

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Кафедра теплогазопостачання та вентиляції

АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА

Спеціальність: 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Спеціалізація: теплогазопостачання і вентиляція

**на тему: «Дослідження повітророзподільника ежекційного соплового для ефективної
подачі повітря над робочою зоною»**

**Виконав: Ригарович О.Д.
Керівник: Мілейковський В.О.**

Київ - 2023

2

Актуальність, мета, об'єкт та предмет дослідження

Метою атестаційної магістерської роботи є наукове обґрунтування й розробка ефективних систем повітророзподілення, які забезпечують нормативні параметри повітряного середовища та енергозбереження у вентиляційних системах.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати математичне моделювання струмини, яка настається на опуклу циліндричну поверхню, визначити залежність її параметрів від геометричних характеристик повітророзподільного пристрою.

Об'єкт дослідження – системи припливної вентиляції зі змінною витратою для підтримання нормативних параметрів мікроклімату, яка працює в режимах охолодження та нагріву.

Предмет дослідження – компактні повітророзподільники, які формують струмини, що інтенсивно затухають, для забезпечення ефективної організації повітрообміну в приміщенні.

3

Методи дослідження та структура атестаційної роботи

Методи дослідження – математичне моделювання руху повітря, обміну теплоти та втрат тиску на підставі інтегральних рівнянь аеродинаміки та чисельні дослідження руху повітря за допомогою k - ϵ моделі турбулентного руху.

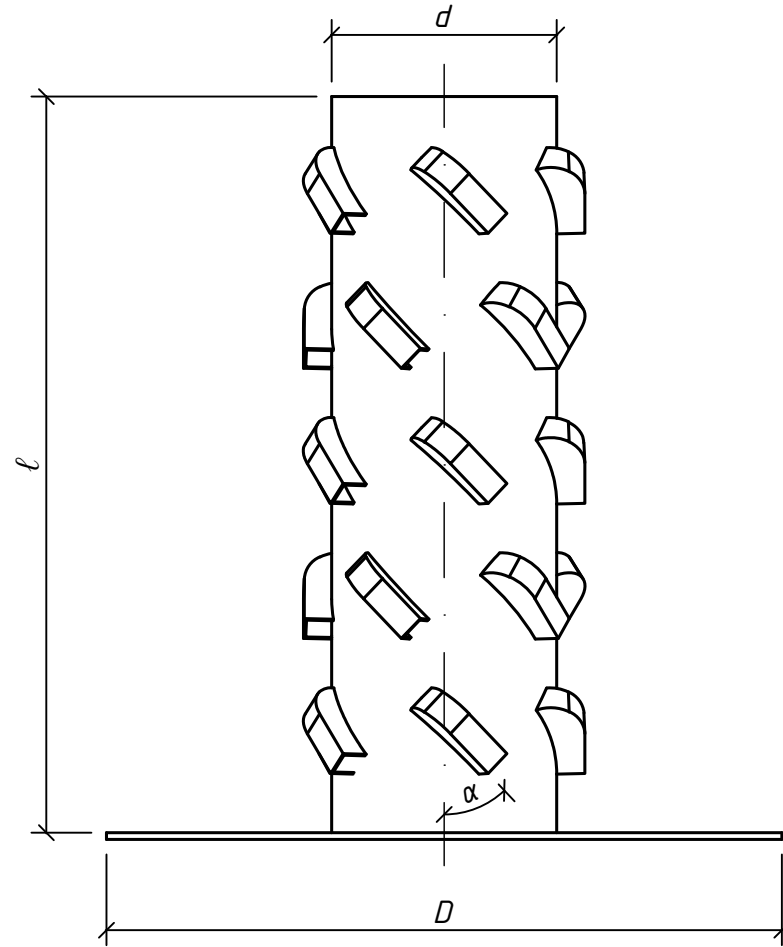
Структура атестаційної роботи:

Розділ 1. Літературний огляд. Сучасний стан повітророзподілення.

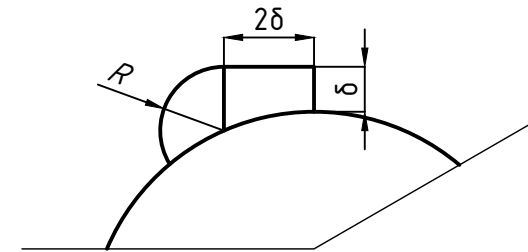
Розділ 2. Математичне моделювання тангенціальних соплових випусків повітря.

Розділ 3. Опалення та вентиляція котеджу з зимовим садом у селі Крюковщина Київської області.

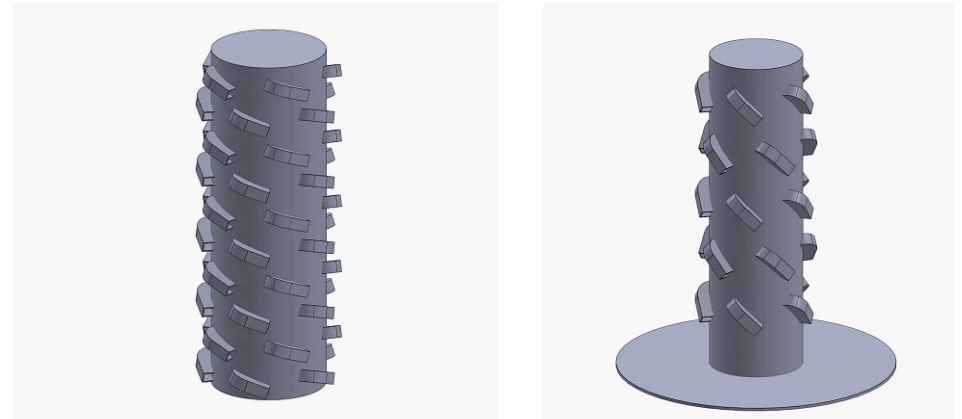
Конструкція повітророзподільника ПЕС-Д



Конструкція сопла



Моделі повітророзподільника в SolidWorks



ПОГОДЖЕНО:			
Інв. № орг.	Підпис та дата	Взам. інв.№	

Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата
Виконав			Ригарович О.Д.		05.23
Керівник			Мілейковський В.О.		05.23
Зав. кафедри			Предун К.М.		05.23

АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА

Аналіз ефективності організації повітрообміну з подачею повітря над робочою зоною	Стадія	Аркуш	Аркушів
	Д	4	20
Конструкція повітророзподільника ПЕС-Д, конструкція сопла, моделі повітророзподільника в SolidWorks.	КНУБА, ФІСЕ ТВ-6Н		

Відношення для V/V_0 холодного періоду

x/d	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9	№10	№11	№12	№13	№14	№15	№16	№0
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1	0,267	0,320	0,437	0,127	0,147	0,176	0,369	0,265	0,320	0,252	0,735	0,425	0,263	0,400	0,278	0,279	0,541
2	0,203	0,089	0,367	0,052	0,083	0,049	0,340	0,198	0,251	0,178	0,611	0,360	0,161	0,350	0,155	0,079	0,399
3	0,150	0,061	0,290	0,036	0,054	0,033	0,305	0,158	0,196	0,130	0,518	0,291	0,114	0,314	0,066	0,053	0,302
4	0,131	0,045	0,259	0,024	0,036	0,023	0,276	0,133	0,174	0,102	0,470	0,265	0,075	0,287	0,052	0,039	0,230
5	0,124	0,035	0,238	0,016	0,025	0,015	0,255	0,112	0,124	0,079	0,421	0,204	0,048	0,272	0,036	0,029	0,159
6	0,105	0,027	0,225	0,011	0,020	0,012	0,235	0,085	0,084	0,040	0,376	0,169	0,033	0,252	0,025	0,022	0,084
7	0,099	0,020	0,188	0,009	0,018	0,010	0,211	0,062	0,055	0,025	0,340	0,152	0,021	0,240	0,017	0,017	0,062
8	0,095	0,015	0,135	0,009	0,017	0,008	0,182	0,056	0,038	0,017	0,316	0,131	0,014	0,225	0,013	0,013	0,042
9	0,086	0,013	0,097	0,008	0,016	0,007	0,172	0,057	0,025	0,011	0,300	0,131	0,011	0,215	0,010	0,011	0,031
10	0,077	0,012	0,084	0,009	0,016	0,007	0,165	0,055	0,021	0,010	0,286	0,130	0,010	0,210	0,009	0,011	0,031

