

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія
Кондратюка»

Навчально-науковий інститут нафти і газу
Кафедра нафтогазової інженерії та технологій
Спеціальність 185 Нафтогазова інженерія та технології

До захисту
завідувач кафедри

В.О. Гончар
С.Гавриш

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему: «Моделювання процесів очищення природного газу в сепараторах
циклонного типу»

Пояснювальна записка

Керівник

Доцент, к.т.н. Нестеренко Т.М.
посада, наук. ступінь, ПІБ

[підпис]
підпис, дата,

Виконавець роботи

Гончар В.О.
студент, ПІБ

група 602МН
[підпис]
підпис, дата

Консультант за 1 розділом

доцент, к.т.н. Турбов В.П.
посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Консультант за 2 розділом

доцент, к.т.н. Нестеренко Т.М.
посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Консультант за 3 розділом

доцент, к.т.н. Нестеренко Т.М.
посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Консультант за 4 розділом

доцент, к.т.н. Турченко М.М.
посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Консультант за 5 розділом

доцент, к.т.н. Турченко М.М.
посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Дата захисту 21.05.2025р.

Полтава, 2024

Навчально-науковий інститут нафти і газу

Кафедра нафтогазової інженерії та технологій

Освітньо-кваліфікаційний рівень: Магістр

Спеціальність 185 Нафтогазова інженерія та технології

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри НГІТ

В.О. Зверзевська
" " 20__ року

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Гончару Владиславу Олеговичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Моделювання процесів очищення природного газу в сепараторах циклонного типу

Керівник роботи Нестеренко Тетяна Миколаївна, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від "09" 09 2024 року № 818 ф

2. Строк подання студентом роботи 20__ року

3. Вихідні дані до роботи 1. Науково-технічна література, періодичні видання, патенти на винаходи. 2. Геологічні звіти за профілем роботи (за необхідності). 3. Проекти розробки родовищ, технологічні схеми облаштування родовищ або інші технологічне схеми за профілем роботи. 4. Паспорти свердловин та обладнання, що експлуатується.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ.

1 Вибір та опис технологічного обладнання.

2 Опис технічної пропозиції.

3 Дослідно-конструкторська робота.

4 Розрахунки працездатності.

5 Монтаж і експлуатація обладнання.

Висновки. Список використаної літератури..

5. Перелік графічного матеріалу

Презентація із демонстрацією результатів наукової роботи, вказати мету роботи, задачі, наукову новизну та/або практичну цінність, методи (технології) дослідження, опис основного технологічного обладнання, загальні вигляди обладнання, графічні результати моделювання, загальні висновки по роботі.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	к.т.н., доц. Рубць В.П.		
2	к.т.н., доц. Нестеренко Т.М.		
3	к.т.н., доц. Нестеренко Т.М.		
4	к.т.н. доц. Федосенко М.М.		
5	к.т.н. доц. Федосенко М.М.		

7. Дата видачі завдання 14.10.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Етапи підготовки	Термін виконання
1	Інформаційно-оглядова частина	14.10-20.10
2	Теоретична частина	21.10-03.11
3	Моделювання. Експериментальна частина.	04.11-17.11
4	Впровадження результатів досліджень	18.11-15.12
5	Оформлення та узгодження роботи	16.12-29.12
6	Попередні захисти робіт	06.01-19.01
7	Захист магістерської роботи	20.01-24.01

Студент

Керівник роботи

(підпис)
(підпис)

Гончар В.О.

(прізвище та ініціали)

Нестеренко Т.М.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Магістерська робота на тему: «Моделювання процесів очищення природного газу в сепараторах циклонного типу».

Магістерська робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр» за спеціальністю 185 «Нафтогазова інженерія та технології». – Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава, 2024.

У роботі досліджено процеси очищення природного газу на газорозподільчих станціях із використанням масляних та мультициклонних пиловловлювачів.

