

д. т. н., професор Пугачов Є. В.,
e.v.pugachov@nuwm.edu.ua , ORCID: 0000-0003-4771-0942,

Зданевич В. А.,
vasyl.zdanevych@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9875-8463

к. т. н., Кундрат Т. М.,
kundratt@i.ua, ORCID: 0000-0001-9345-3161

к. т. н., доцент Літницький С. І.,
gavran88@ukr.net, ORCID: 0000-0003-4962-7800

Національний університет водного господарства та природокористування

МОДЕЛЮВАННЯ ПІДЙОМУ РЯДІВ У ВИГЛЯДІ ДВОХЛАНКОВОЇ ЛАМАНОЇ З ОДНАКОВИМ ЗА ПЛОЩЕЮ ЗАТУЛЯННЯМ ПЛОСКОГО КІНОЕКРАНУ

В роботі запропоновано спосіб моделювання підйому рядів у вигляді двохланкової ламаної в кінотеатрі з однаковим за площею затулянням плоского кіноекрану, реалізований в комп'ютерному середовищі MathCad. Площею затуляння кіноекрану вважається площа геометричної фігури в межах ширини кіноекрану (трикутник або прямокутна трапеція), яка обмежена зверху проєкцією прямої маківки глядачів попереднього ряду на плоский кіноекран з монокулярного ока довільного глядача наступного ряду, знизу – фокусною прямою, а з боків – боковими кромками (кромкою кіноекрану). Площа зазначеної фігури залежить від висоти монокулярного ока глядачів наступного ряду та кута злomu рядів в плані. Тому за заданого сталого кута злomu рядів можна визначити таку висоту монокулярного ока глядачів наступного ряду, що площа тіні для кожного глядача буде однаковою і наперед заданою (окрім глядачів першого ряду, для яких затуляння не виникає).

Ключові слова: безперешкодна видимість; висота тіні, двохланкова ламана рядів; кіноекран; монокулярне око; нормативна зона розміщення місць для глядачів; об'єм затуляння; підйом рядів; площа затуляння; фокусна пряма (лінія); часткове затуляння.

Постановка проблеми. Проєктування безперешкодної видимості часто призводить до занадто великого підйому рядів і зростання висот присідців, що викликає технологічні незручності, збільшення об'єму залу і витрат на опалення. Тому безперешкодна видимість є скоріше виключенням, ніж правилом, і проєктується, зазвичай, видимість з частковим затулянням. В такому випадку бажано зробити це затуляння однаковим для всіх глядачів. Критерієм оцінки затуляння в кінотеатрах

може бути висота тіні на кіноекрані або площа затуляння кіноекрана, а в театрах – об'єм затуляння сцени [1-5, 7-18].

Забезпечити однакову висоту тіні у випадку проектування видимості за двовимірною моделлю можна шляхом використання альтернативних фокусних точок [2-5, 14], але при цьому площа тіні буде різною і більшою для більш віддалених місць, а об'єм затуляння – меншим для місць, розташованих на більшій висоті відносно планшету сцени навіть при однаковому віддаленні.

Якщо ряди в плані прямолінійні і не паралельні фокусній прямій [14], висота очей глядачів в межах кожного ряду однакова і проектується видимість з частковим затулянням, то можна запроєктувати такий підйом рядів, щоб площа затуляння кіноекрану прямою маківок глядачів попереднього ряду для глядачів кожного наступного ряду була однаковою і наперед заданою, створивши приблизно рівні умови видимості для глядачів кожного ряду.

