

# КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

на тему: «Сучасні енергоефективні системи  
повітророзподілення при створенні нестационарних  
повітряно-теплових режимів в спортивних ігрових  
комплексах (на прикладі ФСК «Олімп», м.Південне)»

Виконала: А.М. Мельник

Керівник: В.П. Корбут

Кафедра теплогазопостачання і вентиляції

2024 р.

# Мета і задачі дослідження

**Актуальність теми.** Робота присвячена дослідженню способу зниження енергоспоживання систем формування мікроклімату за рахунок удосконалення системи повітророзподілення.

**Метою даної роботи** є впровадження сучасних енергоефективних систем повітророзподілення при створенні нестационарних повітряно-теплових режимах в спортивно-ігрових комплексах.

Дослідити зміни температурних умов в приміщенні при різних режимах роботи системи кондиціонування повітря.

**Об'єкт досліджень** – особливості впливу параметрів при нестационарному повітряно-тепловому режимі формуванню внутрішнього мікроклімату у спортивному комплексі.

**Предмет досліджень** – створення теплового середовища який, слід враховувати під час занять спортом, при нестационарному повітряно-тепловому режимі, оскільки він може визначати безпеку та результативність спортсменів

Спортивний зал - це обладнана певним чином будівля або частина будівлі, призначення якої - навчально-спортивна робота та змагання.

Розрізняють спеціалізовані та універсальні спортивні зали. Їх розміри та форма, конструктивні особливості визначаються призначенням зали. Спеціалізовані спортивні зали призначені для конкретного виду рухової діяльності. Універсальні спортивні зали призначені для одночасних чи попереми́нних занять кількома видами спорту.

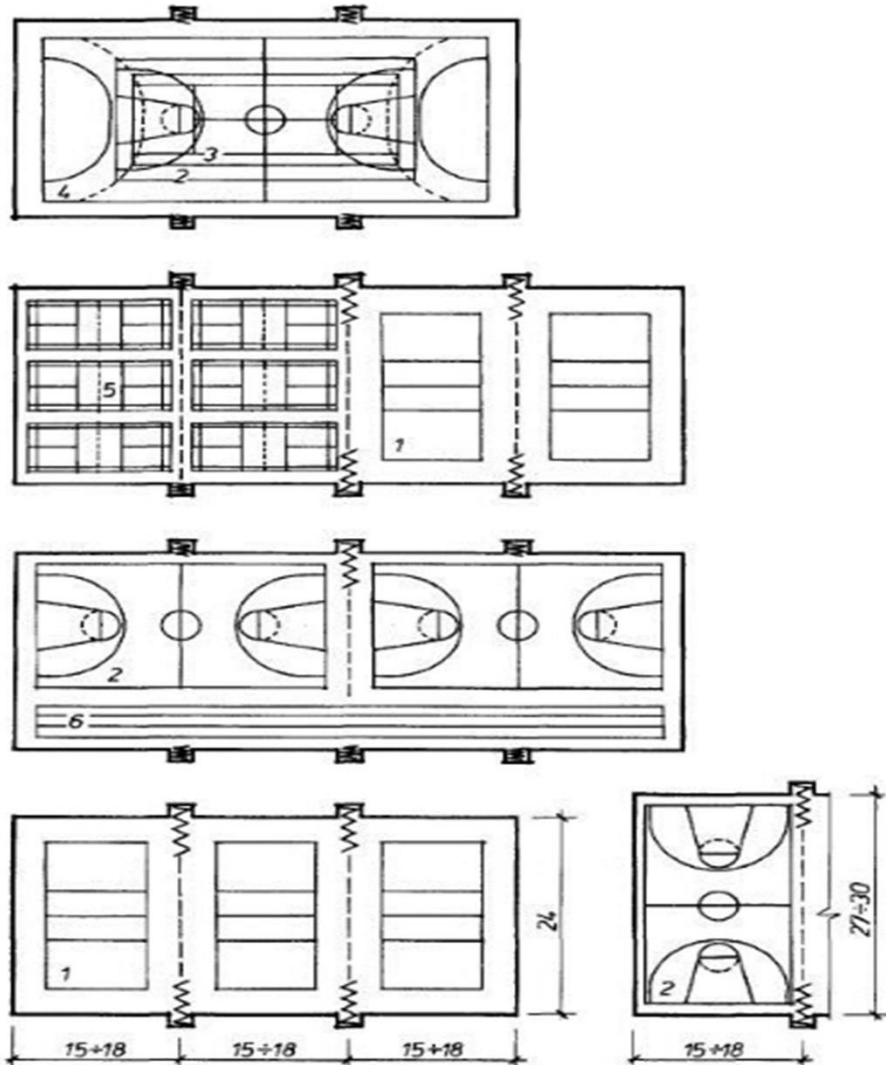
### Універсальні спортивні зали

Універсальні спортивні зали поділяються на:

- великі спортивні зали (42 x 24 x 8–10 м) – баскетбол, гандбол, теніс;
- середні спортивні зали (36 x 18 x 8 м) – ігрові види, гімнастика, акробатика;
- малі спортивні зали (30 x 18 x 6 м) — волейбол, гімнастика, акробатика.

Найбільш поширеними спеціальними залами є гімнастичні, боротьби, важкої атлетики, боксу, спортивних ігор.

Поряд зі спеціалізованими залами нині спостерігається тенденція до будівництва універсальних багатофункційних залів. Такі зали дають можливість використовувати їх у безперервному графіку з різним контингентом населення, що займається, – від дітей до професійних спортсменів. Багатофункційні зали мають секційну структуру, яка трансформується і дає можливість використовувати цю споруду залежно від потреби .



Схеми трансформації багатофункційних залів: 1 – майданчик для волейболу, 2 – майданчик для баскетболу, 3 – майданчик для тенісу, 4 – майданчик для гандболу, 5 – майданчик для бадмінтону, 6 – бігова доріжка

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА							
Зм.	К-сть	Лист	№ток	Підпис	Дата		
Зав. каф	Прецуп К.М.						
Керівник	Корбут В.П.						
Консульт							
Розробила	Мельник А.М.						
Сучасні енергоефективні системи повітроподілення при створенні нестационарних повітряно-теплових режимів в спортивних ігрових комплексах (на прикладі ФСК «Олімпі», м.Підзамки)					Студія	Абхуз	Алхунів
Вентиляція і кондиціонування					ДП	1	20
Вигляд спортивних залів при трансформації					ТВ-22-1		

Ігрова підлога є одним із найважливіших компонентів спортивної споруди не лише тому, що вона забезпечує сцену для розваг, але й через роль, яку вона відіграє в причині та/або запобіганні травм гравців, а також через те, що вона впливає на їх виконання. Неправильний або дефектний настил часто є основною причиною травм щиколоток, колін тощо гравців; З цієї причини міжнародні спортивні федерації, і зокрема ФІБА, виявили великий інтерес до досліджень біомеханіки та безпеки спортсменів, сприяючи складанню набору правил, які визнаються більшістю країн.

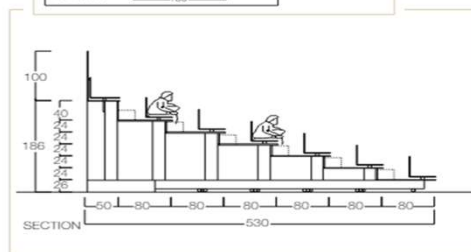
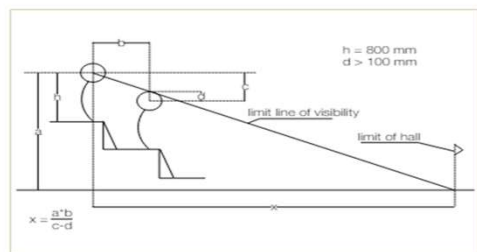
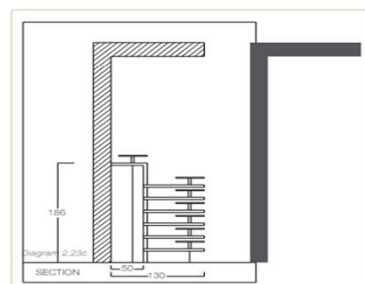
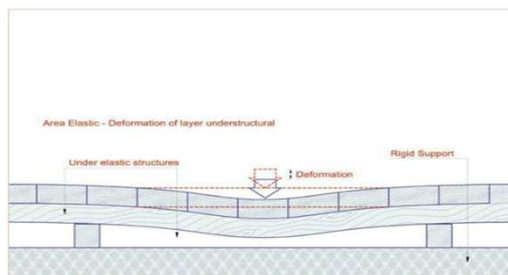
Вибір підлогового покриття базується на трьох основних аспектах: фінансовий, технічний, спортивна функціональність.