У першому розділі проведено аналіз сучасних методів очищення природного газу, описано конструктивні особливості масляних пиловловлювачів і їхню ефективність. Визначено основні проблеми, пов'язані з експлуатацією таких пристроїв, зокрема потребу в регулярному обслуговуванні та утилізації використаного масла.

У другому розділі запропоновано технічне рішення щодо модернізації систем очищення газу шляхом встановлення мультициклонних пиловловлювачів. Проведено порівняльний аналіз масляних і мультициклонних систем, визначено їх ефективність та експлуатаційні показники.

У третьому розділі використано методи моделювання для дослідження розподілу потоків газу та механічних домішок у циклонних елементах мультициклонних пиловловлювачів.

У четвертому розділі досліджено працездатність запропонованих мультициклонних пиловловлювачів. Виконано розрахунки гідравлічних опорів, перевірено їхню ефективність у реальних умовах експлуатації. Підтверджено відповідність обладнання технічним і експлуатаційним вимогам.

У п'ятому розділі розглянуто процеси монтажу та експлуатації обладнання. Визначено основні організаційно-технічні заходи для встановлення мультициклонних пиловловлювачів, описано вимоги до їхньої експлуатації, ремонту та технічного обслуговування.

Ключові слова: природний газ, очищення природного газу, мультициклонні пиловловлювачі, газорозподільні станції, моделювання.

Зміст

Вступ	5
1 Вибір та опис технологічного обладнання	8
1.1 Розрахунок та вибір основного технологічного обладнання	8
1.2 Опис вибраного технологічного обладнання	18
2 Опис технічної пропозиції	24
2.1 Опис модернізованої конструкції	24
2.2 Оцінка економічної ефективності	37
3 Дослідно-конструкторська робота	39
3.1 Основні математичні залежності, що описують течію природного газу	39
3.2 Імітаційне моделювання процесу очищення природного газу в циклонному пиловловлювачі	42
4 Розрахунок працездатності	48
5 Монтаж і експлуатація обладнання	51
5.1 Організаційно-технічні заходи з монтажу обладнання	51
5.2 Експлуатація та ремонт обладнання	58
5.3 Охорона праці при монтажі та експлуатації обладнання	64
Перелік використаної літератури	67

Вступ

Актуальність. Циклонні сепаратори застосовуються на газорозподільних та компресорних станціях з метою видалення твердих часток і рідин із природного газу перед його транспортуванням через газопровід. Присутність забруднень у газі у вигляді твердих часток може значно погіршити функціонування газопроводів і обладнання.

Дослідження роботи циклонних сепараторів спрямовано на вдосконалення методів очищення газу, що сприятиме підвищенню надійності систем постачання газу. Впровадження інноваційних технологій у газовій промисловості є необхідною складовою для забезпечення відповідності сучасним екологічним та енергоефективним стандартам. Оптимізація роботи циклонних сепараторів може охоплювати використання новітніх матеріалів та сучасних методів аналізу, що дозволить досягти вищої ефективності очищення.

Підвищена увага до екологічної складової у виробництві та експлуатації енергетичного обладнання вимагає впровадження технологій, які мінімізують негативний вплив на довкілля. За допомогою моделювання та аналізу роботи циклонних сепараторів можна розробити нові рішення та вдосконалити їх конструкцію, що дозволить суттєво знизити обсяги викидів забруднюючих речовин у навколишнє середовище.

У світлі сучасних викликів газопереробної галузі тема магістерської роботи, присвячена моделюванню процесів очищення природного газу у циклонах, є надзвичайно актуальною. Подальші дослідження в цій сфері повинні охоплювати вивчення конструктивних особливостей циклонних сепараторів, їхніх технічних характеристик, оптимізацію параметрів роботи та аналіз впливу цих факторів на ефективність системи газорозподілу.

Метою роботи є змоделювати і проаналізувати роботу циклонного сепаратора пиловловлювача з подальшою розробкою конструктивного рішення для покращення показників якості його роботи.

