

Міністерство освіти і науки України  
Київський національний університет будівництва і архітектури  
Кафедра архітектурних конструкцій

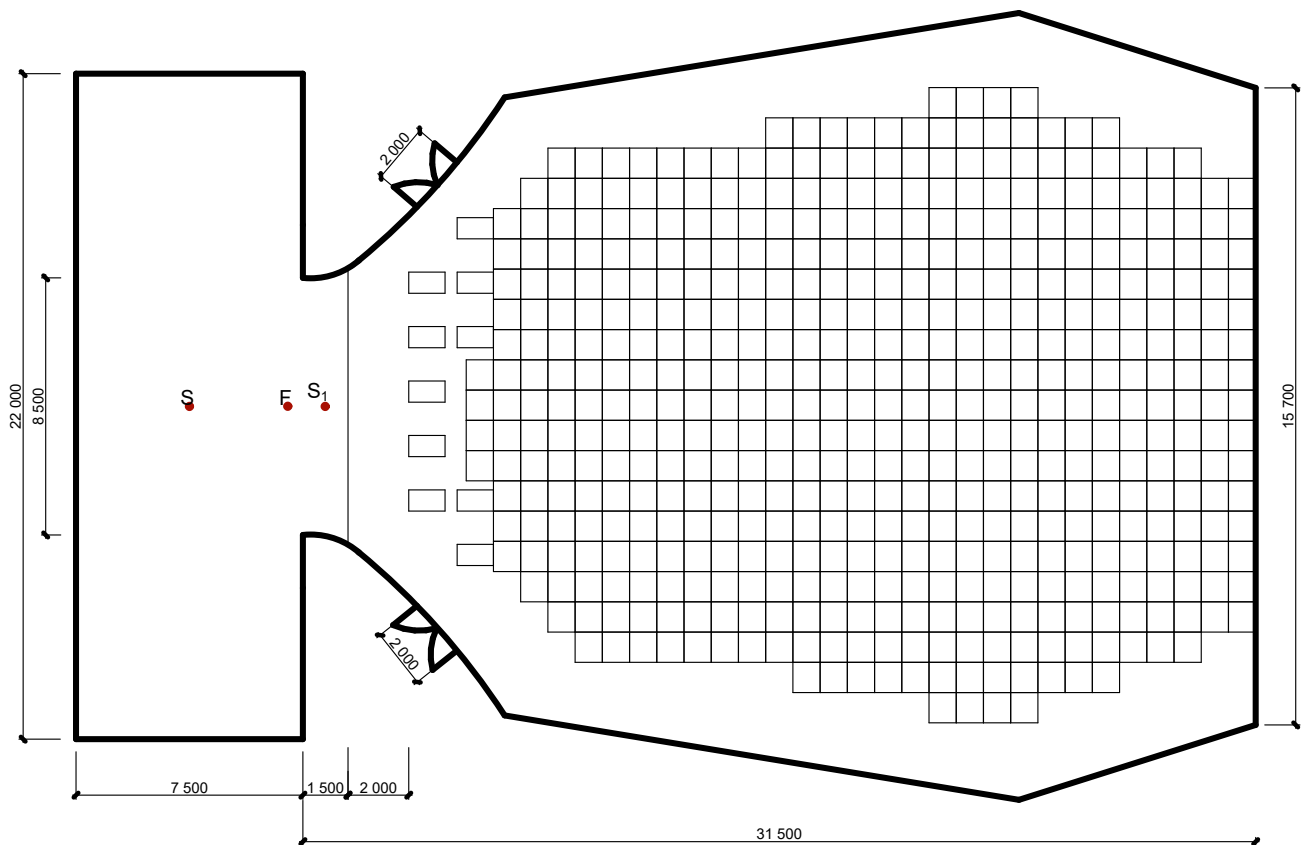
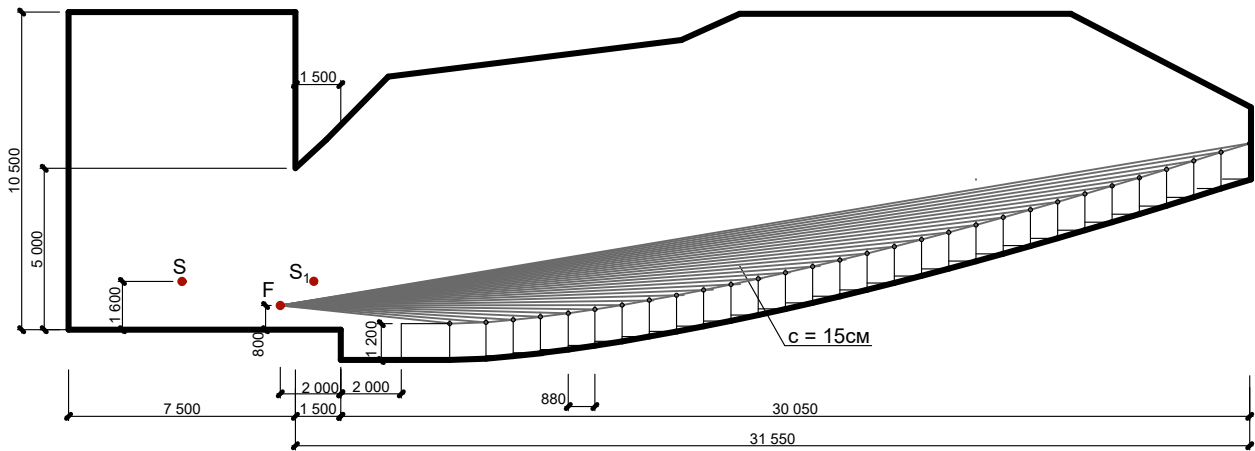
# Курсова робота

## Акустичний розрахунок концертного залу на 500 місць

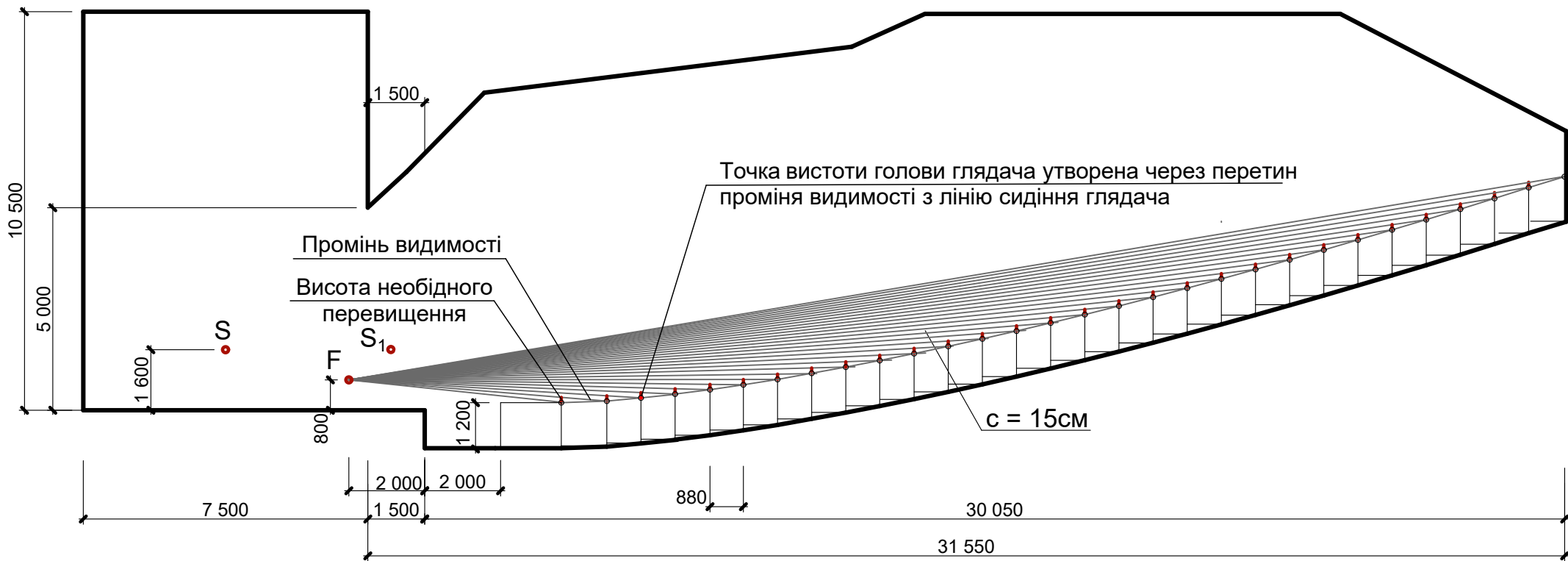
Виконала студентка групи  
Арх-47  
Некlesa В.С.  
Керівник: Сергейчук В.С.