Зона для трибун повинна забезпечувати легкий доступ для публіки, циркуляцію глядачів у різних секторах, видимість всього майданчика, доступ до туалетів і безперешкодний вихід із центрального залу.

Щоб забезпечити оптимальне використання трибун, вони повинні розташовуватися поряд з баскетбольним майданчиком і бути збірними або, ще краще, телескопічними.

Обидва типи трибун дозволяють швидко складати та розбирати, однак телескопічний тип має більше переваг, оскільки його можна котити вручну (на колесах) або за допомогою електроніки (за допомогою дистанційного керування).

Використання телескопічних трибун дозволяє також використовувати ігрову зону для занять спортом, які вимагають більше місця, або для розважальних заходів, які вимагають особливої уваги до безпеки. Крім того, при більшій ігровій зоні мобільні перегородки можна використовувати для поділу зони на два або більше баскетбольних майданчиків для тренувань.



						<b>МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА</b>		
						Сучасні енергоефективні системи повітророзподілення при створенні нестационарних повітряно-теплових режимів в спортивних ігрових комплексах (на прикладі ФСК «Олімп», м.Південне)		
Зм.	К-сть	Лист	№ док	Підпис	Дата	Вентиляція і кондиціонування		Сталія
Зав. каф	Прелун	К.М				ДП		Аркуш
Керівник	Корбут	В.П				2		Аркушів
Консульт	Розробила	Мельник	А.М.			Підлога по принципу NBA та телескопічні трибуни		20
								ТВ-22-1

## Стандарти теплового комфорту у різних країнах

1. У США першим стандартом, що стосується теплових аспектів у внутрішньому середовищі, є ASHRAE 55/2004, що стосується «Теплових умов середовища для перебування людини» Рівень комфорту можна оцінити за такими параметрами:

- температура повітря в приміщенні вимірюється сухим термометром;
- тиск повітря в приміщенні;
- радіаційна температура;
- швидкість руху повітря;
- зміна в часі температурних і швидкісних коливань.

2. Стандарт ADPI (Air distribution performance index) – це індекс, що відображає характеристики повітророзподілу, який було запропоновано Р.Г. Невінзом та Е.Д. Уордом. Оцінка стану повітря проводиться за допомогою "ефективної температури потягу", яка була розроблена на основі експериментальних досліджень .

3. В Європі найважливішим стандартом управління тепловим комфортом у спортивних залах є настанова CONI , яка визначає показники щодо якості повітря, теплового, освітлювального та акустичного середовища в спортивних залах і басейнах. У таблиці наведені основні показники, яких необхідно дотримуватися у критичних спортивних залах і басейнах.

Відповідно до ДСТУ Б EN ISO 7730:2011 «теплове відчуття людини в основному пов'язане з тепловим балансом його або її тіла в цілому. На цей баланс впливають фізична активність і одяг, а також параметри навколишнього середовища: температура повітря, середня радіаційна температура, швидкість повітря та вологість повітря».

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА									
						Сучасні енергоефективні системи повітророзподілення при створенні нестационарних повітряно-теплових режимів в спортивних ігрових комплексах (на прикладі ФСК «Олімп», м.Південне)			
Зм.	К-сть	Лист	№ док.	Підпис	Дата	Стадія	Аркуш	Аркушів	
Зав. каф		Предун	К.М			Вентиляція і кондиціонування	ДП	3	20
Керівник		Корбут	В.П						
Консульт									
Розробила		Мельник	А.М.			Оцінка теплового комфорту			ТВ-22-1

Більшість досліджень ґрунтувалися на обчисленні індексів Фангера, прогнозованого середнього голосування (PMV) і прогнозованого відсотка незадоволених (PPD), отриманих з польових вимірювань або з моделювання, отриманого за допомогою обчислювальної рідини. моделі динаміки (CFD).

Параметри повітряного середовища для спортивних залів

Температура повітря (°C)	Відносна вологість (%)	Швидкість вентиляції (обмін повітря/год) <sup>(2)</sup>	Максимальна швидкість повітря (м/с)	Навколишнє середовище
16–20	50	(3)	0,15	Ігрова площадка
20–22	50	(3)	0,15	Передатлетичні простори
18–22 <sup>(6)</sup>	50	5	0,15	Перевдягальні
22 <sup>(7)</sup>	70	8	0,15	Душові кабінки
Криті спортивні зали	22	60	5–8	Санітарні приміщення
	20	50	2,5	Перша допомога
	20	50	1,5	Офіси
	20	50	1	Зали
	16	50	0,5–1	Складські приміщення
	20	50	0,5	Інші простори

Навколишні та індивідуальні параметри, що використовуються для визначення PMV та PPD

Параметр	символ	одиниця	
Параметри навколишнього середовища	Температура повітря	$t_a$	°C або K
	Середня радіаційна температура	$t_r$	°C або K
	Парціальний тиск водяної пари	$p_a$	Добре
	Швидкість повітря	$v_a$	PC
Індивідуальні параметри	Швидкість метаболізму	$M$	Вт/м <sup>2</sup> або Met (1 Met = 58,2 Вт/м <sup>2</sup> )
	Теплоізоляція одягу	$I_{кл}$	м <sup>2</sup> К/Вт або Clo (1 Clo = 0,55 м <sup>2</sup> К/Вт)

Індекс PMV визначається як оцінка середнього індивідуума, щодо теплового середовища і є функцією шести основних параметрів. Розрахунок цього індексу вимагає ітераційного методу; тому це зазвичай виконується за допомогою програмного забезпечення або безпосередньо реєстраторами даних. Метою індексів Фангера є співвіднесення навколишніх та індивідуальних параметрів із суб'єктивними відчуттями людини.

$$PMV = (0,303 e^{-0,036M} + 0,028) S$$

Індекс PPD визначається як передбачуваний відсоток незадоволених певним середовищем, вважаючи незадоволеною особу, яка, піддавшись певному термічному середовищу, висловлює оцінку теплового відчуття від +3, +2 до -2 або -3.

$$PPD = 100 - 95 e^{0,03353 PMV^4 + 0,2179 PMV^2}$$

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА					
Сучасні енергоефективні системи повітророзподілення при створенні нестационарних повітряно-теплових режимів в спортивних ігрових комплексах (на прикладі ФСК «Олімп», м.Південне)					
Зм.	К-сть	Лист	Людк	Підпис	Дата
Зав. каф	Предун К.М				
Керівник	Корбут В.П				
Консульт					
Розробила	Мельник А.М.				
Вентиляція і кондиціонування				Стадія	Аркуш
Оцінка теплового комфорту				ДП	Аркушів
				4	20
				ТВ-22-1	

Швидкість руху повітря в зонах перебування осіб, які займаються, не повинна перевищувати:

0,3 м/с - у спортивних залах для боротьби, настільного тенісу, у критих ковзанках і в залах веслувальних басейнів;

0,5 м/с - в решті спортивних залів, залах для підготовчих занять у басейнах і приміщеннях для фізкультурно-оздоровчих занять.

Найбільш традиційним способом визначення якості повітря є вимірювання CO<sub>2</sub> у повітрі. CO<sub>2</sub> вимірюється в частках на мільйон (ppm). Концентрація CO<sub>2</sub> у зовнішньому повітрі змінюється протягом року, в середньому в Україні становить 600 ppm. Відповідно до ДСТУ Б EN 15251:2011 важливо дивитися на різницю між внутрішньою та зовнішньою концентраціями CO<sub>2</sub>, щоб визначити якість повітря в приміщенні. Для опису вимог щодо якості повітря розроблено чотири категорії.

*Відносну вологість повітря* слід приймати: 30-60 % - у спортивних залах без місць для глядачів, приміщеннях для фізкультурно-оздоровчих занять і залах для підготовчих занять у басейнах.

							<b>МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА</b>			
							Сучасні енергоефективні системи повітророзподілення при створенні нестационарних повітряно-теплових режимів в спортивних ігрових комплексах (на прикладі ФСК «Олімп», м.Південне)			
Зм.	К-сть	Лист	№ док	Підпис	Дата	Вентиляція і кондиціонування		Сталія	Аркуш	Аркушів
Зав. каф			Предун К.М			ДП		5	20	
Керівник			Корбут В.П			Оцінка теплового комфорту		ТВ-22-1		
Консульт										
Розробила			Мельник А.М.							