Методи дослідження. У роботі використані теоретичні методи дослідження конструкції сепаратора, що базуються на положеннях теоретичної механіки, опору матеріалів, імітаційного моделювання та методу скінченних об'ємів.

Основні завдання досліджень:

- провести аналіз існуючих конструкцій циклонних сепараторів пиловловлювачів;
- змоделювати роботи циклонного сепаратора пиловловлювача з використанням програмного забезпечення;

Об'єкт досліджень – процес очищення природного газу на газорозподільних та компресорних станціях з використанням циклонних сепараторів.

Предмет досліджень – моделювання процесу відділення твердих часток та рідини з природного газу при роботі циклонного сепаратора-пиловловлювача.

Наукова новизна:

- отримано нові дані при моделювання траєкторії руху частинок при роботі циклонного сепаратора-пиловловлювача з урахуванням різних конструкцій циклонів.

Практичне значення:

- запропоновано варіант модернізації існуючої системи очищення природного газу на газорозподільній станції;
- результати моделювання можуть бути використані при розробці нових типів сепараторів-пиловловлювачів.

Особистий внесок автора роботи полягає у:

- виконанні аналізу існуючих технологій очищення природного газу,
- створення комп'ютерної моделі циклонного пиловловлювача;
- проведенні імітаційного моделювання процесу очищення природного газу в циклонах сепараторах-пиловловлювачах.

Структура та об'єм роботи. Магістерська робота складається з переліку термінів, вступу, 5 розділів, загальних висновків, переліку літературних джерел.

Магістерська робота виконана на кафедрі нафтогазової інженерії та технологій Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка».

1 Вибір та опис технологічного обладнання

1.1 Розрахунок та вибір основного технологічного обладнання

Відповідно до завдання магістерської роботи потрібно провести моделювання та аналіз роботи циклонних сепараторів для очищення природного газу. Розглянемо існуючі сепараційні пристрої для очищення природного газу.

Очищення газу шляхом його прямування від родовища до споживача проводиться у кілька щаблів. Перша ступінь установка внутрішньосвердловинного фільтра для обмеження виносу породи привибійної зони [1, 2]. Другий ступінь очищення газ проходить на промислі в наземних сепараторах, в яких сепарується рідина (вода та конденсат) та газ очищається від частинок породи та пилу.

Промислові апарати працюють за принципом випадання суспензії під дією сили тяжіння при зменшенні швидкості потоку газу або за принципом використання дії відцентрових сил при спеціальній закрутці потоку. Тому промислові апарати очищення поділяються на гравітаційні та циклонні. Гравітаційні апарати, у свою чергу, поділяються на вертикальні та горизонтальні. Вертикальні гравітаційні сепаратори рекомендують для очищення газів, що містять тверді частинки та важкі смолисті фракції, оскільки вони мають найкращі умови для очищення та дренажу.

На рис. 1.1 зображено гравітаційний односекційний сепаратор. Він має тангенційне підведення газу (швидкість у ньому досягає 15-20 м/с), що сприяє випаданню в сепараторі твердої суспензії та крапельної вологи. В основному він працює за принципом випадання суспензії при малих швидкостях - висхідного потоку газу. Досвід експлуатації показав, що швидкість газу на виході з сепаратора має перевищувати 0,1 м/с при тиску 6 МПа.