Відношення $(T-T_{\infty})/(T_0-T_{\infty})$ для холодного періоду

x/d	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9	№10	№11	№12	№13	№14	№15	№16	№0
0	-	1,000	-	1,000	1,000	1,000	-	-	-	1,000	-	-	1,000	-	1,000	1,000	1,000
1	-	0,446	-	0,313	0,126	0,173	-	-	-	0,327	-	-	0,377	-	0,254	0,275	0,499
2	-	0,167	-	0,123	0,009	0,077	-	-	-	0,261	-	-	0,340	-	0,242	0,070	0,451
3	-	0,037	-	0,020	0,001	0,014	-	-	-	0,233	-	-	0,246	-	0,127	0,005	0,411
4	-	0,017	-	0,003	0,001	0,006	-	-	-	0,223	-	-	0,214	-	0,080	0,002	0,252
5	-	0,010	-	0,001	0,001	0,002	-	-	-	0,163	-	-	0,176	-	0,015	0,001	0,238
6	-	0,006	-	0,001	0,001	0,002	-	-	-	0,151	-	-	0,054	-	0,004	0,001	0,169
7	-	0,004	-	0,001	0,001	0,002	-	-	-	0,068	-	-	0,007	-	0,003	0,001	0,036
8	-	0,003	-	0,001	0,001	0,002	-	-	-	0,011	-	-	0,004	-	0,003	0,001	0,025
9	-	0,002	-	0,001	0,001	0,002	-	-	-	0,003	-	-	0,003	-	0,003	0,001	0,018
10	-	0,002	-	0,001	0,001	0,002	-	-	-	0,002	-	-	0,003	-	0,003	0,001	0,015

АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА

Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата
Виконав				Ризгарович О.Д.	05.23
Керівник				Мілейковський В.О.	05.23
Зав. кафедри				Предун К.М.	05.23

Аналіз ефективності організації повітрообміну з подачею повітря над робочою зоною

Відношення для V/V_0 холодного періоду, відношення $(T-T_{\infty})/(T_0-T_{\infty})$ для холодного періоду

Стадія	Аркуш	Аркушів
Д	8	20
КНУБА, ФІСЕ		
ТВ-6Н		

ПОГОДЖЕНО:

Інв. № орг. Підпис та дата

Взам. інв. №

Відношення для V/V_0 теплового періоду

x/d	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9	№10	№11	№12	№13	№14	№15	№16	№0
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1	0,444	0,286	0,431	0,209	0,416	0,229	0,361	0,392	0,366	0,276	0,784	0,416	0,268	0,426	0,274	0,431	0,562
2	0,380	0,242	0,372	0,177	0,358	0,192	0,326	0,339	0,330	0,188	0,670	0,355	0,190	0,376	0,204	0,368	0,479
3	0,322	0,189	0,316	0,130	0,291	0,149	0,301	0,301	0,304	0,150	0,593	0,302	0,161	0,347	0,158	0,297	0,430
4	0,290	0,168	0,288	0,124	0,259	0,117	0,292	0,272	0,276	0,125	0,522	0,270	0,141	0,330	0,115	0,249	0,410
5	0,272	0,157	0,276	0,096	0,221	0,079	0,265	0,244	0,262	0,110	0,465	0,250	0,120	0,312	0,054	0,229	0,395
6	0,268	0,152	0,265	0,084	0,175	0,053	0,246	0,229	0,250	0,101	0,467	0,236	0,112	0,297	0,050	0,191	0,387
7	0,248	0,137	0,240	0,063	0,107	0,037	0,237	0,213	0,250	0,095	0,438	0,218	0,104	0,289	0,044	0,131	0,370
8	0,230	0,122	0,196	0,049	0,092	0,029	0,232	0,198	0,251	0,089	0,405	0,194	0,099	0,277	0,031	0,077	0,367
9	0,219	0,112	0,152	0,037	0,091	0,025	0,227	0,184	0,255	0,084	0,387	0,172	0,096	0,271	0,023	0,073	0,357
10	0,217	0,108	0,133	0,033	0,091	0,024	0,227	0,176	0,254	0,078	0,375	0,168	0,092	0,269	0,023	0,071	0,355

Відношення $(T-T_{\infty})/(T_0-T_{\infty})$ для теплового періоду

x/d	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9	№10	№11	№12	№13	№14	№15	№16	№0
0	1,000	-	1,000	-	-	-	1,000	1,000	1,000	-	1,000	1,000	-	1,000	-	-	1,000
1	0,618	-	0,263	-	-	-	0,803	0,630	0,350	-	0,985	0,203	-	0,696	-	-	0,571
2	0,567	-	0,225	-	-	-	0,755	0,590	0,339	-	0,929	0,167	-	0,657	-	-	0,516
3	0,537	-	0,191	-	-	-	0,679	0,537	0,330	-	0,866	0,139	-	0,603	-	-	0,489
4	0,477	-	0,175	-	-	-	0,617	0,474	0,322	-	0,773	0,130	-	0,565	-	-	0,462
5	0,389	-	0,166	-	-	-	0,576	0,430	0,310	-	0,670	0,128	-	0,545	-	-	0,436
6	0,379	-	0,160	-	-	-	0,546	0,389	0,296	-	0,625	0,125	-	0,526	-	-	0,421
7	0,366	-	0,152	-	-	-	0,521	0,359	0,281	-	0,548	0,109	-	0,503	-	-	0,397
8	0,364	-	0,142	-	-	-	0,499	0,334	0,266	-	0,495	0,099	-	0,473	-	-	0,377
9	0,342	-	0,120	-	-	-	0,488	0,312	0,243	-	0,464	0,094	-	0,436	-	-	0,361
10	0,305	-	0,107	-	-	-	0,480	0,293	0,238	-	0,424	0,089	-	0,417	-	-	0,346

АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА

Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата
Виконав				Ризгарович О.Д.	05.23
Керівник				Мілейковський В.О.	05.23
Зав. кафедри				Предун К.М.	05.23

Аналіз ефективності організації повітрообміну з подачею повітря над робочою зоною