## Механізми тепловіддачі під час спортивної діяльності



### Теплообмін через випаровування

Теплообмін через випаровування можна розрахувати як

$$E = \alpha_b (P_{skH_2O} - P_{aH_2O}) A_b F_{pcl}$$

де  $\alpha_b$  – коефіцієнт тепловіддачі при випаровуванні ( $\text{Вт}/\text{м}^2 \text{ Па}$ ),  $P_{aH_2O}$  – тиск водяної пари в середовищі (Па),  $P_{skH_2O}$  – тиск водяної пари в насиченому повітрі при  $T_{sk}$  (Па),  $A_b$  – поверхня випаровування ( $\text{м}^2$ ),  $F_{pcl}$  – коефіцієнт проникності одягу.

### Теплообмін через теплопровідність

Як правило, теплообмін між тілом і навколишнім середовищем через теплопровідність обмежений, оскільки в ньому беруть участь невеликі частини тіла. Кондуктивними ефектами часто нехтують або включають їх до конвективних ефектів.

### Конвективний теплообмін

Теплопередача конвекцією визначається як

$$C = \alpha_k (T_{шк} - T_a) A_c f_{cl},$$

де  $\alpha_k$  – коефіцієнт конвективної теплопередачі ( $\text{Вт}/\text{м}^2 \text{ К}$ ),  $T_a$  – температура повітря (К),  $T_{шк}$  – середня температура шкіри (К),  $A_c$  – поверхня тіла, яка бере участь у теплообміні через конвекцію ( $\text{м}^2$ ) ( $A_c \approx A_{DB}$ ) і  $f_{cl}$  – коефіцієнт площі одягу.

### Радіаційний теплообмін

Втрата тепла через випромінювання визначається як

$$R = \alpha_r (T_{sk} - T_r) A_r f_{cl},$$

де  $\alpha_r$  – коефіцієнт радіаційної теплопередачі ( $\text{Вт}/\text{м}^2 \text{ К}$ ),  $T_r$  – середня радіаційна температура (К),  $T_{sk}$  – середня температура шкіри (К),  $A_r$  – ефективна площа опромінення тіла ( $\text{м}^2$ ) і  $f_{cl}$  – коефіцієнт площі одягу.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА					
Сучасні енергоефективні системи повітророзподілення при створенні нестационарних повітряно-теплових режимів в спортивних ігрових комплексах (на прикладі ФСК «Олімп», м.Гвілдене)					
Зм.	Ксть	Лист	Модок	Підпис	Дата
Зав. каф	Предн	К.М			
Керівник	Корбут	В.П			
Консульт					
Розробила	Мельник	А.М.			
Вентиляція і кондиціонування				Стадія	Аркуш
Тепловиділення від людини				ДП	Аркушів
				6	20
				ТВ-22-1	

Робоча температура часто використовується для оцінки теплового середовища, навіть якщо вона не враховується в шести основних параметрах і залежить від радіаційного і конвективного обмінів. Її можна розрахувати як:

$$t_{\text{пр}} = \frac{t_{\text{wz}} \cdot \alpha_{\text{к}} + t_{\text{р}} \cdot \alpha_{\text{р}}}{\alpha_{\text{к}} + \alpha_{\text{р}}}$$

де:  $\alpha_{\text{к}}$  = одинична конвективна провідність (Вт/м<sup>2</sup> К)

$\alpha_{\text{р}}$  = одинична радіаційна провідність (Вт/м<sup>2</sup> К)

$t_{\text{wz}}$  = температура повітря (°С)

$t_{\text{р}}$  = середня температура випромінювання (°С)

Оскільки існують певні труднощі в оцінці робочої температури за допомогою цього рівняння, існують два спрощених вирази для її розрахунку. Перший забезпечує значення робочої температури, що залежить від відносної швидкості повітря за допомогою коефіцієнта А,

$$t_o = A \cdot t_{\text{wz}} + (1 - A) \cdot t_{\text{р}}$$

де  $A = 0.5$ , коли відносна швидкість повітря менше 0,2 м/с,  $A = 0.6$ , коли відносна швидкість повітря становить від 0,2 до 0,6 м/с, і  $A = 0,7$ , коли відносна швидкість повітря становить від 0,6 до 1,0 м/с.

Другий вираз є середнім арифметичним значень двох температур, від яких залежить робоча температура

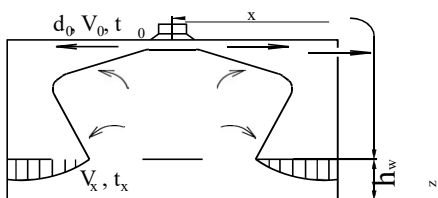
$$t_o = (t_{\text{wz}} + t_{\text{р}})/2$$

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА				
Сучасні енергоефективні системи повітророзподілення при створенні нестационарних повітряно-теплових режимів в спортивних ігрових комплексах (на прикладі ФСК «Олімп»)				
Зм.	К-сть	Лист	М-док	Підпис
Зав. каф	Предн	К.М		Дата
Керівник	Корбут	В.П		м.п.вдленне)
Консульт				Стадія
Розробила	Мельник	А.М.		Аркуш
				Аркушів
				ДП
				7
				20
				Тепловиділення від людини
				ТВ-22-1

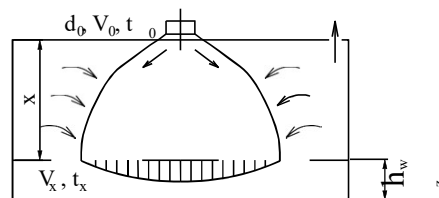
# Схема організація повітрообміну та конструкції повітророзподільників

## Основні схеми струминних течій

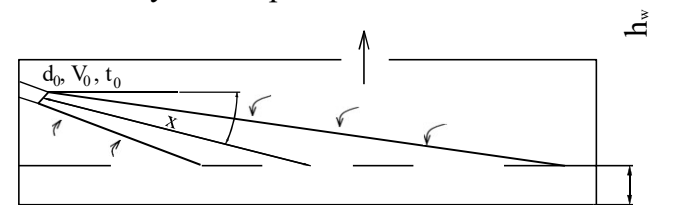
Подача повітря настилаючими струминами



Подача повітря вертикальними струминами

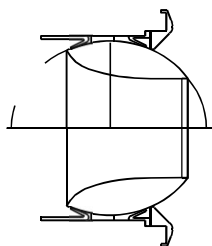


Подача повітря похилими струминами під кутом до робочої зони

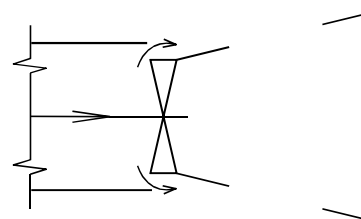


## Типи повітророзподільних пристроїв для забезпечення розрахункової схеми

Соплові повітророзподільники, що створюють далекобійні струмини



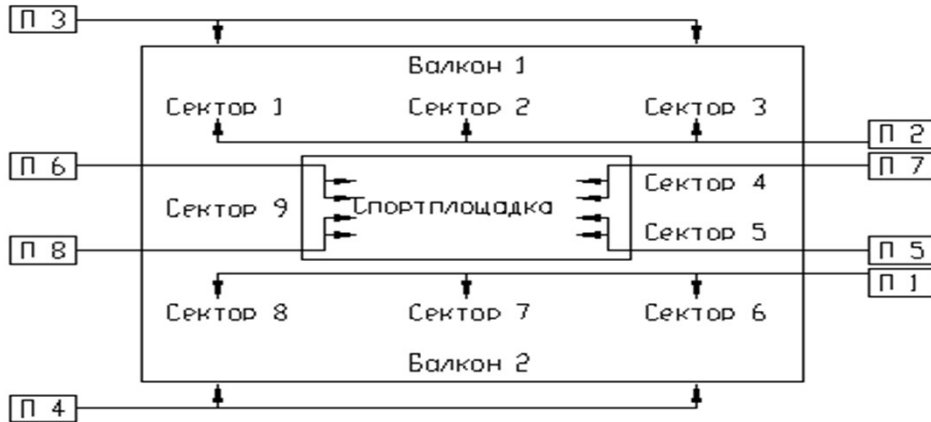
Повітророзподільники, які створюють закручені струмини



МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА					
Сучасні енергоефективні системи повітророзподілення при створенні нестационарних повітряно-теплових режимів в спортивних ігрових комплексах (на прикладі ФСК «Олімп», м.Південне)					
Зм.	К-сть	Лист	Мод	Підпис	Дата
Зав. каф		Предн	К.М		
Керівник		Корбут	В.П		
Консульт					
Розробила		Мельник	А.М.		
Вентиляція і кондиціонування				Стадія	Аркуш
				ДП	8
				20	
Схема організація повітрообміну та конструкції повітророзподільників				ТВ-22-1	

# Принципова схема розміщення глядачів у залі та подачі припливного повітря

Максимальна кількість глядачів, що одночасно перебувають у залі в режимі змагань 1500 осіб (у тому числі 260 глядачів, розміщених у торцях спортмайданчика). Кількість спортсменів, що у режимі тренувань 40 чол.