## Склад роботи

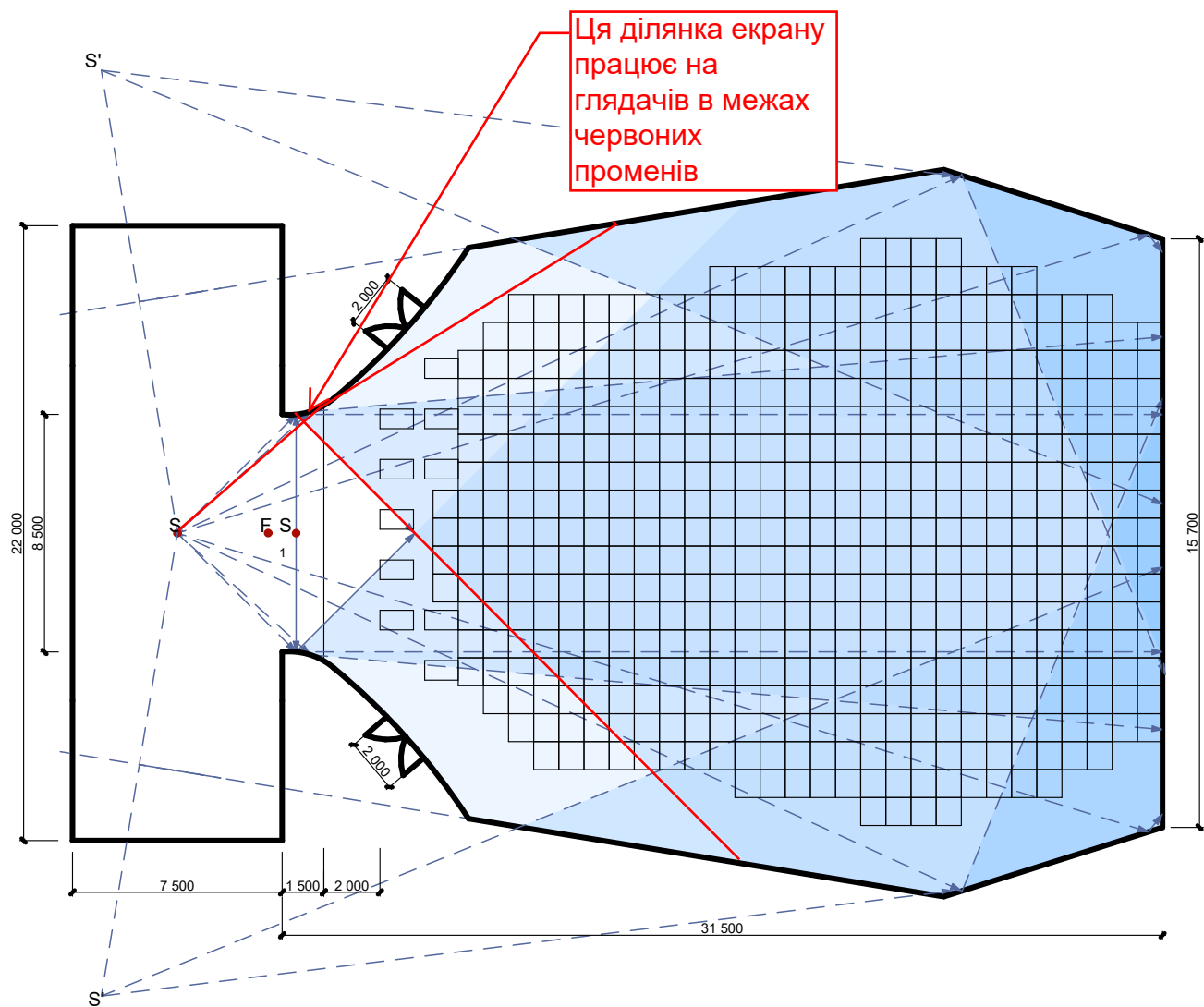
1. Геометрична характеристика залу.
2. Геометричний вибір форми стін, стелі та підлоги.
3. Геометричне дослідження розподілу відбитих звуків по поверхні слухачів.
4. Дослідження на утворення поганих відбиттів.
5. Визначення акустично активних ділянок екранів.
6. Розгортка концертного залу з акустично активними ділянками
7. Розгортка концертного залу з вибраними матеріалами.
8. Розрахунок фактичної еквівалентної площі звукопоглинання концертного залу.
  - Розрахунок постійного та додаткового звукопоглинання
  - Розрахунок перемінного звукопоглинання
  - Розрахунок фактичного звукопоглинання
  - Визначення величини оптимального часу реверберації
  - Визначення загальної необхідної еквівалентної площі звукопоглинання
  - Порівняння загального на нормативного звукопоглинання в залі.
9. Розрахунок фактичного часу реверберації при заповненні залу слухачами на 70%
  - Порівняння фактичного на нормального часу реверберації в залі
10. Розрахунок фактичного часу реверберації звуку частотою 500Гц при різному відсотку заповнення залу слухачами
11. Розрахунок артикуляції залу
12. Висновок
13. Список використаних джерел



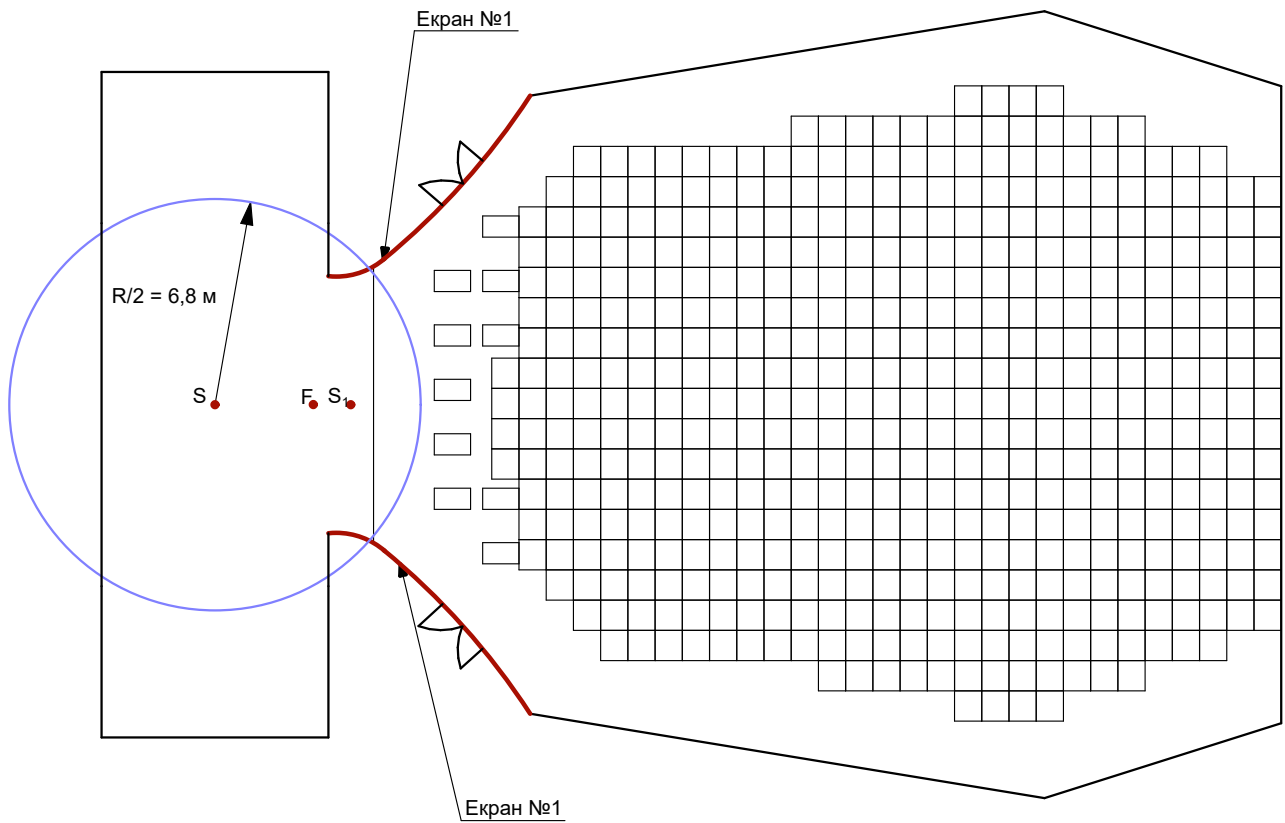
Вибір форми підлоги, стін та стелі концертного залу М 1:250