Стадія	Аркуш	Аркушів
Д	9	20

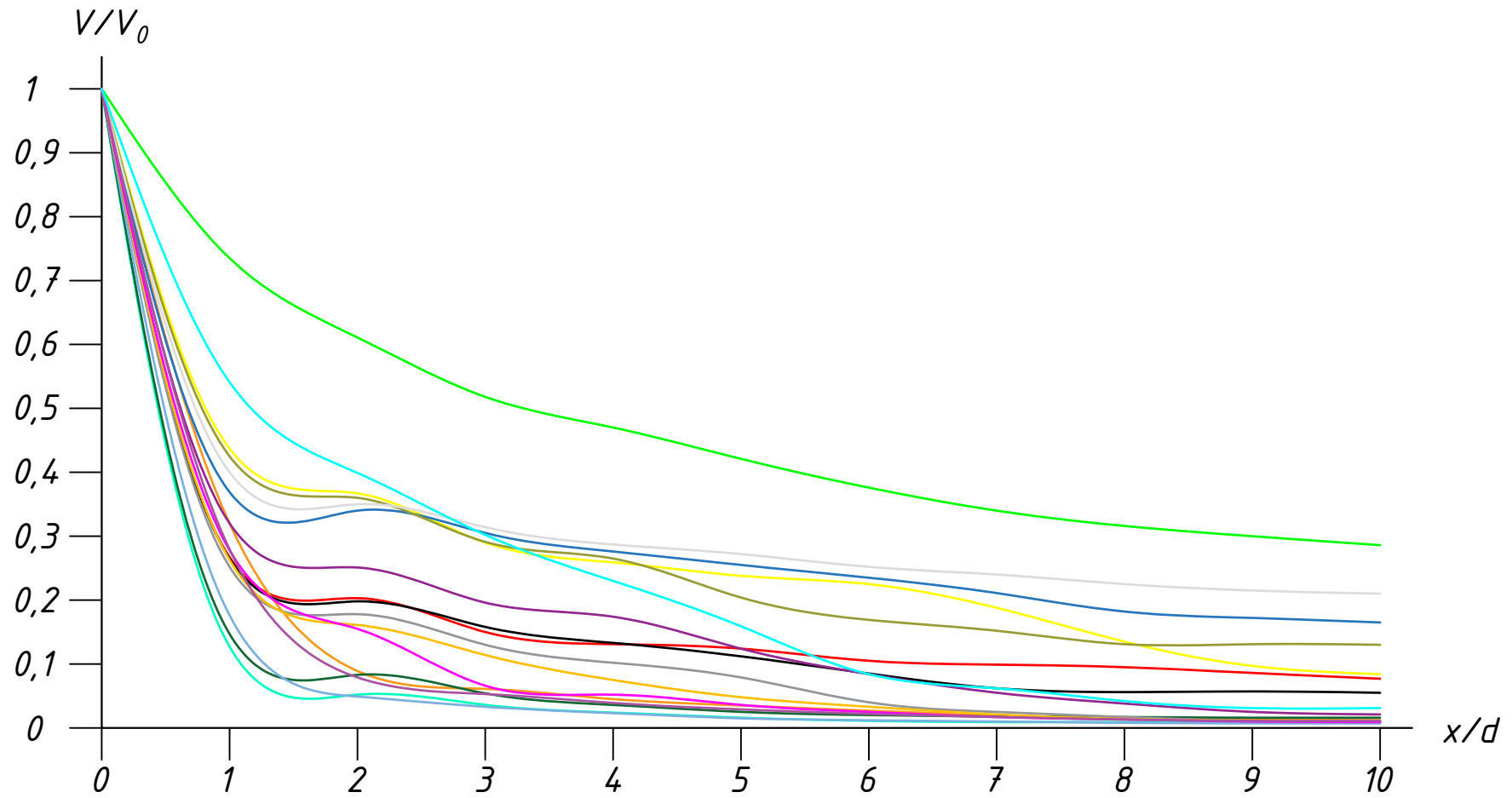
Відношення для V/V_0 теплового періоду, відношення $(T-T_{\infty})/(T_0-T_{\infty})$ для теплового періоду

**КНУБА, ФІСЕ
ТВ-6Н**

ПОГОДЖЕНО:

Інв. № орг. Підпис та дата Взам. інв.№

Графік затухання швидкості повітряного потоку в холодний період року



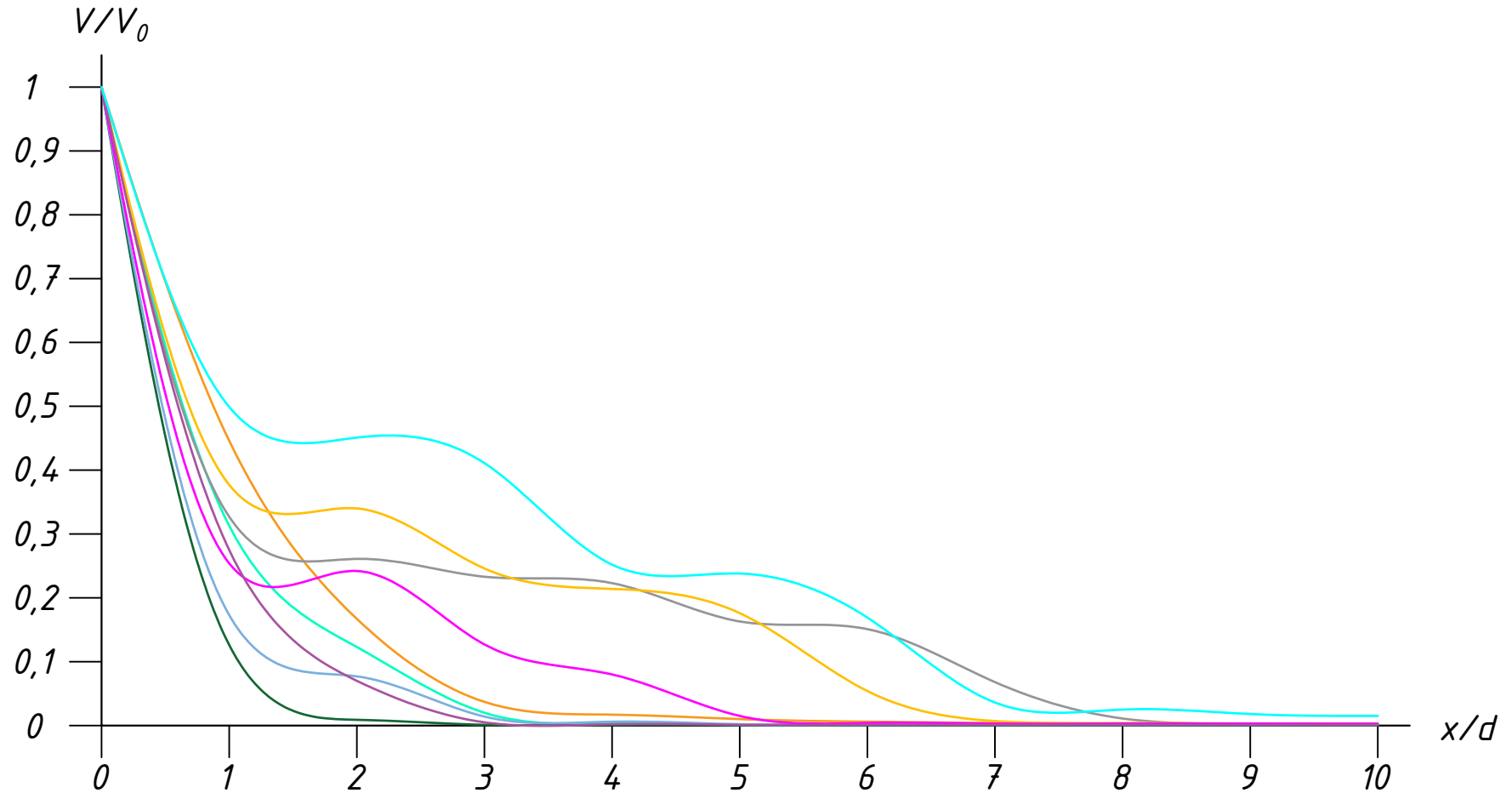
- - Модель №1
- - Модель №2
- - Модель №3
- - Модель №4
- - Модель №5
- - Модель №6
- - Модель №7
- - Модель №8
- - Модель №9
- - Модель №10
- - Модель №11
- - Модель №12
- - Модель №13
- - Модель №14
- - Модель №15
- - Модель №16
- - Модель №0

Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата
Виконав				Рижарович О.Д.	05.23
Керівник				Мілейковський В.О.	05.23
Зав. кафедри				Предун К.М.	05.23

АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА			
Аналіз ефективності організації повітрообміну з подачею повітря над робочою зоною	Стадія	Аркуш	Аркушів
	Д	10	20
Графік затухання швидкості повітряного потоку в холодний період року	КНУБА, ФІСЕ		
	ТВ-6Н		

