ ДЛЯ ГЛЯДАЧІВ НА ВІДСІКАХ ПОХИЛИХ ПЛОЩИН

При розміщенні рядів на відсіках похилих площин [3, 9, 18] додатковими вихідними даними для розрахунку є число груп рядів m та число рядів в кожній групі n_1, n_2, \dots, n_m . Причому останній ряд попередньої групи є одночасно першим рядом наступної групи (тобто немає поперечних проходів). Тоді для останньої групи повинна виконуватися рівність:

$$n_m = n - (n_1 + n_2 + \dots + n_{m-1}) + m - 1, \quad (4.27)$$

де n – загальне число рядів.

Число груп рядів за різними даними [3, 9] рекомендують приймати в межах 5-7. Число рядів в групі повинно поступово збільшуватися, оскільки кривина кривої найменшого підйому поступово зменшується по мірі віддалення від першого ряду.

Геометричний принцип розрахунку нічим не відрізняється від випадку розміщення рядів на одній похилій площині (рис. 4.27).

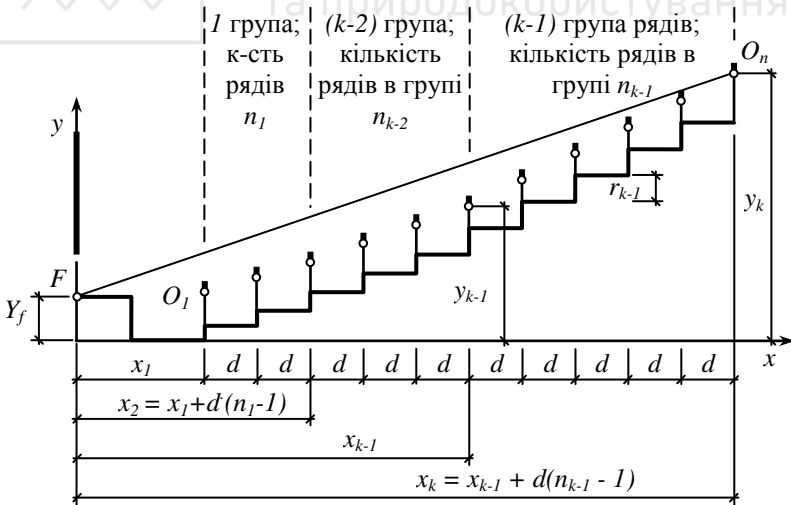


Рис. 4.27. До розрахунку видимості при розміщенні місць для глядачів на відсіках похилих площин



Відстань від фокусної точки до першого ряду k -тої групи x_k , якщо немає поперечних проходів, можна обчислити за формулою:

$$x_k = x_1 + d \left(\sum_{t=1}^{k-1} n_t - k + 1 \right), \quad k = 2, 3, \dots, m + 1. \quad (4.28)$$

Тоді ординату циклопічного ока глядача першого ряду k -тої групи y_k можна визначити за рекурентною формулою:

$$y_k = (y_{k-1} + C_{k-1}(n_{k-1} - 1) - Y_f) \frac{x_k}{x_{k-1}} + Y_f, \quad y_1 = h, \quad (4.29)$$

де C_{k-1} – перевищення променя зору, прийняте для $(k-1)$ -ї групи рядів; зокрема, перевищення променя зору можна задавати і однаковим для всіх груп рядів (наприклад, таке, що дорівнює антропометричному $C_0 = 0,12$ м перевищенню), проте його збільшення для глядачів більш віддалених рядів дозволяє зробити комфортнішим сприйняття видовища [18].

Висоти присхідців в межах кожної групи рядів є однаковими і визначаються за формулою:

$$r_j = \frac{y_{j+1} - y_j}{n_j - 1}, \quad j = 1, 2, \dots, m. \quad (4.30)$$

Нехай маємо такі вихідні дані: $x_1 = 2$ м, $C_k = C_0 = 0,12$ м, $d = 0,9$ м, $h = 1,2$ м, $Y_f = 1,2$ м, $n = 35$, $m = 5$, $n_1 = 3$, $n_2 = 5$, $n_3 = 8$, $n_4 = 11$, $n_5 = 15$. Тоді в результаті розрахунків за формулами (4.27-4.29) отримаємо значення, наведені в **табл. 4.3** і проілюстровані **рисунками 4.28-4.30**.

Для тих же вихідних даних при розміщенні рядів на циліндричній поверхні найменшого підйому отримаємо, що висота ока глядача останнього 35-го ряду дорівнює 14,322 м, а висота останнього 34-го присхідця – 0,482 м. Тобто збільшення підйому рядів і висоти присхідця при розміщенні рядів на відсіках похилих площин є дуже суттєвим. Впливати на ці параметри можна у такий же спосіб, як це розглянуто для кривої найменшого підйому в попередньому параграфі. Проте з'являються ще дві можливості. Перша є очевидною: збільшуючи число груп рядів, будемо поступово наближатися до кривої найменшого підйому і досягнемо



її, коли число рядів в кожній групі зменшиться до двох ($m = n - 1$).

Друга ж полягає в пошуку оптимального числа рядів n_k в кожній групі при заданому числі груп m . Критерій оптимальності – мінімальний підйом останнього ряду. Ця задача була поставлена і розв’язана А. М. Данилюком [9].

Таблиця 4.4

Абсциси і ординати очей глядачів перших рядів груп та висоти присхідців

Номер першого ряду групи k	Абсциса ока глядача першого ряду групи x_k , м	Ордината ока глядача першого ряду групи y_k , м	Висота присхідця k -тої групи r_k , м
1	2	1,2	0,228
2	3,8	1,656	0,342
3	7,4	3,023	0,444
4	13,7	6,129	0,523
5	22,7	11,356	0,575
6	32,6	17,681	-

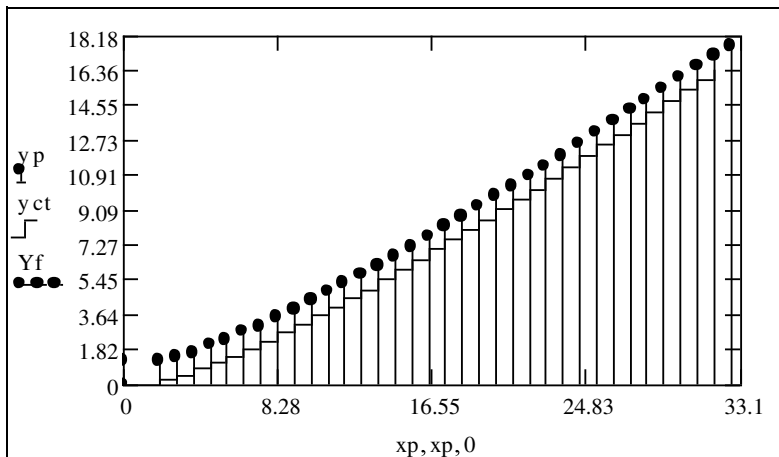


Рис. 4.28. Розміщення рядів на відсіках похилих площин

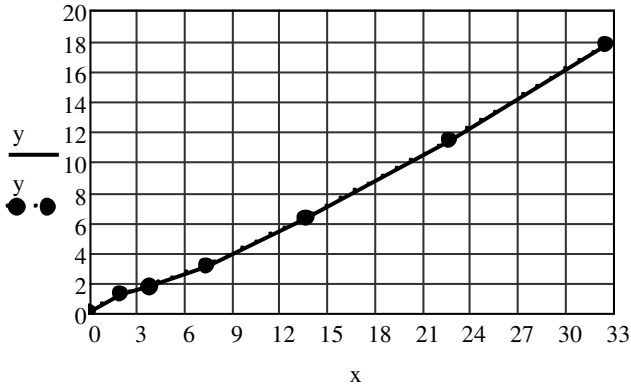


Рис. 4.29. Ламана ординат очей глядачів

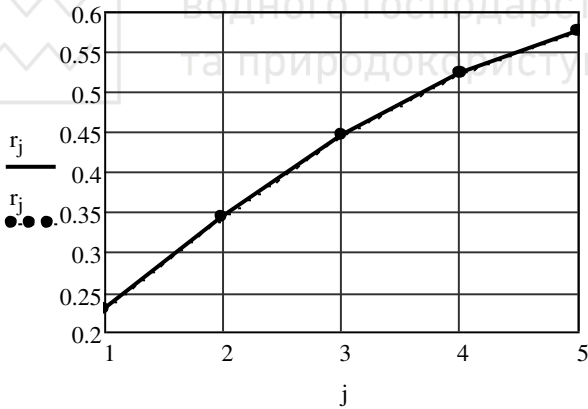


Рис. 4.30. Ламана висот присхідців

В роботі [19] виведена формула (тут вона наведена у позначеннях авторів) підйому останнього ряду:

$$y_{нід} = \frac{x_{m+1} - x_1}{x_1} H_0 + x_{m+1} C_0 \left(\sum_{k=1}^m \frac{x_{k+1}}{x_k} - m \right), \quad (4.31)$$



в якій вважалось, що відстані x_k кратні глибині ряду d . Якщо ж вважати, що вони континуальні, то при заданих $x_1, x_{m+1}, H_0, C_0, m$ **(4.30)** є функцією $(m-1)$ змінних, а саме – $x_k, k = 2, 3, \dots, m$. Тоді для знаходження екстремуму функції **(4.30)** необхідно взяти її частинні похідні і прирівняти їх нулю. В результаті отримаємо систему рівнянь:

$$x_{m+1} C_0 \left(\frac{1}{x_{k-1}} - \frac{x_{k+1}}{x_k^2} \right) = 0, \quad k = 2, 3, \dots, m, \quad (4.32)$$

звідки після перетворень матимемо

$$x_k^2 = x_{k-1} x_{k+1}, \quad k = 2, 3, \dots, m. \quad (4.33)$$

Другі ж похідні функції **(4.30)**, взяті по тих же змінних, дорівнюють

$$2x_{m+1} C_0 \frac{x_{k+1}}{x_k^2}, \quad k = 2, 3, \dots, m. \quad (4.34)$$

Зрозуміло, що вони завжди додатні, отже, екстремум функції **(4.30)** є мінімумом.

Система рівнянь **(4.32)** завжди має один змістовний розв'язок, коли корені дійсні і додатні. В **додатку 7.3** наведені розв'язки системи рівнянь **(4.32)** для числа груп рядів $m \in [2, 10]$. Значення відстаней від фокусної точки до першого ряду групи, отримані за формулами **додатку 7.3**, слід коригувати, зважаючи на те, що відстань між крайніми рядами групи повинна бути кратна глибині ряду. При цьому число рядів в групі слід приймати не меншим від трьох, оскільки останній ряд попередньої групи є одночасно першим рядом наступної групи. Тоді група буде мати по крайній мірі два ряди з однаковою висотою присідця.



4.5. ВИДИМІСТЬ ІЗ ЗАТУЛЯННЯМ І ВПЛИВ АНТРОПОМЕТРІЇ НА ФОРМУ ПРОФІЛЮ МІСЦЬ ДЛЯ ГЛЯДАЧІВ

У більшості залів (театральних, концертних, клубних та інших) безперешкодну видимість можна забезпечити лише таким великим підйомом місць, котрий викликає завищення кубатури залу, зменшення його місткості, незручності щодо організації проходів і зв'язку залу з оточуючими приміщеннями. Великий підйом рядів є неприпустимим з огляду на всю суму вимог до залу: економічних, технологічних, конструктивних, протипожежних. Тому безперешкодна видимість на практиці є скоріше виключенням, аніж правилом.

Проектування безперешкодної видимості спирається на передумову, що рівні перевищення променя зору завше забезпечують однакові умови огляду, і тому перевищення променя зору є вичерпним показником умов видимості над головами глядачів. Це положення справедливо для безперешкодної видимості, коли $C \geq C_0$, але стає невірним при частковому затулянні, коли $C < C_0$. Було з'ясовано [19], що перевищення променя зору не є універсальним показником умов видимості і, отже, не може бути кількісною мірою для їх оцінки. Це зрозуміло з **рис. 4.31**: висота і площа тіні на екрані від голови глядача є функцією віддалення глядача від екрану. При однаковому перевищенні променя зору висота і площа тіні будуть більшими для більш віддалених місць.

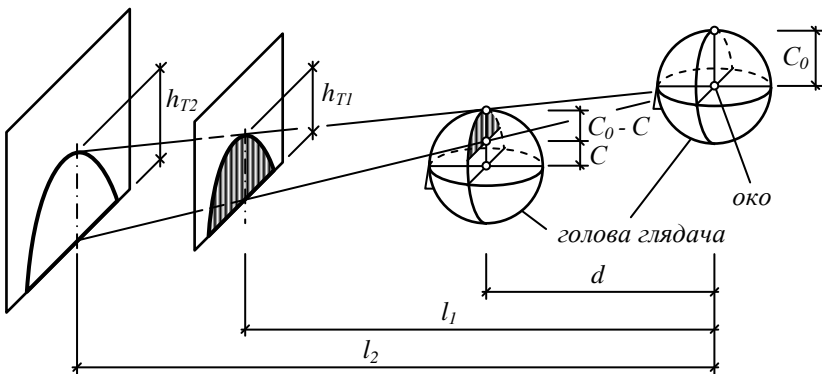


Рис. 4.31. Висота і площа тіні на екрані для місць різної віддаленості



А на **рис. 4.32** показано [19], що при однаковому перевищенні променя зору об'єм затуляння сцени буде меншим для місць, розташованих на більшій висоті відносно планшету сцени навіть при однаковому віддаленні від видовища. Тому показниками реальних умов затуляння повинні бути висота або площа тіні на екрані та об'єм тіні у просторі сцени.

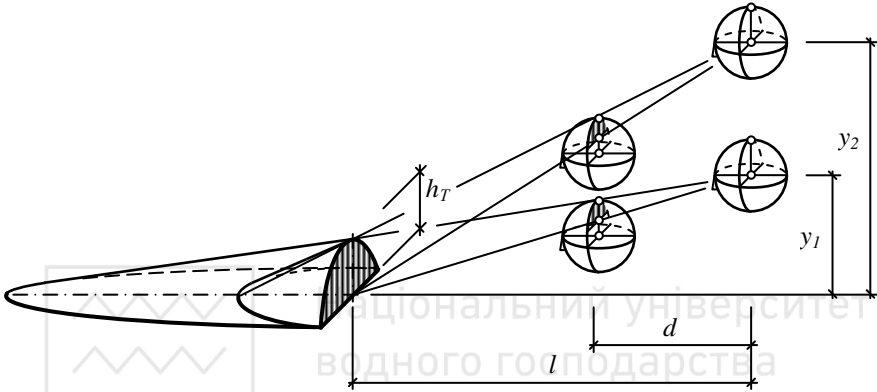


Рис. 4.32. Об'єм затуляння тривимірного видовища

Висота тіні на екрані буде однаковою для всіх місць, якщо призначити альтернативну фокусну точку (альтернативну фокусну лінію), вищу за нижню кромку екрану, і надалі скористатись методами розрахунку безперешкодної видимості. Перевищення променя зору при цьому треба приймати рівним антропометричному перевищенню $C = C_0$. Висота тіні для всіх місць дорівнюватиме різниці між висотою нижньої кромки екрану і висотою альтернативної фокусної точки (лінії). Проте площа тіні на екрані для більш віддалених місць буде більшою за рахунок більшої ширини тіні.

В роботі [42] запропоновано метод визначення ординати монокулярного ока глядача наступного ряду з умови однакової заданої наперед для всіх місць площі тіні на екрані. Але цей метод вимагає досить складних комп'ютерних обчислень. Оскільки значущість затуленою знизу екрану частини видовища є



несуттєвою, то, на наш погляд, використання альтернативних фокусних точок є цілком прийнятним. Проте треба зазначити, що метод альтернативних фокусних точок спрацьовує при частковому затулянні нижньої частини об'єкту спостереження. Для розрахунку видимості із затулянням, коли зони затуляння розміщені, наприклад, з країв кіноекрану [18] він непридатний.

Для тривимірних видовищ використання альтернативних фокусних точок і методів розрахунку безперешкодної видимості забезпечує лише однакову висоту об'єму тіні у просторі сцени, а не однаковий об'єм. Останній можна забезпечити за допомогою методу, аналогічному описаному в згаданій вище роботі [42]. Проте його теж можна реалізувати лише на комп'ютері.

Антропометричні характеристики, що фігурують у розрахунках видимості (антропометричне перевищення C_0 , висоти очей сидячої і стоячої людини над рівнем підлоги h та H), є **статистично розподіленими величинами**. Тому реальний глядач завше може опинитися позаду людини більш високого зросту, і тоді фокусна точка для нього буде затуленою. Значення $C_0 = 0,12$ м – це середня величина, що відповідає 50% випадків. Отже, імовірність затуляння видовища через розкид ростів в даному випадку становить не менше від 0,5. Це означає, що не менше 50% глядачів опиняться в умовах затуляння більше розрахункового. Треба також зважити на те, що прийняте у нормах антропометричне перевищення $C_0 = 0,12$ м не враховує висоту зачіски.

Таким чином, щоб результати розрахунку більш відповідали реальній ситуації в залі, антропометричні характеристик людини повинні бути представлені величинами з більшою статистичною імовірністю. В [18] пропонується значення $C_0 = 0,14$ м з 84 % імовірністю, тим паче, що значення $h = 1,2$ м, яке зараз задіяне у нормах проектування, теж відповідає імовірності у 84 %. Використання таких значень не анулює факту затуляння видовища через розкид ростів, а лише робить його менш імовірним і меншим за величиною.

Треба пам'ятати також, що у дальніх рядах ця ситуація викликає більші завади, аніж у передніх. Тому можна рекомендувати збільшувати перевищення променя зору у дальніх рядах навіть для залів з розрахунковою безперешкодною видимістю. Якщо



проекується зал великої місткості, то, починаючи з віддалення 25-30 м, величину перевищення променя зору рекомендується приймати 0,15 м.

Дуже важливо зважати на вищевикладене при проектуванні спортивних трибун і стадіонів, де віддалення від видовища у декілька разів більше, ніж у звичайних залах. Тут для рядів з віддаленням більше 30 м рекомендується перевищення променя зору 0,15 м, а більше 60-70 м – 0,17 м.

4.6. ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕВИЩЕННЯ ПРОМНЯ ЗОРУ ПРИ ЗАДАНІЙ ВИСОТІ ПІДЛОГИ ОСТАННЬОГО РЯДУ МІСЦЬ АБО ПОПЕРЕЧНОГО ПРОХОДУ

В практиці проектування залів і споруд для глядачів виникають і така ситуація, коли відмітку підлоги останнього ряду або поперечного проходу призначають з об'ємно-планувальних міркувань. Наприклад, при реконструкції залу чи споруди. Тоді для оцінки умов видимості, що фактично виникли, необхідно визначити фактичне перевищення променя зору C і порівняти його з антропометричним перевищенням C_0 . Покажемо, як це можна зробити при різних способах розміщення місць для глядачів [47].