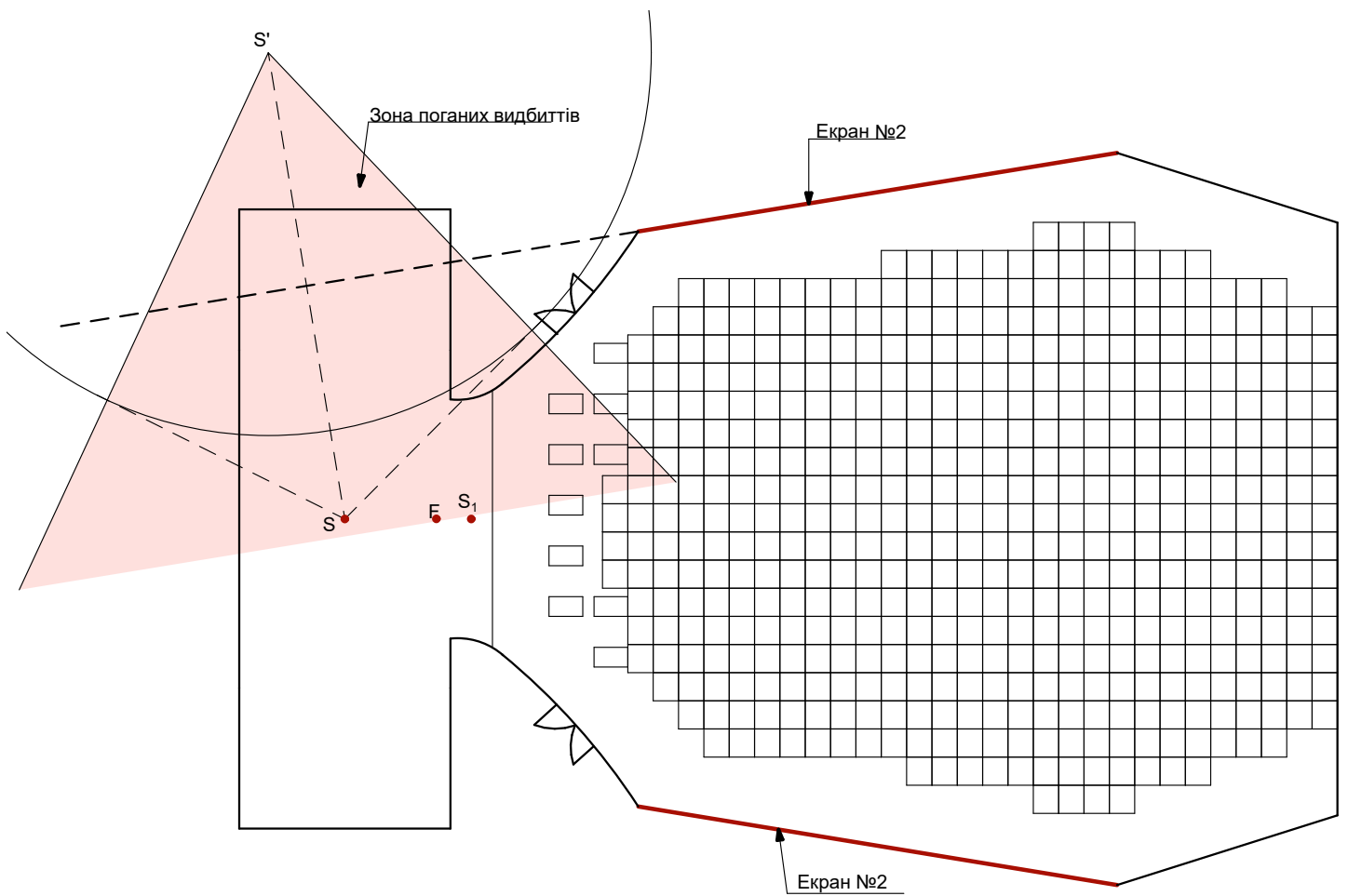
Проектування ухилу залу



Геометричне обстеження розподілу енергії по поверхні глядачів М 1:250

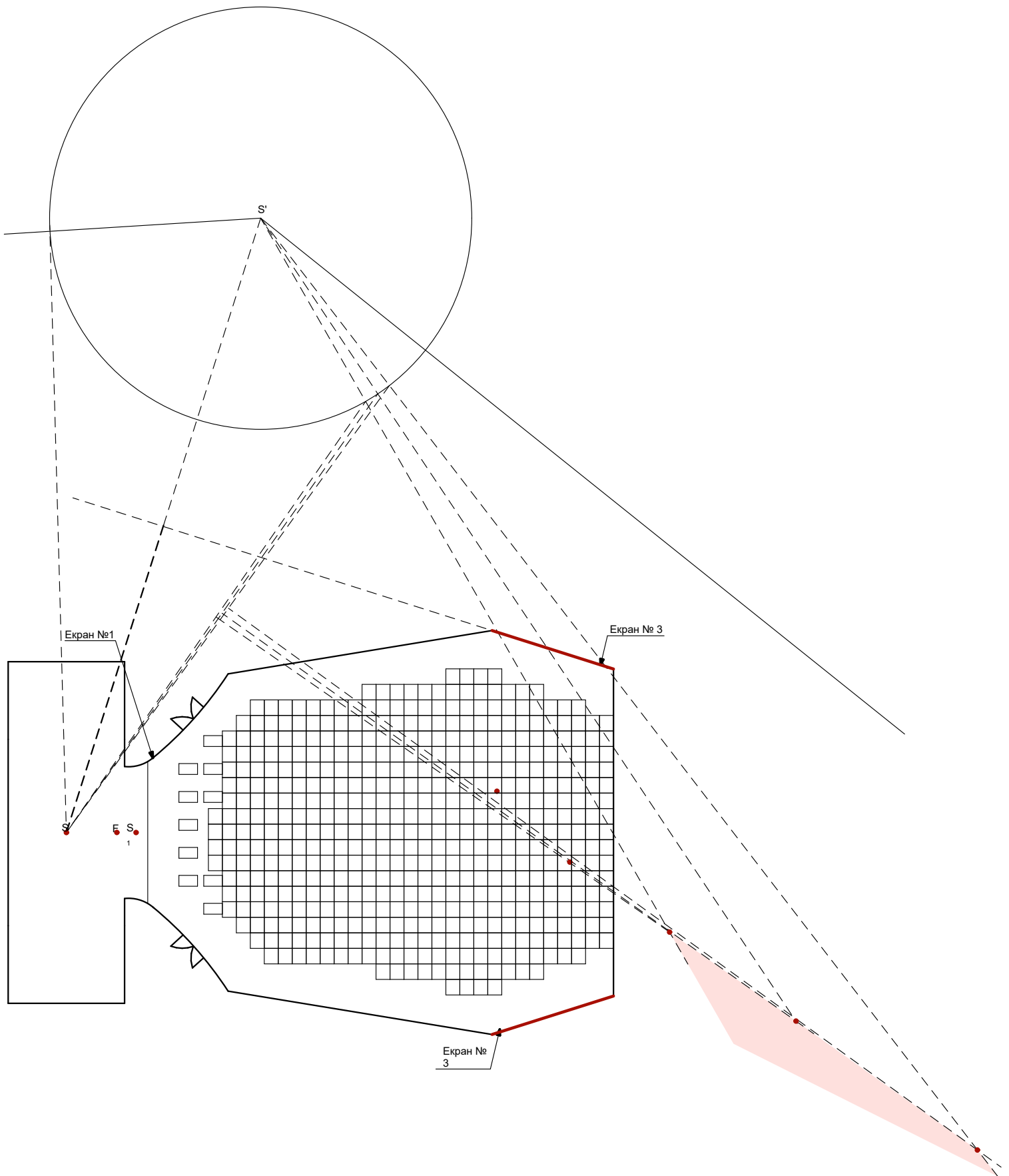


Висновок: поганих відбиттів від Екрану №1 не буде, оскільки відстань по перпендикуляри буде менша за  $R/2$



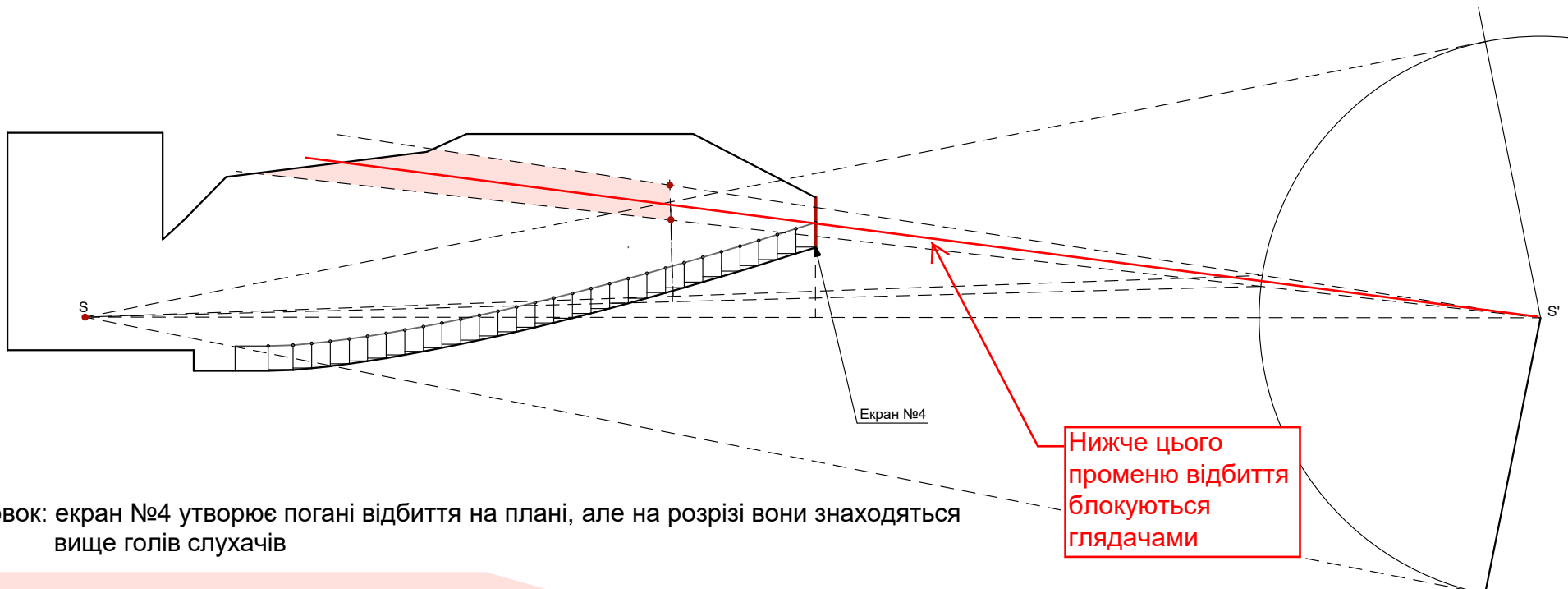
Висновок: екран не подраплює в зону поганих відбиттів, тому поганих відбиттів від екрану №2 утворюватись не буде