Повітророзподіл здійснюється двома установками АТ, продуктивністю  $L = 15950 \text{ м}^3/\text{год}$  кожна. Повітророзподіл здійснюється двома установками АТ, продуктивністю  $L = 13650 \text{ м}^3/\text{год}$  кожна.

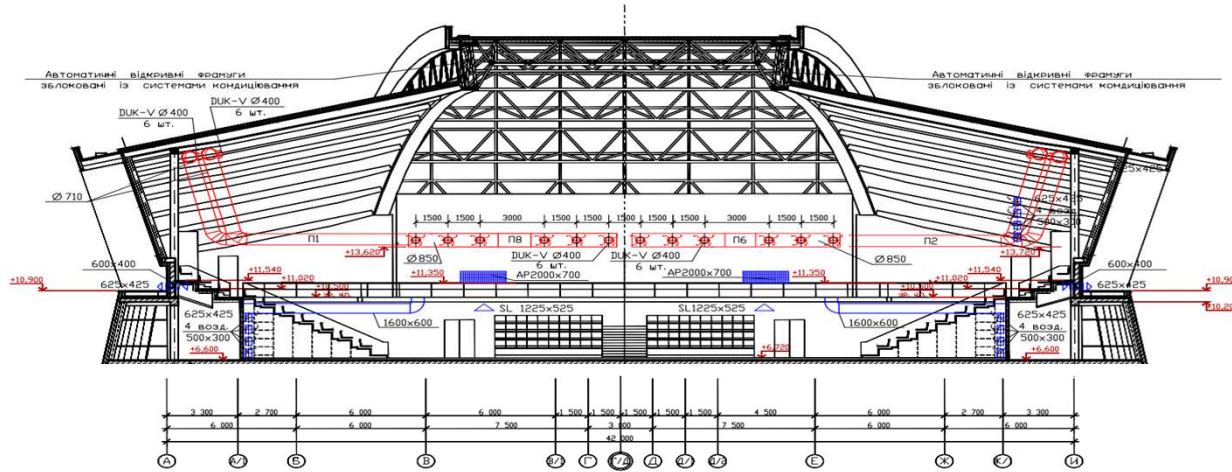
До установки приймається чотири шафні кондиціонера «Універсал» з продуктивністю  $L = 36000 \text{ м}^3/\text{год}$

У розрахунках було враховано, що геометрична висота залу не дозволяє подавати повітря з однаковою температурою, т.к. відстань від повітророздавальних пристроїв до зони глядачів – змінна величина і тому дві установки подають повітря з різницею температур між температурою в зоні глядачів та рівнем випуску повітря з повітророзподільних пристроїв  $\Delta 5^\circ\text{C}$  та дві установки з  $\Delta 8^\circ\text{C}$ . Глядачі, розміщені у районі торців спортмайданчика обслуговуються установками «Універсал», ці місця можуть бути заповнені в режимі тренувань і в режимі змагань.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА					
Зм.	Кість	Лист	Місок	Підпис	Дата
Зав. каф.	Предн. К.М.				м.Підпис
Керівник	Корбут В.П.				Вентиляція і кондиціонування
Консульт.					Сталія
Розробила	Мельник А.М.				Аркуш
					Аркушів
					ДП
					8
					20
					Схема організація повітрообміну
					ТВ-22-1



# Розріз у вісях А-И



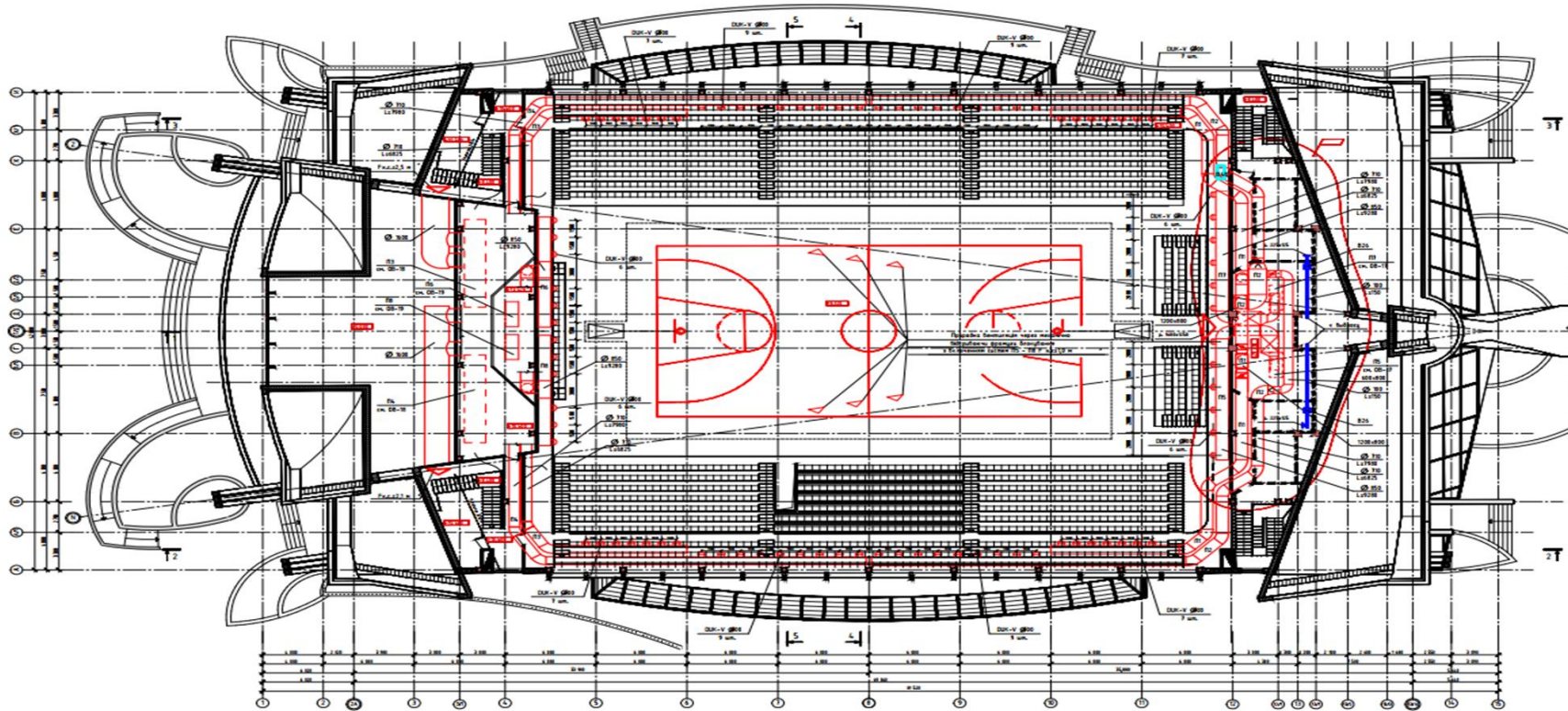
## Приклади встановлення повітророзподільників



Согласовано	№	
	№	
Взам. инв.	№	
	№	
Подпись и дата		
Инв. № подл.		