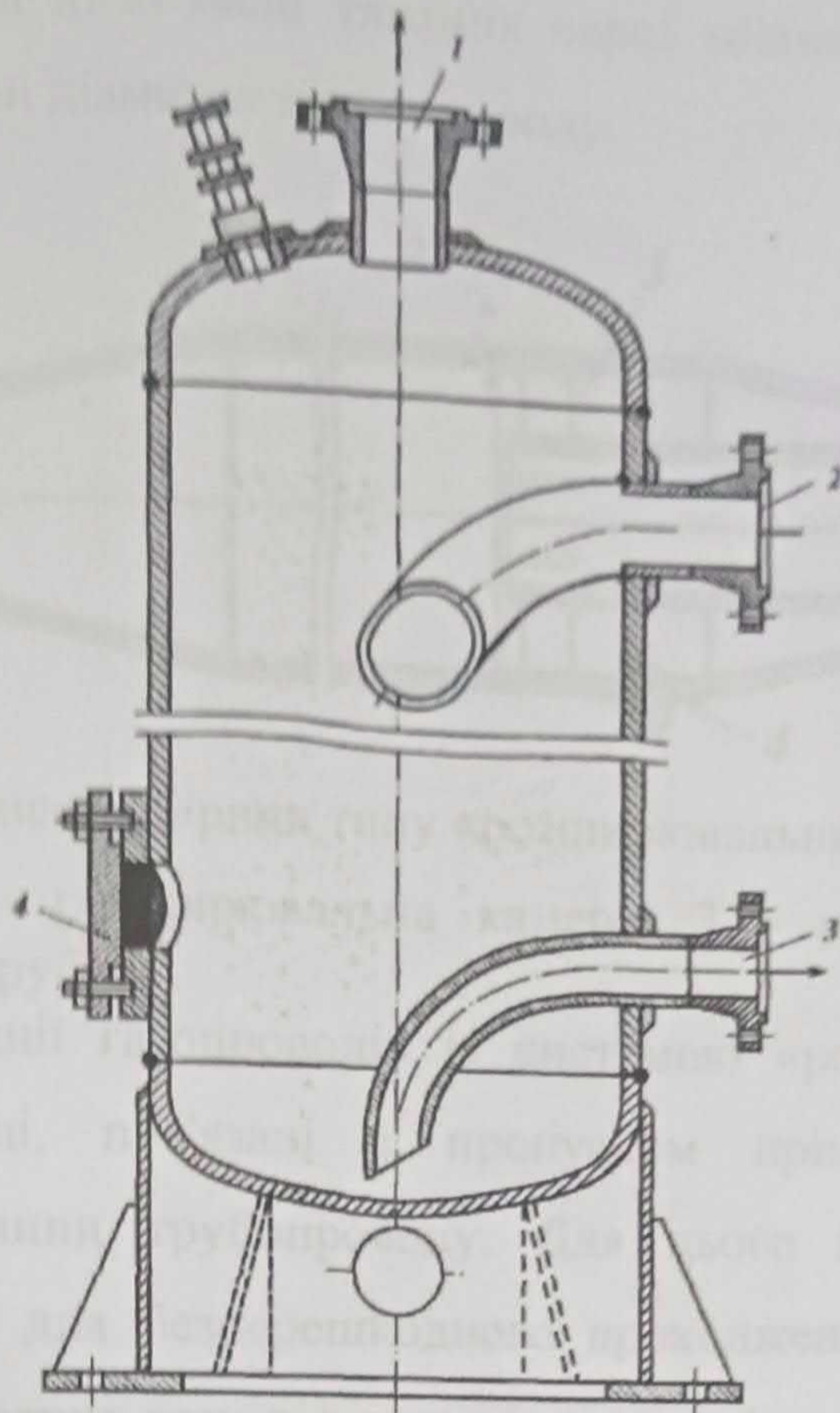


Рис.1.1 Гравітаційний односекційний сепаратор

1,2 - вихідний та вхідний патрубки; 3 - люк; 4 - патрубок для продування сепаратора

Вертикальні сепаратори виготовляють діаметром 400-1650 мм, горизонтальні - діаметрами 400-1500 мм при максимальному тиску 16 МПа. За оптимальної швидкості газу ефективність сепарації досягає 70 - 80%. У зв'язку з великою металоемністю та недостатньою ефективністю гравітаційні сепаратори застосовують рідко.