Дослідження залу на утворення поганих відбиттів М 1:250

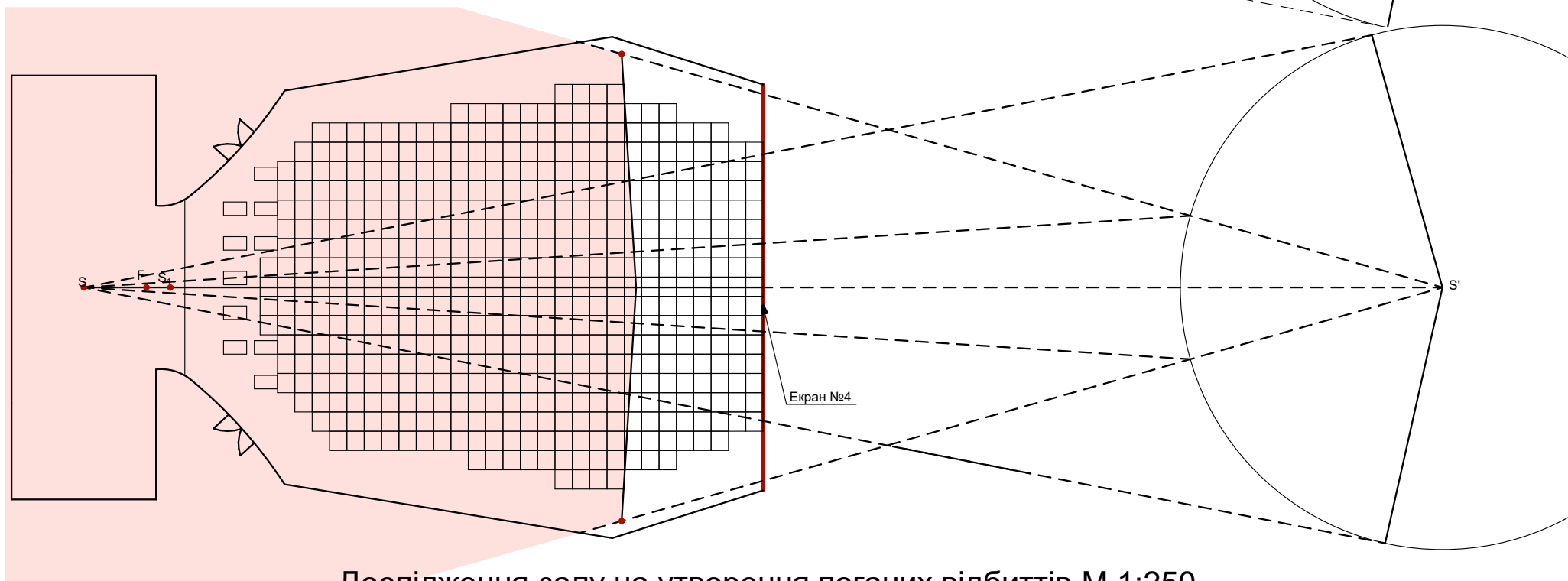


Висновок: екран №3 не дає поганих відбиттів в межах концертного залу

Дослідження залу на утворення поганих відбиттів М 1:300

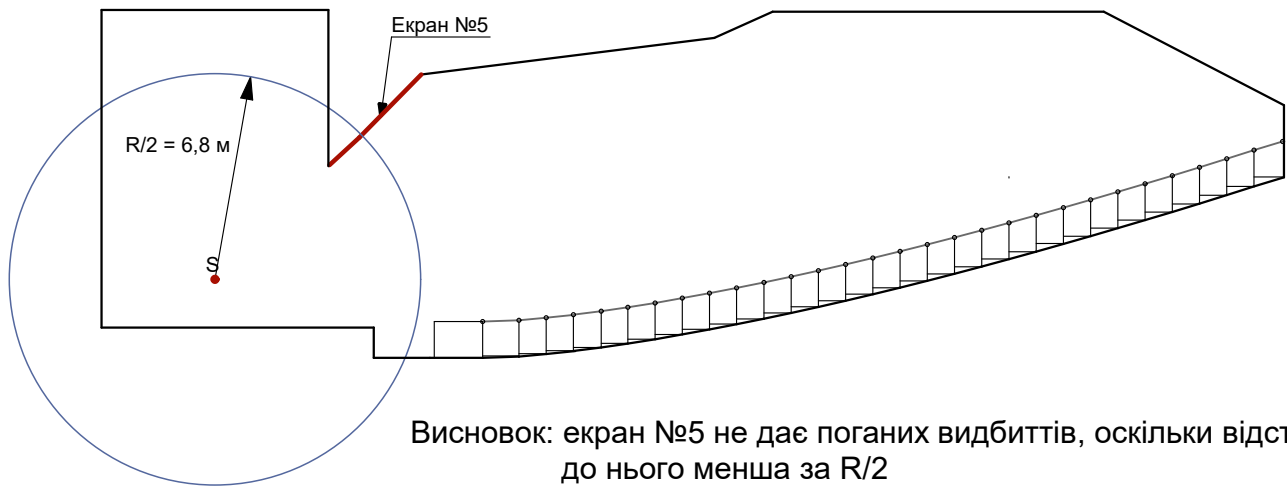


Висновок: екран №4 утворює погані відбиття на плані, але на розрізі вони знаходяться вище голів слухачів