Ціль статті. Запропонувати спосіб моделювання підйому рядів у вигляді двохланкової ламаної в плані, який забезпечує однакову і наперед задану площу затуляння кіноекрану прямою маківок глядачів попереднього ряду для глядачів кожного наступного ряду.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Оцінці затуляння в кінотеатрах та театрах присвячені публікації [1-5,7-18]. В роботах [1, 8, 16, 17] аналізується затуляння в існуючих аудиторіях і актовій залі та надаються практичні рекомендації щодо покращення видимості, які дозволяють зменшити висоту тіні. В роботі [15] пропонується для двовимірної моделі видимості алгоритм визначення підйому рядів, що забезпечує однакову площу тіні від сферичної голови глядача попереднього ряду, яка проєкціюється на екран з монокулярного ока глядача наступного ряду. В роботах [10-13] розглядається фактичне затуляння, що виникає, коли розраховується безперешкодна видимість у вертикальній площині поздовжнього розрізу залу, для різних варіантів підйому рядів. Найбільш близькою до тематики статті є праця [9], де розглядається оцінювання фактичного затуляння в кінотеатрі з плоским екраном, аналогічним розміщенням рядів в плані у вигляді двохланкової ламаної з кутом злому 160° та підйомом рядів по кривій найменшого підйому, розрахованій у вертикальній площині поздовжнього перерізу залу. Проте в зазначених роботах задача моделювання підйому рядів, який забезпечував би однакову і наперед задану площу затуляння плоского кіноекрану не ставилася.

Основна частина. Нехай ряди у вигляді двохланкової ламаної в плані розміщені в нормативній зоні [6], як це показано на рис. 1. Кут злому рядів дорівнює 160° , що, як показав аналіз літератури з проектування залів різного призначення, часто зустрічається в практиці проектування.

За наведених в постановці проблеми умов пряма маківок кожного попереднього ряду і пряма очей наступного ряду є паралельним прямими, які задають площину.

Затуляння не виникає, коли кожна така площина перетинає фокусну пряму в крайній точці або нижче за неї (рис. 2). Іншими словами, якщо через крайню точку фокусної прямої (край екрану) провести вертикальну площину AB (рис. 1) перпендикулярну відповідній ланці (лівій чи правій) першого ряду, то в цій площині для розрахунку безперешкодної видимості можна скористатись формулами для двовимірної моделі видимості [14], беручи за відстань від фокусної точки до першого ряду відстань в плані від крайньої точки фокусної лінії A до точки B перетину перпендикулярної площини з прямою першого ряду.

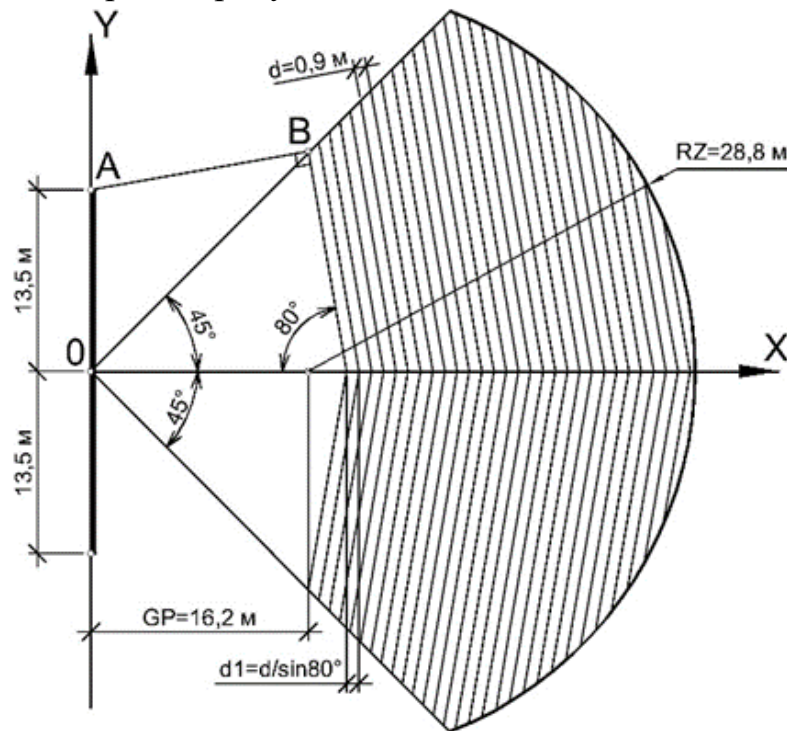


Рис. 1. Нормативна зона розміщення місць для глядачів, ряди у вигляді двохланкових ламаних, плоский екран та вертикальна площина AB , в якій можна розраховувати безперешкодну видимість за двовимірною моделлю