Третій ступінь очищення газу проводиться на лінійній частині газопроводу, газорозподільних станціях та компресорних станціях. На лінійній частині встановлюють конденсатозбірники, тому що в результаті недосконалої сепарації на промислі газ може мати рідку фазу.

Найбільше поширення отримав конденсатозбірник типу «розширювальна камера» (рис. 1.2). Принцип її роботи заснований на випадінні з потоку газу

крапельок рідини під дією сили тяжіння через місцеве зниження швидкості потоку при збільшенні діаметра трубопроводу.

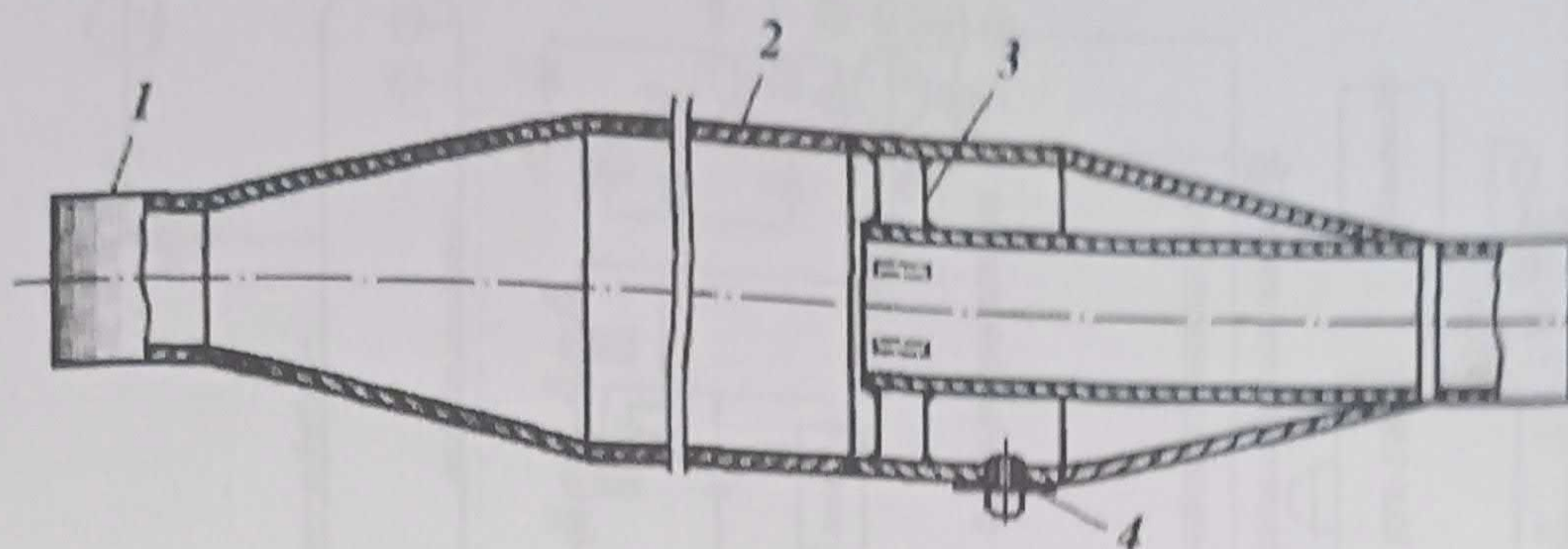


Рис. 1.2 Конденсатозбірник типу «розширювальна камера»

1 - газопровід; 2 - розширювальна камера; 3 - ребра жорсткості; 4 - конденсатовідвідна трубка

При експлуатації газопроводів із системою «розширювальних камер» виникають труднощі, пов'язані з пропуском пристроїв для очищення внутрішньої порожнини трубопроводу. Для цього необхідно передбачати спеціальні напрямні для безперешкодного проходження крізь них очисного пристрою. Для очищення газу від механічних домішок на газорозподільних і компресорних станціях використовують установки з масляними пиловловлювачами, фільтрами-сепараторами чи циклонними сепараторами.