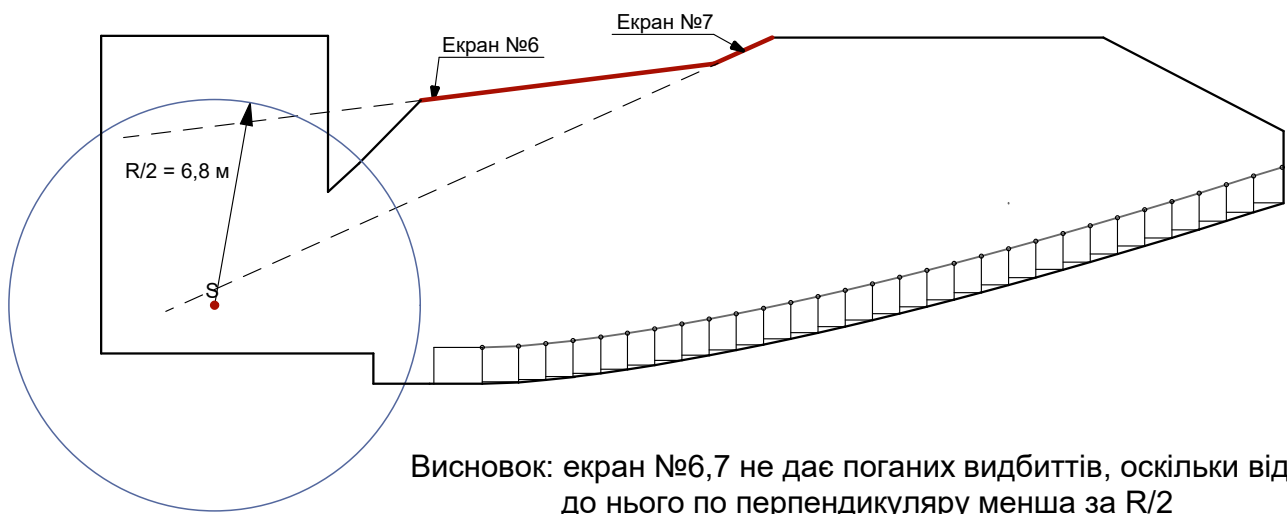


Дослідження залу на утворення поганих відбиттів М 1:250

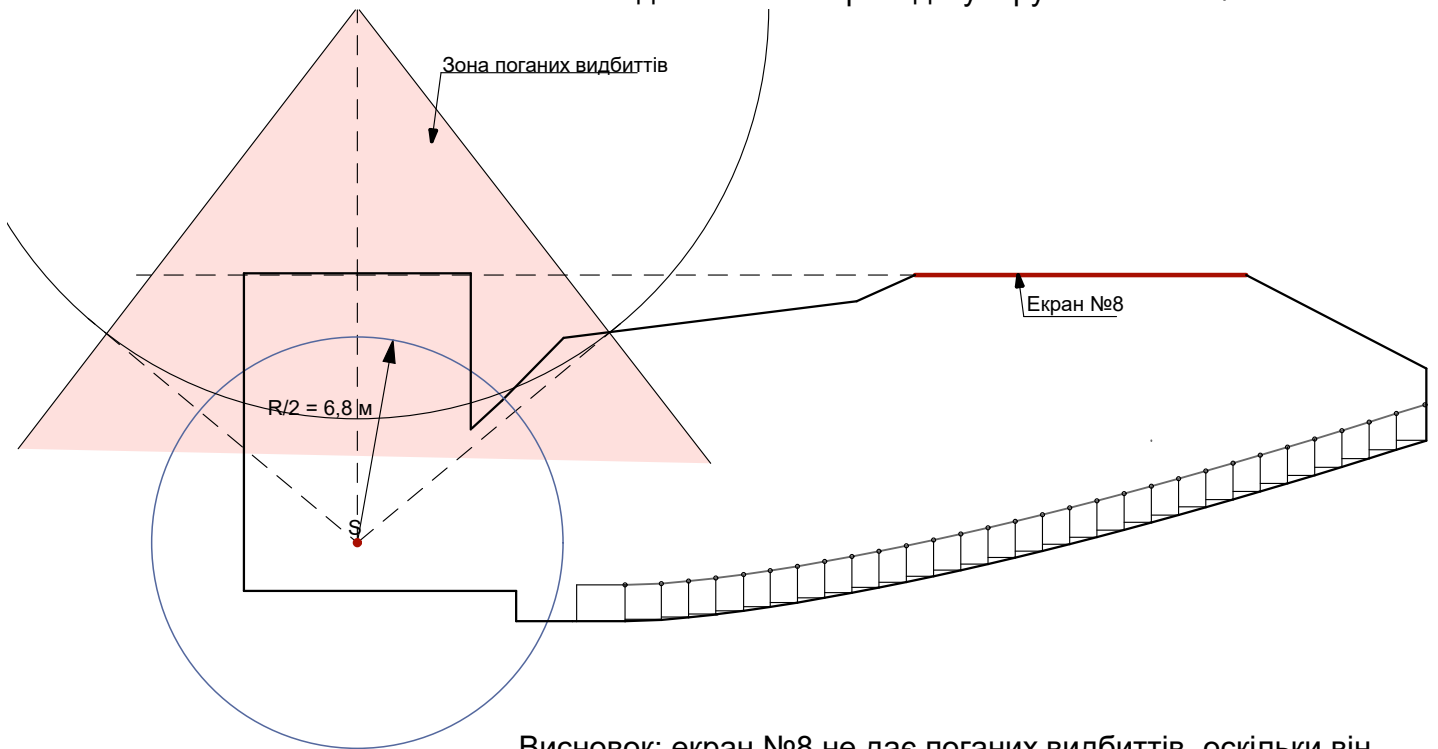




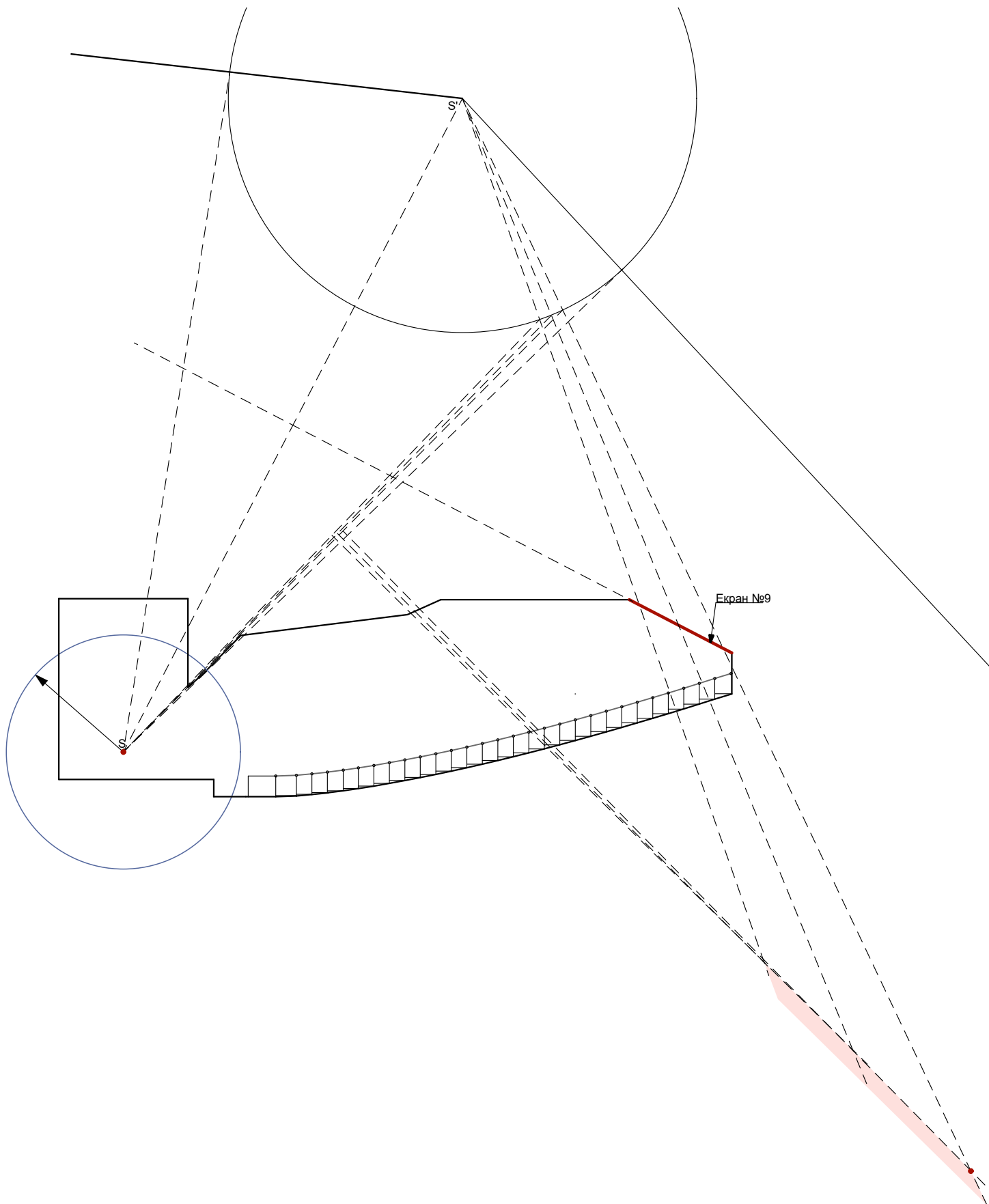
Висновок: екран №5 не дає поганих відбиттів, оскільки відстань до нього менша за  $R/2$



Висновок: екран №6,7 не дає поганих відбиттів, оскільки відстань до нього по перпендикуляру менша за  $R/2$



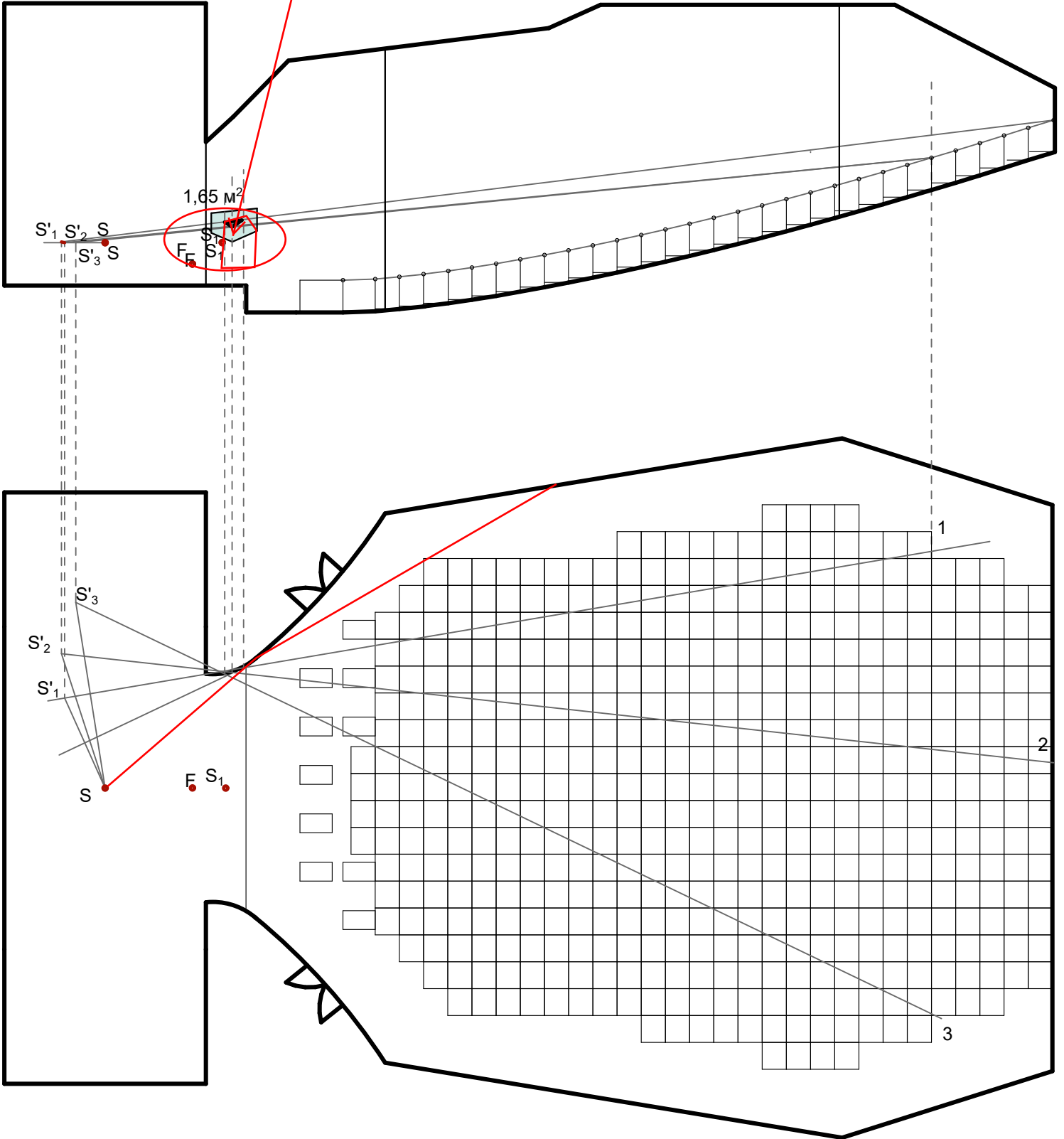
Висновок: екран №8 не дає поганих відбиттів, оскільки він знаходиться за межами зони поганих відбиттів



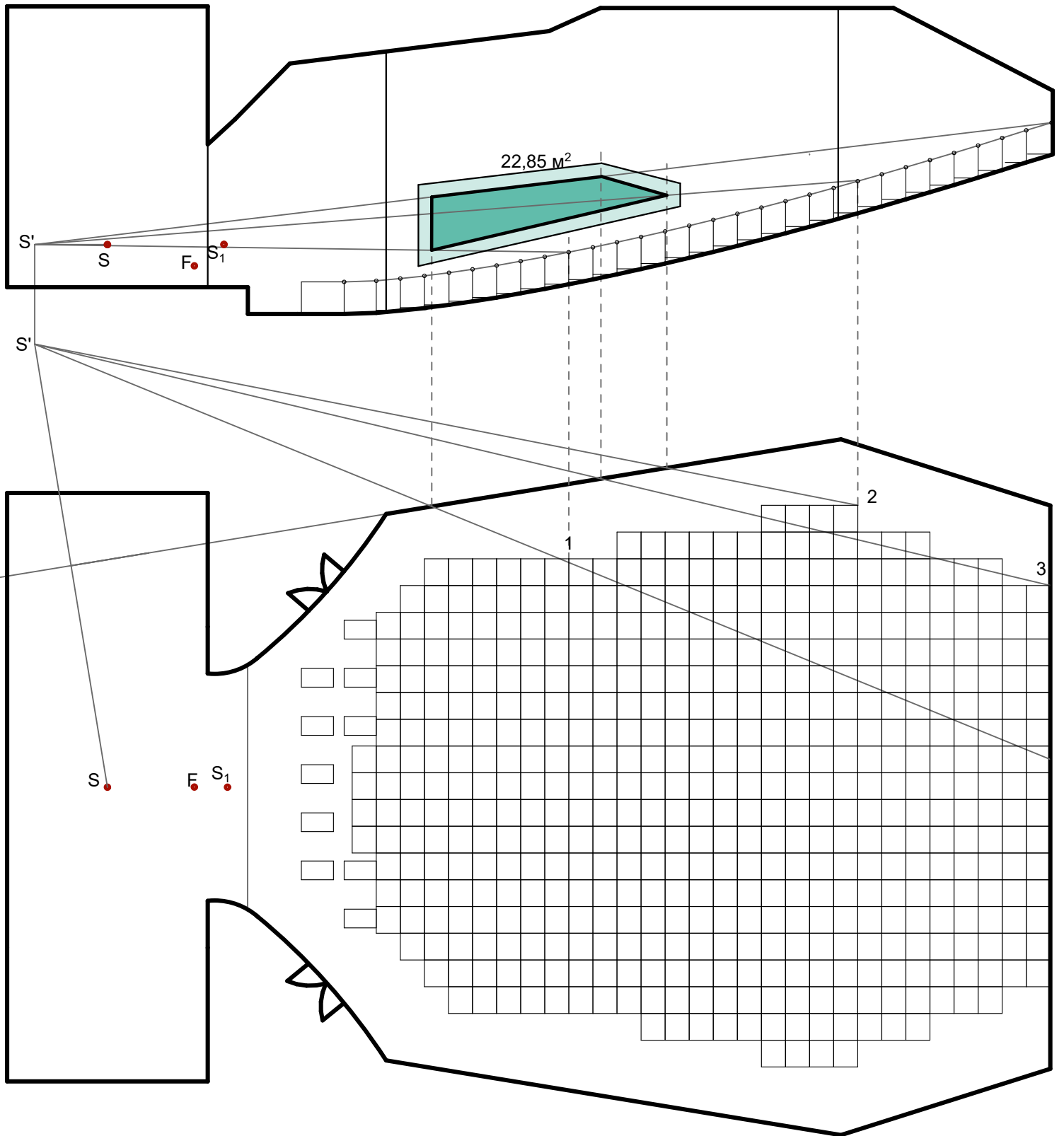
Висновок: екран №9 не дає поганих відбиттів в  
межах концертного залу