У випадку проектування видимості із частковим затулянням площина, інцидентна прямій маківок глядачів попереднього ряду і прямій очей глядачів наступного ряду, перетинатиме плоский екран по прямій (рис. 3), положення якої залежатиме при заданій прямій маківок глядачів попереднього ряду від висоти очей глядачів наступного ряду, яку можна задавати таким чином, щоб площа між прямою перетину і фокусною прямою в межах ширини екрану була сталою і наперед заданою. Таким чином, для всіх глядачів площа затуляння екрану буде однаковою.

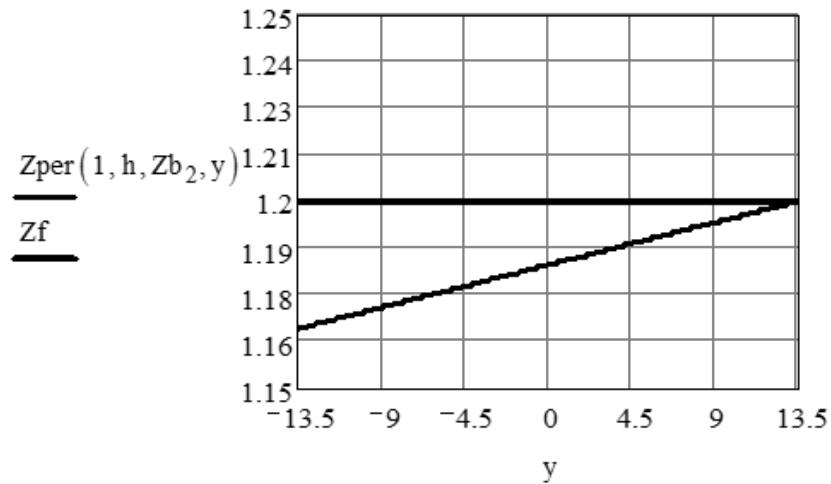


Рис. 2. Перетин площини, заданої прямою маківок глядачів 1-го ряду і прямою очей глядачів 2-го ряду, з площиною екрану при забезпеченні безперешкодної видимості (потовщена горизонтальна лінія – фокусна пряма на висоті 1,2 м від горизонтальної підлоги 1-го ряду)

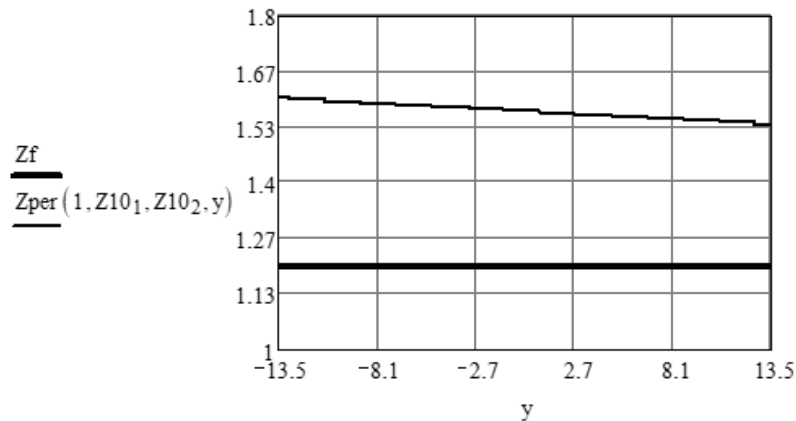


Рис. 3. Пряма перетину площини, заданої прямою маківок глядачів 1-го ряду і прямою очей глядачів 2-го ряду, з площиною екрану та фокусна пряма (потовщена горизонтальна лінія на висоті 1,2 м від горизонтальної підлоги 1-го ряду)

Слід зазначити, що згадана пряма перетину може перетинати фокусну пряму і в межах ширини екрану. В такому випадку площа між прямою перетину і фокусною прямою буде мати форму трикутника, а не трапеції, як це показано на рис. 3.