ПОГОДЖЕНО:			
Інв. № орг.			
Підпис та дата			
Взам. інв. №			

Графік затухання температури повітряного потоку в холодний період року



- - Модель №1
- - Модель №2
- - Модель №3
- - Модель №4
- - Модель №5
- - Модель №6
- - Модель №7
- - Модель №8
- - Модель №9
- - Модель №10
- - Модель №11
- - Модель №12
- - Модель №13
- - Модель №14
- - Модель №15
- - Модель №16
- - Модель №0

АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА

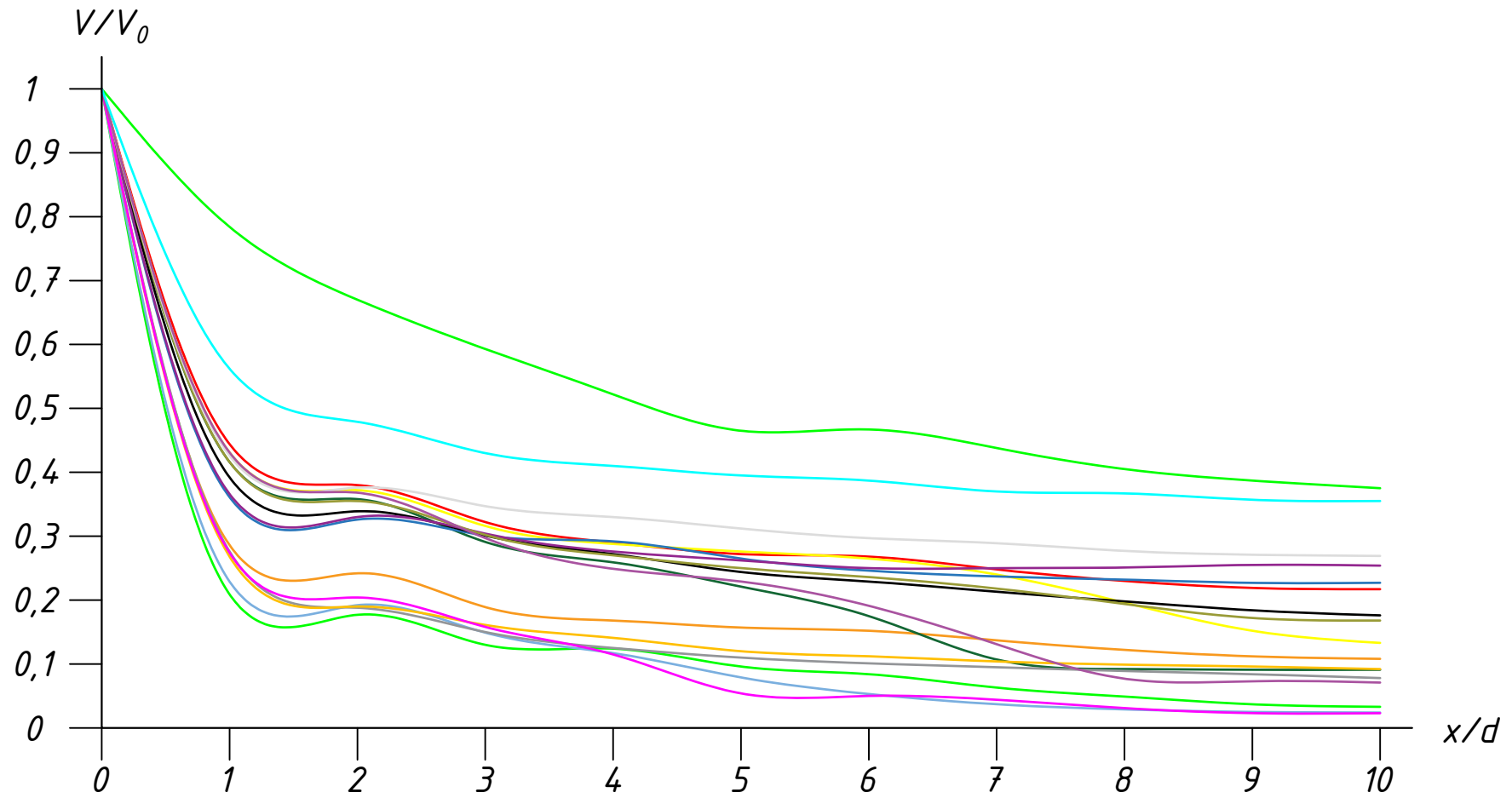
Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата				
						Аналіз ефективності організації повітрообміну з подачею повітря над робочою зоною	Стадія	Аркуш	Аркушів
Виконав				Ригарович О.Д.	05.23		Д	11	20
Керівник				Мілейковський В.О.	05.23				
Зав. кафедри				Предун К.М.	05.23				

Графік затухання температури повітряного потоку в холодний період року

**КНУБА, ФІСЕ
ТВ-6Н**

ПОГОДЖЕНО:			
Інв. № орг.			
Підпис та дата			
Взам. інв. №			

Графік затухання швидкості повітряного потоку в теплий період року



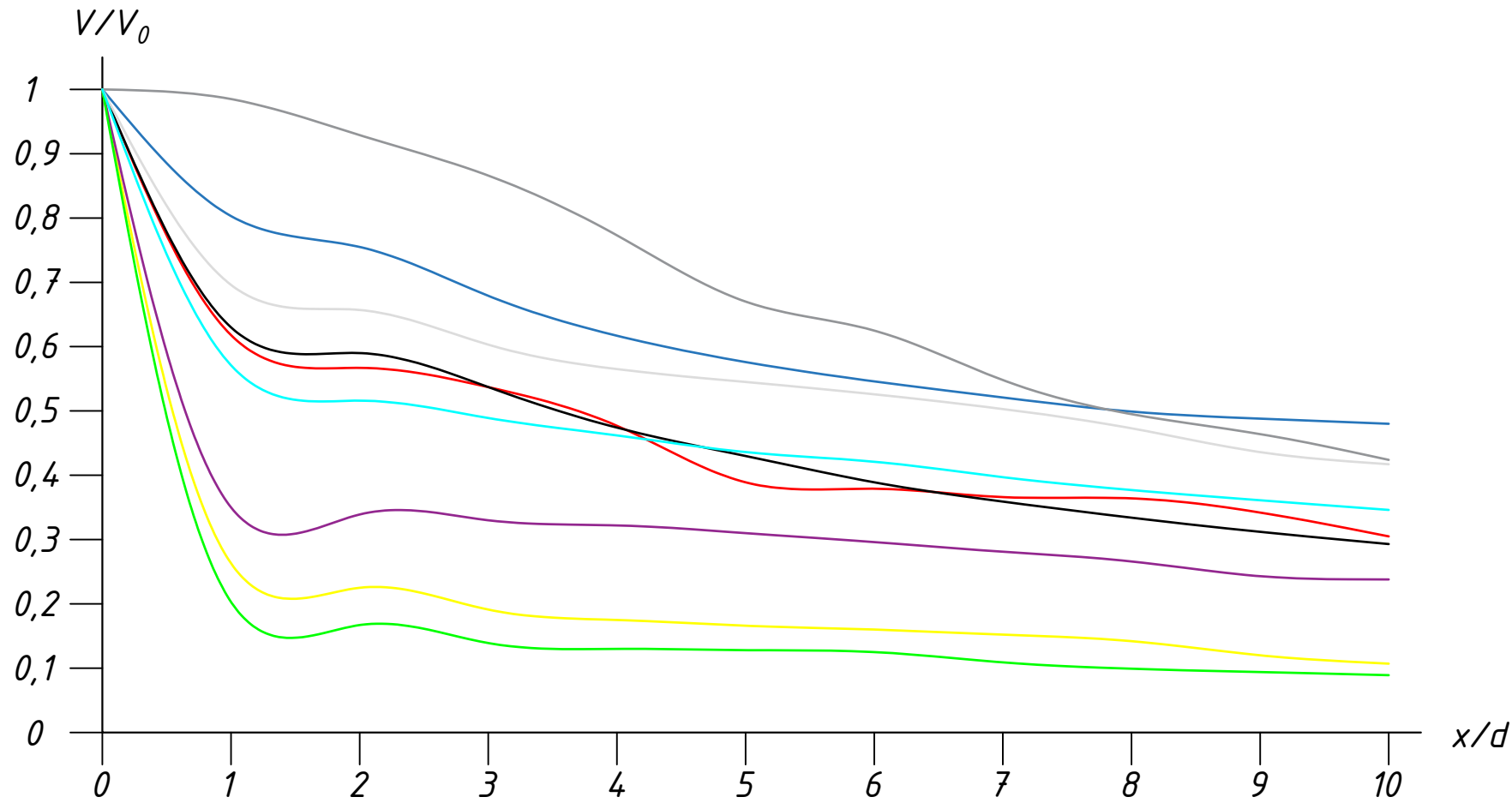
- - Модель №1
- - Модель №2
- - Модель №3
- - Модель №4
- - Модель №5
- - Модель №6
- - Модель №7
- - Модель №8
- - Модель №9
- - Модель №10
- - Модель №11
- - Модель №12
- - Модель №13
- - Модель №14
- - Модель №15
- - Модель №16
- - Модель №0

Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата	
Виконав			Рижарович О.Д.		05.23	
Керівник			Мілейковський В.О.		05.23	
Зав. кафедри		Предун К.М.			05.23	

АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА					
Аналіз ефективності організації повітрообміну з подачею повітря над робочою зоною			Стадія	Аркуш	Аркушів
Графік затухання швидкості повітряного потоку в теплий період року			Д	12	20
КНУБА, ФІСЕ ТВ-6Н					

ПОГОДЖЕНО:				
Інв. № орг.				
Підпис та дата				
Взам. інв. №				

Графік затухання температури повітряного потоку в теплий період року



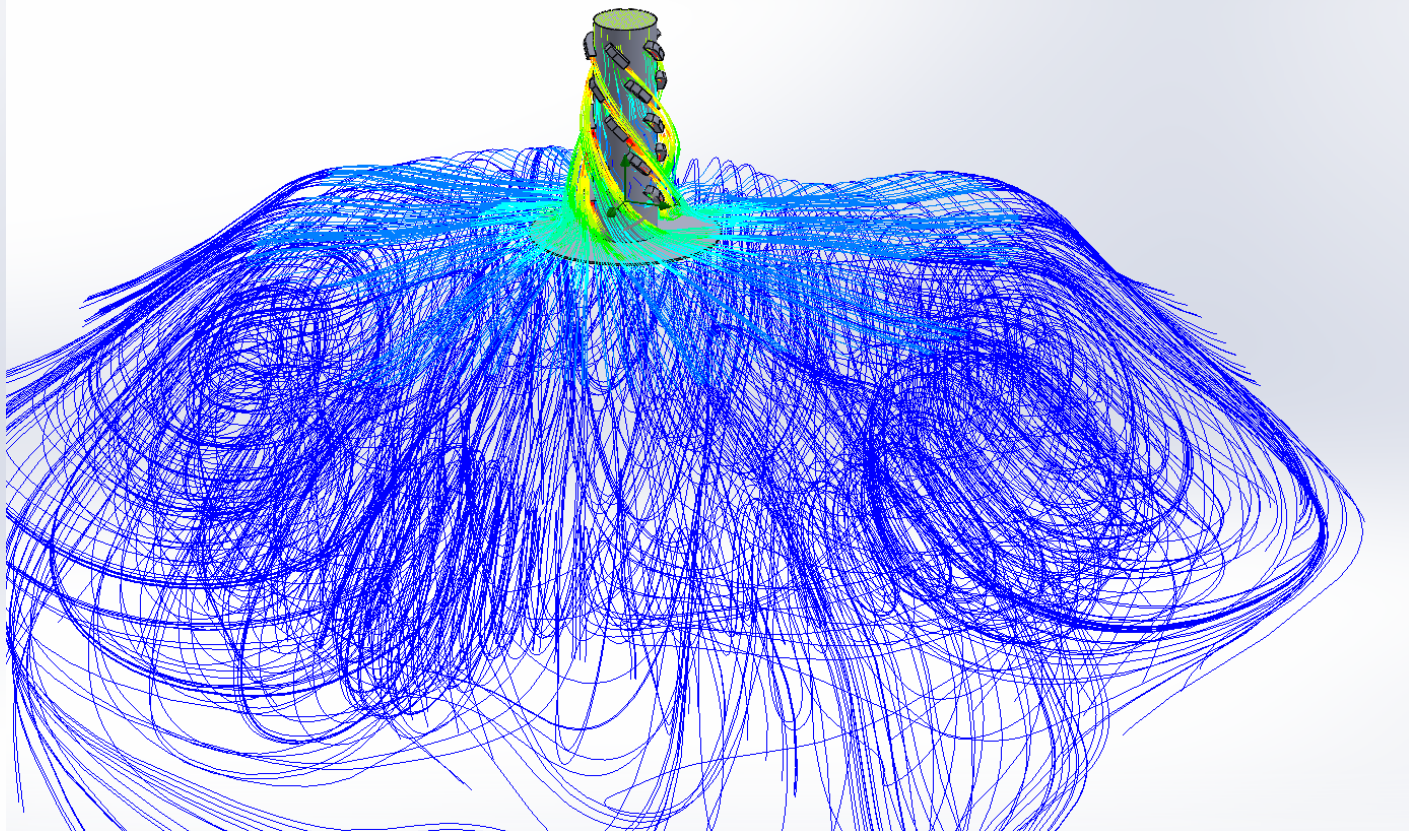
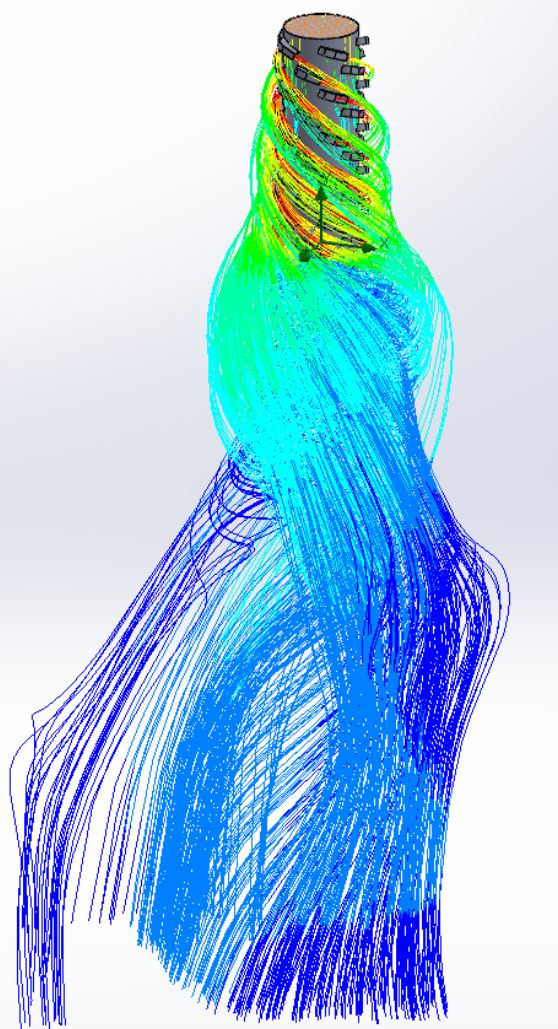
- - Модель №1
- - Модель №2
- - Модель №3
- - Модель №4
- - Модель №5
- - Модель №6
- - Модель №7
- - Модель №8
- - Модель №9
- - Модель №10
- - Модель №11
- - Модель №12
- - Модель №13
- - Модель №14
- - Модель №15
- - Модель №16
- - Модель №0

Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата
Виконав				Ригарович О.Д.	05.23
Керівник				Мілейковський В.О.	05.23
Зав. кафедри				Предун К.М.	05.23

АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА			
Аналіз ефективності організації повітрообміну з подачею повітря над робочою зоною	Стадія	Аркуш	Аркушів
	Д	13	20
Графік затухання температури повітряного потоку в теплий період року		КНУБА, ФІСЕ ТВ-6Н	

ПОГОДЖЕНО:			
Інв. № орг.			
Підпис та дата			
Взам. інв. №			

Симуляція повітряного потоку в SolidWorks Flow Simulation



ПОГОДЖЕНО:				
Інв. № орг.	Підпис та дата	Взам. інв.№		

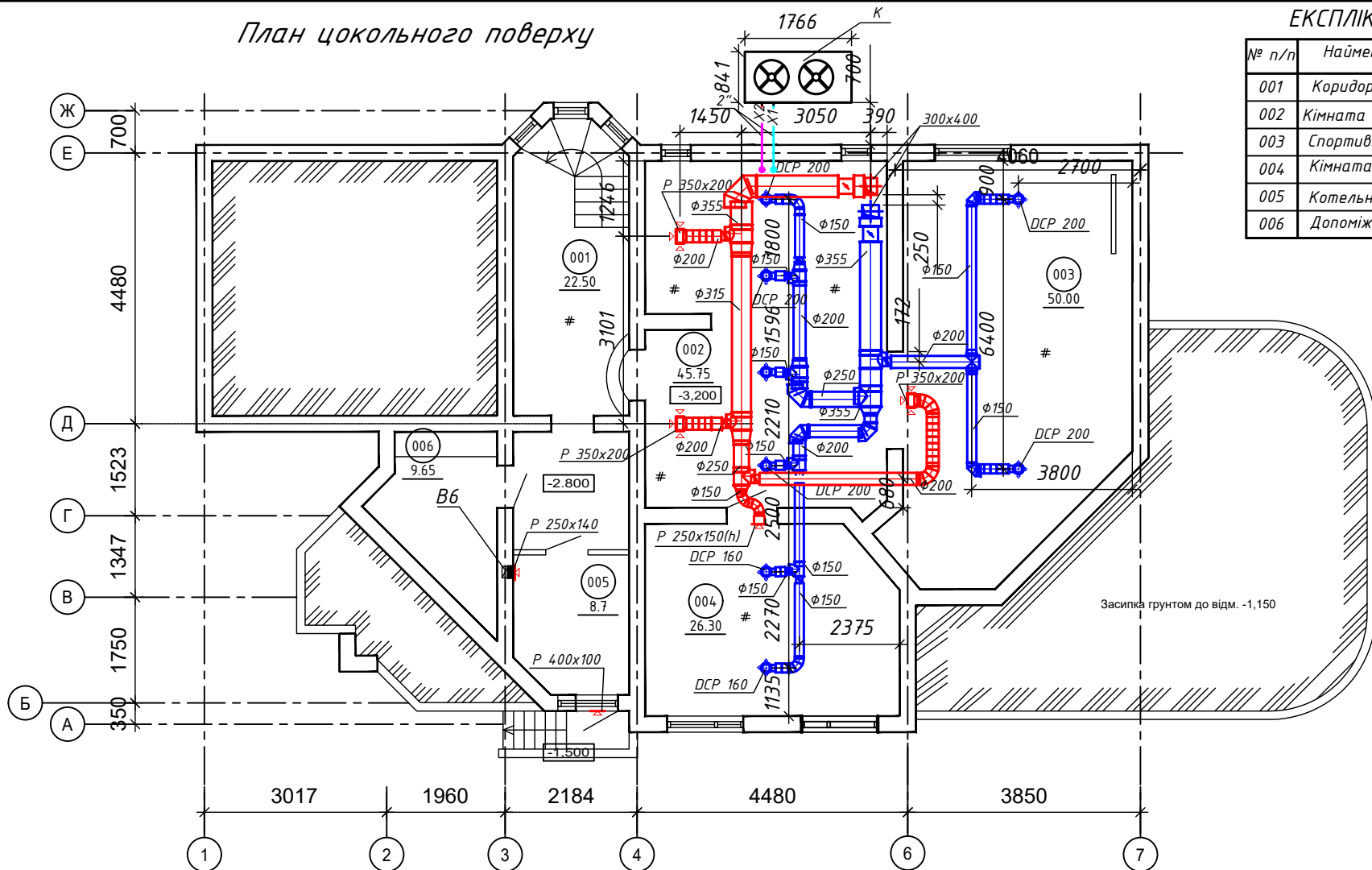
Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата
Виконав			Рижарович О.Д.		05.23
Керівник			Мілейковський В.О.		05.23
Зав. кафедри			Предун К.М.		05.23

АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА			
Аналіз ефективності організації повітрообміну з подачею повітря над робочою зоною	Стадія	Аркуш	Аркушів
Д	14	20	
Симуляція повітряного потоку в SolidWorks Flow Simulation	КНУБА, ФІСЕ ТВ-6Н		

План цокольного поверху

ЕКСПЛІКАЦІЯ ПРИМІЩЕНЬ

№ п/п	Найменування приміщень	Площа м ²
001	Коридор	22.5
002	Кімната дом. відеокінотеатру	45.75
003	Спортивна зала	50.0
004	Кімната відпочинку	26.3
005	Котельня	8.7
006	Допоміжне приміщення	9.65



АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА

Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата
Виконав				Рижарович О.Д.	05.23
Керівник				Мілейковський В.О.	05.23
Зав. кафедри				Предун К.М.	05.23

Аналіз ефективності організації повітрообміну з подачею повітря над робочою зоною