<b>МАгіСТЕРСЬКА РОБОТА</b>			
Сучасні енергоєфективні системи повітророзподілення при створенні нестационарних повітряно-теплових режимів в спортивних ігрових комплексах (на прикладі ФСК «Олімп».			
Зм.	К-сть	Лист	Людк
Зав. каф.	Корбут В.П.	Підпис	Дата
Консульт	Мельник А.М.		
Розробив			
Розріз в осях А-И, приклади встановлення повітророзподільників		Стадія	Арквш
		ДП	10
			18
		ТВ-22-1	

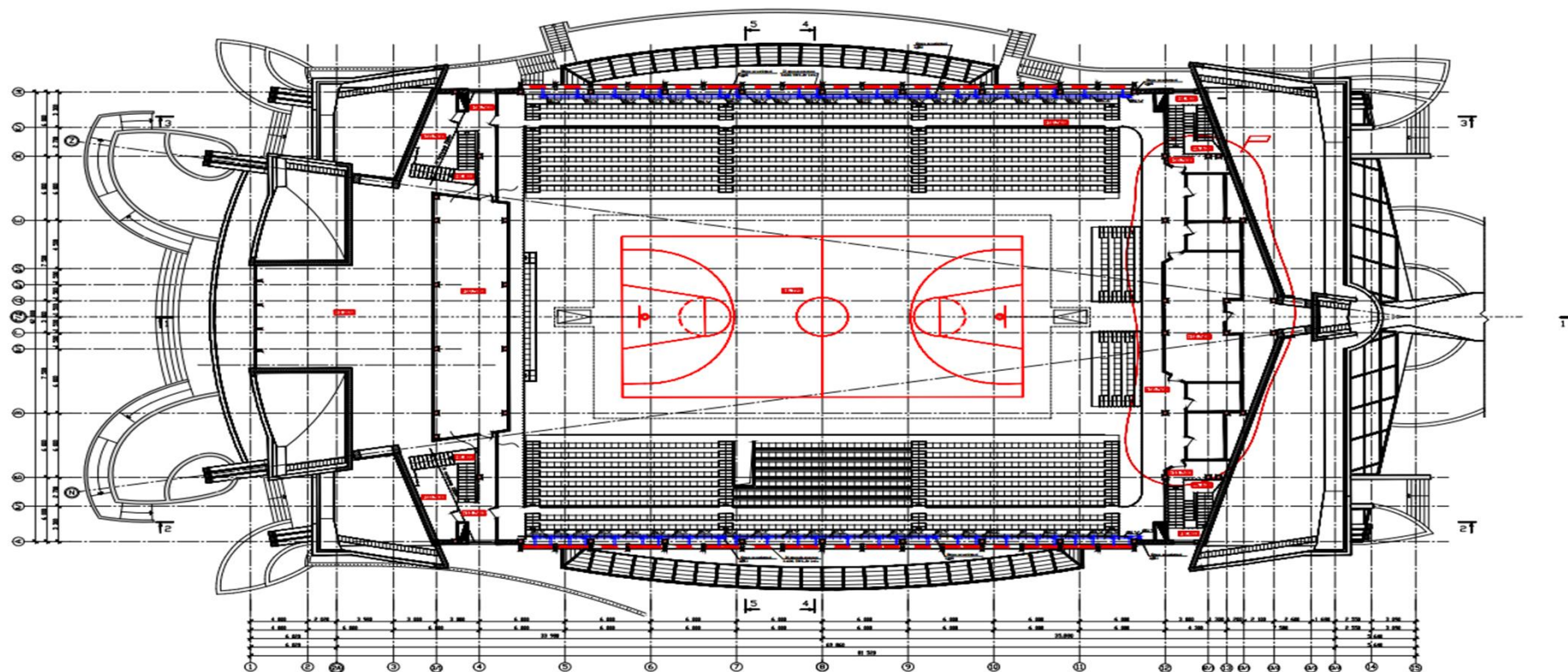
# План на відм. 10.500 у вісях 1-15/А-И



Умовні позначення	
	- повітророзподільвач типу VDL-H-E3/800
	- повітророзподільвач типу DUK-V-A-E6-400
	- вогнезатримуючий клапан
	- шумоглушник ГП6-2 (l=1,5 м)

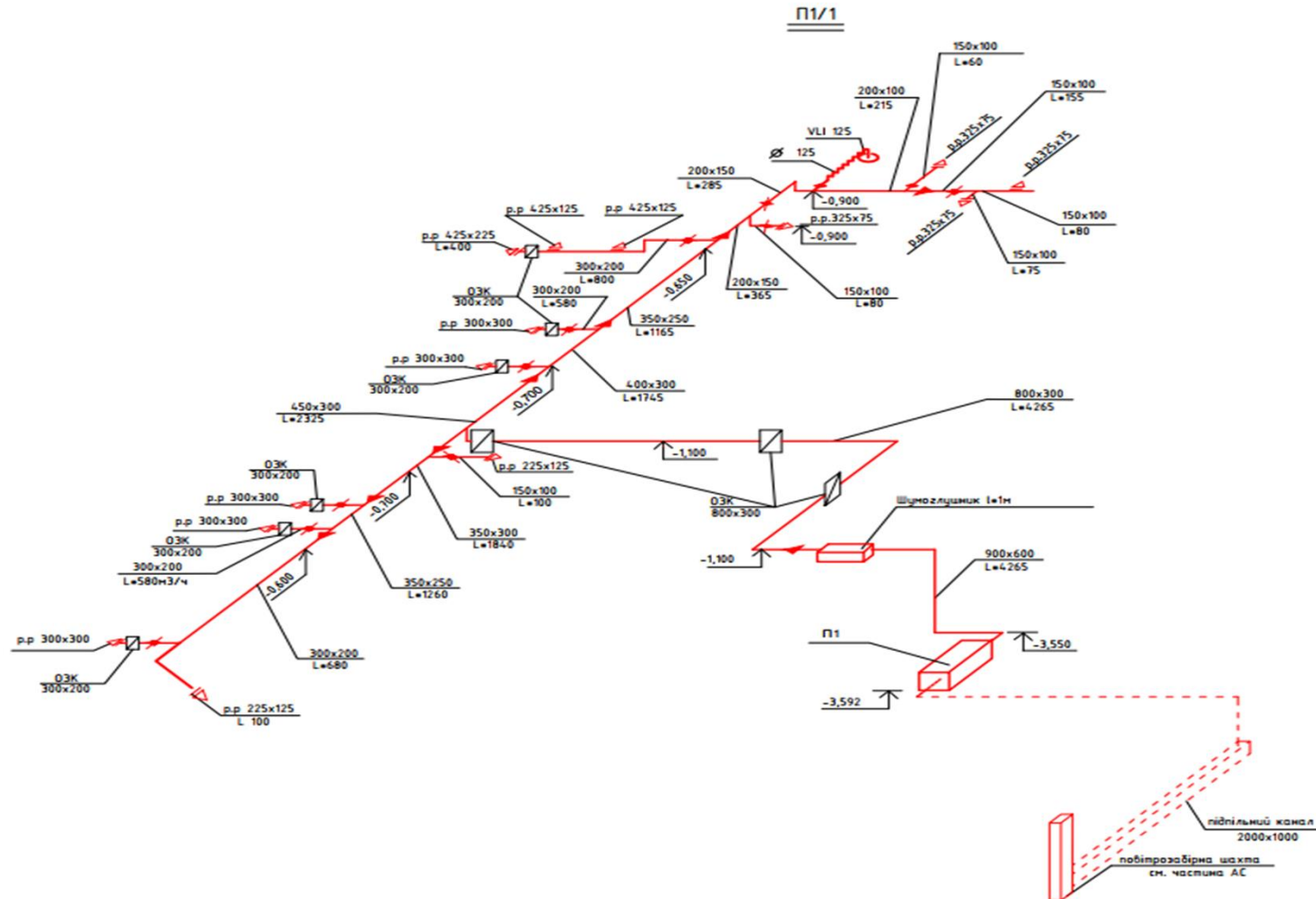
МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА				
Сучасні енергоефективні системи повітророзподілення при створенні нестационарних повітряно-теплових режимів в спортивних ігрових комплексах (на прикладі ФСК «Олімп»)				
Зм.	Кість	Лист	№ док	Підпис
Керівник	Корбут В.П.			
Консульт				
Розробив	Мельник А.М.			
Вентиляція і кондиціонування			Стадія	Аркуш
Схема організація повітрообміну та конструкції повітророзподільників			ДП	11 20
			ТВ-22-1	