Для задання площини, яка перетинає екран, можна замість прямої очей глядачів наступного ряду використати координати очей довільного глядача наступного ряду з цієї ланки ламаної, адже пряма маківок глядача попереднього ряду і будь-яка точка на прямій очей глядачів наступного ряду задають ту саму площину. Визначення висоти (аплікати) цієї точки (при заданих координатах в плані) і заданій площі затуляння зводиться до пошуку кореня рівняння, в якого ліва частина – це різниця між площею затуляння і заданою площею затуляння, а права – нуль.

Для пошуку кореня такого рівняння треба коректно задавати перше наближення до кореня. В розробленій MathCad-програмі в якості першого наближення при розрахунку очей глядачів кожного ряду в циклі задавалася висота очей глядачів цього ряду, обчислена для варіанту безперешкодної видимості.

На рис. 4 показані прямі перетину площин з площиною екрану для 2-7-го рядів (наступні ряди) для заданого затуляння 10 м^2 та визначених за цією умовою висот очей глядачів 2-7-го рядів (висота очей глядачів 1-го ряду – 1,2 м), а на рис. 5 – прямі перетину площин з площиною екрану для тих же рядів, але для заданого затуляння 90 м^2 . Як видно з рисунку, для площі затуляння 90 м^2 прямі перетину майже збігаються.

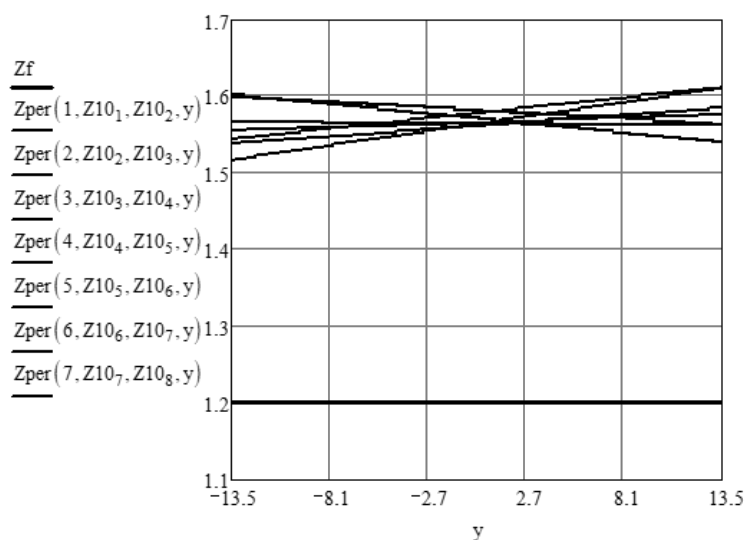


Рис. 4. Прямі перетину площин з площиною екрану для 2-7-го рядів при заданій площі затуляння 10 м^2 та фокусна пряма (потовщена горизонтальна лінія)