При розташуванні рядів на одній похилій площині (**параграф 4.2, рис. 4.6**) ординату монокулярного ока глядача останнього n -го ряду y_n визначають за формулою (4.9), звідки можна визначити антропометричне перевищення C_0 , яке в даному випадку буде за своєю суттю перевищенням променя зору C . Отже, дістанемо

$$C = \frac{(y_n - Y_f)x_1}{(x_1 + d(n-1))(n-1)} + \frac{Y_f - h}{n-1}, \quad (4.35)$$

де y_n визначається як сума висоти підлоги останнього ряду над підлогою першого ряду місць і висоти очей сидячої людини над рівнем підлоги h .

При розміщенні рядів на циліндричній поверхні найменшого підйому (**параграф 4.3, рис. 4.13**) ординату очей глядачів наступного ряду y_i визначають за рекурентною формулою (4.13),



використовуючи ординату очей глядачів попереднього ряду y_{i-1} .

Підставляючи в формулу (4.13) послідовно, починаючи з $y_1 = h$, попередні значення, можна в решті решт отримати формулу для ординати y_n очей глядачів останнього n -го ряду. Проте навіть проміжні формули дуже громіздкі. Так, наприклад, для четвертого ряду після спрощень отримаємо формулу

$$y_4 = \left(\left(\frac{x_1 + d}{x_1} + 1 \right) \frac{x_1 + 2d}{x_1 + d} + 1 \right) \frac{x_1 + 3d}{x_1 + 2d} C + \frac{y_1 - Y_f}{x_1} (x_1 + 3d) + Y_f, \quad (4.36)$$

структура якої підказує, що для ефективного використання комп'ютера її можна перетворити на рекурентну. В результаті отримаємо формули для визначення перевищення променя зору C

$$C = \frac{y_n - \frac{y_1 - Y_f}{x_1} (x_1 + d(n-1)) - Y_f}{PR_{n-2}}; \quad (4.37)$$

$$PR_1 = \left(\frac{x_1 + d}{x_1} + 1 \right) \frac{x_1 + 2d}{x_1 + d}; \quad (4.38)$$

$$PR_t = (PR_{t-1} + n_t - 1) \frac{x_{t+1}}{x_t}, \quad t = 2, \dots, m. \quad (4.39)$$

Якщо підйом рядів організовано по відрізках похилих прямих (параграф 4.4, рис. 4.27), то ординати монокулярного ока глядачів тих рядів, де відбувається злом профілю, визначаються за рекурентною формулою (4.29). Якщо в ній прийняти перевищення променя зору однаковим для всіх груп рядів, то підстановки, описані для попереднього випадку, теж призводять до дуже громіздких формул, які проте можна записати компактно у рекурентній формі

$$C = \frac{y_{m+1} - \frac{(y_1 - Y_f)x_{m+1}}{x_1} - Y_f}{PR_m}; \quad (4.40)$$



$$PR_1 = (n_1 - 1) \frac{x_2}{x_1}; \quad (4.41)$$

$$PR_t = (PR_{t-1} + n_t - 1) \frac{x_{t+1}}{x_t}, \quad t = 2, \dots, m. \quad (4.42)$$

На **рис. 4.33** показано випадок, коли підйом рядів до поперечного проходу організовано по кривій найменшого підйому і відома ордината підлоги проходу Y_{pr} . З подібності трикутників FBD та FAE можна визначити ординату монокулярного ока глядача останнього ряду y_n

$$y_n = \frac{(Y_{pr} + h - Y_f)(x_1 + d(n-1))}{x_1 + d(n-1) + d_{pr}} - C + Y_f, \quad (4.43)$$

де n – кількість рядів до проходу; Y_{pr} – ордината підлоги проходу; d_{pr} – ширина проходу (від спинки до спинки крісел).

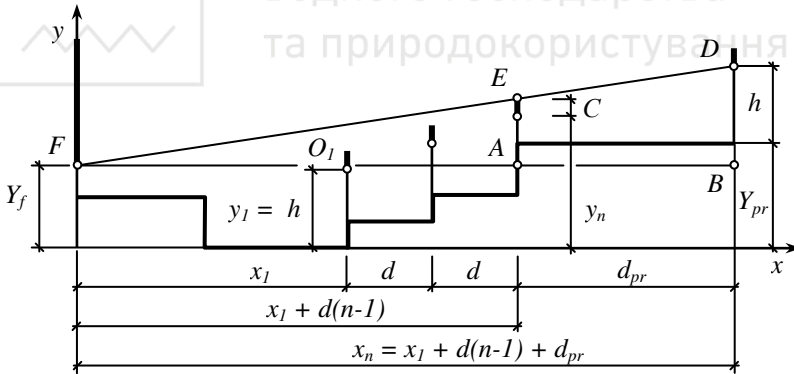


Рис. 4.33. До визначення перевищення променя зору при відомій відмітці підлоги поперечного проходу

Підставивши в (4.37) замість y_n його значення з (4.43), отримаємо формулу для визначення перевищення променя зору C



$$C = (x_1 + d(n-1)) \frac{Y_{pr} + h - Y_f}{x_1 + d(n-1) + d_{pr}} - \frac{y_1 - Y_f}{x_1} \quad (4.44)$$
$$1 + PR_{n-2}$$

в якій PR_{n-2} визначається за формулами (4.37, 4.38).

Визначене фактичне перевищення променя зору C в залі або споруді, якщо воно менше за антропометричне перевищення C_0 , надалі можна використати з метою оцінки затуляння для кожного глядача за площею тіні на об'єкті спостереження (наприклад – на кіноекрані) або об'ємом затуляння в просторі над об'єктом спостереження (наприклад – сценою).

Контрольні запитання

1. Назвіть переваги і недоліки розміщення місць для глядачів на горизонтальній підлозі. З якою метою реально використовують цей спосіб?
2. Назвіть переваги і недоліки розміщення місць на похилій площині. В яких випадках використовують цей спосіб?
3. Назвіть переваги і недоліки розміщення місць на циліндричній поверхні найменшого підйому.
4. Охарактеризуйте вплив параметрів розрахунку видимості при розміщенні рядів на циліндричній поверхні найменшого підйому на висоту підйому останнього ряду (ока глядача останнього ряду).
5. Де краще влаштовувати поперечний прохід, якщо перевищення променя зору прийнято однаковим для групи рядів, розміщених до проходу, і розміщених після нього? А якщо в групі рядів, розміщених після проходу, воно більше?
6. Назвіть переваги і недоліки розміщення місць на відсіках похилих площин.
7. Яким чином можна зменшити висоту підйому останнього ряду при розміщенні рядів на відсіках похилих площин?
8. У який спосіб можна зменшити імовірність затуляння в залі через розкид ростів?
9. В якому випадку виникає необхідність визначати фактичне значення перевищення променя зору в залі або споруді?



5. ТРИВИМІРНА ГЕОМЕТРИЧНА МОДЕЛЬ ВИДИМОСТІ

5.1. ОЦІНКА ФАКТИЧНОГО ЗАТУЛЯННЯ В ЗАЛАХ І СПОРУДАХ, ЗАПРОЕКТОВАНИХ ЗА ДВОВИМІРНОЮ МОДЕЛЛЮ ВИДИМОСТІ

Оцінка фактичного затуляння в залі або споруді, запроєктованих за двовимірною моделлю видимості, може проводитися з метою зонування місць для глядачів і відповідної диференціації вартості квитків, а також – для порівняння залів або споруд однакового призначення за ступенем затуляння.

Критерієм затуляння для окремого глядача (місця) може бути площа частини об'єкта спостереження, затуленою глядачами попереднього ряду – для кіноекрану, крейдяної дошки тощо, тобто для двовимірних об'єктів спостереження, коли предмети спостереження теж двовимірні і повністю лежать в об'єкті спостереження. В роботах [18, 19] цей критерій фігурує як площа тіні від голови глядача попереднього ряду на екрані – для двовимірною моделі видимості (рис. 4.31). Для тривимірної моделі критерієм може бути сума площ тіней від глядачів попереднього ряду, які затуляють об'єкт спостереження. Але зважаючи на те, що глядач може переміщуватися в кріслі, краще і простіше визначати площу частини об'єкта спостереження, яка обмежена зверху проекцією лінії маківок глядачів попереднього ряду на екран з монокулярного ока глядача наступного ряду, знизу – нижньою кромкою екрану, а з боків – його боковими кромками.

Для таких об'єктів спостереження як планшет сцени або естради, футбольне поле, коли предмети спостереження (актори і предмети на сцені, футболісти і судді) не належать повністю об'єкту спостереження, критерієм затуляння може бути об'єм частини простору над об'єктом спостереження, обмежений зверху поверхнею конуса, який дотикається до голови глядача попереднього ряду (вершина – монокулярне око глядача наступного ряду), знизу – площиною об'єкта спостереження, а попереду – вертикальною площиною (циліндром), інцидентною передній кромці об'єкта спостереження (рис. 4.32). Критерій запропоновано теж в роботах [18, 19] і він підходить для двовимірної моделі видимості. Для тривимірної моделі видимості критерієм може бути



сума об'ємів, розрахованих для кожного глядача, починаючи з другого ряду. Проте з тих же міркувань, що й в попередньому випадку краще визначати об'єм, обмежений зверху конусом, який дотикається до лінії маківок глядачів попереднього ряду (вершина – монокулярне око глядача наступного ряду), знизу – площиною об'єкта спостереження, а попереду – вертикальною площиною (циліндром), що проходить через його передню кромку. З боків об'єм обмежується вертикальними площинами, інцидентними боковим кромкам об'єкта спостереження.

Місця з меншою площею або об'ємом затуляння будуть більш комфортними за видимістю. Найкомфортніші – з нульовою площею або об'ємом затуляння. Останній випадок можливий лише для залів і споруд, запроєктованих за тривимірною моделлю видимості.

Для оцінки затуляння в залі або споруді в цілому можна використати суму площ або об'ємів затуляння для всіх місць, починаючи з другого ряду [28]. Ще одним критерієм може бути питома площа або питоми об'єм затуляння, які визначаються як середні значення для залу чи споруди (при цьому сумарну площу чи об'єм затуляння треба ділити на різницю між загальною кількістю місць в залі і кількістю місць в першому ряді, оскільки для них затуляння не виникає) [28]. Можна також оцінювати зал або споруду за максимальними площею або об'ємом затуляння [28].

Покажемо на прикладі залу кінотеатру з плоским екраном і рядами в плані у вигляді концентричних кіл, як спрацьовують запропоновані критерії [28]. Координати очей глядачів кожного ряду розраховувалися за кривою найменшого підйому вздовж залу (вздовж осі X). Оскільки крива маківок глядачів будь-якого ряду утворює в просторі залу коло, то конус, вершиною якого є монокулярне око довільного глядача наступного ряду, а напрямною – згадане коло маківок глядачів попереднього ряду, буде конусом другого порядку (рис. 5.1). Отже, в перетині з площиною екрану отримаємо криві другого порядку (окрім кола).

Якщо вершина конуса лежить в площині $y = 0$, то крива другого порядку своєю нижньою вершиною буде дотикатися до нижньої кромки екрану в його середині – оскільки крива найменшого підйому розраховувалася саме в цій площині. В протилежних випадках крива буде перетинати пряму нижньої кромки у двох точках. Якщо обидві точки перетину потрапляють в межі екрану по



ширині, то площа затулювання буде складатися з двох частин, якщо ж тільки одна – з одної.

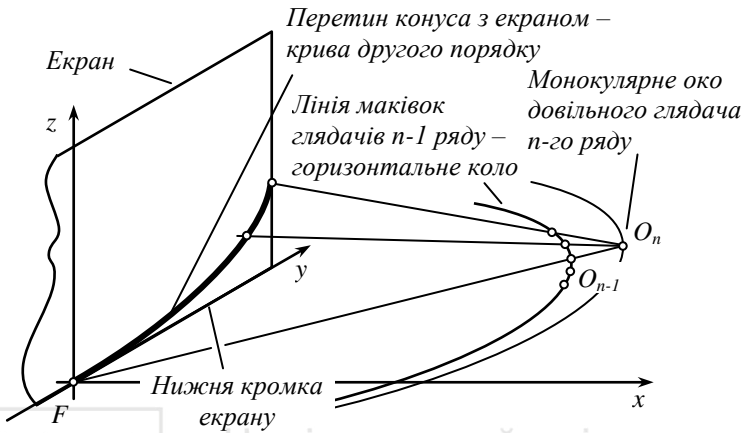


Рис. 5.1. До визначення площі затулювання кіноекрану глядачами попереднього ряду

На **рис. 5.2** показано випадок, коли тільки одна точка перетину потрапила в межі екрану (ширина екрану 27 м, вершина конуса – монокулярне око глядача, розміщеного на 105-му місці 15-го ряду, напрямна конуса – лінія маківок глядача 14-го ряду. Затулюється правий нижній кут екрану. Вертикальні лінії, що відповідають значенням абсциси +13,5 та -13,5 м, є боковими кромками екрану. На **рис. 5.3** показано аналогічний випадок для глядача на 75-му місці 15-го ряду, коли затулюється лівий нижній кут екрану. В обох випадках крива перетину конуса з екраном – еліпс.

В результаті розрахунку площі затулювання для всіх глядачів (29 рядів, в першому ряді 149 місць, в останньому – 225) отримана поверхня площі затулювання (**рис. 5.4**). Як видно з рисунку, площа затулювання для глядачів кожного ряду розподіляється нерівномірно. Для глядача, розміщеного посередині ряду вона мінімальна, потім суттєво зростає до максимуму і, нарешті, знову зменшується для глядачів крайніх місць ряду.

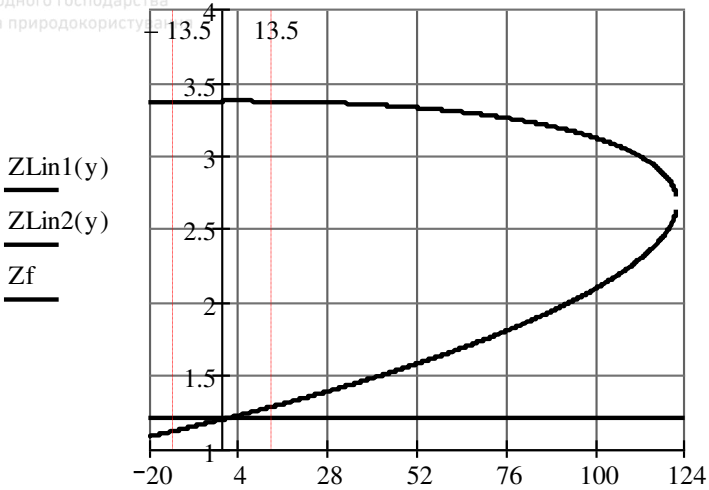


Рис. 5.2. Еліпс – перетин конуса з екраном та нижня кромка екрана на висоті від підлоги першого ряду 1,2 м (глядача на 105-місці 15-го ряду)

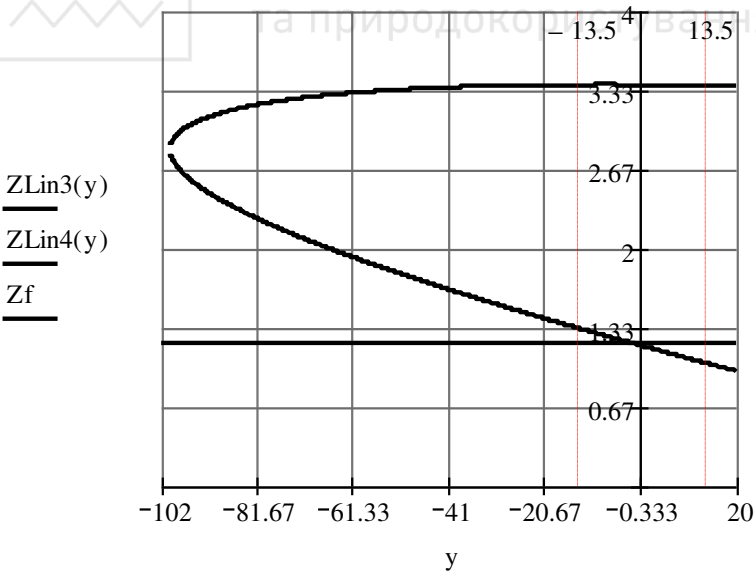
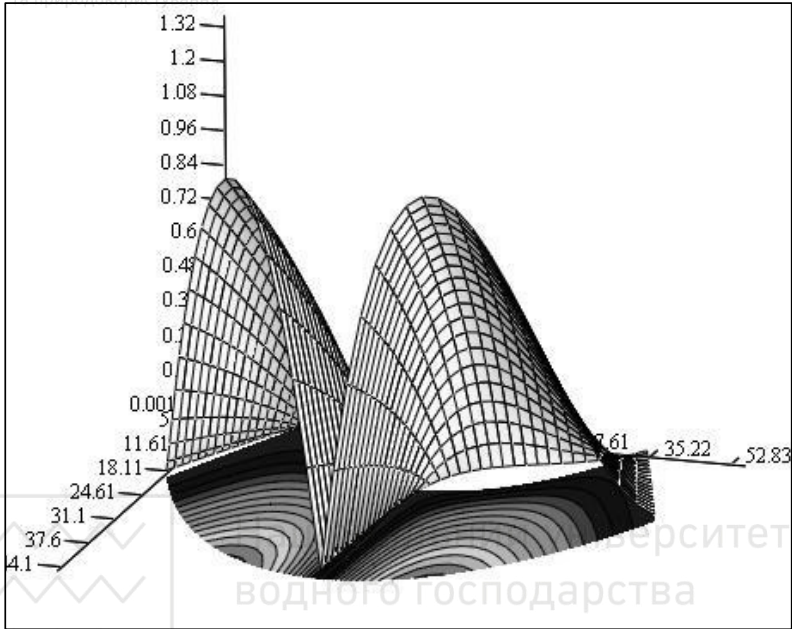


Рис. 5.3. Еліпс – перетин конуса з екраном та нижня кромка екрана на висоті від підлоги першого ряду 1,2 м (глядача на 75-місці 15-го ряду)



Pzr, Pzr

Рис. 5.4. Поверхня площі затуляння для всього залу

Мінімальне значення площі затуляння для глядачів середніх місць пояснюється тим, що еліпс перетину конуса з екраном має мінімальну кривину в своїй нижній вершині і, торкаючись до прямої нижньої кромки екрану, щільно до неї прилягає.

Максимальна площа затуляння для конкретного ряду залежить від його відстані до фокусної лінії. Для глядачів другого ряду вона незначна ($0,073 \text{ м}^2$ для глядачів на 49-му та 104-му місцях), для глядачів останнього – найбільша ($1,322 \text{ м}^2$ для глядачів на 73-му та 153-му місцях). На **рис. 5.5** показано залежність площі затуляння для глядачів останнього 29-го ряду від номера місця. З рисунку видно, що для глядачів крайніх місць ряду площа затуляння хоч і сильно зменшується, але не сягає нуля ($0,024 \text{ м}^2$). Зменшення площі затуляння для глядачів крайніх крісел пояснюється тим, що крива перетину конуса з площиною екрану поступово виходить за його бічні межі.



Число місць в залі – 5425. Умовно останні ряди продовжувалися до бічних границь зони місць для глядачів, тобто не бралася до уваги обрізка задніх рядів колом, що обмежує зону для глядачів позаду. З цієї причини число місць в залі занадто велике, як для кінотеатру. Сумарна площа затуляння для залу становила 2584 м^2 , а середня – $0,489 \text{ м}^2$ (в першому ряд 149 місць). Середня площа затуляння по рядах змінювалася від $0,0439 \text{ м}^2$ (другий ряд) до $0,787 \text{ м}^2$ (останній 29-й ряд), а максимальна площа затуляння – від $0,0732 \text{ м}^2$ до $1,3247 \text{ м}^2$. На **рис. 5.6** показано залежності середньої та максимальної площ затуляння від номера ряду.