Дослідження залу на утворення поганих відбиттів М 1:250

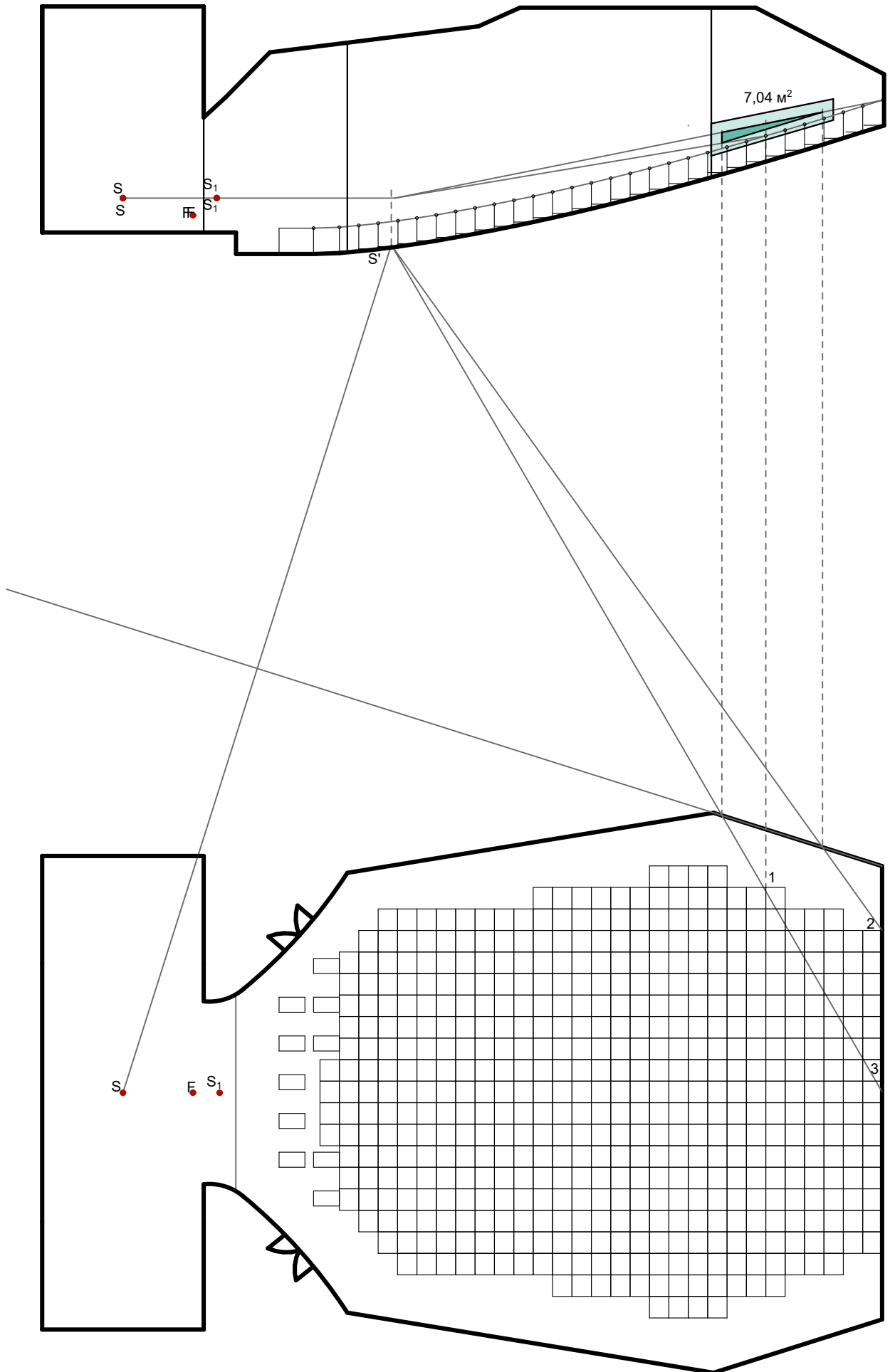
Помилка!



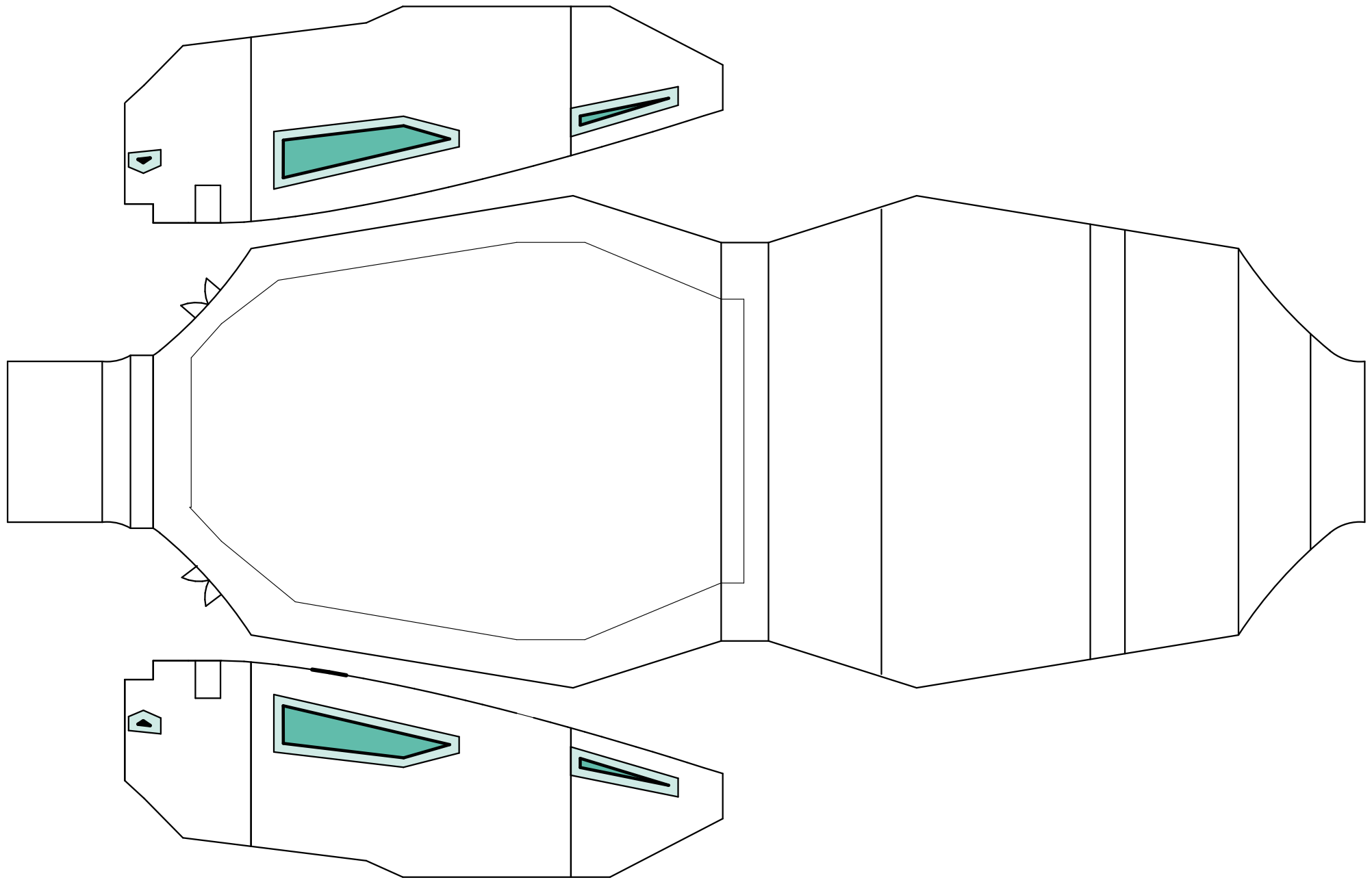
Побудова акустично активних ділянок екранів М 1:200