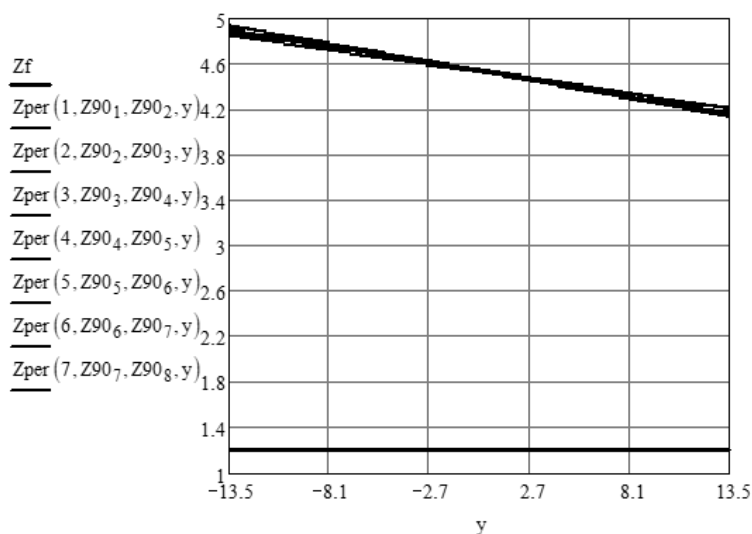


Рис. 5. Прямі перетину площин з площиною екрану для 2-7-го рядів при заданій площі затуляння 90 м^2 та фокусна пряма (потовщена горизонтальна лінія)

Площа затуляння задавалась в межах від 10 до 90 м². Відповідні криві підйому монокулярних очей глядачів представлені на рис. 6. Верхня пунктирна крива розрахована для безперешкодної видимості. Зрозуміло, що решта кривих розміщуються тим нижче, чим більша задана площа затуляння. Нижня крива відповідає площі затуляння 90 м². Починаючи із затуляння 70,9 м² криві вже мають точки, які опускаються нижче за висоту очей глядачів 1-го ряду (1,2 м), що зрозуміло з самої постановки задачі.

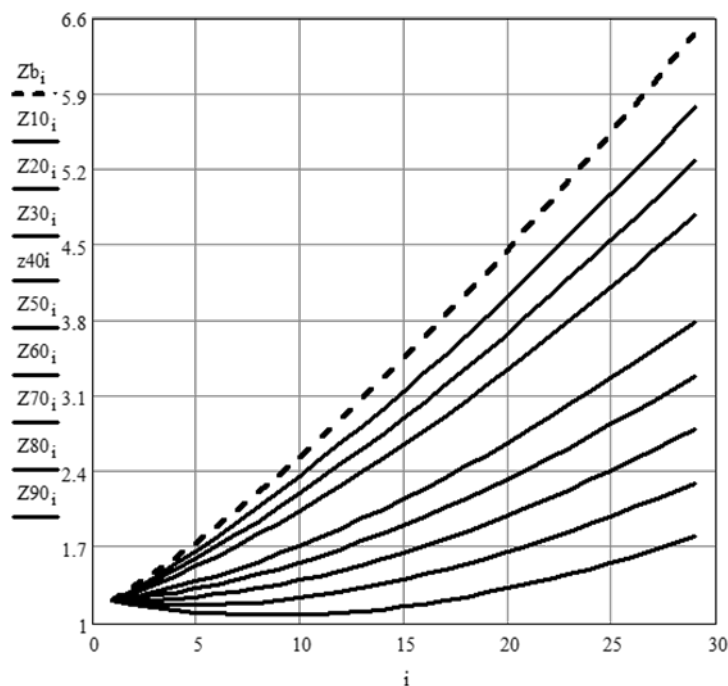


Рис. 6. Криві підйому монокулярних очей глядачів, що відповідають: безперешкодній видимості (верхня пунктирна крива) та площам заданого затуляння 10-90 м² (з кроком 10 м²)

Висновки та перспективи. Наведена в статті модель дозволяє проектувати підйом рядів з однаковим частковим затулянням кіноекрану для всіх глядачів. Таким чином, для них в залі створюються приблизно однакові умови видимості. Подальші дослідження можна спрямувати на розробку аналогічних моделей як для іншого розміщення рядів в плані, так і для інших об'єктів спостереження.