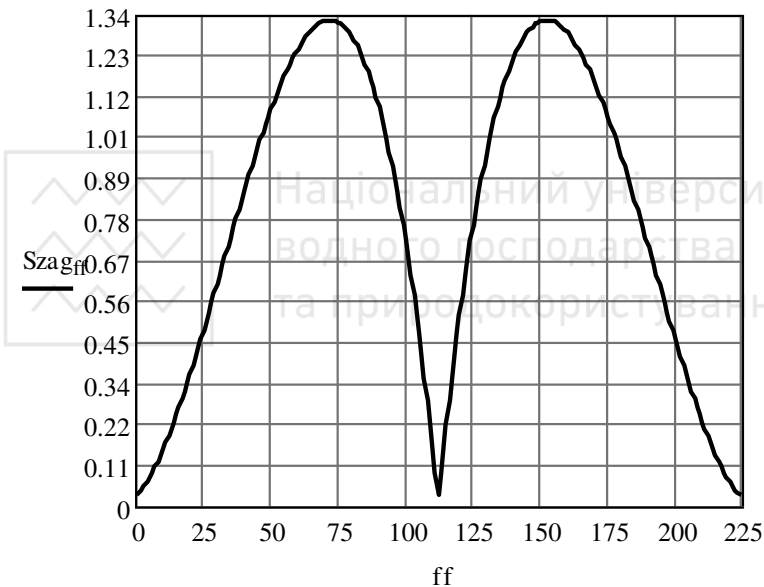


Рис. 5.5. Залежність площі затуляння від номера місця для останнього 29-го ряду

Якщо екран залишиться плоским, а ряди в плані стануть ламаними, то лінія маківок глядачів попереднього ряду буде ламаною (напрямна конуса), яка складатиметься з горизонтальних відрізків, і описаний вище в цьому параграфі конус перетвориться на бічну поверхню піраміди. Вона в перетині з екраном дасть ламану, що обмежуватиме площу затуляння зверху. Наприклад, для рядів в плані у вигляді двохланкових ламаних (точка злому



належить осі x) ламана перетину торкнеться точкою злому середини нижньої кромки екрану, а кути нахилу її двох ланок до горизонтальної кромки збільшуватимуться по мірі віддалення ряду від екрану (рис. 5.8). При цьому ламана перетину буде однаковою для всіх глядачів даного ряду, оскільки відповідні відрізки всіх ламаних маківок глядачів паралельні між собою. Тобто кожна пара паралельних відрізків суміжних рядів утворює площину, яка в перетині з площиною екрану дає одну з прямих, що обмежують площу затуляння зверху.

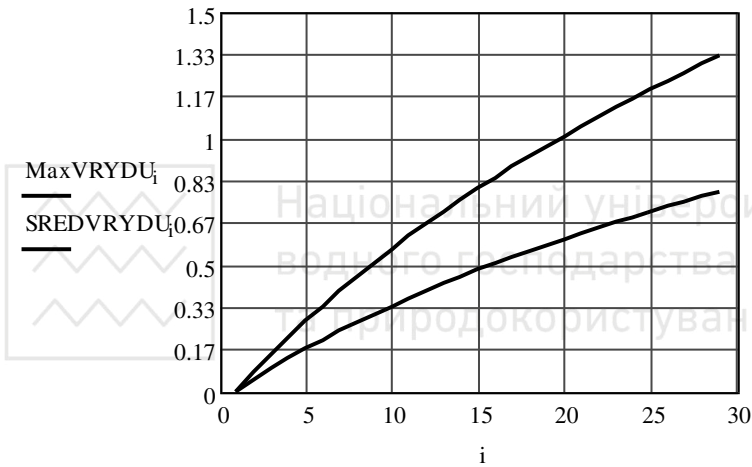


Рис. 5.6. Залежності максимальної (верхня крива) та середньої (нижня крива) площі затуляння від номеру ряду

Якщо ж екран стане циліндричним, а ряди в плані залишаться концентричними колами, то описаний вище конус другого порядку в перетині з циліндричним екраном утворить криву четвертого порядку, яка й обмежуватиме площу затуляння зверху.

Таким чином, моделювання фактичного затуляння потребує розробки досить складних комп'ютерних програм, зорієнтованих на конкретну ситуацію в залі або споруді (форма рядів в плані, форма об'єкта спостереження, форма зони місць для глядачів та наявність поперечних проходів).



5.2. АЛГОРИТМ РОЗРАХУНКУ ВИДИМОСТІ ЗА ТРИВИМІРНОЮ МОДЕЛЛЮ

Алгоритм розрахунку видимості за тривимірною моделлю розглянемо на прикладі кінотеатру з циліндричним екраном і рядами в плані у вигляді концентричних кіл. Як було показано в попередньому параграфі, розрахунок видимості за двовимірною моделлю призводить при такій формі рядів в плані до виникнення в залі фактичного затуляння.

На **рис. 5.7** показана зона місць для глядачів (у вигляді сектора), в якій виділені два ряди (кола рядів дотикаються до середин спинок крісел кожного ряду). Точки 1, 2, 3 – різні випадки можливого положення монокулярного ока глядача наступного ряду в плані.

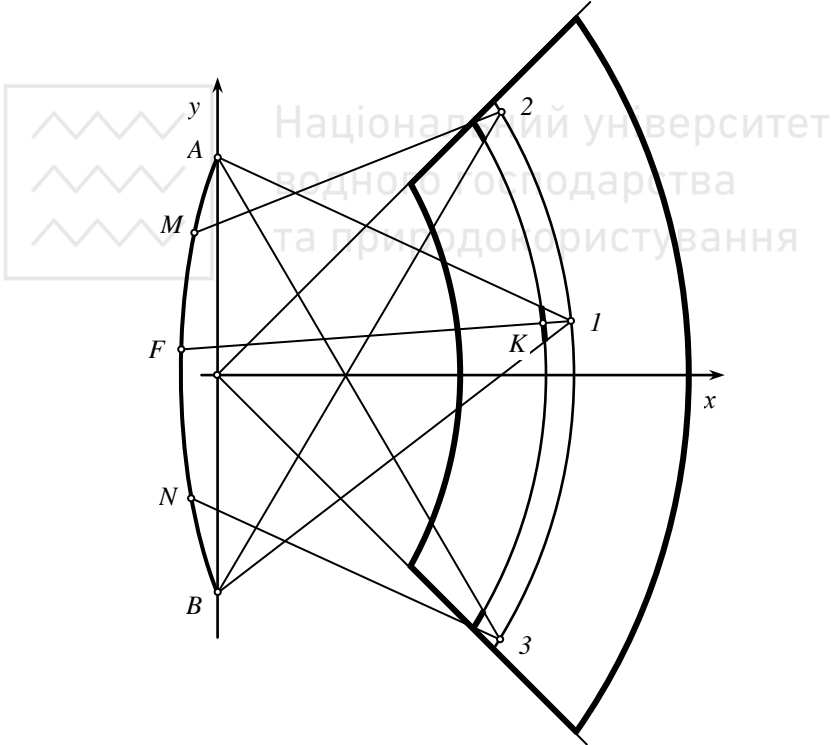


Рис. 5.7. До розрахунку аплікату очей глядачів



Вважатимемо, що координати (абсциси та ординати) очей глядачів в плані вже визначені.

Розрахунок аплікату очей глядачів починається з другого ряду, оскільки висота очей глядачів першого ряду над його підлогою відома і становить для всіх його глядачів 1,2 м. Алгоритм розрахунку складається з таких дій [46].

1. До визначених раніше висот очей глядачів попереднього ряду над рівнем підлоги першого ряду додається антропометричне перевищення C_0 (або перевищення променя зору, регламентоване нормами проектування для будівлі чи споруди даного призначення) і шляхом інтерполяції визначаються параметричні рівняння (параметр – кут, що відраховується в плані від осі X в напрямі осі Y) лінії маківок очей глядачів попереднього ряду.

2. Для розрахункової точки визначається робоча частина фокусної лінії. Для точки I – це вся нижня кромка екрану AB , а для точок 2 і 3 – її відрізки BM і AN , відповідно (рис. 5.9).

3. Відповідно до робочої частини фокусної лінії визначається відрізок лінії маківок глядачів попереднього ряду, який може затулювати цю частину. Відрізки в плані для точок $1, 2, 3$ виділені на колі попереднього ряду потовщеною лінією (рис. 5.9).

4. В межах отриманого відрізка береться довільна точка K і через неї і розрахункову точку проводиться вертикальна площина, яка в перетині з фокусною лінією дає точку F . В просторі пряма FK , перетинаючись з вертикальною прямою, що інцидентна точці I , визначає монокулярне око розрахункового глядача.

5. Далі розв'язується оптимізаційна задача визначення максимальної висоти (максимальної аплікати) монокулярного ока розрахункового глядача при однопараметричній множині положень точки K на відріжку лінії маківок глядачів попереднього ряду. Найвище з можливих положень ока і є остаточним.

6. Після визначення аплікату монокулярних очей всіх глядачів даного ряду він з наступного перетворюється на попередній і алгоритм повторюється для глядачів наступного ряду.

7. Рівень підлоги кожного місця (посередині спинки крісла) над рівнем підлоги першого ряду визначається як різниця між аплікатою ока глядача і висотою очей сидячого глядача h .



Реалізація цього алгоритму в середовищі MathCad для залу кінотеатру з конкретними параметрами дозволила отримати такі результати [46].

1. Висота очей глядачів спочатку поступово зростає, починаючи від середини ряду до його країв, а потім зменшується (рис. 5.8). При цьому максимальна різниця між висотами очей в межах останнього ряду, для якого вона максимальна, становила 0,166 м. Зважаючи на велику довжину ряду, такий перепад висот очей глядачів є незначним, і глядачі, рухаючись вздовж ряду, його (перепад) не відчуватимуть. Форма кривої очей глядачів кожного ряду узгоджується з результатами, отриманими в попередньому параграфі щодо зміни площі затуляння вздовж ряду, а саме – висота очей глядачів, розрахована за тривимірною моделлю, більша в тих місцях ряду, де більша площа затуляння для глядачів, положення очей яких розраховано за двовимірною моделлю.

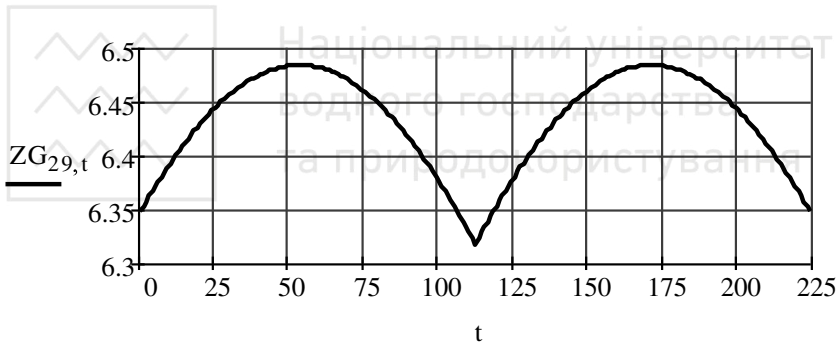


Рис. 5.8. Висота очей глядачів останнього (29-го) ряду над рівнем підлоги першого ряду залежно від номера місця t (всього в ряді 225 місць, $Z_F = 1,2$ м)

2. Висота очей глядача останнього ряду (над рівнем підлоги першого ряду), розрахована по кривій найменшого підйому вздовж осі X , становила 6,089 м, а висота очей глядача останнього ряду на 113-му місці (середина залу), розрахована за наведеним вище алгоритмом, становила 6,318 м, тобто на 0,229 м більше. Найбільша висота ока глядача останнього ряду – 6,483 м.

3. Форма лінії очей глядачів 2-го і наступних декількох рядів суттєво залежить від висоти фокусної лінії Z_F над рівнем підлоги



першого ряду. Якщо $Z_F \leq h$, то висота очей змінюється за таким же принципом, як і для глядачів останнього ряду (рис. 5.8). В протилежному випадку лінія очей глядачів вигинається вниз (рис. 5.9, $Z_F = 1,6$ м, шостий ряд), а загальна висота підйому поверхні очей зменшується (висота очей глядача останнього ряду на 113-му місці становила 5,765 м, а не 6,318 м, як це було при $Z_F = 1,2$ м).

4. Хоча перепад рівня підлоги в межах ряду є незначним, він може викликати конструктивні і технологічні труднощі при будівництві. Тому можна приймати рівень підлоги в межах ряду сталим і рівним максимальній висоті для даного ряду. Комп'ютерне моделювання показало, що в такому випадку затуляння не виникає, а глядачі, розміщені біля середини і країв ряду, будуть бачити об'єкт спостереження з "запасом", тобто – нижче нижньої кромки екрану.

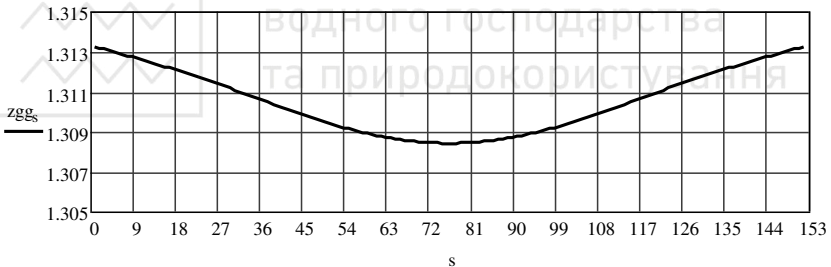


Рис. 5.9. Висота очей глядачів шостого ряду над рівнем підлоги першого ряду залежно від номера місця S ($Z_F = 1,6$ м)

Таким чином, моделювання видимості за тривимірною моделлю, як і фактичного затуляння в залі чи споруді, потребує розробки доволі складних комп'ютерних програм, зорієнтованих на конкретну ситуацію в залі чи споруді (форма рядів в плані, форма об'єкта спостереження, форма зони місць для глядачів та наявність поперечних проходів).



Контрольні запитання

1. Чому виникає затуляння в залах і спорудах, якщо видимість проектується за двовимірною моделлю?
2. З якою метою проводиться оцінка фактичного затуляння в залі або споруді?
3. Назвіть критерію оцінки фактичного затуляння для залів і споруд різного призначення.
4. Як розподіляється площа затуляння вздовж ряду і по рядах?
5. Опишіть алгоритм розрахунку видимості за тривимірною моделлю на прикладі залу кінотеатру з циліндричним екраном і рядами в плані у вигляді концентричних кіл.
6. Як впливає висота фокусної лінії на форму лінії очей глядачів передніх рядів?





6. ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ВИДИМОСТІ В БУДІВЛЯХ І СПОРУДАХ РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

6.1. КУЛЬТУРНО-ВИДОВИЩНІ БУДІВЛІ

6.1.1. КІНОТЕАТРИ, КЛУБИ, ТЕАТРИ

Місця для глядачів в залах кінотеатрів, клубів і театрів слід проектувати в межах зони розміщення глядачів за **рис. 6.1-6.3** [13, 21]. Параметри зони розміщення місць для глядачів в кінотеатрах пов'язані із габаритами і типом кіноекрану та можливостями проєкційної апаратури [13, 21]. Граничну відстань по осі залу D від кіноекрану слід призначати для кінотеатрів цілорічної роботи не більше 45 м, сезонної роботи – не більше 60 м; для клубів з естрадами при місткості залу: 700 місць і менше – 31 м, більше 700 місць – 43 м; для театрів: драматичних і музично-драматичних – 25 м, музичної комедії – 29 м, опери та балету – 31 м. В **таблиці 6.1** наведено вимоги до параметрів кіноекрану і залу для глядачів при обладнанні кіноустановками (позначення параметрів – на **рис. 6.1-6.4**).

Таблиця 6.1

**Вимоги до параметрів кіноекрану і залу для глядачів
при обладнання кіноустановками**

Позначення параметра	Параметр	Величина параметра	Додаткові вказівки
1	2	3	4
	Ширина робочого поля кіноекрану (криволінійного – за хордою), м:		Співвідношення висоти і ширини робочого поля екрану слід призначати:
$Ш_{\phi}$	широкоформатного	$0,6 D_{з}^*$	1:2,2



1	2	3	4
$\text{Ш}_{\text{ш}}$	широкого	0,43 Д_3^*	1:2,35
$\text{Ш}_{\text{к}}$	кашетованого	0,34 Д_3^*	1:1,66
Ш_3	звичайного	0,25 Д_3^*	1:1,37
Відстань від екрану до спинки сидіння першого ряду (по осі залу, м) при кіноекрані:			Радіус кривини кіноекрану слід призначати не менше Д_3 . При широкоекранній проекції на дифузний екран, а також в клубах слід проектувати плоский
Γ_{ϕ}	Широкоформатному	Не менше 0,6 Ш_{ϕ}	
$\Gamma_{\text{ш}}$	Широкому	Не менше 0,84 $\text{Ш}_{\text{ш}}$	
Γ_3	Звичайному	Не менше 1,44 Ш_3	
П	Проекційна відстань	Не менше 0,85 Д_3	
Кут відхилення оптичної осі кінопроектора від нормалі в центрі кіноекрану:			При проектуванні клубів і театрів допускається призначати не більше 9°
φ_2	у горизонтальній площині	Не більше 7°	
	у вертикальній площині при проекції:		
$\varphi_в$	згори вниз	Не більше 8°	
$\varphi_{\text{н}}$	знизу вгору	Не більше 3°	



1	2	3	4
Заекраний простір, м:			
Т	широкоформатного кіноекрану	1,5	При одно канальному відтворенні звуку і розміщенні гучномовця по сторонах кіноекрану допускається $T=0,1$ м
	широкого кіноекрану	0,9	

Примітки. D_3 – розрахункова довжина залу для глядачів (по осі залу від екрану до спинки сидіння останнього ряду), м.

Ширину екрану слід уточнювати за найближчою фокусною відстанню об'єктиву кінопроектора.

* При проектуванні кінотеатрів сезонної роботи, а також клубів і театрів, допускається призначати величину параметрів, м, не менше: $Ш_\phi - 0,54 D_3$, $Ш_{ш} - 0,39 D_3$, $Ш_к - 0,3 D_3$, $Ш_3 - 0,22 D_3$.

На **рис. 6.2**, якщо проектується естрада без порталу, границя розміщення місць для глядачів у плані проходить під кутом 60° до осі залу з вершиною на задній стіні естради. На розрізі глядачів можна розміщувати в межах кута 45° , який проводять до рівня планшета естради з вершиною на її передній границі. Якщо проектується естрада з порталом, то границя розміщення місць для глядачів у плані проходить через границі порталу під кутом, вершина якого лежить по осі залу на відстані, що дорівнює глибини естради. На розрізі – так само, як у залі з естрадою без порталу.