Стадія	Аркуш	Аркушів
Д	15	20

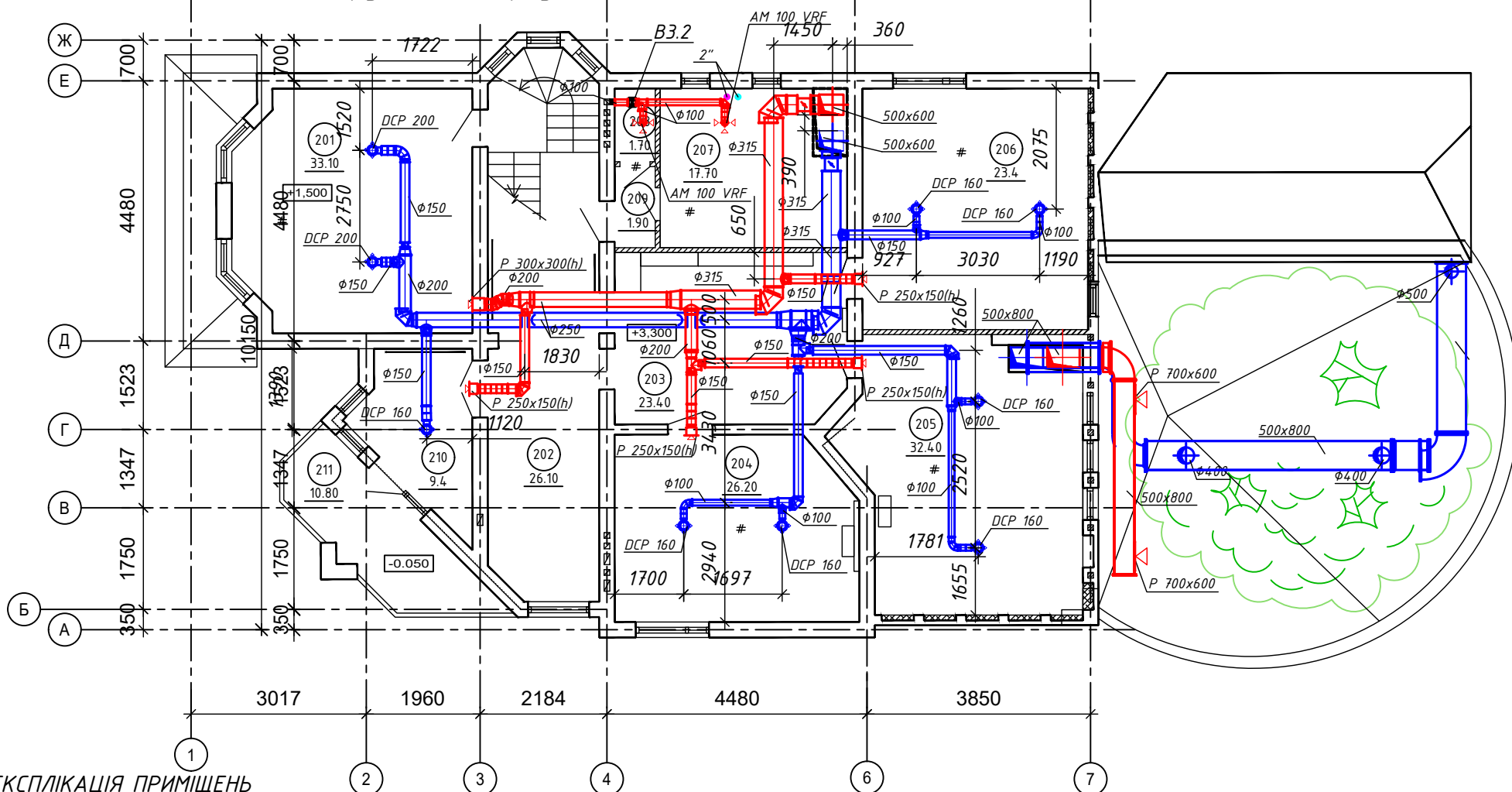
Вентиляція та кондиціонування.
План цокольного поверху.

**КНУБА, ФІСЕ
ТВ-6Н**

ПОГОДЖЕНО:

Інв. № орг. Підпис та дата. Взам. інв. №

План другого поверху



ЕКСПЛІКАЦІЯ ПРИМІЩЕНЬ

№ п/п	Найменування приміщень	Площа м ²
201	Кабінет	33.1
202	Коридор	26.1
203	Хол	23.4
204	Житлова кімната	26.2
205	Бібліотека	32.4
206	Житлова кімната	23.4
207	Ванна кімната	17.7
208	Санвузол	1.7
209	Тамбур	1.9
210	Оранжерея	9.4
211	Балкон	10.8

Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата
Виконав				Ригарович О.Д.	05.23
Керівник				Мілейковський В.О.	05.23
Зав. кафедри				Предун К.М.	05.23

АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА

Аналіз ефективності організації повітрообміну з подачею повітря над робочою зоною

Стадія	Аркуш	Аркушів
Д	17	20

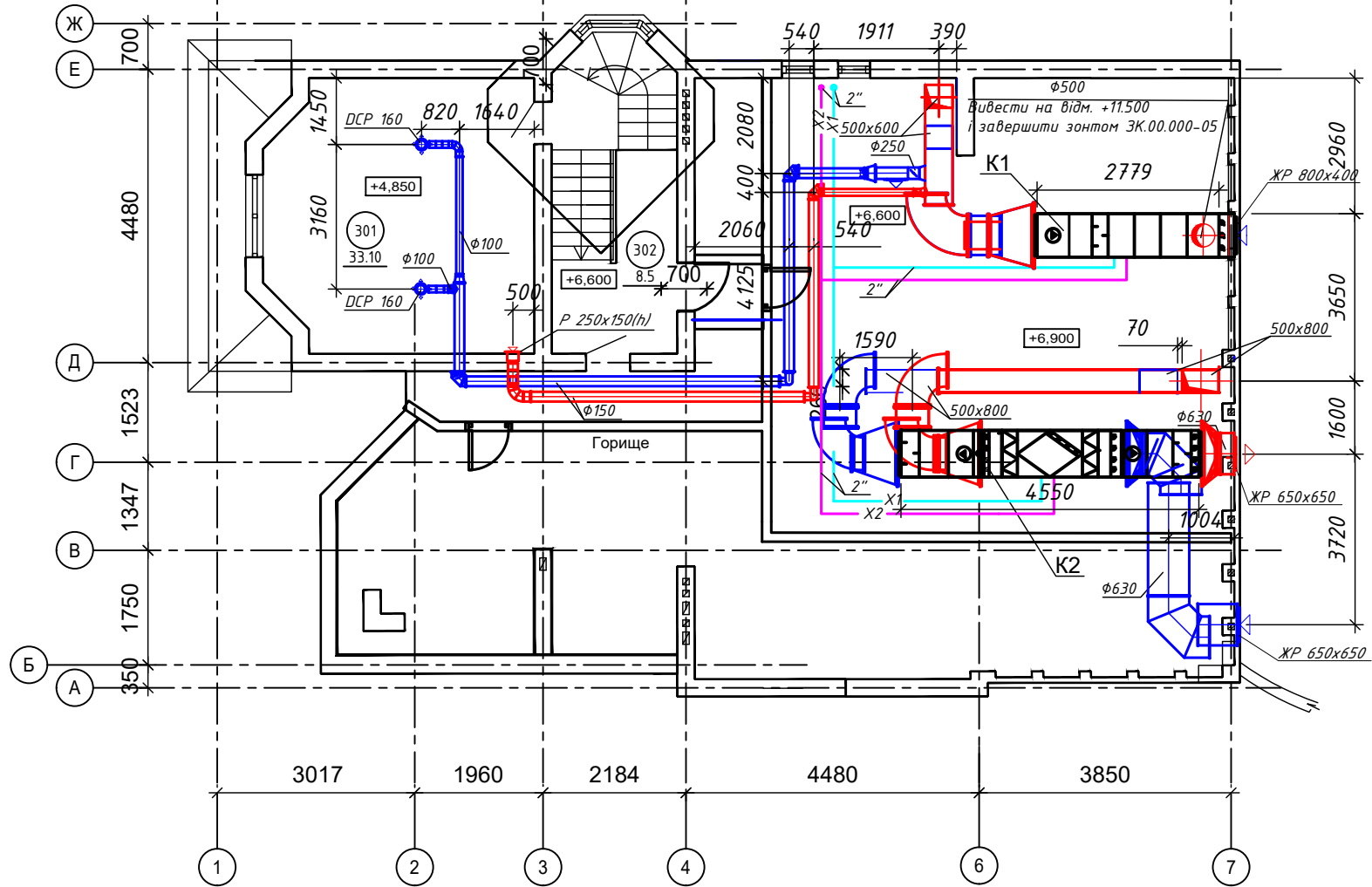
Вентиляція та кондиціонування.
План другого поверху.

**КНУБА, ФІСЕ
ТВ-6Н**

ПОГОДЖЕНО:

Інв. № ориг. Підпис та дата. Взам. інв. №

План горища



ЕКСПЛІКАЦІЯ ПРИМІЩЕНЬ

№ п/п	Найменування приміщень	Площа м ²
301	Кабінет	33.1
302	Коридор	8.5

Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата
Виконав				Ригарович О.Д.	05.23
Керівник				Мілейковський В.О.	05.23
Зав. кафедри				Предун К.М.	05.23

АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА

Аналіз ефективності організації повітрообміну з подачею повітря над робочою зоною

Стадія	Аркуш	Аркушів
Д	18	20

Вентиляція та кондиціонування.
План горища.