Література

1. Белозорова К. М., Гарбарук Л. Т., Кокоч М. В., Пугачов Є. В. Аналіз об'ємно-планувального рішення аудиторії № 442 НУВГП та умов видимості в ній // Вісник НУВГП. 2016. Вип. 1(73). С. 220-227.
2. Гаклина Е. Д. Видимость, загроаживание и комфортность в зрелищных залах / Вопросы архитектуры и строительства зданий для зрелищ,

- спорта и учреждений культуры*. Сборник научных трудов. Москва : ЦНИИЭП учебных зданий Госгражданстроя СССР, 1973. №1. С. 64-70.
3. 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. Москва : ЦНИИЭП учебных зданий Госгражданстроя СССР, 1975. №2. С. 42-45.
4. Гаклина Е. Д., Иванов В. М., Савченко М. Р. Пособие по проектированию видимости в зрительных залах. Москва : Стройиздат, 1976. 70 с.
5. Гнедовский Ю. П., Савченко М. Р. Кинотеатры (основы проектирования). Москва : Стройиздат, 1968. 240 с.
6. ДБН В.2.2-16-2005. Культурно-видовищні та дозвіллеві заклади. Київ : Держбуд України, 2005. 64 с.
7. Зданевич В. А., Кундрат Т. М., Літницький С. І., Пугачов Є. В. Оцінка затуляння в кінотеатрі з рядами в плані у вигляді двохланкової ламаної, розміщеними на похилій площині / *Сучасні проблеми моделювання*. 2018. Вип. 12. С. 80-85.
8. Зданевич В. А., Кундрат Т. М., Літницький С. І., Пугачов Є. В. Умови видимості в лекцій аудиторії № 673 / *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. Збірник наукових праць. Випуск 1(89). Технічні науки. Рівне : НУВГП, 2020. С. 142-151.
9. Кокоч М. В., Пугачов Є. В. Моделювання фактичного затуляння в залі кінотеатру з ламаними в плані рядами місць / *Технічна естетика і дизайн*. 2012. Вип. 11. С. 67-71.
10. Кокоч М. В., Пугачов Є. В. Моделювання фактичного затуляння в залі кінотеатру / *Технічна естетика і дизайн*. 2012. Вип. 10. С. 93-97.
11. Кокоч М. В., Пугачов Є. В. Моделювання фактичного затуляння в залі кінотеатру з ламаними в плані рядами місць і циліндричним екраном / *Вісник НУВГП*. 2012. Вип. 3(59). С.11-16.
12. Кокоч М. В., Пугачов Є. В. Визначення фактичного затуляння в залі з ламаними в плані рядами і розміщенням місць на відсіках похилих площин / *Праці ТДАТУ*. 2012. Вип. 4. Т. 55. С. 110-115.
13. Кокоч М. В., Пугачов Є. В. Моделювання фактичного затуляння в залі театру з ламаними в плані рядами місць / *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. 2013. Вип. 91. С. 117-121.
14. Пугачов Є. В., Зданевич В. А. Видимість і зорове сприйняття в будівлях і спорудах для глядачів. Рівне: НУВГП, 2014. 150 с.
15. 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.

16. Пугачов Є. В., Літницький С. І., Семенович І. М., Фоміна І. Д. Аналіз умов видимості в актовій залі НУВГП / *Вісник НУВГП*. Технічні науки. 2018. Вип. 1(81). С. 126-135.
17. Пугачов Є. В., Літницький С.І., Дуніна А. П., Лисюк О. О. Аналіз об'ємно-планувального рішення, умов видимості та природної освітленості лекційної аудиторії №453 / *Вісник НУВГП*. Технічні науки. 2018. Вип. 1(81). С. 145-152.
18. Eugene Pugachov, Serhii Litnitskyi, Vasyl Zdanevych, Taras Kundrat Determining the number of rows with screening for viewers in the cinema / *AD ALTA: Journal of Interdisciplinary Research*. Volume 11, Issue 1, Special Issue XV, 2021. pp. 127-130.