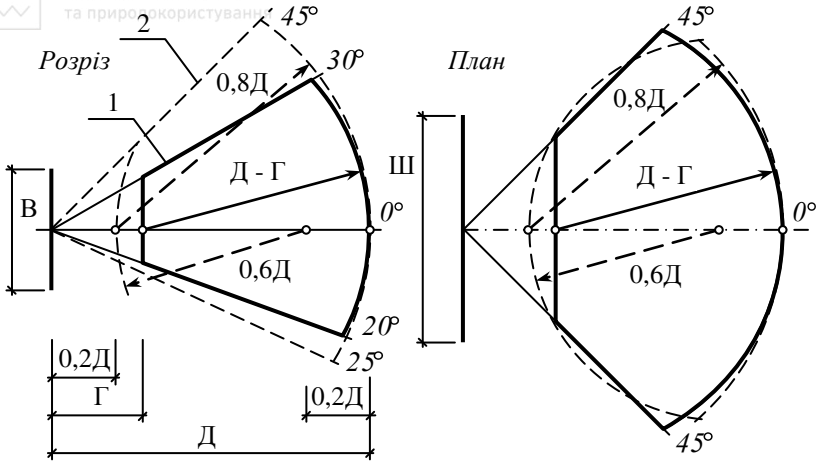


Рис. 6. 1. Зона розташування глядачів перед кіноекраном:
1 – для кінотеатрів, 2 – для клубів

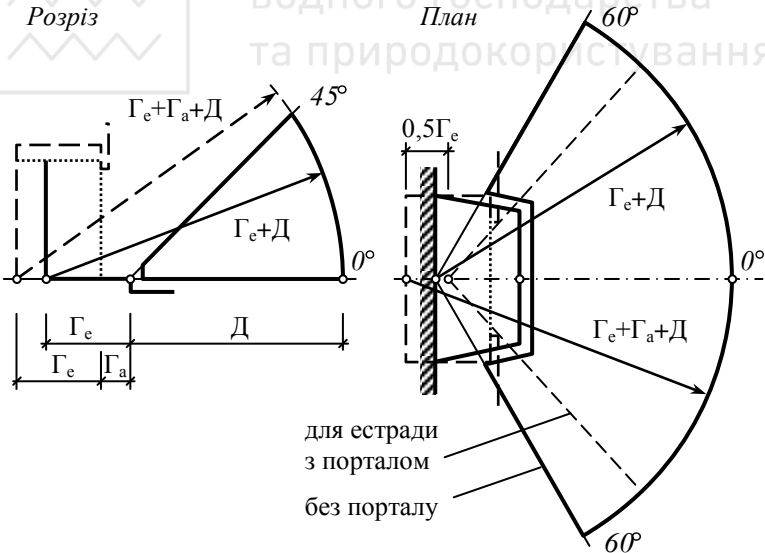


Рис. 6.2. Зона розташування глядачів перед естрадою: Γ_a – глибина авансцени, Γ_e – глибина естради



На **рис. 6.3** лінія, що обмежує зону розміщення місць для глядачів на плані, проходить через границі порталу під кутом, вершина якого лежить по осі залу на відстані 1 м від задньої стіни сцени. На розрізі глядачів розміщують в межах кута 40° , який проводять до рівня сцени, з вершиною на передній границі авансцени.

Екран розміщують в глибині сцени в межах необхідної зони видимості кіноекрану.

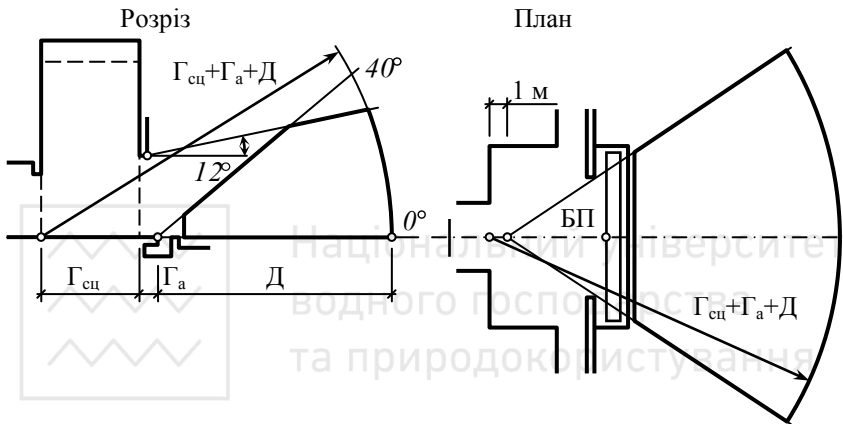


Рис. 6.3. Зона розташування глядачів перед сценою:

Γ_a – глибина авансцени, $\Gamma_{сц}$ – глибина сцени, БП – будівельний портал

Глибини естради, сцени та авансцени наведено в **таблиці 6.2**.

Рівень очей сидячого глядача слід призначати на висоті 1,2 м від рівня підлоги, а перевищення променя зору, спрямованого на розрахункову точку спостереження, над рівнем сидячого попереду глядача – 0,12-0,14 м. Розрахункову точку спостереження слід призначати на нижній кромці робочого поля екрану F_1 (**рис. 6.5**). Положення нижньої кромки екрану відносно рівня підлоги глядачів першого ряду пов'язане з граничним відхиленням по вертикалі оптичної осі кінопроектора від нормалі в центрі екрану (**табл. 6.1**) і складає зазвичай у широкоформатних кінотеатрах не більше 2 м, а у широкоекранних – не більше 2,5 м. При проектуванні клубних і театральних залів допускається призначати розрахункові точки



спостереження F_1 та F_2 (рис. 6.5). Якщо в залі передбачається балкон, то підйом міць на балконі приймається за похилою прямою.

Таблиця 6.2

Глибини естради, сцени та авансцени

Позначення параметра	Параметр	Величина параметра, м	Додаткові вказівки
1	2	3	4
Γ_e	Глибина естради	6 7,5 9 12, 15	Для залу на 100-200 місць Для залу на 200-300 місць Для залу на 300-500 місць Для залу на 500-700 місць
$\Gamma_{си}$	Глибина сцени	7,5 9,12,15	Для залу на 500-700 місць Для залу на 700-1000 місць
Γ_a	Глибина авансцени	1,5 1,8	Для залу на 100-700 місць Для залу на 700-1000 місць

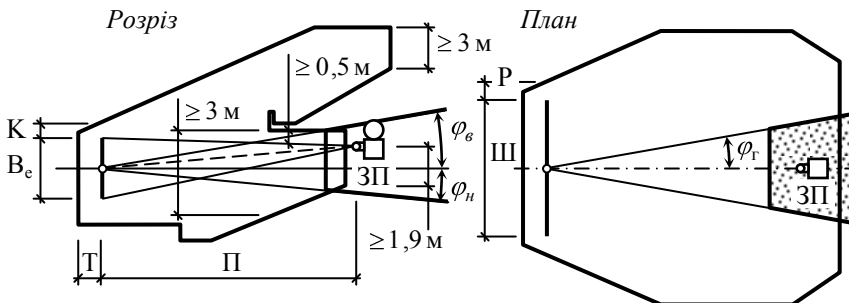


Рис. 6.4. Обладнання залу для глядачів кінопроекцією: ЗП – зона розміщення об'єктивів кінопроекторів

Ширину крісел (між осями билець) слід призначати не менше 0,52 м, ширину стільців і лавок – не менше 0,45 м. Глибина крісел, стільців і лавок повинна забезпечувати ширину проходів між рядами не менше 0,45 м. Відстань між спинками крісел суміжних



рядів (глибину ряду) слід призначати не менше 0,9 м, а між спинками стільців і лавок – відповідно не менше 0,85 та 0,8 м. Кількість неперервно встановлених місць в ряду слід призначати: при одnobічному виході з ряду – не більше 26, при двобічному – не більше 50.

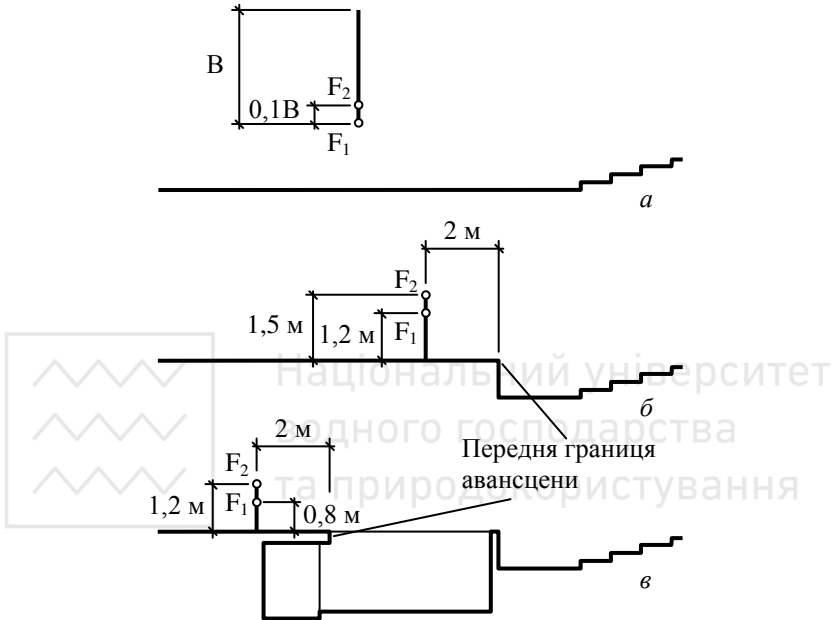


Рис. 6.5. Положення розрахункових точок спостереження: а – кіноекран; б – естрада; в – сцена; В – висота робочого поля кіноекрану

Відстань між передньою границею естради (сцени, авансцени або бар'єру оркестрової ями) і спинками сидінь першого ряду місць для глядачів слід призначати не менше 1,5 м, а в залах місткістю до 300 місць – не менше 1,2 м.

Висоту рівня планшету естради (сцени, авансцени) над рівнем підлоги першого ряду місць для глядачів слід передбачати не більше 1 м, а в залах місткістю до 500 місць – не більше 0,8 м (з горизонтальною підлогою – 1,1 м).

Ухил підлоги (пандуса) в залі повинен бути не більше 1:7. При влаштуванні у проходах сходинок висоту присхідців слід призначати не більше 0,2 м.



6.1.2. ТЕАТРИ ЮНОГО ГЛЯДАЧА

В [59] пропонуються два типи сцен А і Б для театрів юного глядача (рис. 6.6, рис. 6.7) як такі, що в значній мірі відповідають широким постановочним можливостям. Вони відрізняються глибиною просцениуму і сцени, ступенем оснащення просцениуму, розміщенням протипожежної завіси.

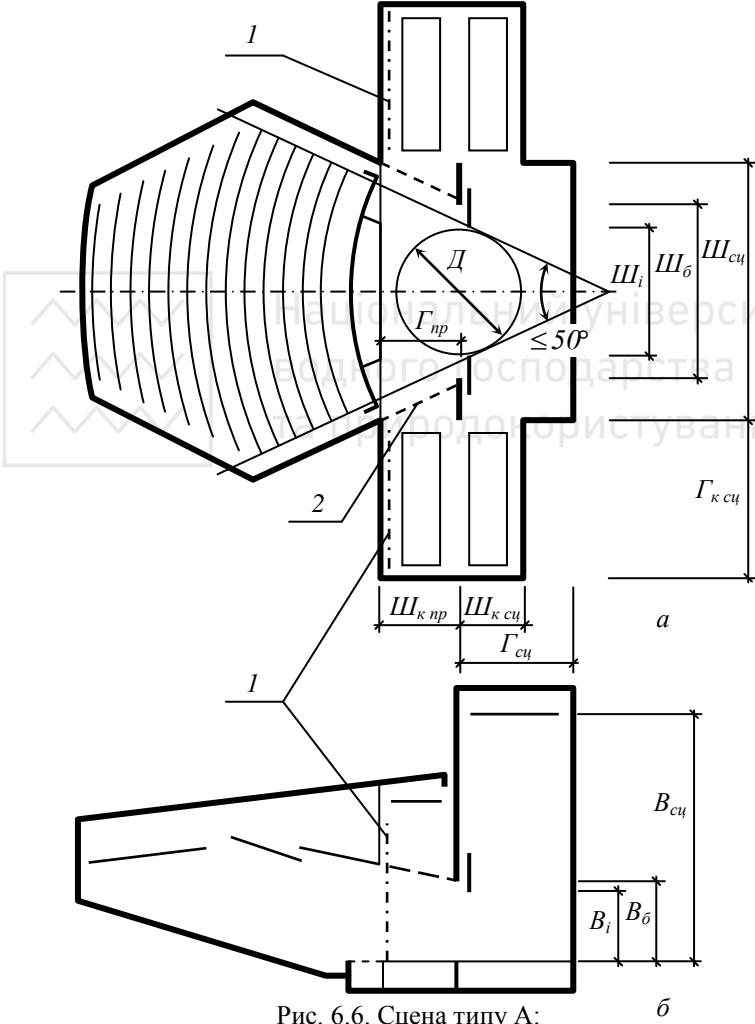


Рис. 6.6. Сцена типу А:

1 – протипожежна завіса, 2 – елементи, що трансформуються



В таблиці 6.3 наведено рекомендовані [59] розміри приміщень та основних елементів сцени. З деякими з них пов'язане визначення границь зони розміщення місць для глядачів.

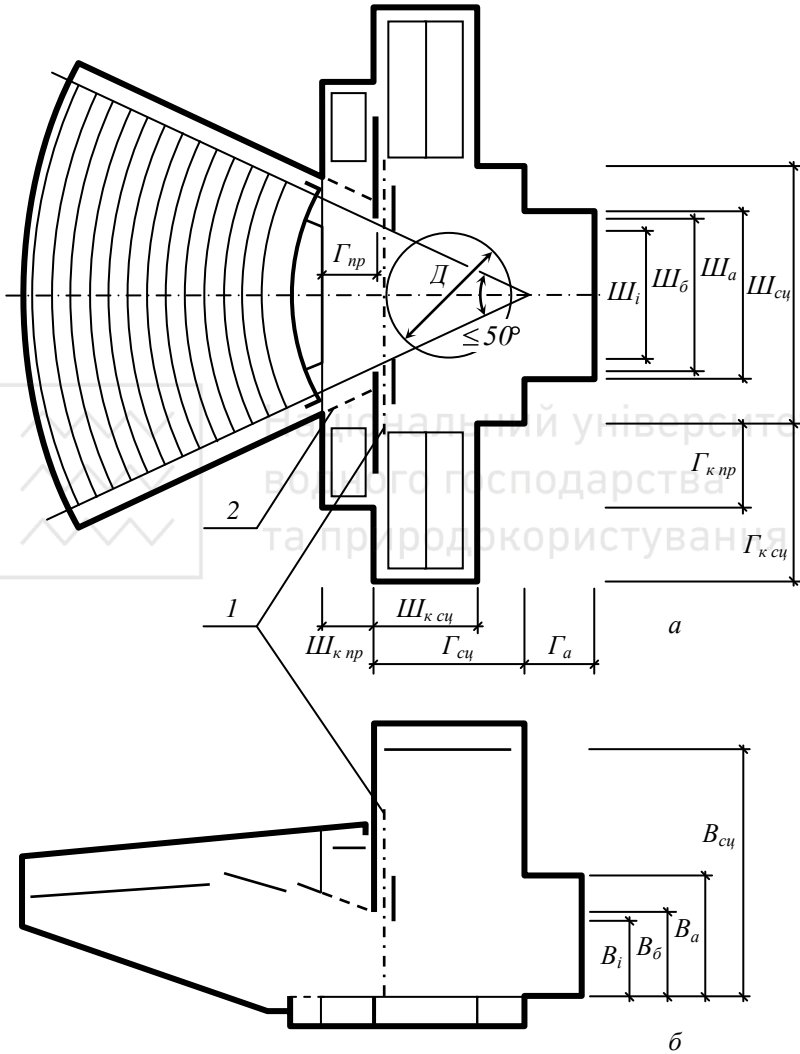


Рис. 6.7. Сцена типу Б:
1 – протипожежна завіса, 2 – елементи, що трансформуються



Таблиця 6.3

Рекомендовані розміри приміщень та основних елементів сцени

Умовні позначення	Назва параметра	Розрахункова формула або значення параметрів, м		Примітки
		сцена типу А	сцена типу Б	
1	2	3	4	5
$Ш_i$	Ширина ігрового порталу для залів місткістю, місць: - 600-800 - 800-1000	10 12		
$В_i$	Висота ігрового порталу	$0,6Ш_i$	$0,55Ш_i$	
$Ш_б$	Ширина будівельного порталу	$Ш_i + 3$		
$В_б$	Висота будівельного порталу	$В_i + 1$		
$Ш_{дек}$	Ширина підвісної декорації	$1,4 Ш_i$		



1	2	3	4	5
$Ш_{бг}$	Ширина бічних галерей сцени на приводах: - електричних - ручних	2,5 – 2,8 1,5 – 2		Можлива інша ширина галерей або розміщення приводів для підйому декорацій при відповідному обґрунтуванні. Першу галерею розміщують на 0,5 м вище за верх прорізу ар'єр-сцени (або на 1,5-2 м вище за будівельний портал без ар'єр-сцени)
$Ш_{сц}$	Ширина сцени	$(1,4 Ш_i + 2) + 5 \div 6$		
Д	Діаметр круга	$Ш_i$		У сценах типу Б можливе зменшення Д на 0,5-1 м при ігровому порталі 10 м
$\Gamma_{сц}$	Глибина сцени	$\Gamma_{сц} \geq 9$ $\Gamma_{сц} < 12$	$Ш_i + 2 \div 3$	В сценах типу А при крузі слід, а без круга рекомендується встановлювати проти пожежну завісу по границі просценіуму
$\Gamma_{пр}$	Глибина просценіуму	(0,5-0,7) $\Gamma_{сц}$	(0,25- 0,3) $\Gamma_{сц}$	
$\Gamma_{сц} + \Gamma_{пр}$	Глибина сцени + глибина просценіуму	$Ш_i + 3 \div 5$	-	
$B_{сц}$	Висота сцени (до колосників)	$2 B_{\delta} + 6$	$2 B_{\delta} + 7$	



1	2	3	4	5
V_k	Висота надколосникового простору (до низу покриття над сценою)	1,9		
$\Gamma_{кцц}$	Глибина кишені сцени	$\text{Ш}_i + 2 \div 3$		
$\text{Ш}_{кцц}$	Ширина кишені сцени	$0,75 \text{Ш}_i$		
$V_{кцц}$	Висота кишені сцени	$V_i + 2$		
$V_{прк}$	Висота прорізу кишені на сцену	$V_i + 1,5$		
$\Gamma_{кпр}$	Глибина кишені просценіуму для завіси перед просценіумом чи будь-якої конструкції в порталі сцени	$0,5 \Gamma_{кцц} + 1$		
$\text{Ш}_{кпр}$	Ширина кишені просценіуму	$\Gamma_{пр} + 1$		
Γ_a	Глибина ар'єрсцени: - при стаціонарному крузі - при крузі, що переміщується в ар'єрсцену	6 $\text{Ш}_i + 2$		
Ш_a	Ширина ар'єрсцени	$1,4 \text{Ш}_i + 1$		
V_a	Висота ар'єрсцени	$1,4 V_i + 2 \div 3$		
$V_{пра}$	Висота прорізу ар'єрсцени	$1,4 V_i$		



1	2	3	4	5
$Ш_{пра}$	Ширина прорізу ар'єрсцени	$1,4 Ш_i$		
B_z	Висота між бічними робочими галереями	$B_z \geq 2,5$		
$Ш_{зг}$	Ширина задньої галереї сцени	0,9		
$Ш_{лм}$	Ширина перехідних містків між бічними галереями сцени	$Ш_{лм} \geq 0,6$		

Рекомендовані [59] розрахункові параметри границь зони розміщення місць для глядачів наведено в **таблиці 6.4**. Для згуртування дитячої аудиторії зону місць для дітей рекомендується проектувати просторово об'єднаною. Місця для дорослих глядачів (10-20% від загальної місткості залу) бажано розміщувати позаду або по боках зони місць для дітей. Для фізично неповноцінних дітей влаштовують спеціальні ложі (місця) у найнижчій частині залу.