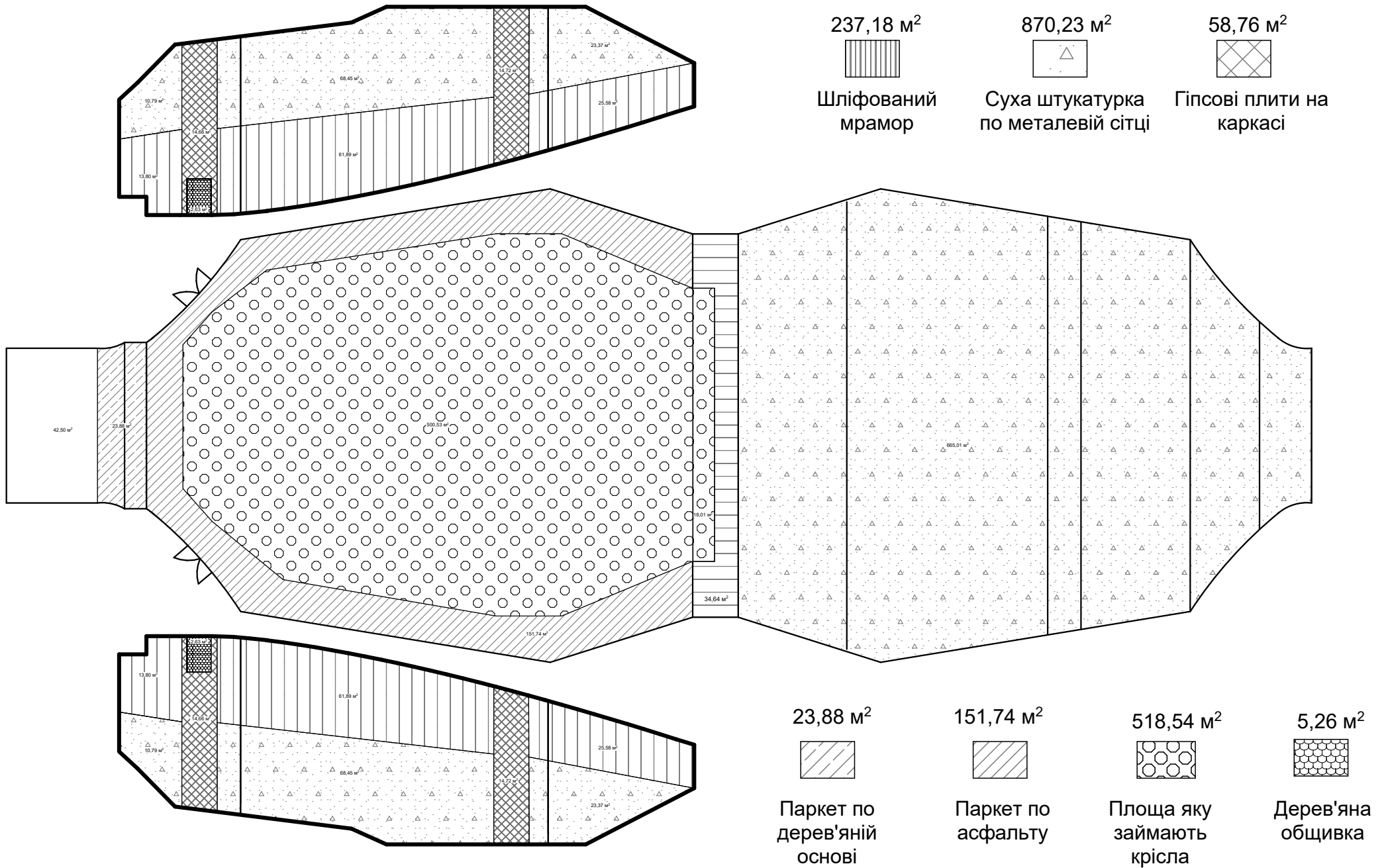
Побудова акустично активних ділянок екранів М 1:200



Побудова акустично активних ділянок екранів М 1:250



Розгортка концертного залу - акустично активних і нейтральних ділянок стін



Розгортка концертного залу - опорядження

## Розрахунок постійного та додаткового звукопоглинання в залі

№ пп	Найменування матеріалу	Площа, м <sup>2</sup>	Значення коефіцієнту звукопоглинання $a_1$ (еквівалентний площі звукопоглинання $A_1$ м <sup>2</sup> ) на частоті, Гц					
			125		500		2000	
			a	a·S	a	a·S	a	a·S
1	Стіни - акустично нейтральні ділянки · гіпсові плити на каркасі	58,76	0,02	1,18	0,01	0,59	0,05	2,94
	· суха штукатурка по металевій сітці	205,22		4,1		0,06		12,31
	- акустично корисних ділянок · мрамор шліфований	204,54	0,01	2,1	0,01	2,1	0,02	4,1
2	Стеля · суха штукатурка по металевій сітці	665,01	0,02	13,3	0,01	6,65	0,05	33,25
3	Підлога - зал · Паркет по асфальту	151,74	0,04	6,1	0,07	10,62	0,06	9,1
	- сцена · Паркет по дерев'яній основі	23,88	0,10	2,39	0,10	2,39	0,06	1,43
4	Порт'є хлопковопаперові на підкладці зі складками	42,5	0,05	2,13	0,45	19,13	0,65	27,63
5	Двері · дерев'яна обшивка	5,26	0,53	2,78	0,10	0,53	0,08	0,42
6	Отвір сцени	42,5	0,2	8,5	0,3	12,75	0,3	12,75
	Всього	1399,41		42,58		67,07		101,88
7	Додаткові звукопоглинання	1908,09	0,09	171,73	0,05	95,4	0,05	95,4

## Розрахунок перемінного звукопоглинання в залі

№ пп	Найменування	Кількість	Значення коефіцієнту звукопоглинання $a_1$ (еквівалентний площі звукопоглинання $A_1$ м <sup>2</sup> ) на частоті, Гц					
			125		500		2000	
			a	a·S	a	a·S	a	a·S
1	Крісла · м'які, обиті тканиною	143	0,15	21,45	0,20	28,6	0,30	42,9
2	Слухачь · які сидять в м'яких кріслах (70%)	357	0,25	89,25	0,40	142,8	0,45	142,8
	Всього	500		110,7		171,4		185,7



## Розрахунок фактичного звукопоглинання в залі

№ пп	Показники	Значення еквівалентній площі звукопоглинання $A_i$ м <sup>2</sup> , на частоті, Гц		
		125	500	2000
1	$A_{\text{conts}}$	42,58	67,07	101,88
2	$A_{\text{add}}$	171,73	95,4	95,4
3	$A_{\text{var}}$	110,7	171,4	185,7
	$A_{\text{ф}} = A_{\text{conts}} + A_{\text{var}} + A_{\text{add}}$	325,01	333,87	382,98

### Визначення величини оптимального часу реверберації

Для концертного залу на 500 місць, об'ємом 4302,4 на частотах:

$$125\text{Гц} - T_{\text{min}} = 0,85T_{\text{opt}} = 1,42\text{с}$$

$$T_{\text{max}} = 1,15T_{\text{opt}} = 1,92$$

$$500\text{Гц} - T_{\text{min}} = 0,85T_{\text{opt}} = 1,42\text{с}$$

$$T_{\text{max}} = 1,15T_{\text{opt}} = 1,92$$

$$2000\text{Гц} - T_{\text{min}} = 0,85T_{\text{opt}} \times 0,9 = 0,765T_{\text{opt}} = 1,28\text{с}$$

$$T_{\text{max}} = 1,15T_{\text{opt}} \times 1,2 = 1,38 \quad T_{\text{opt}} = 2,31$$

$T_{\text{opt}}$  - за ДБН В.2.2-16:2019

### Визначення загальної необхідної еквівалентної площі звукопоглинання

Спочатку визначають значення функції  $\varphi(\alpha_{\text{сер}})$

$$\varphi(\alpha_{\text{сер}}) = \frac{(0,163 - Tn)V}{TS_{\Sigma}}$$

$n$  - звукопоглинання повітрям. Залежить від частоти звуку та вологості повітря.

Визначається за дод.1 ДБН В.2.2-16:2019

Приймаємо вологість 60%,  $n = 0,009 \text{ м}^{-1}$

А потім визначаємо загальну еквівалентну площу звукопоглинань залу

$$A_{\Sigma} = \alpha_{\text{сер}} S_{\Sigma}$$

Частота $f$ , Гц	Рекомендований час реверберації $T$ , с	Об'єм залу, $V$ , м <sup>3</sup>	Загальна площа внутрішніх поверхонь, $S$ , м <sup>2</sup>	Коефіцієнт звукопоглинання повітрям $\eta$ , м <sup>-1</sup>	Значення функції $\varphi(\alpha_{\text{сер}})$	Середній коефіцієнт звукопоглинання $\alpha_{\text{сер}}$	Необхідна загальна площа звукопоглинання $A_{\Sigma}$ , м <sup>2</sup>
125	1,42	4302,4	1908,09	0	0,259	0,23	438,86
	1,92				0,191	0,17	324,38
500	1,42				0,259	0,23	438,86
	2,31				0,159	0,15	286,21
2000	1,28			0,009	0,267	0,24	457,94
	1,92			0,203	0,18	343,45	

### Розрахунок фактичного звукопоглинання в залі

№ пп.	Показники	Значення еквівалентної площі звукопоглинання $A_i$ , м <sup>2</sup> на частоті, Гц		
		125	500	2000
1	$A_{\text{max}}$	438,86	438,86	457,94
2	$A_{\phi}$	325,01	333,87	382,98
3	$A_{\text{min}}$	324,38	286,21	343,45

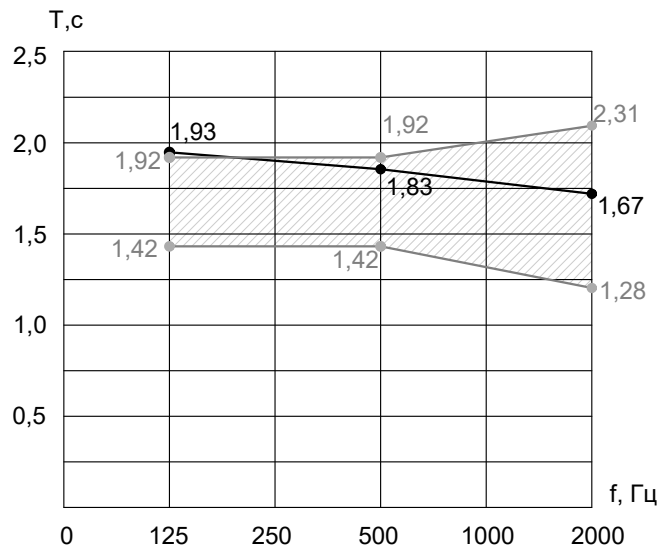
**Висновок:** значення фактичного звукопоглинання в залі на всіх частотах знесення знаходиться в межах