References

1. Belozorova K. M., Harbaruk L. T., Kokoch M. V., Puhachov YE. V. Analiz ob'yemno-planuval'noho rishennya audytoriyi № 442 NUVHP ta umov vydymosti v niy / *Visnyk NUVHP*. 2016. No 1(73). P. 220- 227. {in Ukrainian}
2. Gaklina Ye. D. Vidimost', zagorazhivaniye i komfortnost' v zrelishchnykh zalakh / *Voprosy arkhitektury i stroitel'stva zdaniy dlya zrelishch, sporta i uchrezhdeniy kul'tury*. Sbornik nauchnykh trudov. Mjscow : TSNIIEP uchebnykh zdaniy Gosgrazhdanstroya SSSR,1973. №1. P. 64-70. {in Russian}
3. Gaklina Ye. D. Dopuski na chastichnoye zagorazhivaniye zrelishcha i arkhitekturno-planirovochnyye vozmozhnosti zalov / *Voprosy arkhitektury i stroitel'stva zdaniy dlya zrelishch, sporta i uchrezhdeniy kul'tury*. Sbornik nauchnykh trudov. Moscow : TSNIIEP uchebnykh zdaniy Gosgrazhdanstroya SSSR,1975. №2. P. 42-45. {in Russian}
4. Gaklina Ye. D., Ivanov V. M., Savchenko M. R. Posobiye po proyektirovaniyu vidimosti v zritel'nykh zalakh. Moscow : Stroyizdat, 1976. 70 p. {in Russian}
5. Gnedovskiy YU. P., Savchenko M. R. Kinoteatry (osnovy proyektirovaniya). Moscow : Stroyizdat,1968. 240 p. {in Russian}
6. DBN V.2.2-16-2005. Kul'turno-vydovyshchni ta dozvillyevi zaklady. Kyiv : Derzhbud Ukrayiny,2005. 64 p. {in Ukrainian}
7. Zdanevych V. A., Kundrat T. M., Litnits'kyy S. I., Puhachov YE. V. Otsinka zatulyannya v kinoteatri z ryadamy v plani u vyhlyadi dvokhlankovoyi lamanoyi, rozmishchenymy na pokhyliy ploshchyni / *Suchasni problemy modelyuvannya*. 2018. No 12. P. 80-85. {in Ukrainian}
8. Zdanevych V. A., Kundrat T. M., Litnits'kyy S. I., Puhachov YE. V. Umovy vydymosti v lektsiy audytoriyi № 673 / *Visnyk Natsional'noho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannya*. Zbirnyk naukovykh prats'.

Vypusk 1(89). Tekhnichni nauky. Rivne : NUVHP, 2020. P. 142-151. {in Ukrainian}

9. Kokoch M. V., Puhachov YE. V. Modelyuvannya faktychnoho zatulyannya v zali kinoteatru z lamanymy v plani ryadamy mists' / *Tekhnichna estetyka i dyzayn*. 2012. No 11. P. 67-71. {in Ukrainian}

10. Kokoch M. V., Puhachov YE. V. Modelyuvannya faktychnoho zatulyannya v zali kinoteatru / *Tekhnichna estetyka i dyzayn*. 2012. No 10. P. 93-97. {in Ukrainian}

11. Kokoch M. V., Puhachov YE. V. Modelyuvannya faktychnoho zatulyannya v zali kinoteatru z lamanymy v plani ryadamy mists' i tsylindrychnym ekranom / *Visnyk NUVHP*. 2012. No 3(59). P.11-16. {in Ukrainian}

12. Kokoch M. V., Puhachov YE. V. Vyznachennya faktychnoho zatulyannya v zali z lamanymy v plani ryadamy i rozmishchennyam mists' na vidsikakh pokhylykh ploshchyn / *Pratsi TDATU*. 2012. No 4. V. 55. P. 110-115. {in Ukrainian}

13. Kokoch M. V., Puhachov YE. V. Modelyuvannya faktychnoho zatulyannya v zali teatru z lamanymy v plani ryadamy mists' / *Prykladna heometriya ta inzhenerna hrafika*. 2013. No 91. P. 117-121. {in Ukrainian}