Таблиця 6.4
Параметри границь зони розміщення місць для глядачів

Назва параметра	Значення параметра	Примітки
1	2	3
Віддаленість останнього ряду, м	≤ 24 Бажано зменшення на 2 – 3 м. Для сцен типу Б віддаленість останнього ряду + глибина просценіуму не повинні перевищувати 27 м	Від найближчої до глядачів точки просценіуму



1	2	3
Горизонтальний обмежуючий кут розміщення місць для глядачів в плані, град.	≤ 50	Утворюється променями, проведеними через бічні границі розрахункового ігрового порталу
Вертикальний обмежуючий кут розміщення місць для глядачів, град.: - для найближчих до сцени бічних місць - по осі залу	≤ 40 ≤ 26	Вершина обмежуючого кута розміщується на найближчій до глядачів точці просценіуму

Розрахункові параметри для розміщення місць для глядачів по висоті наведено [59] в **таблиці 6.5.**

Рекомендуються такі розміри крісел в залі: ширина (між осями билець) – 0,48 м, глибина – 0,36-0,38 м, висота – 0,38-0,40 м. Сидіння і спинки крісел повинні бути напівм'якими. Відкидні сидіння не рекомендуються. При неможливості надати підлозі необхідний ухил бажані крісла без билець. Кількість неперервно встановлених місць в ряду слід призначати: при однобічному виході з ряду – не більше 26, при двобічному – не більше 50. Бажане планування з короткими рядами і шаховим розміщенням місць.

Ширину проходів в залі рекомендується призначати не менше 1 м і не більше 2,4 м. Ширина ігрових проходів – не менше 1,5 м, Ухил підлоги у проходах допускається не більше 1:7. При влаштуванні проходів із сходинок висота присхідців – не більше 0,15 м.



Розрахункові параметри для розміщення глядачів по висоті

Назва параметра	Значення параметра, м
1	2
Висота від підлоги до рівня очей сидячого глядача	1,0
Перевищення променя зору глядача над рівнем очей сидячого попереду	$\geq 0,09$
Висота від підлоги першого ряду до планшету сцени	$\leq 0,9$
Глибина першого ряду місць	1,5

Примітки:

- розрахункова точка спостереження (фокусна точка), на яку спрямовуються промені зору, розміщується на найближчій до глядачів точці просценіуму;
- висота від підлоги останнього ряду до розташованої вище конструкції повинна бути не менше 2,5 м.

Рекомендуються такі розміри оркестрової ями: найбільша ширина – 3 м, глибина – 2,1- 2,4 м. Нависання просценіуму – не більше 1/3 ширини оркестрової ями.

6.1.3. ТЕАТРИ ЛЯЛЬОК

Рекомендації щодо залів для глядачів стосуються спеціалізованих залежно від техніки ляльководіння театрів ляльок (з верхніми ляльками, що управляються знизу, або з нижніми ляльками, що управляються зверху), а також – театру тіней. В [59] наводяться два типи сцен: для театрів з верхніми ляльками (**рис. 6.8**) і театрів з нижніми (маріонетки) ляльками (**рис. 6.9**).

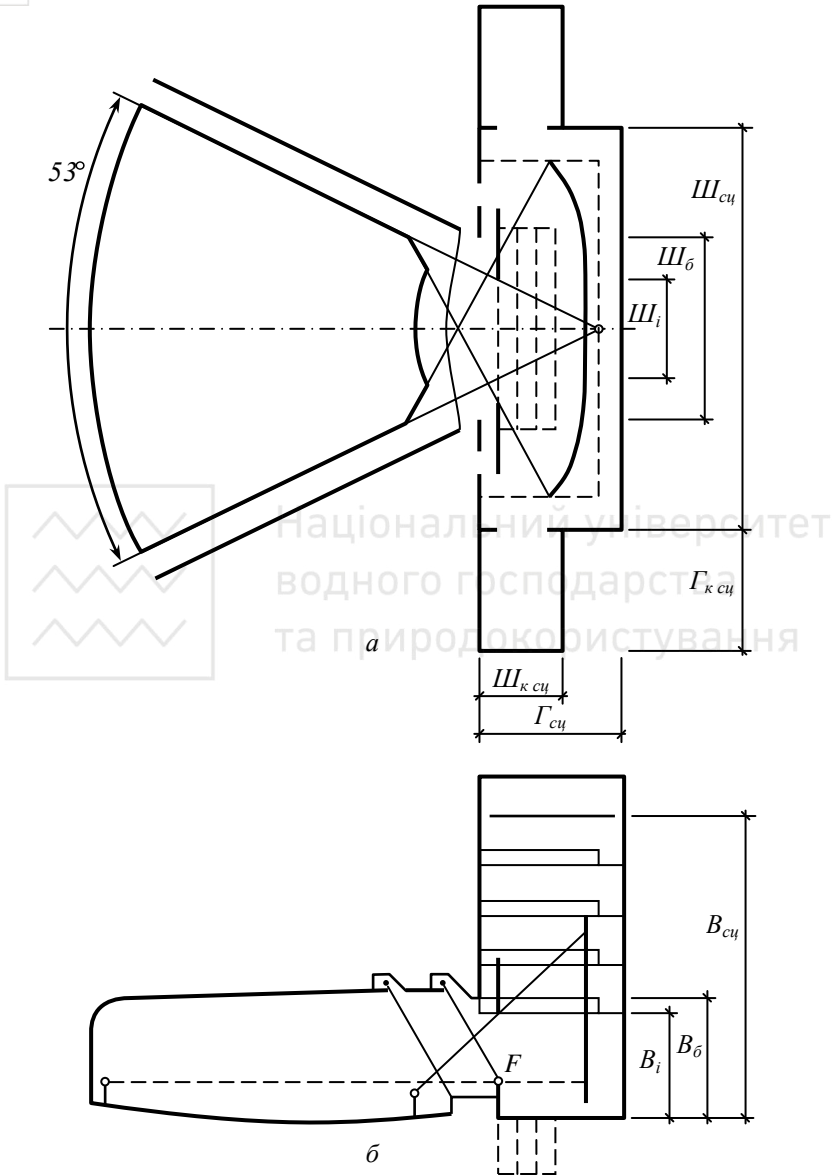


Рис. 6.8. Сцена із верхніми ляльками

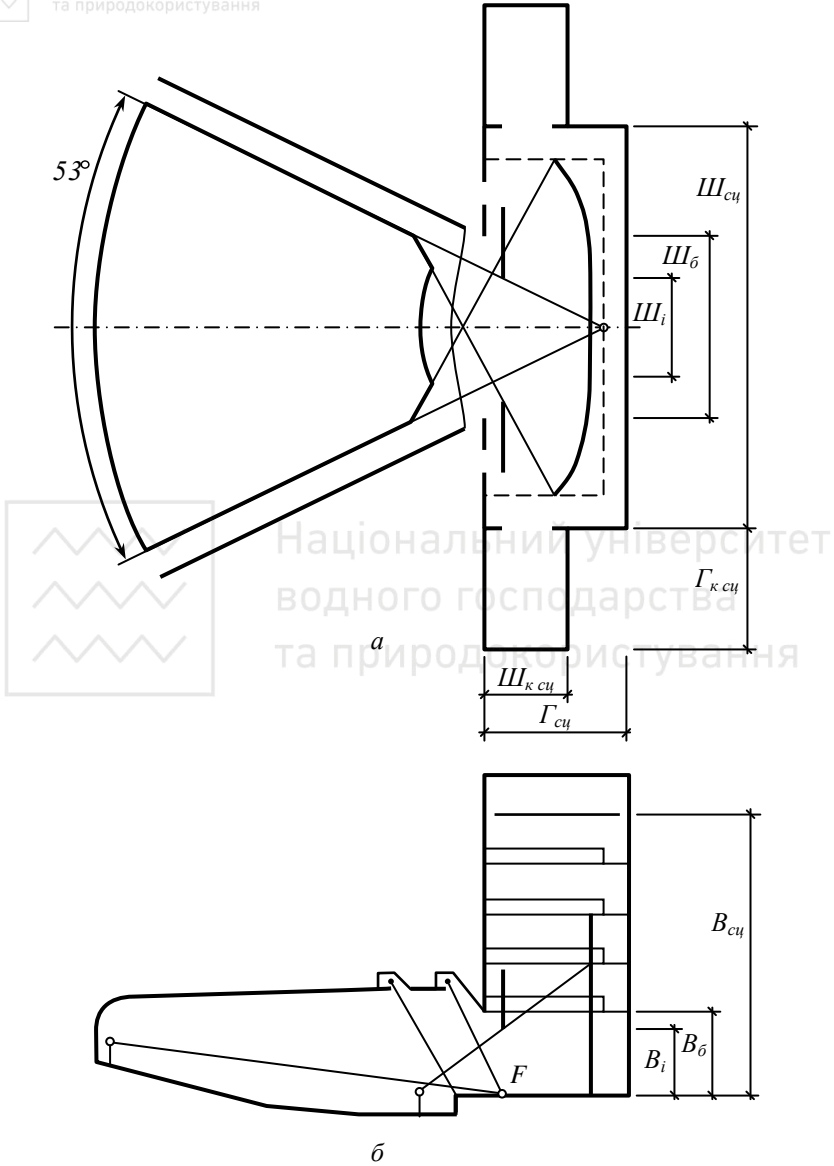


Рис. 6.9. Сцена із нижніми ляльками



Розміри сцени та її основних параметрів наведено в таблиці 6.6. Деякі з них впливають на визначення границь зони розміщення місць для глядачів.

Таблиця 6.6

Рекомендовані розміри приміщень та основних елементів сцени

Умовні позначення	Назва параметра	Значення параметра	
		Для залу місткістю 200-300 місць	Для залу місткістю 300-500 місць
1	2	3	4
$Ш_i$	Ширина ігрового порталу сцени, м	4 – 6 (розрахунковий 4)	5 – 7 (розрахунковий 5)
$В_i$	Висота ігрового порталу сцени, м	3,6(2,5) – 4,6(3,2)	4(2,8) – 5(3,5)
$Ш_б$	Ширина будівельного порталу сцени, м	8	9
$В_б$	Висота будівельного порталу сцени, м	5(4)	6(4,5)
$Ш_{сц}$	Ширина сцени, м	18	20
$Г_{сц}$	Глибина сцени, м	7	7
$В_{сц}$	Висота сцени до колосників, м	13,5(12,5)	15(14)
-	Площа сцени, м ²	126	140
$Ш_{кцц}$	Ширина кишені сцени, м	4	4
$Г_{кцц}$	Глибина кишені сцени, м	5	6
$В_{кцц}$	Висота кишені сцени, м	5(4)	6(4,5)
-	Розміри прорізу кишені на сцену, м	2,5 x 4,5 (2,5 x 3,5)	2,5 x 5,5 (2,5 x 4)
-	Число робочих галерей	4	4

Примітки. 1. Розміри наведено у світлі.



2. В кишенях сцени передбачається місце для зберігання збірних або стаціонарно-пересувних конструкцій-містків (троп) для нижнього ляльководіння та іншого інвентарного приладдя.

3. Розміри у дужках наведено для театру з нижніми ляльками.

Розрахункові параметри залу для глядачів наведено в таблиці 6.7 і частково показано на рис. 6.10.

Таблиця 6.7

Розрахункові параметри залу для глядачів

№ з/п	Назва параметра	Значення параметра для театрів з		Примітки
		верхніми ляльками	нижніми ляльками	
1	2	3	4	5
1	Віддаленість останнього ряду, м	≤ 20		Вимірюється від червоної лінії сцени (лінії перетину внутрішньої грані ігрового порталу з площиною планшета сцени)
2	Горизонтальний обмежувачий кут розміщення місць для глядачів у плані, град	≤ 53		Утворюється променями, проведеними через бічні границі розрахункового ігрового порталу
3	Перевищення променя зору глядача над рівнем очей сидячого попереду, м	$\geq 0,06$	$\geq 0,1$	В театрі з верхніми ляльками промінь спрямовується на грядку (верхня грань ширми першого плану); в театрі з нижніми ляльками – на червону лінію сцени



1	2	3	4	5
4	Рівень підлоги, м - першого ряду; - останнього ряду	Визначається висотою очей сидячого глядача першого ряду і ухилом променя зору на грядку ($\leq 15\%$) Визначається висотою очей сидячого глядача останнього ряду і променем зору, спрямованим на грядку по горизонталі	Дивись п. 5 Визначається розрахунком	
5	Висота від підлоги першого ряду до підлоги просценіуму, м	0,8 – 1,0		Визначається висотою очей глядача першого ряду. В театрі з нижніми ляльками рівень просценіуму збігається з рівнем планшету сцени
6	Глибина просценіуму по осі залу, м	$\geq 2,5$		Вимірюється від червоної лінії



1	2	3	4	5
7	Відстань від краю просценіуму до передньої кромки сидіння першого ряду, м	$\geq 1,5$		
8	Висота ширми першого плану (грядки), м	1,75±0,1		Вимірюється від планшету сцени. Ширма першого плану розміщується у площині внутрішньої грані ігрового порталу
9	Висота від підлоги до рівня очей сидячого глядача першого ряду, м: - діти - дорослі - діти і дорослі	0,9 1,15 1,0		
10	Висота від підлоги до рівня очей сидячого глядача останнього ряду, м Для театру з верхніми ляльками	1,2		В театрі з нижніми ляльками висота очей глядача над рівнем підлоги береться постійною (див. п. 9)
11	Довжина першо-го ряду місць, м: при розрахунковому порталі 4 м 5 м	≤ 5 ≤ 6		

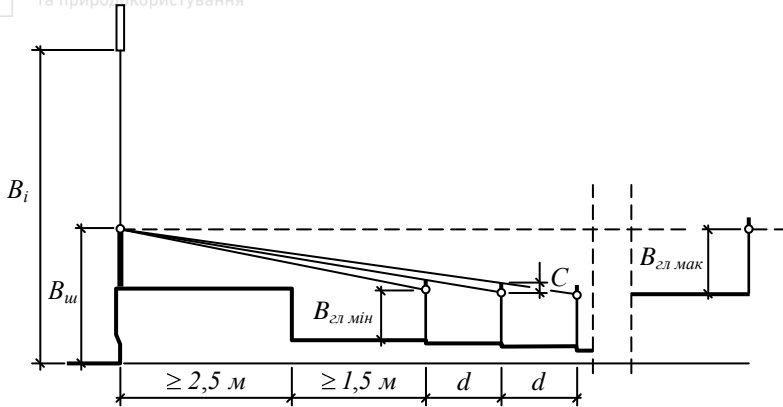


Рис. 6.10. Умови видимості у театрах з верхніми ляльками:

$B_{гл.мін}$ і $B_{гл.мак}$ – мінімальна і максимальна висота сидячого глядача;

$B_{ш}$ – висота ширми; C – перевищення променя зору;

B_i – висота ігрового порталу

В театрах з верхніми ляльками балкони для глядачів не влаштовують; місця можна розмішувати на криволінійній або ламаній поверхні. Бажане влаштування східчастої підлоги, побудованої за ламаною найменшого підйому.

Висота від підлоги останнього ряду до розташованої вище конструкції повинна бути не менше 2,5 м.

У залі для глядачів театру ляльок, призначеного тільки для дітей, місця для дорослих глядачів (до 20% загальної місткості) рекомендується розмішувати позаду або по боках місць для дітей. Розміри крісел або лавок у залі для глядачів наведено у **таблиці 6.8**.

Рекомендується шахове розміщення місць і, зважаючи на специфіку театру ляльок (необхідність максимального наближення глядача до видовища), – крісла з відкидними сидіннями. Прохід у ряді при відкинутому сидінні: для дітей – 0,45 м, для дорослих і змішаної аудиторії – 0,50 м. Кількість місць, що встановлюються у ряді неперервно, слід призначати: при однобічному виході з ряду – не більше 26, при двобічному – не більше 50.



Розміри крісел або лавок у залі для глядачів

Призначення залу	Ширина крісла або лавки, м	Глибина крісла або лавки, м	Висота крісла або лавки, м
1	2	3	4
Для дорослих і дітей	0,5	0,4	0,42
Тільки для дітей	0,47	0,36	0,4
Тільки для дорослих	0,5	0,42	0,45

Наявність оркестру і кількість музикантів визначаються завданням на проектування. Оркестр рекомендується розміщувати під підлогою стаціонарного просценіуму. Площа на одного музиканта $1,2 \text{ м}^2$, ширина приміщення оркестру по осі залу – не менше 2,5 м, висота – не менше 2,1 м. В огороженні оркестру з боку залу і у підлозі просценіуму над оркестром треба влаштовувати регульовані отвори для проходження звуку з живим перерізом не менше 50 % площі огорожень; у підлозі просценіуму – люк, що знімається $6 \times 1,5 \text{ м}$. З приміщення оркестру повинно бути не менше двох евакуаційних виходів.

6.2. ЛЕКЦІЙНІ АУДИТОРІЇ

За призначенням аудиторії поділяються на неспеціалізовані загального призначення для проведення лекцій без демонстрації дослідів (найбільш масове призначення – загальнотехнічні та гуманітарні) і спеціалізовані з демонстрацією дослідів (фізичні і хімічні) [34]. В лекційних аудиторіях розміщення місць повинно забезпечувати розрахункову видимість демонстраційної зони шляхом влаштування амфітеатру. В неспеціалізованих (рис. 6.11) розрахунковою точкою є нижня кромка крейдяної дошки, а у спеціалізованих (рис. 6.12) – визначним стає забезпечення видимості саме демонстраційного столу, оскільки він знаходиться ближче до спостерігачів, ніж крейдяна дошка, і розрахунковою точкою є ближня до глядачів кромка його поверхні.

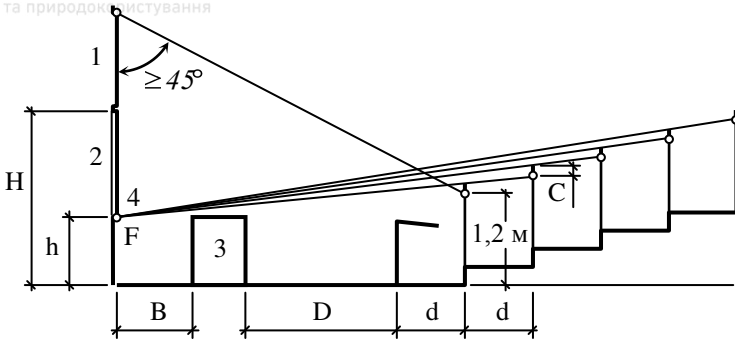


Рис. 6.11. Побудова профілю амфітеатру неспеціалізованої аудиторії:
1 – екран, 2 – крейдяна дошка, 3 – демонстраційний стіл,
4 – розрахункова (фокусна) точка видимості

На планах аудиторій місткістю 100 місць і більше та місткістю до 100 місць (рис. 6.13 і 6.14) показано позначення параметрів, що нормуються, а в таблиці 6.9 – їх значення. Вони є вихідними, зокрема, і для проектування видимості. Аудиторії прямокутні в плані, але вимоги і загальні положення щодо проектування аудиторій можуть бути підґрунтям для варіантів з непрямокутними планами, з яких перевагу слід віддавати аудиторіям з планом у вигляді трапеції.