# План на відм. 6.600 у вісях 1-15/А-И



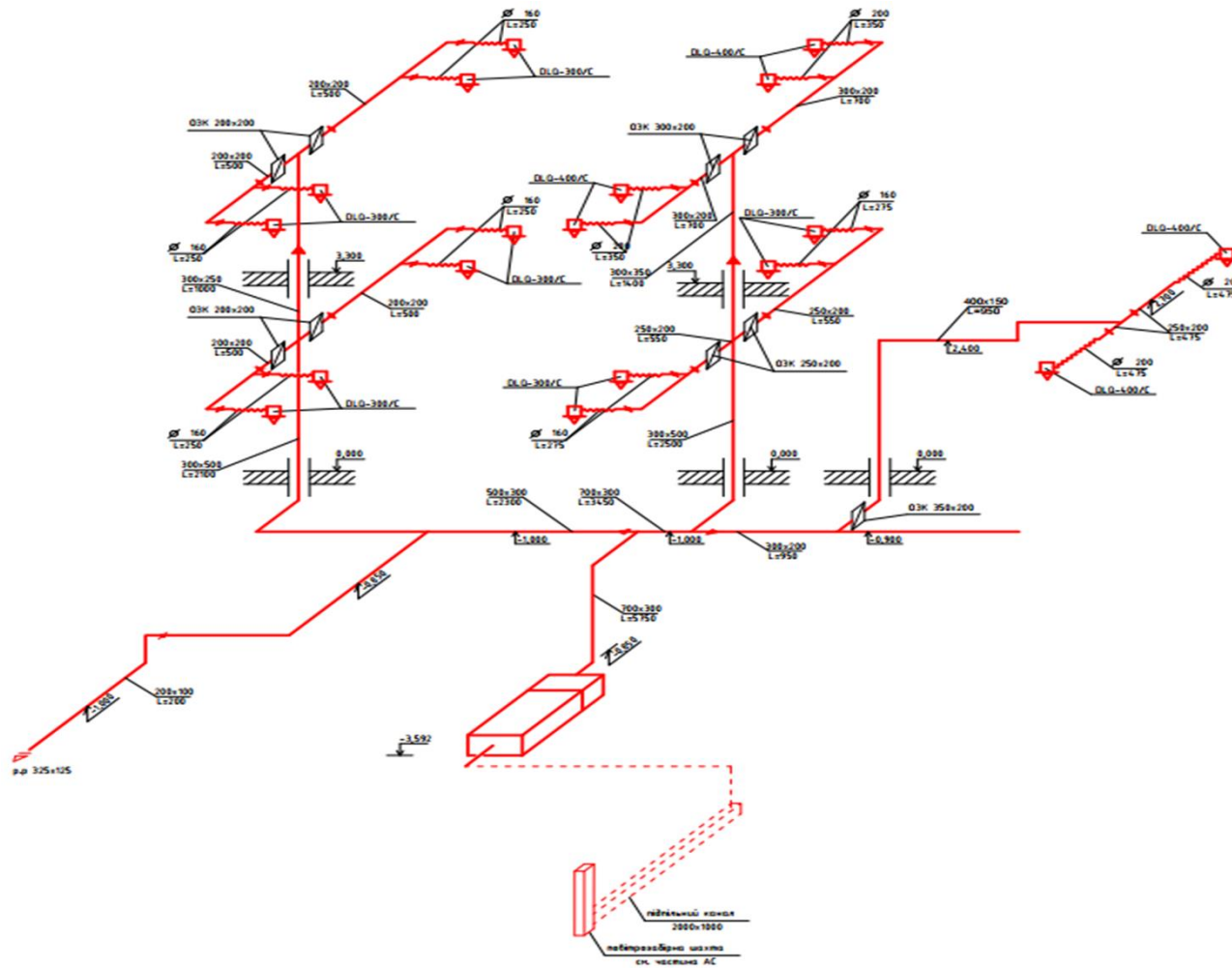
МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА										
Зм.	Кость	Лист	№	лок	Підпис	Дата	Сучасні енергоєфективні системи повітророзподілення при створенні нестационарних повітряно-теплових режимів в спортивних ігрових комплексах (на прикладі ФСК «Олімп» м.Південне)			
Зав. каф	Предуп К.М.						Вентиляція і кондиціонування	Стадія	Аркуш	Аркушів
Керівник	Корбут В.П.							ДП	12	20
Консульт								Схема організації опалювальної системи		
Розробила	Мельник А.М.							ТВ-22-1		

# АксонOMETрична схема П-1



МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА					
Сучасні енергоефективні системи повітророзподілення при створенні нестационарних повітряно-теплових режимів в спортивних ігрових комплексах (на прикладі ФСК «Олімп» м.Південне)					
Зм.	Кость	Лист	Млод	Підпис	Дата
Зав. каф	Предун К.М				
Керівник	Корбут В.П	Вентиляція і кондиціонування			Стадія
Консульт					Аркуш
Розробила	Мельник А.М.				Аркушів
АксонOMETрична схема П-1					ДП
					13
					20
					ТВ-22-1

# АксонOMETрична схема П-2



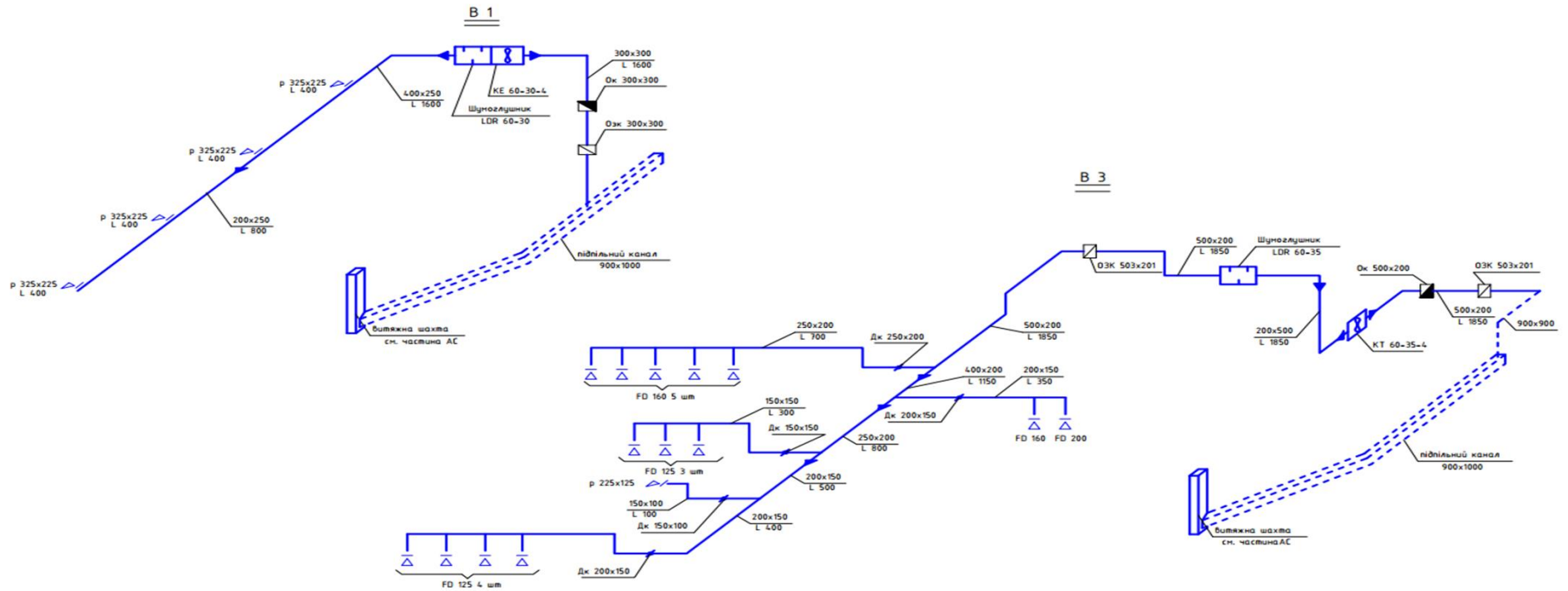
Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

<b>МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА</b>			
Сучасні енергоефективні системи повітророзподілення при створенні нестационарних повітряно-теплових режимів в спортивних ігрових комплексах (на прикладі ФСК «Олімп», м.Південне)			
Зм. К-сть	Лист	№ док	Підпис Дата
Зав. каф	Керівник	Корбут В.П	
Консульт	Розробив	Мельник А.М	
АксонOMETрична схема П-2		Стадія	Арквш Арквш
		ДП	14 20
		ТВ-22-1	

# АксонOMETРИЧНІ СХЕМИ В-1, В-3



МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА					
Сучасні енергоефективні системи повітророзподілення при створенні нестационарних повітряно-теплових режимів в спортивних ігрових комплексах (на прикладі ФСК «Олімп» м.Південне)					
Зм.	Кість	Лист	Місок	Підпис	Дата
Зав. каф	Предун К.М.				
Керівник	Корбут В.П.				
Консульт					
Розробила	Мельник А.М.				
Вентиляція і кондиціонування				Стадія	Аркуш
АксонOMETРИЧНІ СХЕМИ В-1, В-3				ДП	Аркушів
				15	20
				ТВ-22-1	

# Зміна температури в приміщенні при відсутності вентиляції

Рівняння балансу тепловиділень в будь-який момент часу  $\tau$

$$Q_{\text{вид}} d\tau - V_{\text{пр}} dt$$

де  $V_{\text{пр}}$  – об'єм приміщення, м<sup>3</sup>.