14. Puhachov YE. V., Zdanevych V. A. Vydymist' i zorove spryynyattya v budivlyakh i sporudakh dlya hlyadachiv. Rivne: NUVHP, 2014. 150 p. {in Ukrainian}

15. Pugachev Ye. V., Orel S. I. Raschet lomanoy pod"yema zritel'skikh mest s uchetom ravnogo chastichnogo zagorazhivaniya / *Prikladnaya geometriya i inzhenernaya grafika*. 1992. No 53. P. 88-90. {in Russian}

16. Puhachov YE. V., Litnits'kyi S. I., Semenovych I. M., Fomina I. D. Analiz umov vydymosti v aktoviy zali NUVHP / *Visnyk NUVHP*. Tekhnichni nauky. 2018. No 1(81). P. 126-135. {in Ukrainian}

17. Puhachov YE. V., Litnits'kyi S.I., Dunina A. P., Lysyuk O. O. Analiz ob"yemno-planuval'noho rishennya, umov vydymosti ta pryrodnoyi osvitenosti lektsiynoyi audytoriyi №453 / *Visnyk NUVHP*. Tekhnichni nauky. 2018. No. 1(81). P. 145-152. {in Ukrainian}

18. Eugene Pugachov, Serhii Litnitskyi, Vasyl Zdanevych, Taras Kundrat Determining the number of rows with screening for viewers in the cinema / *AD ALTA: Journal of Interdisciplinary Research*. Volume 11, Issue 1, Special Issue XV, 2021. pp. 127-130.

Ph. D., prof **Eugene Pugachov**,
e.v.pugachov@nuwm.edu.ua , ORCID: 0000-0003-4771-0942,

Vasyl Zdanevych,
vasyl.zdanevych@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9875-8463

Ph. D., **Taras Kundrat**,
kundratt@i.ua, ORCID: 0000-0001-9345-3161

Ph. D., assoc. prof. **Serhii Litnitskyi**,
gavran88@ukr.net, ORCID: 0000-0003-4962-7800

National University of Water and Environmental Engineering (NUWEE)

MODELLING OF RAISING OF ROWS IN THE FORM OF THE TWO-UNIT BROKEN LINE WITH IDENTICAL ON SCREENING SQUARE OF THE FLAT SCREEN

In work the model of raising of rows in the plan in the form of a two-unit broken line providing equal on the area a partial screening of a flat screen is offered. The model is realized in the program Mathcad environment.

In article the case when monocular eyes of the audience in repartitions of a row lie on one horizontal straight line of a row broken line parallel to a link is considered. It belongs also to a straight line of tops of the audience of each row. Thus, straight lines of tops of the audience of the previous row and straight lines of monocular eyes of the subsequent row form couples of parallel straight lines setting the planes. If the specified planes cross the screen plane in its borders, then there is a screening. The area of a screening depends on height of monocular eyes of the audience of the subsequent row, and the straight line of crossing can cross its lower edge (the focal line) in repartitions of the screen or to be located above it.

In the first case the area of a screening pays off as the area of the triangle limited from above to a crossing straight line, from below - the lower edge of the screen, sideways - a side edge of the screen. In the second - as the area of the rectangular trapeze limited from above to the line of crossing, from below - the lower edge of the screen, and on each side - side edges of the screen.

In order that the area of a screening equaled beforehand set for the audience of all ranks, the problem of search of the corresponding height (z-coordinate) of a monocular eye of any viewer of the subsequent row is solved. This task comes down to search of a root of the equation in which left part there is a difference between the area of a screening and the set area of a screening, and in right - zero. For search of a root it is necessary to set the first approach correctly. In the developed Mathcad program as such approach when calculating heights of eyes of the audience of each row in a cycle height of eyes of the audience of this row calculated for option of free visibility was set.

Keywords: free visibility, shadow height, two-unit broken line of rows, screen, monocular eye, standard zone of placement of seats, screening volume, raising of rows area of a screening, focal direct (line), partial screening.