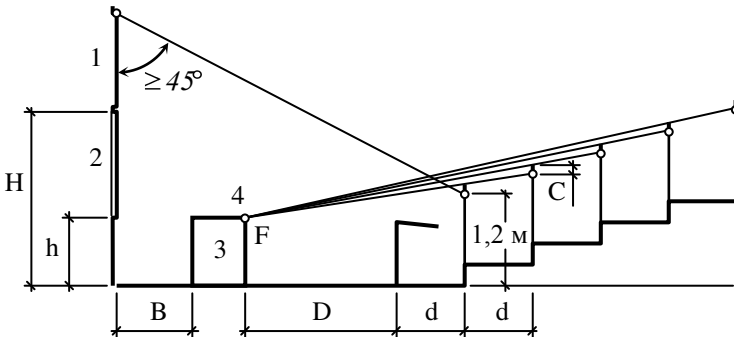


Рис. 6.12. Побудова профілю амфітеатру спеціалізованої аудиторії:
1 – екран, 2 – крейдяна дошка, 3 – демонстраційний стіл,
4 – розрахункова (фокусна) точка видимості

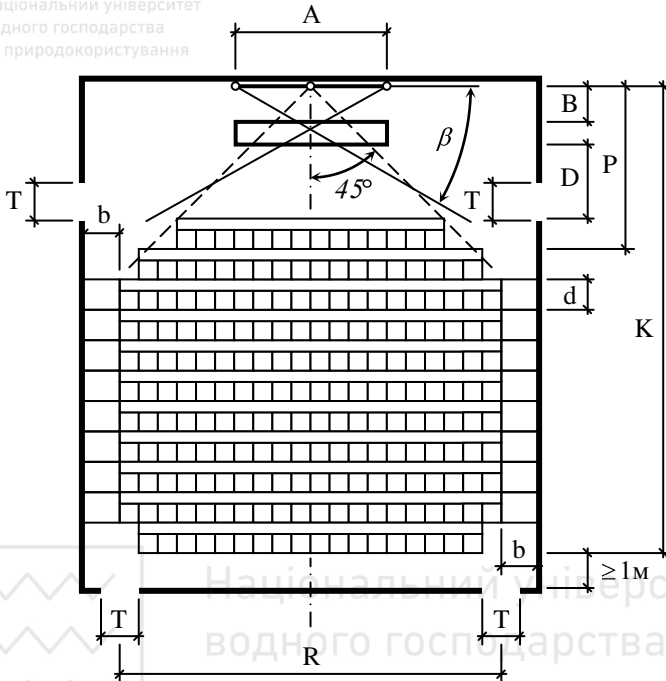


Рис. 6.13. План аудиторії місткістю 100 і більше місць: параметри, що нормуються

Стационарний екран розміщується над крейдяною дошкою, Висота підвісу його нижньої кромки залежить від висоти дошки і складає 2,5-3,3 м від підлоги.

В аудиторіях з горизонтальною підлогою частину підлоги перед крейдяною дошкою шириною 2 м рекомендується робити піднятою на 0,2-0,3 м для покращення видимості. В лекційних аудиторіях для зменшення висоти амфітеатру і висоти аудиторії перших два ряди місць рекомендується розміщувати на горизонтальній підлозі, починаючи підйом рядів з третього ряду.

Основні функціональні розміри аудиторних крісел з пюпітрами повинні складати: висота сидіння – 0,45 м, глибина сидіння – 0,4 м, ширина – 0,55 м, висота пюпітра з боку сидячого – 0,78 м, глибина пюпітра не менше 0,35 м, дистанція сидіння – 0,05 м. Рекомендується влаштування билець та підніжок.

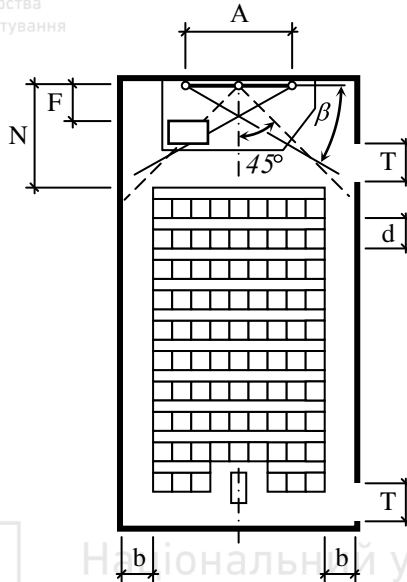


Рис. 6.14. План аудиторії місткістю до 100: параметри, що нормуються

Таблиця 6.9

Значення параметрів, що нормуються

Позначення параметра	П а р а м е т р	Величина параметра
1	2	3
F	Відстань між столом викладача і крейдяною дошкою	Не менше 0,9 м
B	Відстань між демонстраційним столом і крейдяною дошкою	1 м
N	Відстань від крейдяної дошки до першого ряду аудиторних місць (при відсутності демонстраційного столу)	Не менше 2 м
P	Відстань від екрану до спинки першого ряду крісел	Не менше 3,5 м



1	2	3
β	Горизонтальний кут між променем зору, спрямованим на віддалену вертикальну кромку крейдяної дошки, і горизонтальною прямою на площині дошки на рівні очей учня	Не менше 30°
C	Мінімальне перевищення променя зору того, хто сидить позаду, над променем зору того, хто сидить попереду, спрямованими: на ближню кромку поверхні демонстраційного столу (в аудиторіях місткістю 100 місць і більше); на нижню кромку дошки (в аудиторіях без демонстрації дослідів)	0,12 м 0,06 м
λ	Висота від підлоги останнього ряду амфітеатру до низу конструкції перекриття	Не менше 0,25 м
A	Ширина крейдяної дошки для аудиторій місткістю, місць: до 100 включно; більше 100	Не менше 4 м Не менше 5 м
D	Відстань між демонстраційним столом і попітрами першого ряду в аудиторіях місткістю, місць: до 100 включно; більше 100	1,1 м 2,5 м
K	Відстань від крейдяної дошки до останнього ряду місць	Не більше 20 м
h	Відстань від нижньої кромки крейдяної дошки до підлоги аудиторії	0,9 м



1	2	3
H	Відстань від верхньої кромки робочої поверхні крейдяної дошки до підлоги аудиторії	Не більше 2,3 м
	Площа робочої поверхні крейдяної дошки для аудиторії місткістю, місць: до 75 100 – 150 200 і більше	Не менше 5 м ² Не менше 7 м ² Не менше 10 м ²
d	Відстань між спинками сидінь	0,9 м
b	Ширина проходів для аудиторій місткістю 100 місць і більше (загальна ширина проходів – з розрахунку 0,6 м на кожні 100 чоловік)	Не менше 1 м
T	Ширина евакуаційних виходів для аудиторій місткістю 100 місць і більше (загальна ширина виходів – з розрахунку 0,6 м на кожні 100 чоловік, при цьому – не менше двох виходів)	Не менше 1,1 м
R_1	Число місць в ряді, що встановлюються неперервно: при двобічній евакуації при однібічній евакуації	Не більше 24 Не більше 12
R_2	Число місць (з глухими сидіннями) в ряді, що встановлюються неперервно : - при двобічній евакуації - при однібічній евакуації	Не більше 12 Не більше 6

Нормативи площі на одне місце залежать від місткості аудиторії і повинні складати при місткості аудиторії: 350 місць – не більше 1,1 м², 300-200 місць – не більше 1,1 м², 150 місць – не більше 1,2 м², 100 місць – не більше 1,3 м², 75-50 місць не більше 1,5 м².



6.3. СПОРТИВНО-ДЕМОНСТРАЦІЙНІ ТА СПОРТИВНО-ВИДОВИЩНІ СПОРУДИ І ЗАЛИ

Джерелами наведеної в параграфі інформації є [20, 40].

У спорудах, призначених для проведення змагань у присутності глядачів, передбачаються місця для глядачів у вигляді трибун або балконів для сидіння чи стояння (в останньому випадку тільки у спорудах, де змагання проводяться тільки у зимовий час), а у спортивно-видовищних залах і ковзанках – у вигляді партеру. При влаштуванні місць для глядачів на балконі рекомендується розміщувати на ньому один ряд місць для сидіння і один – для стояння з розрахунку **9** глядачів на **2 м** балкону. Балкон влаштовують, як правило, уздовж поздовжніх стін залу і бажано так, щоб проекція балкону опинялася за межами арени; балкон не повинен також заважати розміщенню під ним спортивного обладнання.

Трибуни проектується, як правило, у стаціонарних конструкціях. В протилежному випадку – у вигляді трибун-блітчерів або партер-трибун. Місця для глядачів повинні розміщуватися за межами арени (включаючи забіги, зони безпеки, місця для суддів) та евакуаційного проходу уздовж першого ряду місць для глядачів (якщо евакуація передбачається по проходу уздовж першого ряду місць). Трибуни для глядачів слід розміщувати, як правило, уздовж поздовжніх сторін спортивних арен; розміщення трибун уздовж торцевих сторін арени передбачається у випадках:

- коли задане число місць для глядачів не можна розмістити в межах відстаней, допустимих за видимістю, біля поздовжніх сторін арени;
- необхідності влаштування периметральних трибун біля відкритих спортивних ядер (арен) або полів для футболу;
- коли у критих спорудах розміщення трибун тільки уздовж поздовжніх сторін призводить до не виправданого збільшення прогону залу.

У спортивно-демонстраційних і спортивно-видовищних залах і критих ковзанках для проведення на арені заходів, що не використовують всю площу арени, допускається передбачати



розміщення тимчасових місць (блітчерів, партер-трибун і партеру) для глядачів безпосередньо на спортивній арені.

Розміри місць на трибунах для сидіння слід призначати: глибину ряду для відкритих споруд **0,8 м**, для критих – **0,8 – 0,9 м**.

При проектуванні тимчасових місць (в тому числі блітчерів) допускається зменшення:

- глибини ряду до **0,75 м**;
- ширини місця для сидіння (уздовж ряду) до **0,45 м**;
- глибини сидіння для відкритих споруд до **0,35 м**, для критих до **0,4 м**.

При проектуванні тимчасових місць допускається зменшення глибини сидіння у критих спорудах до **0,35 м**, висоти сидіння над рівнем підлоги проходу до **0,43 м**.

Ширину проходу між рядами необхідно передбачати не менше **0,5 м**, при цьому кількість місць у ряді повинна бути не більше **50** при двосторонній евакуації та **26** – при односторонній.

Місця на трибунах для стояння повинні мати глибину кожного ряду не менше **0,45 м** і ширину (уздовж ряду) не менше **0,5 м**.

За різниці рівнів підлог суміжних рядів трибуни понад **0,3 м** у сидіннях належить передбачати влаштування спинок, що піднімаються над підлогою розташованого вище суміжного ряду не менше ніж на **0,12 м**.

Профіль трибун слід проектувати за похилою прямою або за ламаною лінією. Профіль за похилою прямою застосовується, як правило, при числі рядів не більше **15**. Ухил профілю за похилою прямою чи за кожним відтинком ламаної слід передбачати таким, щоб забезпечувалась видимість розрахункової (фокусної) точки **F** згідно **рис. 6.15** і **таблиці 6.10**. При цьому перевищення **C** променя зору останнього ряду трибуни (або кожного відтинку профілю за ламаною лінією), спрямованого на розрахункову (фокусну) точку, над рівнем очей сидячого попереду глядача слід призначати **0,14 м** у критих спорудах і **0,15 м** у відкритих. В залах ковзанок для хокею і фігурного катання промінь зору глядача першого ряду, спрямований на розрахункову точку **F**, повинен проходити по верхньому краю борту або над ним. Висота очей сидячого глядача над рівнем підлоги – **1,2 м**, а стоячого – **1,65 м**.

Положення точки **D** слід призначати, виходячи з таких розмірів поля для гри (килима, помосту, рингу): для бадмінтону – **13,5 x 6 м**,



баскетболу – 28 x 15 м, боксу – 6 x 6 м, боротьби – килим діаметром 9 м або "татамі" (для дзюдо) 10 x 10 м, волейболу – 18 x 9 м, тенісу – 24 x 11 м, гандболу 40 x 20 м, гімнастики художньої – 12 x 12 м, важкої атлетики – 4 x 4 м, футболу – 90 x 45 м (105 x 68 м на відкритих спорудах), регбі – 100 x 69 м, хокею на траві – 92 x 55 м, хокею з м'ячем – 110 x 70 м, хокею і фігурного катання на ковзанах – 61 x 30 м. Для спортивної гімнастики положення точки **D** призначається на поверхні підлоги (помосту) по осі найближчого до трибуни снаряду.

При розміщенні полів для футболу, регбі, хокею на траві, хокею з м'ячем і доріжки для бігу на ковзанах у складі спортивного ядра (арени) місцезнаходження точки **D** слід призначати на внутрішній (найближчій до поля) бровці легкоатлетичної доріжки для бігу по колу; при цьому значення l_1 і l_2 слід приймати 0 і 2 м відповідно.

Переміщення розрахункової точки на відстань l_2 необхідно у випадку, коли ухил трибуни, отриманий за розрахунком при розміщенні точки **F** на відстані l_1 , перевищує максимально допустимий (1:1,4). Переміщення точки **F** на відстань l_2 рекомендується також при:

- проектуванні споруд, призначених головним чином для навчально-тренувальних занять;
- розміщенні місць для глядачів на ярусах;
- розміщенні місць для глядачів за межами відстані $2R$, наведеної на рис. 6.15. і таблиці 6.10.

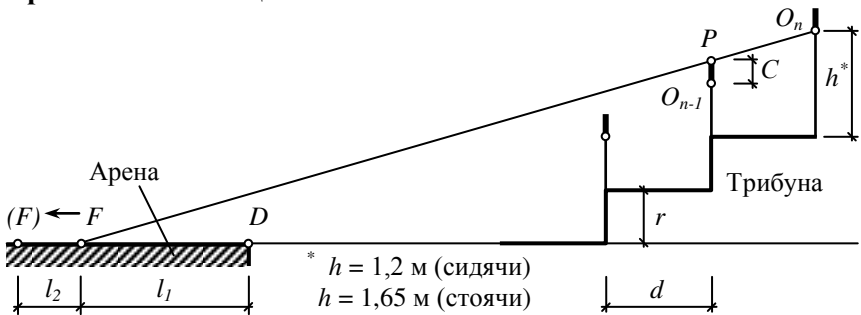


Рис. 6.15. Місцезнаходження розрахункової (фокусної) точки:

A – арена, *Tr* – трибуна, *C* – перевищення променя зору, *D* – найближча до трибуни границя поля для гри (килима, помосту, рингу), *F* – розрахункова (фокусна) точка, l_1 – відстань від *D* до *F*, l_2 – відстань, на яку допускається перемішувати розрахункову (фокусну) точку



Відстані, що визначають місцезнаходження фокуса

Вид спорту, для якого призначена споруда	Відстань від D до F , м	
	l_1	l_2
1	2	3
Бадмінтон і баскетбол	1	1,5
Бокс	0	0,5
Боротьба (класична, вільна, самбо, дзюдо)	0,5	2
Волейбол і теніс	1*	1
Гандбол	2	2
Гімнастика художня	0,5	0,5
Легка атлетика (бігові доріжки)	0,65**	–
	0,5	–
Плавання	1,75	2,5
Швидкісний біг на ковзанах	2,5	5
Важка атлетика	0	0,5
Футбол, регбі, хокей на траві, хокей з м'ячем	3	4
Хокей, фігурне катання на ковзанах	6,3	1,5

Примітки. * Відкладається від точки D у бік трибуни.

* Якщо місцезнаходження розрахункової точки (фокуса) призводить за розрахунком видимості до недопустимого за нормами ухилу трибуни, розрахункову точку F можна переміщувати по вертикалі вгору в межах до **0,9 м** від поверхні доріжки.

У таблиці над ризикою наведено дані для випадку, коли до трибуни прилягає доріжка для бігу по прямій, а під ризикою – коли до трибуни прилягає доріжка для бігу по колу.

В універсальних спорудах місцезнаходження розрахункової (фокусної) точки F слід приймати для того виду спорту, для якого точка D є найближчою до трибуни.



Для видів спорту, не наведених у таблиці 6.10, положення розрахункової точки (фокуса) F слід призначати:

- для лижних перегонів і гірськолижного спорту – на середині фінішного створу на **0,5 м** вище рівня землі (без урахування снігового покрыву);
- для стрибків на лижах з трампліну – у критичній точці приземлення на поздовжній осі гори приземлення трампліну, на **0,5 м** вище її поверхні (без урахування снігового покрыву);
- для стрибків у воду – на поверхні води на поздовжній осі найближчого до трибуни пристрою для стрибків;
- для греблі – на поверхні води по осі найближчої до трибуни "води".

Таблиця 6.11

Відстань від точки O до найближчої границі зони 1

Вид спорту, для якого призначена споруда*	Відстань R , м
1	2
Футбол, хокей на траві, хокей з м'ячем, швидкісний біг на ковзанах, легка атлетика на відкритому повітрі	27
Легка атлетика у приміщенні, хокей, фігурне катання на ковзанах, гандбол, теніс, волейбол	23
Плавання спортивне, баскетбол, бадмінтон, акробатика, гімнастика спортивна	18
Гімнастика художня, бокс, боротьба (класична, вільна, самбо, дзюдо), важка атлетика	12

* На універсальних спорудах значення R призначають для того виду спорту (з числа тих, для яких призначена споруда), для якого воно є найбільшим.

Місця для глядачів слід розміщувати в межах зон, наведених на рис. 6.16 і в табл. 6.11.