Проінтегруємо рівняння від 0 до  $\tau$  (довільного моменту часу) :

$$\frac{Q_{\text{вид}}}{V_{\text{пр}}} \int_0^{\tau} d\tau = \int_{t_0}^t dt$$

Вирішивши рівняння поточної температури  $t$ , отримаємо рівняння:

$$t = t_0 + \frac{Q_{\text{вид}}}{V_{\text{пр}} c_p \rho} \tau$$

Вираз являє температуру в будь-який момент часу як лінійну функцію від  $\tau$ . Темп збільшення температури визначається величиною відношення інтенсивності тепловиділень до об'єму приміщення:

де  $t_0$  – температура в будь-якій точці приміщення, °С;

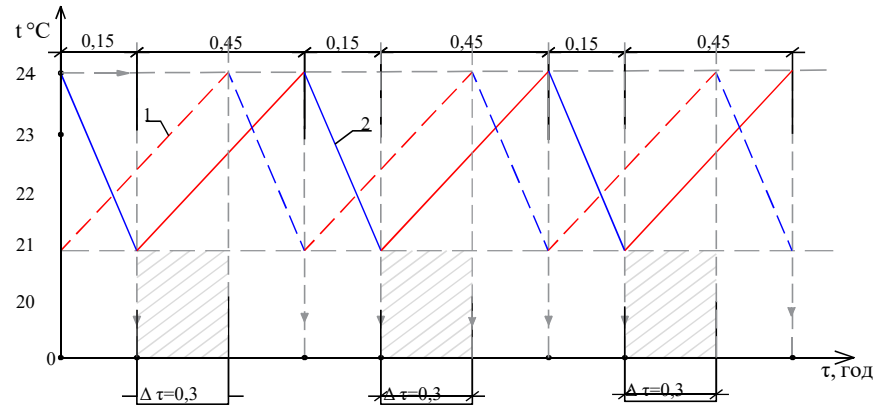
$Q_{\text{вид}}$  – тепловиділення, Вт;

$V_{\text{пр}}$  – об'єм приміщення, м<sup>3</sup>;

$c_p$  – теплоємність повітря, дорівнює 1,005 кДж/(кг · К);

$\rho$  – густина повітря, дорівнює 1,2 кг/м<sup>3</sup>;

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА					
Сучасні енергоефективні системи повітророзподілення при створенні нестационарних повітряно-теплових режимів в спортивних ігрових комплексах (на прикладі ФСК «Олімп»)					
Зм.	Кость	Лист	Мілок	Підпис	Дата
Зав. каф	Предун К.М.				
Керівник	Корбут В.П.				
Консульт					
Розробила	Мельник А.М.				
Вентиляція і кондиціонування			Стадія	Аркуш	Аркушів
			ДП	16	20
ТВ-22-1					



Як бачимо з графіку зміни температури повітря в приміщенні ( лінія 1- при відсутності вентиляції; лінія 2- при заданому повітрообміні) температура при відсутності вентиляції змінюється на  $3\text{ }^{\circ}\text{C}$  за  $\tau = 0,45$  год, а у випадку, коли вентиляція включається, температура приміщення зміниться (зменшиться) на  $3\text{ }^{\circ}\text{C}$  за  $\tau = 0,15$  год .

— при відсутності вентиляції система 1  
 - - при відсутності вентиляції система 2

— з використанням системи вентиляції система 1  
 - - з використанням системи вентиляції система 2

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА					
Сучасні енергоефективні системи повітророзподілення при створенні нестаціонарних повітряно-теплових режимів в спортивних ігрових комплексах (на прикладі ФСК «Олімпік», м.Піддубне)					
Зм.	К-сть	Лист	№ док	Підпис	Дата
Зав. каф	Предн	К.М			
Керівник	Корбут	В.П			
Консульт					
Розробила	Мельник	А.М.			
Візна температури в приміщенні				Стадія	Аркуш
				ДП	17
					20
				ТВ-22-1	

# Розрахунок сопел при неізотермічних струминах

Співвідношення між гравітаційними й інерційними силами в поперечному перерізі струмини доцільно оцінювати поточним критерієм Архімеда  $Ar_x$ .

$$Ar_x = \frac{gx\Delta t}{v_x^2 T_{wz}}$$

Зміни швидкості і надлишкової температури підкоряються закономірностям слабконеізотермічних течій, то вираз для  $Ar_x$  вісесиметричних течій може бути представлений у вигляді:

$$Ar_x = \frac{n}{m^2} Ar_o \left(\frac{x}{d_o}\right)^2$$

де - критерій Архімеда у початковому перетині вісесиметричної струмини.

Співвідношення гравітаційних і інерційних сил у вісесиметричній неізотермічній струмині зростає від перетину до перетину пропорційно квадрату відстані

$$\frac{Ar_x}{Ar_o} = \left(\frac{x}{d_o}\right)^2$$

Далекобійність струмини:

$$x_{0,3} = 3,3mv_o\sqrt{F_o}K_cK_HK_{B3}$$

Швидкість  $V_x$  на відстані  $x$ , м/с

$$\frac{v_x}{v_o} = m \frac{\sqrt{F_o}}{x} K_H$$

Температура  $t_x$  на відстані  $x$ , оС

$$\frac{\Delta t_x}{\Delta t_o} = n \frac{\sqrt{F_o}}{x} \frac{1}{K_H}$$

де  $K_H$  – коефіцієнт неізотермічності

$m$  – коефіцієнт загасання швидкості

$n$  – коефіцієнт загасання температури

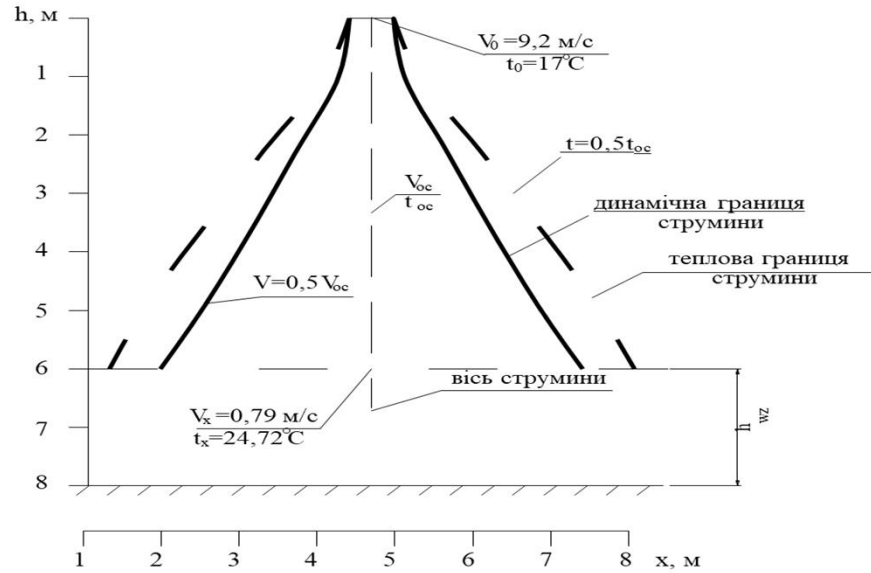
$\sqrt{F_o}$  – площа живого перерізу, м<sup>2</sup>

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА					
Особливості застосування повітророзподільників при створенні динамічного мікроклімату у спорудах					
Зм.	К-сть	Лист	Модок	Підпис	Дата
Зав. каф				Предлн К.М	
Керівник				Корбут В.П	
Консульт					
Розробила				Мельник А.М.	
Вентиляція і кондиціонування				Сталія	Арквш
				ДП	18
					20
Формули для практичних розрахунків неізотермічних струмин				ТВ-22-1	