## Фактичний час реверберації при заповненні залу на 70%

$$T = 0,163 \frac{V}{S_{\Sigma} \varphi(\alpha_{сер}) + nV}$$

Частота звука, Гц	Фактична загальна еквівалентна площа звукопоглинання $A_{\phi}, \text{м}^2$	Середній коефіцієнт звукопоглинання $\alpha_{\phi}$	Значення функції $\varphi(\alpha_{\phi})$	Об'єм залу $V, \text{м}^3$	Загальна площа внутрішніх поверхонь $S, \text{м}^2$	Коефіцієнт звукопоглинання повітрям $n, \text{м}^{-1}$	Фактичний час реверберації $T_{\phi}, \text{с}$
125	325,01	0,17	0,19	4302,4	1908,09	0,009	1,93
500	333,87	0,175	0,20				1,83
2000	382,98	0,20	0,22				1,53

№ пп	Показники	Значення на частотах		
		125	500	2000
1	$T_{\min}$	1,42	1,42	1,28
2	$T_{\phi}$	1,93	1,83	1,53
3	$T_{\max}$	1,92	2,31	1,92

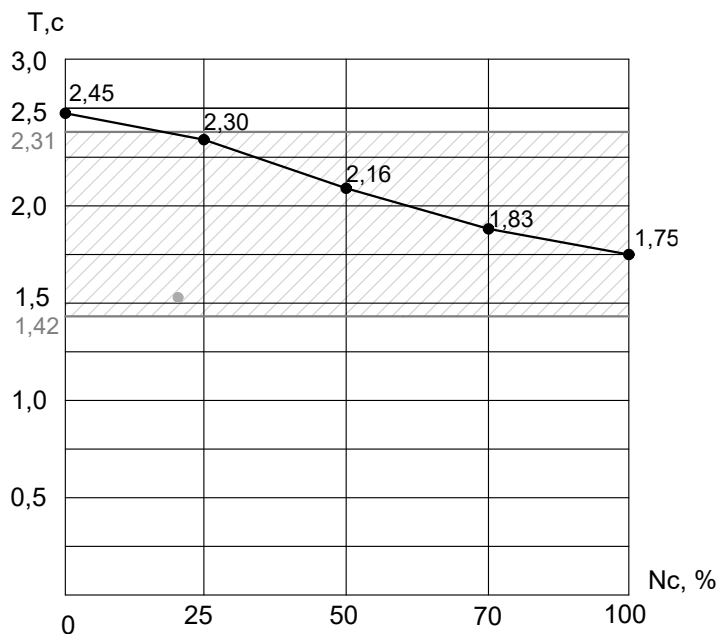


Графік залежності часу реверберації від частоти звуку при заповненні залу слухачами на 70%

**Висновок:** час реверберації знаходиться в межах дозволеного на частотах від 500 до 2000 Гц, на частоті 125 Гц значення перевищує дозволені межі

## Розрахунок фактичного часу реверберації звуку частотою 500Гц відсотку заповнення залу слухачами

№ ПП	Найменування матеріалу	Одиниця		Розрахункові акустичні величини при заповненні залу слухачами				
				0	25	50	70	100
1	Крісло м'яке обите тканиною зі слухачами ( $A_c = 0,4 \text{ м}^2$ )	$N_c$	шт.	0	125	250	350	500
		$A_c N_c$	$\text{м}^2$	0	50	100	140	200
2	Крісло м'яке обите тканиною без слухачами ( $A_c = 0,2 \text{ м}^2$ )	$N_k$	шт.	500	375	250	150	0
		$A_k N_k$	$\text{м}^2$	100	75	50	30	0
3	Еквівалентна площа перемінного звукопоглинання $A_{vat}$	$\text{м}^2$		100	125	150	170	200
4	Еквівалентна сумарна площа постійного та додаткового звукопоглинання $A_{const.} + A_{add}$	$\text{м}^2$		162,47				
5	Загальна еквівалентна площа звукопоглинання $A_\phi$	$\text{м}^2$		262,47	287,47	312,47	332,47	362,47
6	Загальна площа внутрішніх поверхонь залу $S$	$\text{м}^2$		1908,09				
7	Середній коефіцієнт звукопоглинання $a_\phi$			0,138	0,151	0,164	0,175	0,189
8	Функція $\varphi(\alpha_{сер})$			0,15	0,16	0,17	0,20	0,21
9	Коефіцієнт звукопоглинання воздухом $n$	$\text{м}^{-1}$		0				
10	Об'єм залу	$\text{м}^3$		4302,4				
11	Час реверберації	с		2,45	2,3	2,16	1,83	1,75



**Високов:** для звукових меж частотою 500Гц час реверберації в концертном залі знаходиться в допустимих межах при заповненні залу глядачем на 20-100%

## Розрахунок артикуляції залу

$$P = 96 \times K1 \times K2 \times K3 \times K4 (\%)$$

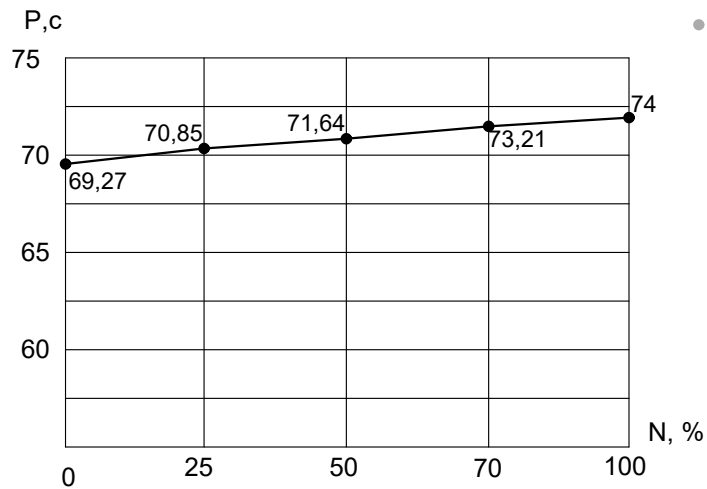
K1 - коефіцієнт, що враховує вплив на артикуляцію рівня гучності джерела звуку.

K2 - коефіцієнт, що враховує вплив на артикуляцію реверберфції звуку.

K3 - коефіцієнт, що враховує вплив на артикуляцію стороннього шуму.

K4 - коефіцієнт, що враховує вплив на артикуляцію форми та розміру приміщення.

Заповнення слухачами, %	K1 при $L_p=70$ фон	Час реверберації	K2	K3 при $L_{ш}/L_p=40/70=0,44$ фон	K4	Значення фрртикулції, %
0	1	2,45	0,88	0,82	1	69,27
25	1	2,3	0,90	0,82	1	70,85
50	1	2,16	0,91	0,82	1	71,64
70	1	1,83	0,93	0,82	1	73,21
100	1	1,75	0,94	0,82	1	74



Графік залежності артикуляції від відсотку заповнення залу слухачами

**Висновок:** артикуляція залу - задовільна при заповненні залу від 0 до 100%

## Висновок

1. Концертний зал запроектований на 500 слухачів.
2. Умови відношення середніх розмірів зали виконується. Питомий об'єм - 7 м<sup>3</sup> задовільняє вимоги. Глибина ряду 90см. Найбільша кількість місць в ряді - 21. Перевищення висоти променя зору над рівня очей слухача, що сидить попереду - 18см. перші відбиті промені звуку припадають на точку на відстані 10м від джерела звуку. 5% місць запроектовані для людей з обмеженими можливостями. Є 2 евакуаційних вихода, які знаходяться по різних сторонам залу і мають ширину 2 м.
3. У концертному залі стіни і стеля складаються з декількох різних екранів, як кривоїнінних так і прямих, які відбивають направлені звуки по поверхні слухачів. Таким чином щоб чим далі тим більше відбитих променів звуку потрапляло на слухача.
4. Луна в концертному утворюється лише від задньої стіни, але зона луни утворюється біля стелі, тому слухачі її не будуть відчувати.
5. Розрахунок фактичного звукопоглинання залу показав, що значення на всіх частотах знаходяться в нормі.
6. Розрахунок фактичного часу реверберації при заповненні залу слухачами на 70% показали, що значення в 2 частотах (500 та 2000Гц). Для звуків частотою 500Гц час реверберації в кінозалі знаходиться в допустимих межах при заповненні залу глядачами на 20-100%
7. Артикуляція концертного залу при заповненні слухачами від 0 до 100% - задовільна.

## Список літератури

1. Строительная физика / Е.Шильд, Х.Ф. Хассельман, Г.Дамен, Р.Поленц - М. : Стройиздат, 1982. — 296 с.
2. Сергейчук О.В. Строительная физика. Акустика : учеб. пособие для студ. стр. спец. / О. В. Сергейчук. — К.: УМК ВО, 1992. — 120 с.
3. Архитектурная физика: учеб. для вузов : спец. “Архитектура” / [В. К. Лицкевич, Л. И. Макриненко, И. В. Мигалина и др.] ; под ред. Н.В. Оболенского. — М. : Стройиздат, 1988. — 448 с.
4. Гусев Н. М. Основы строительной физики : учеб. для вузов : спец. “Архитектура” / Н. М. Гусев — М. : Стройиздат, 1975. — 440 с.
5. Коврыгин С. Д. Архитектурно-строительная акустика : учеб. пособие для вузов по спец. “Архитектура” и “Пром. и гражд. стр.” / С. Д. Коврыгин, С. И. Крышов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Высш. шк., 1986. — 256 с.
6. ДБН В.2.2-16:2019 Культурно-видовишні та дозвіллеві заклади