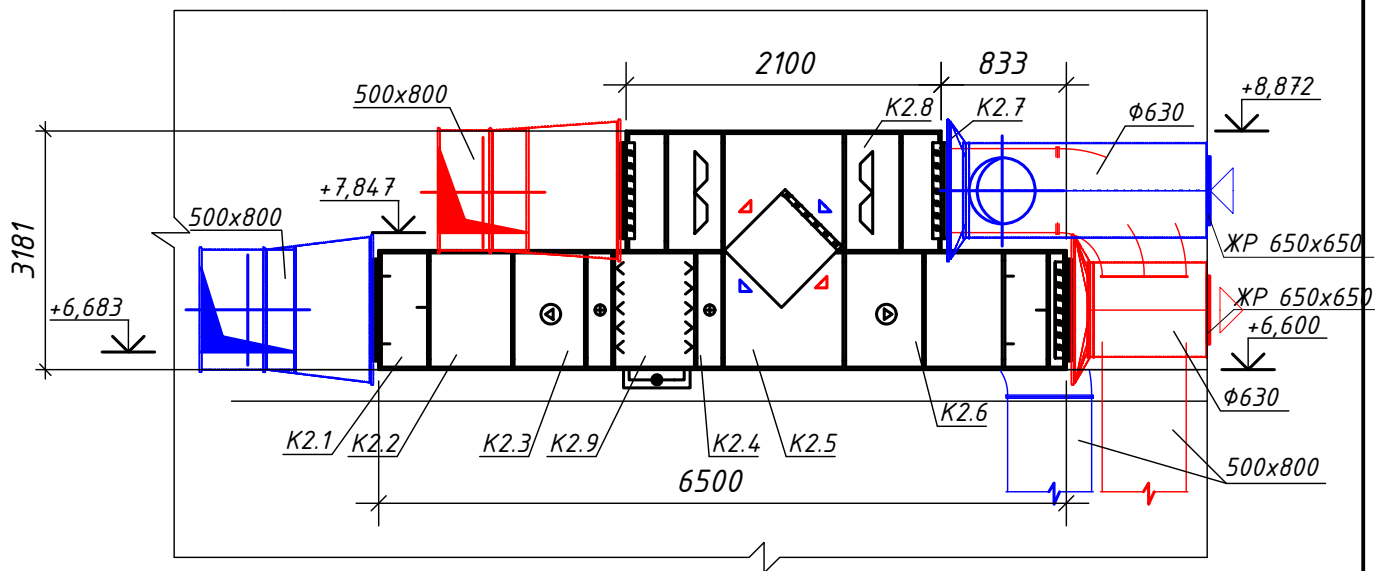
**КНУБА, ФІСЕ
ТВ-6Н**

ПОГОДЖЕНО:

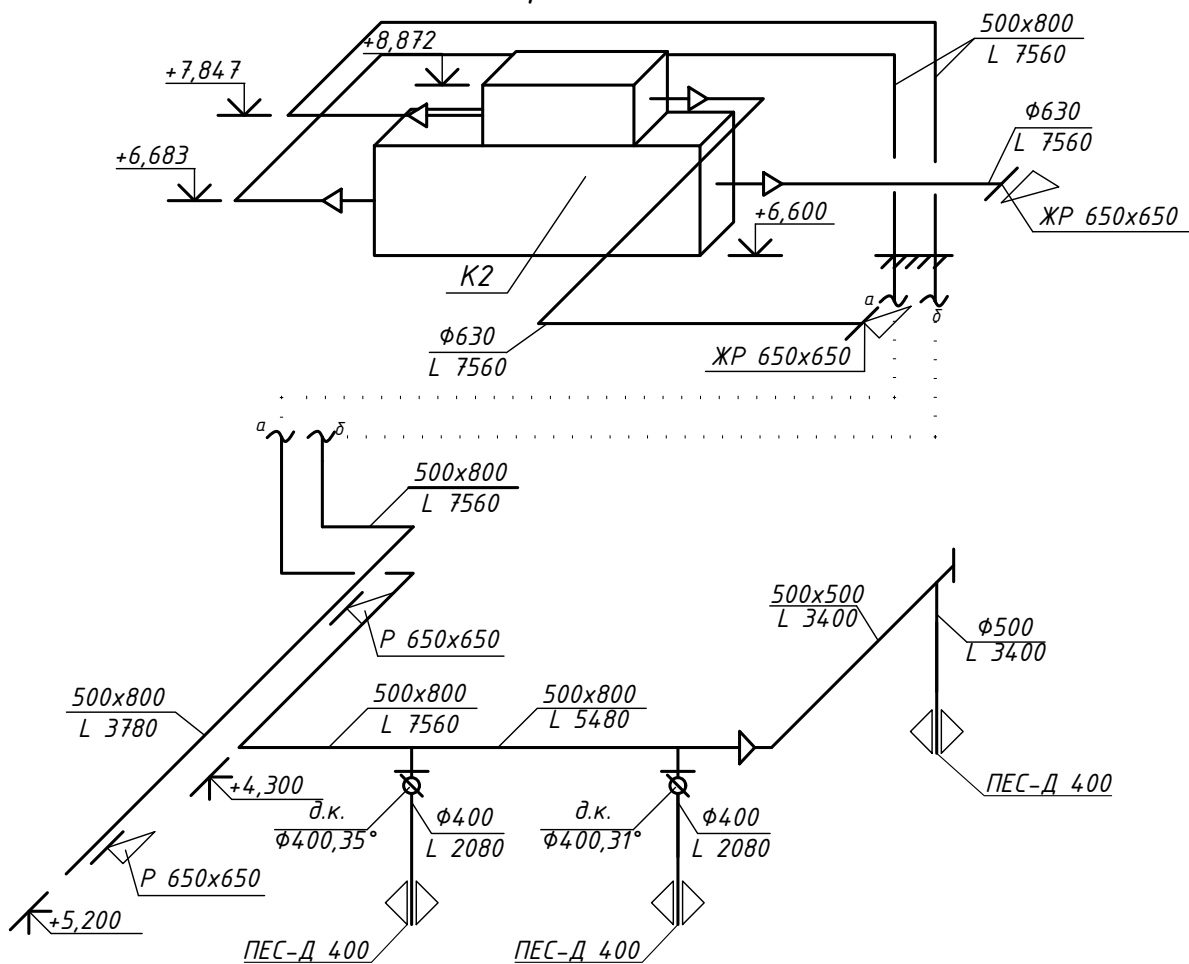
Інв. № ориг. Підпис та дата. Взам. інв. №

Розріз 1-1

М 1:50



Аксонетрична схема системи К2



АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА

Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата
Виконав				Ризгарович О.Д.	05.23
Керівник				Мілейковський В.О.	05.23
Зав. кафедри				Предун К.М.	05.23

Аналіз ефективності організації повітрообміну з подачею повітря над робочою зоною

Стадія	Аркуш	Аркушів
Д	19	20

Аксонетрична схема системи К2, розріз 1-1.

КНУБА, ФІСЕ
ТВ-6Н

ПОГОДЖЕНО:

Інв. № орг. Підпис та дата Взам. інв. №

20

Висновки

1. У результаті аналізу літературних джерел виявлено, що витісняюча вентиляція забезпечує найкращу якість повітря в робочій зоні. Однак вона не завжди може бути реалізована. При неможливості реалізації найвища ефективність досягається при подачі повітря якомога ближче до робочої зони.

2. Для такої схеми організації повітря ефективно використовувати повітророзподільники зі струминами, які швидко затухають, особливо повітророзподільники зі взаємодією струмин, які настилаються на опуклу поверхню.

3. Математичне моделювання утвореної струмини дозволило визначити залежність її розвитку від геометричних характеристик повітророзподільного пристрою. Такий підхід дозволяє отримати широкий діапазон затухання швидкостей і температур, що робить це рішення придатним для широкого спектру задач.