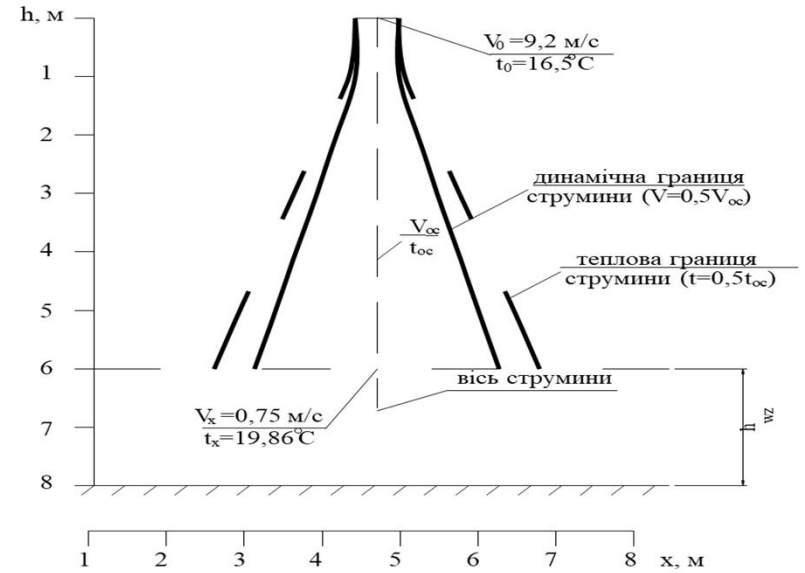
# Подача повітря за допомогою повітророзподільників, які створюють закручені струмини

## Розрахункова схема припливної струмини

теплий період



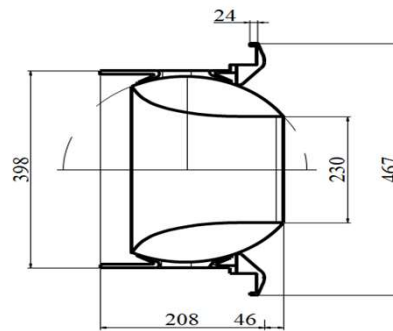
холодний період



Зовнішній вигляд

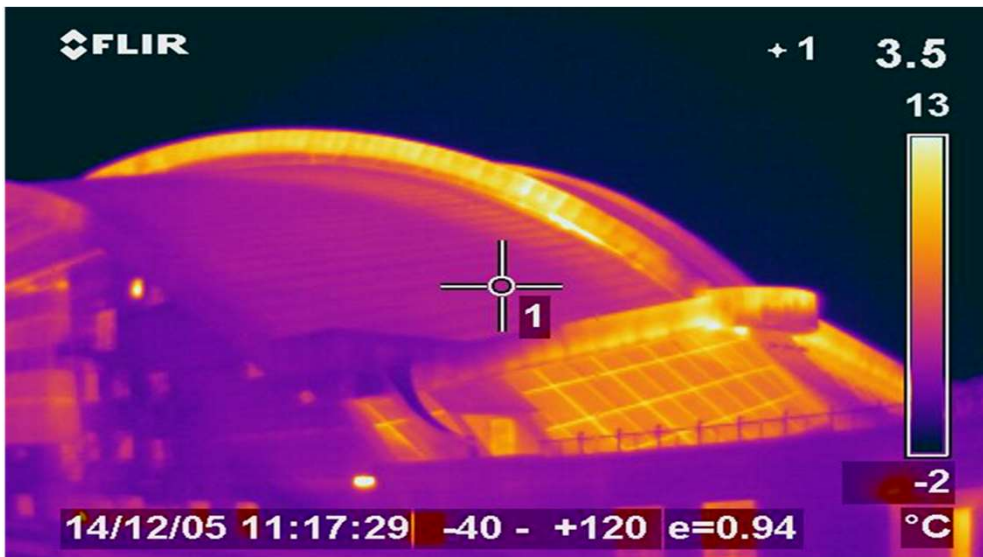
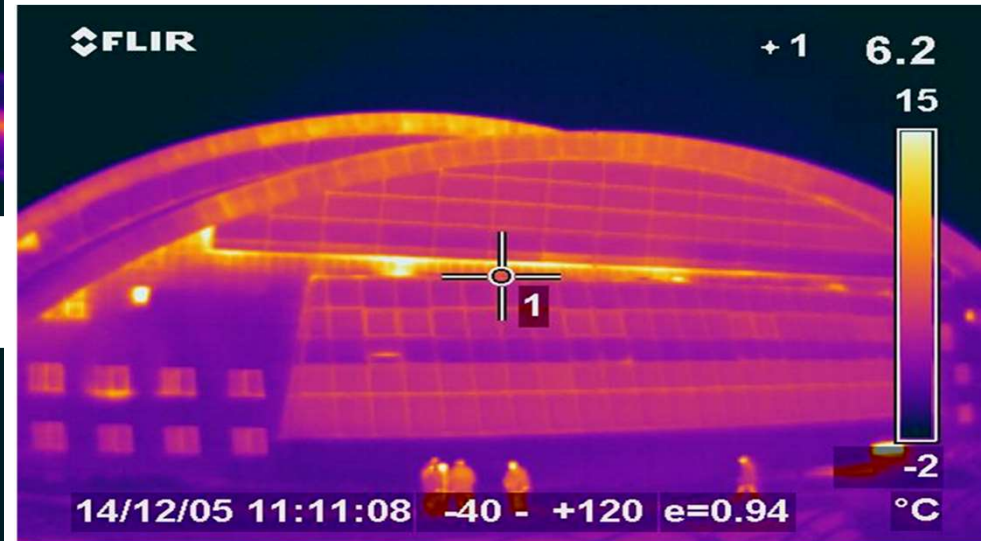
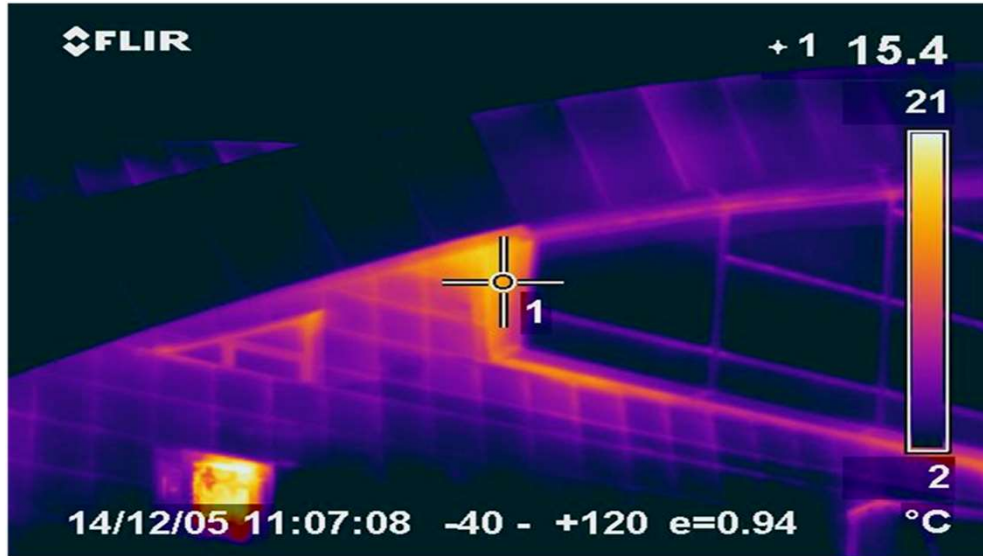


Схема сопла



МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА										
Особливості застосування повітророзподільників при створенні динамічного мікроклімату у спорудах										
Зм.	К-сть	Лист	Фоліо	Підпис	Дата	Формат	Архив	ДП	19	20
Зав. каф						Вентиляція і кондиціонування	Стадія			
Керівник	Корбут В.П.									
Консульт										
Розробив	Мельник А.М.									
Подача повітря за допомогою закручених повітророзподільників							ТВ-22-1			

# Тепловізійні знімки



МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА					
Особливості застосування повітророзподільників при створенні динамічного мікроклімату у спорудах					
Зм.	Кість	Лист	Модок	Підпис	Дата
Зав. каф	Корбут В.П.				
Консульт					
Розробив	Мельник А.М.				
Вентиляція і кондиціонування				Сталія	Аркуші
Знімки тепловізера				ДП	Аркушів
				20	20
				ТВ-22-1	

# Загальні висновки

1. В умовах постійного зростання вартості енергоносіїв та прийняття стратегії енергетичної безпеки все більш актуальними стають питання раціональної подачі та ефективного використання припливного і витяжного повітря у вентиляованому приміщенні з метою зниження енергоспоживання системами формаування мікроклімату;

2. Забезпечення оптимальних температурних та вологісних умов сприяє підвищенню комфорту спортсменів та глядачів. Це особливо важливо під час інтенсивних фізичних навантажень, коли умови мікроклімату безпосередньо впливають на продуктивність та безпеку спортсменів.

3. Результати дослідження теплового режиму приміщення показали, що при змінному тепловому навантаженні можна досягти зменшення фактичної витрати повітря до 50% від максимальної розрахункової за рахунок перерозподілу потоків повітря між зонами;

**Дякую за увагу!**