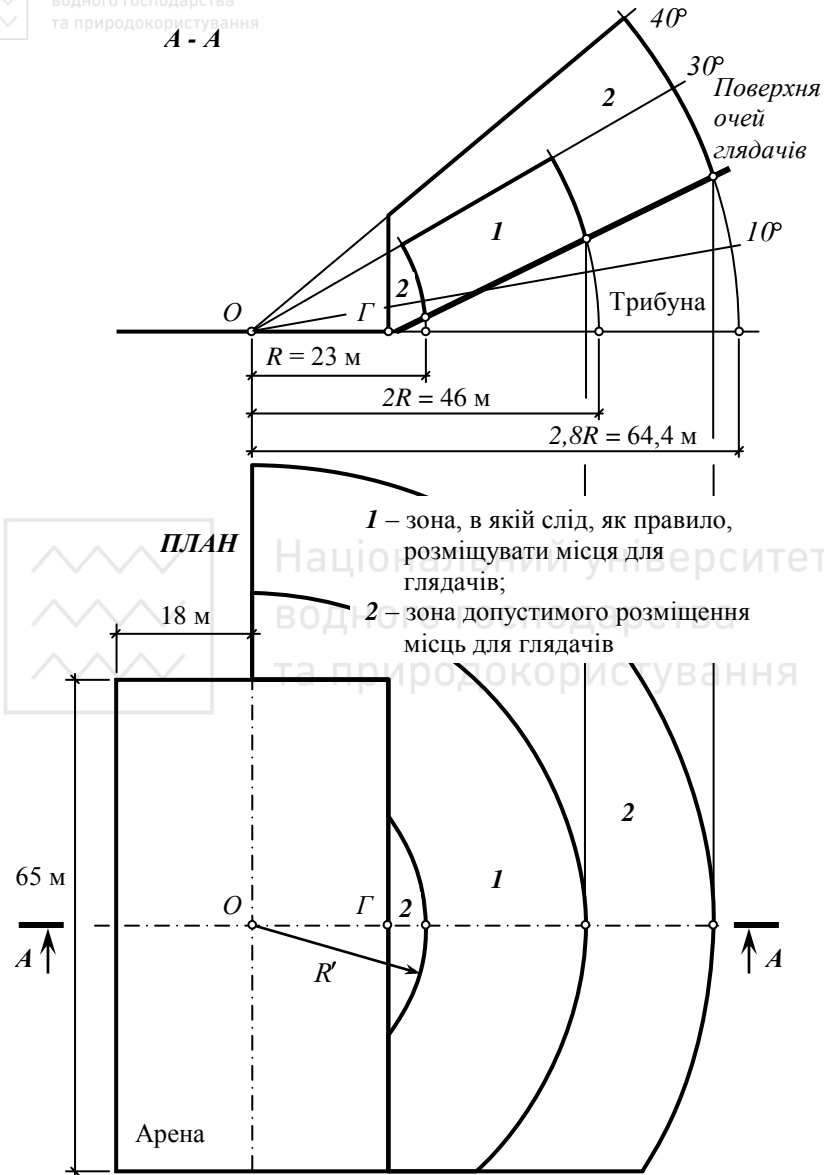


Рис. 6.16. Зони місць для глядачів:

Γ – найближча до трибуни границя арени; O – центр побудови зон місць для глядачів; R – відстань від точки O до найближчої границі зони 1 у розрізі; R' – те ж саме, у плані для прийнятої у проекті трибуни



При розміщенні полів для футболу, регбі, хокею на траві, хокею з м'ячем і доріжки для швидкісного бігу на ковзанах у складі спортивного ядра (арени) чи при місткості трибун при цих спорудах (в тому числі при спортивному ядрі) більше **10 тис.** глядачів допускається розташування частини місць для глядачів за межами зони **2**; при цьому відстань від точки **O** повинно бути не більше **100 м** при місткості до **20 тис.** глядачів, а на кожні повні або неповні **10 тис.** місць понад **20 тис.** відстань повинна додатково збільшуватися на **5 м**.

Місцезнаходження точки **O** слід призначати:

- для спортивного плавання – на поверхні води по поздовжній осі ванни на відстані від фінішу, рівній **0,25** довжини ванни;

- для швидкісного бігу на ковзанах при розміщенні не у складі спортивного ядра (арени) – на поверхні доріжки по поздовжній осі фінішної прямої на відстані від лінії фінішу, рівній **0,25** довжини прямої;

- для решти видів спорту, наведених у **таблиці 6.11**, а також на спортивних ядрах (аренах) і у залах для легкої атлетики – у геометричному центрі спортивної арени.

В залах для легкої атлетики у випадках, коли доріжка для бігу по прямій не суміщається з прямим відтинком доріжки для бігу по колу, – на поверхні доріжки для бігу по прямій на поздовжній осі її прямої ділянки, на відстані від лінії фінішу, рівній **0,25** довжини цієї ділянки доріжки.

Місцезнаходження точки **O** та визначення зон розміщення естради і тимчасових місць для глядачів (в тому числі партеру) у спортивно-видовищних спорудах і залах (ковзанках) призначають, зважаючи на рекомендації щодо проектування культурно-видовищних закладів.

Рекомендується така послідовність побудови профілю трибуни.

1. Визначення місцезнаходження і довжини трибуни на плані споруди.

2. Встановлення відмітки підлоги першого ряду, яку призначають, як правило, на відмітці планшета арени. У залах для хокею для запобігання затулювання хокейним бортом променя зору глядача відмітка підлоги першого ряду трибуни призначається на **0,8 м** вище відмітки поверхні плити, що охолоджується; при цьому

відстань між хокейним бортом і огороженням першого ряду трибуни призначається рівною **3 м**, а глибина першого ряду – **1,1 м**.

3. Визначення числа рядів трибуни за формулою:

$$m = (Nka)/L, \quad (6.1)$$

де N – задана місткість трибуни, чол.; k – коефіцієнт втрати місць на проходи (сходи) і люки, що призначається **1,17** при евакуації через люки і **1,15** при евакуації не через люки (у загальний прохід уздовж першого ряду трибуни або у двері, розташовані напроти проходу (сходів) трибуни; a – ширина місця, що береться рівною **0,45 м**; L – приблизна довжина трибуни, м.

4. Розрахунок профілю і визначення висоти (висот) присідців.

Граничне наближення глядачів до арени (відстань від першого ряду місць) регламентується правилами змагань. Якщо таких вказівок немає, то воно визначається зручністю спостереження за змаганнями і необхідними зонами проходів навколо арени. Для деяких видів спорту граничне наближення першого ряду до арени наведено в таблиці **6.12** [24, 52]

Таблиця 6.12

Граничне наближення глядачів до арени

№ з/п	Вид спорту	Мінімальна відстань глядачів першого ряду до арени, м
1	2	3
1.	Настільний теніс: - до поздовжніх кромок столу; - до торцевих	1,5-3 2,5-6
2.	Теніс: - до бічної лінії; - до лицьової	3,5-4,5 6,5-8
3.	Баскетбол	2
4.	Волейбол	2-3
5.	Ручний м'яч (майданчик 7x7)	1,5-2
6.	Футбол	2
7.	Бокс (до канатів кута)	3
8.	Біг (до зовнішньої кромки)	2
9.	Біг на ковзанах (до зовнішньої кромки)	2



ВИДОВИЩА ТА ЇХ МІНІМАЛЬНІ ПРЕДМЕТИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

В таблиці А.1 наведено 20 основних видів видовищ [52], розміщених у певній послідовності залежно від відстані до глядача останнього ряду (граничної відстані). За граничними відстанями утворилися групи функцій, суміщення яких у багатоцільових залах для глядачів дає кращі умови зорового сприйняття (п.п. 1-7, 13-17, 18-20) і однакові умови для всіх глядачів.

Таблиця А.1

Види видовищ, їх мінімальні предмети спостереження та максимальні віддалення

Група функцій	№ з/п	Вид видовища	Мінімальний предмет спостереження	Розмір предмета, см	Максимальне віддалення, м
1	2	3	4	5	6
1	1	Демонстрація мод	Деталь вбрання	2	17
	2	Театр: - драма - опера - мініатюр	Око актора	3	27
	3				
	4				
	5	Концерт: - оперний - естрадний			
	6				
	7	Художнє читання			
	8	Кіно з екраном: - звичайним - широким - широкоформатним - універсальним	Яскравість екрану	-	24 – 45
	9				30 – 45
	10				36 – 45
	11				46 – 50



1	2	3	4	5	6	
2	12	Хор	Рот актора	5	43	
	13 14	Концерт: - симфонічний - камерний		7	60	
3	15 16	Естрада: - музична - циркова		Закистьо- вий суглоб	10	86
	17	Акробатика				
	18	Танці народні				
4	19	Балет	Кисть руки	10	86	
	20	Музичне ревю				

В таблиці А.2 наведено 30 основних видів спорту [52], що демонструються в критих багатоцільових спортивних залах. За граничним віддаленням також утворились групи функцій (пп. 4-18, 19-22, 23-26, 27-30).

Таблиця А.2

Види спорту, їх мінімальні предмети спостереження та максимальні віддалення

Група функцій	№ з/п	Вид спорту	Розміри арени, м	Мінімальний предмет спостереження	Розмір предмета, см	Максимальне віддалення, м
1	2	3	4	5	6	7
1	1	Шахи	2 x 2	Табло	3	27
	2	Шашки	2 x 2		3	27
	3	Настільний теніс	6 x 12	М'яч	4	34
	4	Волейбол	15 x 24	Закистьовий суглоб	7	60,2
	5	Бадмінтон	8 x 15	Волан		
	6	Бокс	12 x 18	Закистьовий суглоб		
	7	Боротьба	12 x 18			



1	2	3	4	5	6	7
2 а	8	Штанга	9 x 18	М'яч Закистьовий суглоб	7	60,2
	9	Теніс	18 x 36			
	10	Гандбол	22 x 42			
	11	Баскетбол	18 x 30			
	12	Гімнастика	16 x 28			
	13	Акробатика	17 x 30			
	14	Фехтування	12 x 18			
	15	Плавання	11 x 25			
	16	Стрибки у воду	11 x 25			
2 б	17	Водне поло	16 x 25	Шайба М'яч	8	69
	18	Балет на льоду	25 x 45			
	19	Хокей з: - шайбою	30 x 61			
	20	- м'ячем	74 x 118			
3	21	Трав'яний хокей	61 x 97	М'яч Кисть руки	8	69
	22	Гилка, бейсбол	38 x 76			
	23	Фігурне катання	30 x 60			
	24	Танці на льоду	30 x 60			
4	25	Ролики	30 x 60	Ядро Городок Диск	10 12 30	86 103 190
	26	Штовхання ядра	70 x 126			
	27	Городки	15 x 30			
	28	Метання диску	70 x 126			
5	29	Футбол	73 x 112	М'яч	22 30	190 190
	30	Регбі	75 x 126			



РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО РОЗРАХУНКУ КІНОПРОЕКЦІЙ У СПОРТИВНО-ВИДОВИЩНИХ ЗАЛАХ

1. Спортивні зали з трибунами більш ніж на 1000 місць рекомендується обладнувати для демонстрації широкоформатних, широкоекранних, кашетованих и звичайних кінофільмів.

2. Ширину (**Ш**) екрана, спільного для вказаних кінофільмів, рекомендується приймати з розрахунку $Ш = 0,45-0,55 \sqrt{N_{кіно}}$, де $N_{кіно}$ – число місць на трибунах, які (місця) призначаються для кінопоказу. При цьому ширину екрана слід призначати не більше **27 м**. Ширину екрана слід уточнювати за фокусною відстанню проекційного об'єктива.

3. Розміщувати екран слід таким чином, щоб зони розміщення кінопроекції "покрили" найбільшу площу трибун, запроєктованих згідно зонам розміщення для спортивних видовищ і концертів.

4. Співвідношення сторін екрана для трибун місткістю більше 1000 місць слід приймати 1:2,2. Спеціальне кашетуєчне обладнання допускається не передбачати.

5. Допускається проектувати плоский екран.

6. Кут кінопроекції слід призначати, як правило, не більше **9°**, при проекції зверху вниз, не більше **3°** при проекції знизу вгору, не більше **9°** при проекції збоку.

7. Заекранний простір слід приймати не менше **1,5 м**.

8. Відстань від центра екрана до передньої стіни кінопроекційної слід призначати не менше **1,6 Ш**.

9. Відстань від проекційних променів і кромek екрана до виступаючих конструкцій слід приймати, як правило, не менше **0,3 м**.

10. Вимоги, не враховані у додатку, слід приймати відповідно до норм проектування кінотеатрів.



ФОРМУЛИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ КІЛЬКОСТІ РЯДІВ В ГРУПАХ

Таблиця В.1

Формули для визначення відстані від фокусної точки до
першого ряду групи при кількості груп $m \in [2,6]$

Відстань від фокусної точки до першого ряду k -тої групи	Число груп рядів m				
	2	3	4	5	6
x_2	$\sqrt{x_1 x_{m+1}}$	$\sqrt[3]{x_1 x_{m+1}^2}$	$\sqrt[4]{x_1^3 x_{m+1}}$	$\sqrt[5]{x_1^4 x_{m+1}}$	$\sqrt[6]{x_1^5 x_{m+1}}$
x_3	-	$\sqrt[3]{x_1^2 x_{m+1}}$	$\sqrt{x_1 x_{m+1}}$	$\sqrt[5]{x_1^3 x_{m+1}^2}$	$\sqrt[3]{x_1^2 x_{m+1}}$
x_4	-	-	$\sqrt[4]{x_1 x_{m+1}^3}$	$\sqrt[5]{x_1^2 x_{m+1}^3}$	$\sqrt{x_1 x_{m+1}}$
x_5	-	-	-	$\sqrt[5]{x_1 x_{m+1}^4}$	$\sqrt[3]{x_1 x_{m+1}^2}$
x_6	-	-	-	-	$\sqrt[6]{x_1 x_{m+1}^5}$



Таблиця В.2

Формули для визначення відстані від фокусної точки до першого ряду групи при кількості груп $m \in [7,10]$

Відстань від фокусної точки до першого ряду k -тої групи	Число груп рядів m			
	7	8	9	10
x_2	$\sqrt[7]{x_1^6 x_{m+1}}$	$\sqrt[8]{x_1^7 x_{m+1}}$	$\sqrt[9]{x_1^8 x_{m+1}}$	$\sqrt[10]{x_1^9 x_{m+1}}$
x_3	$\sqrt[7]{x_1^5 x_{m+1}^2}$	$\sqrt[4]{x_1^3 x_{m+1}^2}$	$\sqrt[9]{x_1^7 x_{m+1}^2}$	$\sqrt[5]{x_1^4 x_{m+1}^2}$
x_4	$\sqrt[7]{x_1^4 x_{m+1}^3}$	$\sqrt[8]{x_1^5 x_{m+1}^3}$	$\sqrt[3]{x_1^2 x_{m+1}^3}$	$\sqrt[10]{x_1^7 x_{m+1}^3}$
x_5	$\sqrt[7]{x_1^3 x_{m+1}^4}$	$\sqrt{x_1 x_{m+1}}$	$\sqrt{x_1^5 x_{m+1}^4}$	$\sqrt[5]{x_1^3 x_{m+1}^2}$
x_6	$\sqrt[7]{x_1^2 x_{m+1}^5}$	$\sqrt[8]{x_1^3 x_{m+1}^5}$	$\sqrt[9]{x_1^4 x_{m+1}^5}$	$\sqrt{x_1 x_{m+1}}$
x_7	$\sqrt[7]{x_1 x_{m+1}^6}$	$\sqrt[4]{x_1 x_{m+1}^3}$	$\sqrt[3]{x_1 x_{m+1}^2}$	$\sqrt[5]{x_1^2 x_{m+1}^3}$
x_8	-	$\sqrt[8]{x_1 x_{m+1}^7}$	$\sqrt[9]{x_1^2 x_{m+1}^7}$	$\sqrt[10]{x_1^3 x_{m+1}^7}$
x_9	-	-	$\sqrt[9]{x_1 x_{m+1}^8}$	$\sqrt[5]{x_1 x_{m+1}^4}$
x_{10}	-	-	-	$\sqrt[10]{x_1 x_{m+1}^9}$



ПРИКЛАДИ ФОРМ РЯДІВ В ПЛАНІ ДЛЯ ЗАЛІВ РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

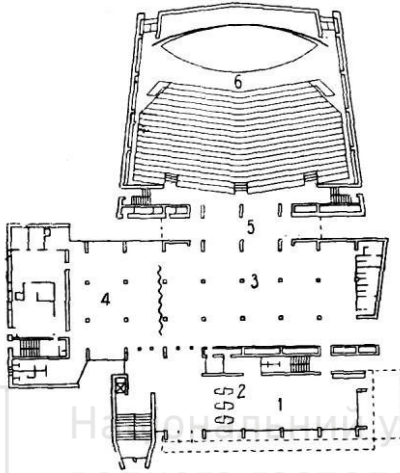


Рис. Г.1. Зал кінотеатру з рядами в плані у вигляді двохланкової ламаної

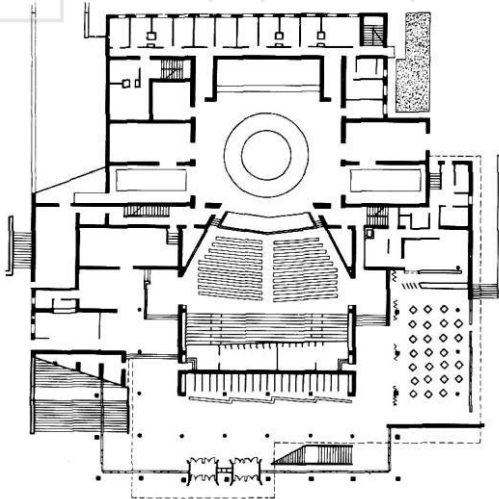


Рис. Г.2. Зал театру з двома групами рядів
(перша група рядів в плані – двохланкова ламана)



Національний університет
водного господарства
та природокористування

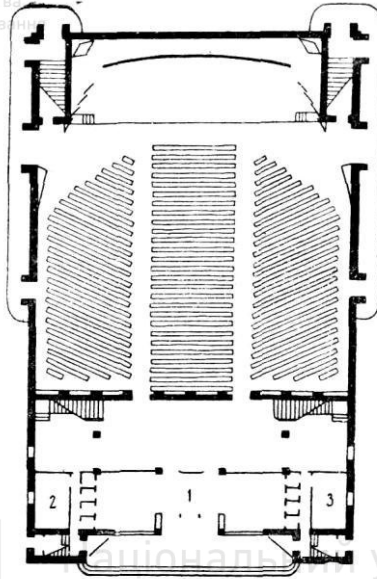
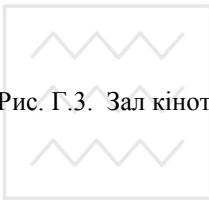


Рис. Г.3. Зал кінотеатру з рядами в плані у вигляді триланкової ламаної



Національний університет
водного господарства
та природокористування

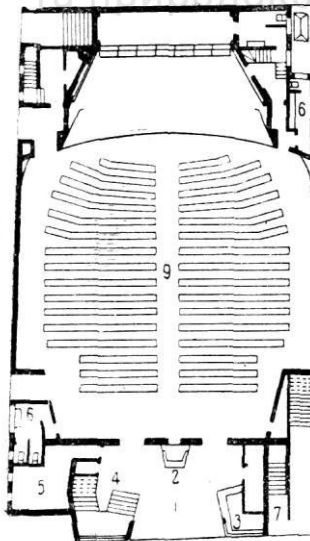


Рис. Г.4. Зал кінотеатру з двома групами рядів (перша група рядів в плані – триланкова ламана)