Як об'єкт на якому відбувається третя ступінь очищення природного газу розглянемо блочно комплектну газорозподільчу станцію (БК ГРС) "Лосинівка" Прилуцької дільниці Прилуцько-Леляківського ЦВНГ НГВУ "Чернігівнафтогаз", Чернігівська обл., Ніжинський район, смт. Лосинівка.

Газорозподільна станція – об'єкт газотранспортної системи, призначений редукувати, одоризувати та подавати газ визначеного тиску споживачам у межах установлених об'ємів, обліковувати кількість спожитого газу та захищати споживачів від недопустимого відхилення тиску від норми.

Принципова технологічна схема БК ГРС "Лосинівка" Прилуцької дільниці Прилуцько-Леляківського ЦВНГ НГВУ "Чернігівнафтогаз" наведено на рисунку 1.3.



Рис. 1.4 Блок пиловловлювачів

Блоково-комплектна газорегулювальна станція працює за наступною технологічною схемою. Газ високого тиску надходить до блоку перемикачів БПР, який складається з кранів на вхідних та вихідних газопроводах, обводної лінії з кранами 45, 46, трьохходового крана 47, запобіжних клапанів та лінії збросу на факел з краном 42 із лінії високого тиску. З блоку БПР газ направляється до блоку очищення, що складається з двох пиловловлювачів П1, П2, запірних крани, обводної лінії. Крани дозволяють відключати один або два пиловловлювача для очищення та ремонтних робіт, перепустивши при цьому газ через один із циклонів або обводну лінію. Пиловловлювачі призначені для очищення газу від механічних домішок.

Блок пиловловлювачів. На даній газорозподільній станції встановлені вертикальні масляні пиловловлювачі, перевіримо їх необхідну кількість. Виконаємо розрахунок масляного пиловловлювача за такими даними:

Продуктивність - $Q = 20 \text{ млн. м}^3 / \text{добу}$, тиск газу на вході в ГРС $P_{\text{роб.}} = 4,0 \text{ МПа}$, температура на вході в ГРС $T_{\text{роб}} = 288 \text{ К}$. Пропускна здатність даного пиловловлювача визначається перерізом контактних трубок. Щосекундна

витрата газу при даних умовах визначають за формулою:

$$q_c = \frac{Q \cdot P_{ст} \cdot T_{роб}}{24 \cdot 3600 \cdot P_{роб} \cdot T_{ст}} \quad (1.1)$$

$$q_c = \frac{20 \cdot 10^6 \cdot 0,1013 \cdot 288}{24 \cdot 3600 \cdot 4,0 \cdot 293} = 5,87 \text{ м}^3/\text{с}$$

де Q – кількість газу, який підлягає очищенню, м^3 /добу;

$T_{роб}$ – температура газу при вході в ГРС, К;

$P_{ст}$ – стандартний тиск, ($P_{ст} = 0,1013$ МПа);

$P_{роб}$ – тиск робочий, МПа;

$T_{ст}$ – стандартна температура, К.

В залежності від тиску у пиловловлювачі приймаємо наступні допустимі швидкості (таблиця 1.1). При даних умовах $W_0 = 0,56$ м/с та $W_K = 1,68$ м/с.

Таблиця 1.1 Допустимі значення швидкості в пиловловлювачі

Тиск газу, МПа	Швидкість, м/с		
	у контактних трубках, W_K	у вільному перерізі, W_0	набігання жалюзі, W_J
1	2	3	4
4	3,35	1,12	0,65
2,0	2,35	0,79	0,45
3,0	1,95	0,65	0,37
4,0	1,68	0,56	0,34
5,0	1,50	0,50	0,28
6,0	1,38	0,46	0,26
7,0	1,27	0,43	0,24