Національний університет
водного господарства
та природокористування

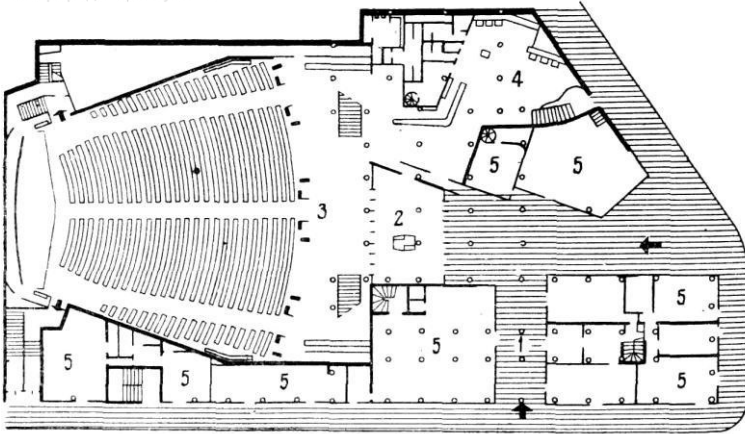


Рис. Г.5. Зал кінотеатру з рядами в плані у вигляді концентричних кіл



Національний університет
водного господарства
та природокористування

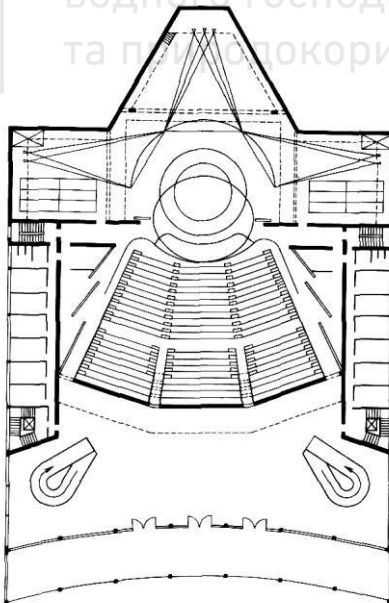


Рис. Г.6. Зал театру з рядами в плані у вигляді триланкової ламаної



Національний університет
водного господарства
та природокористування

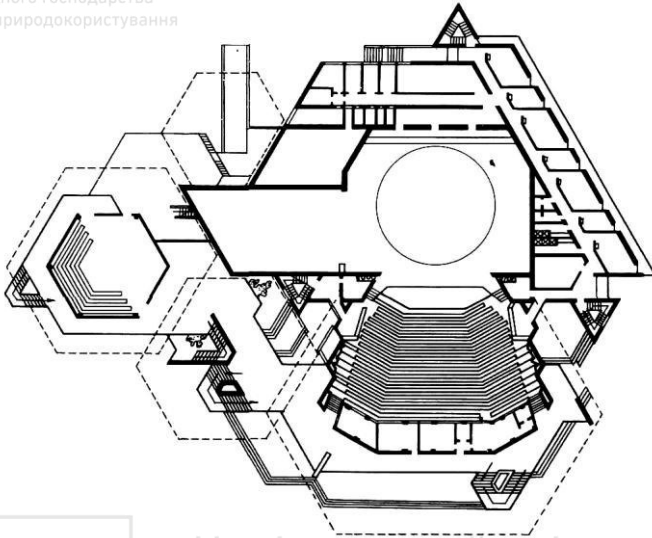


Рис. Г.7. Зал театру з рядами в плані у вигляді триланкової ламаної

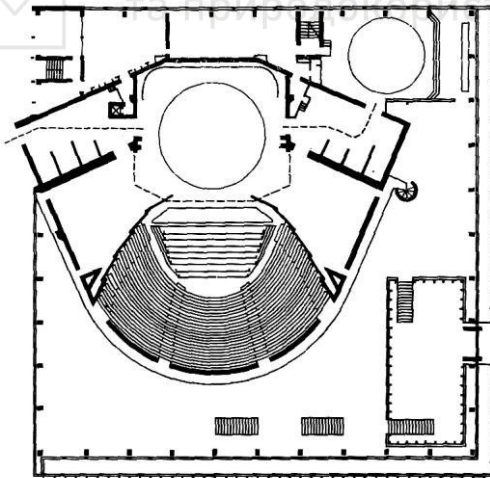


Рис. Г.8. Зал театру з двома групами рядів (друга група рядів в плані – імовірно дуги еліпсів, глибина рядів зростає до їх країв)



Авансцена – передня частина театральної сцени між завісою і рампою.

Ар'єрсцена – простір у театрі позаду основного сценічного майданчика; є резервним приміщенням для встановлення декорацій.

Блітчери (трибуни-блітчери) – трибуни, що складаються з розсувних секцій телескопічного типу і мають строго фіксоване місцезнаходження (кріпляться до стін залу або до стаціонарної трибуни з піднятим над ареною першим рядом).

Блок місць для глядачів – група місць, з яких глядачі евакууються по загальному проходу (сходах) блоку в одному напрямі з однаковим на протязі всього проходу видом шляху (горизонтальний, пандус, сходи вниз або вгору).

Естрада – підвищення, сценічний майданчик для виступів артистів, театральних колективів.

Люк – проріз у гребінці трибуни, призначений для входу глядачів на трибуну і виходу з неї, а також для зв'язку допоміжних приміщень, розміщених у підтрибунному просторі, з трибуною і ареною.

Партер – місця в залі для глядачів, розташовані рядами паралельно до сцени, естради, екрана

Партер-трибуна – трибуна, що монтується на пересувній платформі і легко пересувається у довільному напрямі по арені.

Планшет сцени – спеціальна підлога ігрового майданчика основної частини сцени.

Поле для гри – частина майданчика для того чи іншого виду спортивної гри, обмежена зовнішніми лініями розмітки.

Портал сцени – проріз у передній стіні сцени, що відділяє її від глядачів.

Просценіум – передня частина сцени, розташована перед порталом.



Рампа – низький бар’єр уздовж авансцени, який приховує від глядачів освітлювальні прилади.

Спеціалізований спортивний зал (ковзанка) – зал (ковзанка), призначений для навчально-тренувальних занять і (або) змагань з одного виду спорту.

Спортивне ядро – площинна спортивна споруда, що складається з поля для гри у футбол, обрамленого легкоатлетичною доріжкою для бігу по колу, місць для штовхання ядра, легкоатлетичних стрибків, метання диску, молоту і спису.

Спортивна арена – майданчик з трибуною для глядачів на відкритому повітрі або у приміщенні, призначений для проведення спортивних змагань.

Спортивний корпус – будівля, в якій розміщується один (або декілька) спортивних залів із допоміжними приміщеннями. Одним з них може бути також зал із ванною чи каток із штучним льодом.

Спортивно-демонстраційний зал (ковзанка) – зал (ковзанка), чисельність місць для глядачів на трибунах якого складає не менше:

3000 – у залах для футболу;

1100 – у критих катках, не рахуючи місць у партері;

1000 – у залах для легкої атлетики;

600 – у решті залів, не рахуючи місць у партері.

Спортивно-демонстраційна споруда – споруда, чисельність місць для глядачів на трибунах якого складає не менше:

5000 – при відкритих спортивних ядрах з футбольним полем і легкоатлетичною доріжкою для бігу по колу довжиною 400 м;

3000 – у критих спортивних спорудах для футболу;

1100 – у критих катках, не рахуючи місць у партері;

1000 – у критих спорудах для легкої атлетики і відкритих басейнах;

800 – при відкритих аренах для спортивних ігор;

600 – при критих ваннах басейнів, а також у решті критих спортивних спорудах (окрім тирів), не рахуючи місць у партері.



Спортивно-видовищний зал (ковзанка) – спортивно-демонстраційний зал (ковзанка), призначений також для проведення культурно-видовищних і громадських заходів.

Спортивно-видовищна споруда – спортивно-демонстраційна споруда, призначена також для проведення культурно-видовищних і громадських заходів.

Створ фінішу – вертикальна площина, що проходить через лінію фінішу та її продовження.

Сцена – спеціально обладнана частина будівлі, призначена для показу спектаклів різноманітних жанрів. Залежно від розміщення ігрового простору та обладнання сцени поділяють на такі типи: глибинна колосникова, панорамна, трьохпортальна, кільцева, центральна, дисперсна, сцена, що трансформується, а також – різноманітні поєднання цих видів. До складу традиційної глибинної колосникової сцени входять: основна ігрова частина (планшет сцени), що сполучається з залом для глядачів порталним прорізом, авансцена, ар'єрсцена (в окремих випадках), бічні кармани, об'єднані прорізами в стінах з основною ігровою частиною сцени, а також – трюм, колосниковий та над колосниковий простори.

Театр юного глядача – драматичний, музичний або музично-драматичний театр для глядачів віком від 7 до 17 років.

Червона лінія сцени – лінія перетину внутрішньої грані ігрового порталу з площиною планшета сцени.



1. Архитектура советского театра / Ю. Д. Хрипунов, Ю. П. Гнедовский и др. – М. : Стройиздат, 1986. – 400 с.
2. Архитектура общественных зданий / Е. Г. Розанов, Ю. П. Гнедовский, Ю. М. Герчинов и др. – М. : Стройиздат, 1980. – 256 с.
3. Архитектура гражданских и промышленных зданий. – Т. 2. Основы проектирования / Л. Б. Великовский, Н. Ф. Гуляницкий, В. М. Ильинский и др. – М. : Стройиздат, 1976. – 215 с.
4. Архитектурное проектирование общественных зданий и сооружений: Учебник для вузов / В. В. Адамович, Б. Г. Бархин, В. А. Варезкин и др. – М. : Стройиздат, 1984. – 543 с.
5. Барнабишвили Е. Н. Теория проектирования стадионов с безъярусными трибунами. – Тбилиси : Мецниереба, 1972. – 144 с.
6. Барнабишвили Е. Н. Теоретические основы проектирования профилей ярусных трибун зрелищно-массовых сооружений. – Тбилиси : ТбилЗНИИЭП, 1974. – 77 с.
7. Барнабишвили Е. Н. Общая теория архитектурного проектирования стадионов. – Тбилиси : ТбилЗНИИЭП, 1976. – 265 с.
8. Бекиев Х. М., Бекиев М. М. Графо-аналитический метод исследования кривой наименьшего подъема профиля зрительских мест в зрелищных сооружениях // Прикладная геометрия и инженерная графика. – 1969. – Вып. 9. – С. 144 -148.
9. Богословский В. А., Данилюк А.М. Расчет видимости и построение мест для зрителей в зрелищно-массовых сооружениях. – М. : Государственное архитектурное издательство академии архитектуры СССР, 1940. – 140 с.
10. Вавировский Н. М. Методы определения подъема рядов мест в аудиториях, зрительных залах и спортивных сооружениях. – М. : Стройиздат, 1977. – 72 с.
11. Виноградов В. М. Театральное здание вчера, сегодня, завтра. М. : Стройиздат, 1971. – 165 с.



12. Виноградов В. М., Красильников В. Д., Чумакова Л. Д. Современное театральное здание: Пособие по проектированию. – М. : Стройиздат, 1986. – 196 с.
13. ВСН 45-86. Культурно-зрелищные учреждения. Нормы проектирования. – М. : Стройиздат, 1986. – 85 с.
14. ВСН 46-86. Спортивные и физкультурно-оздоровительные сооружения. Нормы проектирования. – М. : Стройиздат, 1987. – 136 с.
15. Гаклина Е. Д. Проблемы беспрепятственной видимости при проектировании зрительных залов. (Обзор). – М. : ЦНТИ по гражданскому строительству и архитектуре, 1973. – 48 с.
16. Гаклина Е. Д. Видимость, загораживание и комфортность в зрелищных залах // Вопросы архитектуры и строительства зданий для зрелищ, спорта и учреждений культуры. Сборник научных трудов. 1973. – № 1. – С. 64-70.
17. Гаклина Е. Д. Допуски на частичное загораживание зрелища и архитектурно-планировочные возможности залов // Вопросы архитектуры и строительства зданий для зрелищ, спорта и учреждений культуры. Сборник научных трудов. 1975. – № 2. – С. 42-45.
18. Гаклина Е. Д., Иванов В. М., Савченко М. Р. Пособие по проектированию видимости в зрительных залах. – М. : Стройиздат, 1976. – 70 с.
19. Гнедовский Ю. П., Савченко М. Р. Кинотеатры (основы проектирования). – М. : Стройиздат, 1968. – 240 с.
20. ДБН В.2.2-13-2003. Будинки і споруди. Спортивні та фізкультурно-оздоровчі споруди. – К. : Державний комітет України з будівництва та архітектури, 2004. – 105 с.
21. ДБН В.2.2-16-2005. Культурно-видовищні та дозвіллеві заклади. – К. : Держбуд України, 2005. – 64 с.
22. Иванов В. М. Трибуны спортивных сооружений. – М. : ЦНТИ по гражданскому строительству и архитектуре, 1976. – 31 с.
23. Калинин В. Плоская светотехническая модель для определения подъема рядов мест в зрительных залах // Архитектура СССР. – 1964. – № 1. – С. 47-48.



24. Кистяковский А. Ю. Проектирование спортивных сооружений. – М. : Высшая школа, 1973. – 280 с.

25. Кокоч М. В., Пугачов Є. В. Геометрична класифікація рядів для глядачів // Технічна естетика і дизайн. – 2010. – Вип. 8. – С. 164-168.

26. Кокоч М. В., Пугачов Є. В. Класифікація форм фокусних ліній // Наукові нотатки. Міжвузівський збірник. – 2011. – Вип. 33. – С. 74-79.

27. Кокоч М. В., Пугачов Є. В. Вплив параметрів розрахунку видимості на характеристики поверхні глядачів // Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. – 2011. – № 6. – С. 124-128.

28. Кокоч М. В., Пугачов Є. В. Моделювання фактичного затуляння в залі кінотеатру // Технічна естетика і дизайн. – 2012. – Вип. 10. – С. 93-97.

29. Куйбышев В. В. Крытые стадионы. – М. : Стройиздат, 1973. – 200 с.

30. Матвеева Н. Новые театры (информационный обзор). – М. : ЦНТИ, 1967. – 53 с.

31. Назаренко И. К. Особенности условий зрительного восприятия в универсальных спортивно-зрелищных залах большой вместимости // Жилищное строительство. – 1966. – № 7. – С. 12-15

32. Назаренко И. К. Оценка условий видимости в универсальных залах большой вместимости // Архитектура СССР. – 1966. № 12. – С. 31-35.

33. Назаренко И. К. Основы пространственной организации универсальных спортивно-зрелищных залов большой вместимости. Методическое пособие по курсу «Архитектура гражданских и промышленных зданий» для специальностей 1201 и 1202. – Новокузнецк : Сибирский металлургический институт, 1969. – 46 с.

34. Нормали планировочных элементов жилых и общественных зданий. – Вып. НП 2.0.1-82. Лекционные аудитории учебных заведений. – М. : Стройиздат, 1987. – 58 с.

35. Нормали планировочных элементов и габаритов оборудования жилых и общественных зданий. – Вып. НП 5.3.1-72. Открытые плоскостные спортивные сооружения. – М. : Стройиздат, 1972. – 48 с.



36. Окунева Э. И. Театры юного зрителя. – М. : Стройиздат, 1976. – 128 с.
37. Окунева Э. И. Детские театры. – М. : Стройиздат, 1977. – 135 с.
38. Панорама // Архитектура СССР. – 1987. – № 5. – С. 4.
39. Подгорная Г. Д. Геометрическое построение объемно-пространственных параметров безъярусных трибун предельной вместимости для бейсбольной арены // Геометрическое и компьютерное моделирование: энергосбережение, экология, дизайн. Сборник научных трудов Киевского национального университета технологий и дизайна. Спецвыпуск. – 2004. – С. 72-77.
40. Проектирование спортивных залов, помещений для физкультурно-оздоровительных занятий и крытых катков с искусственным льдом. – М. : Стройиздат, 1991. – 119 с.
41. Проектирование театров. – М. : Стройиздат, 1990. – 119 с.
42. Пугачев Е. В., Орел С. И. Расчет ломаной подъема зрительских мест с учетом равного частичного загораживания // Прикладная геометрия и инженерная графика. – 1992. – Вып. 53. – С. 88-90.
43. Пугачов Є. В., Белозорова К. М. Поверхня глядацьких місць мінімального підйому // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – 1993. – Вып. 56. – С. 67-68.
44. Пугачов Є. В., Гур'янов О. В. Місткість залів із складною формою рядів глядацьких місць // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – 1995. – Вып. 58. – С. 101-103.
45. Пугачов Є. В. Порівняння і аналіз формул для розрахунку безперешкодної видимості // Вісник НУВГП. – 2007. – Вып. 2 (38). – С. 220-227.
46. Пугачов Є. В. Розрахунок безперешкодної видимості для тривимірної моделі залу // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – 2010. – Вып. 85. – С. 102-107.
47. Пугачов Є. В. Визначення перевищення променя зору при заданій висоті підлоги останнього ряду місць // Технічна естетика і дизайн. – 2010. – Вып. 7. – С. 36-40.
48. Раннев В. Условия видимости на трибунах стадиона // Архитектура СССР. – 1959. – № 10. – С. 21-25.



49. Резников Н. М. Комплексные спортивные сооружения. – М. : Стройиздат, 1975. – 384 с.
50. Руководство по расчету видимости на трибунах спортивных сооружений. – М. : Стройиздат, 1978. – 29 с.
51. Рябышева И. Д., Витголец О. М., Гаклина Е. Д., Савченко М. Р., Безухова Л. Н. Концертные залы (Архитектору – проектировщику). – М. : Стройиздат, 1975. – 150 с.
52. Савченко В. В. Многоцелевые зрелищные и спортивные залы. – К. : Будивельник, 1990. – 160 с.
53. СНиП II-Л.20-69. Театры. – М. : Стройиздат, 1969. – 53 с.
54. СНиП II-Л.16-71. Клубы. – М. : Стройиздат, 1971. – 49 с.
55. СНиП II-73-76. Кинотеатры. – М. : Стройиздат, 1977. – 17 с.
56. СНиП II-76-78. Спортивные сооружения. – М. : Стройиздат, 1979. – 84 с.
57. Стригалева Н. С. Спортивные корпуса. – М. : Стройиздат, 1976. – 152 с.
58. Театры. Рекомендации по проектированию. Выпуск 1. Зрительный зал и сцена. – М. : ЦНТИ по гражданскому строительству и архитектуре, 1979. – 94 с.
59. Театры юного зрителя и театры кукол. Рекомендации по проектированию. – М. : Стройиздат, 1972. – 55 с.
60. Трифонова Э. В. Способ геометрических мест в оценке искажаемости киноизображения // Прикладная геометрия и инженерная графика. – 1965. – Вып. 3. – С. 72.
61. Трифонова Э. В. Множество точек зрения с одинаковыми показателями искажений по критерию масштабности // Прикладная геометрия и инженерная графика. – 1981. – Вып. 32. – С. 72-76.
62. Чипига И. В. Проектирование и строительство цирков. – М. : Стройиздат, 1973. – 48 с.
63. Эргономика зрительной деятельности человека / В. В. Волков, А. В. Луизов, Б. В. Овчинников, Н. П. Травникова. – Л. : Машиностроение, 1989. – 112 с.
64. Ясный Г. В. Спортивные бассейны. – М. : Стройиздат, 1975. – 171 с.



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Навчальне видання

Пугачов Євген Валентинович,
Зданевич Василь Анатолійович

**ВИДИМІСТЬ І ЗОРОВЕ СПРИЙНЯТТЯ
В БУДІВЛЯХ І СПОРУДАХ ДЛЯ ГЛЯДАЧІВ**

Навчальний посібник

Редактор
Коректор
Комп'ютерний набір