Загальну необхідну площу для пиловловлювачів з метою очищення газу визначаємо як:

$$F = \frac{q_c}{W_0} = \frac{5,87}{0,56} = 10,48 \text{ м}^2 \quad (1.2)$$

Кількість пиловловлювачів знаходимо по формулі:

$$n_0 = \frac{F}{f_n}, \quad (1.3)$$

де f_n – площа перерізу одного із пиловловлювача, м^2 ;

n_0 – кількість пиловловлювачів, що в випадку отримання дробного числа округлюється у більшу сторону

$$n_1 = \frac{10,48}{1,535} = 6,83;$$

$$n_2 = \frac{10,48}{2,04} = 5,1;$$

$$n_3 = \frac{10,48}{4,52} = 1,98.$$

Розраховуючи пиловловлювачі, необхідно виходимо з того:

- кількість пиловловлювачів не менша двох;

- при відключенні 1-го із пиловловлювачів допустиме перевантаження складає не більш ніж на 33 %. Для розрахунку приймаєм пиловловлювачі $D_1 = 1400$, $D_2 = 1600$, $D_3 = 2400$ таблиця 1.2.

Тоді округлюючи приймаємо $n_1 = 7$, $n_2 = 5$, $n_3 = 2$.

Затрати металу в кожному варіанті становлять:

$$G = g \cdot n, \quad (1.3)$$

де g – вага 1-го пиловловлювача в т:

$$G_1 = 12,2 \cdot 7 = 85,4;$$

$$G_2 = 15,9 \cdot 5 = 79,5;$$

$$G_3 = 30,0 \cdot 2 = 60.$$

За металом найдоцільніше буде обрати пиловловлювач діаметром $D = 2400\text{мм}$.

Дійсне навантаження по газу на 1 пиловловлювач складає

$$q_n = \frac{q_c}{n} = \frac{5,87}{2} = 2,94 \text{ м}^3/\text{с}. \quad (1.4)$$

Таблиця 1.2 Технічні характеристики масляних пиловловлювачів

Продуктивність, м ³ /добу	Діаметр, мм	Висота, мм	Площа поперечного перерізу, м ²	Кількість трубок			Кількість відбивачів	Розміри відбійної насадки		Товщина стінки, мм		Маса, т		Діаметр контактних і дренажних трубок, м
				Контактних	Дренажних із осадкувальної секції	Дренажних із відбійної секції		Довжина, мм	Ширина, мм	P _{пог} =5,5 МПа	P _{пог} =6,4 МПа	P _{пог} =5,5 МПа	P _{пог} =6,4 МПа	
5,5 МПа	400	5100	0,126	5	2	2	13	360	148	12	15	1,06	1,2	0,089
	500	5350	0,196	6	2	2	24	430	222	15	18	1,52	1,72	0,089
	600	5550	0,282	9	3	2	32	510	296	18	20	2,1	2,27	0,089
24 3,36 МПа	1000	5950	0,785	26	5	3	75	925	333	28	32	5,84	6,45	0,089
	1200	6300	1,132	41	7	5	85	1135	333	33	40	8,5	9,8	0,089
	1400	6650	1,535	49	8	6	105	1340	333	40	45	12,2	13,4	0,089
4,8 9,6	1600	7000	2,04	57	9	6	125	1532	333	44	52	15,9	18,9	0,089
	2400	8800	4,52	127	20	23	175	2370	333	46	-	30	-	0,089

Далі проводимо перевірку швидкості газу в контактних трубках

$$\sum f_k = \frac{\pi d_k^2}{4} \cdot n_k = \frac{3,14 \cdot 0,089^2}{4} \cdot 123 = 1,9 \text{ м}^2;$$

$$W = \frac{q_n}{\sum f_k} = \frac{2,94}{1,9} = 1,5 \text{ м/с.} \quad (1.5)$$

де $\sum f_k$ – сумарна площа перерізу контактних труб м^2 ;

d_k – діаметри контактних трубок, м ($d_k = 89 \text{ мм}$);

n_k – кількість контактних трубочок;

$$\sum f_a = \frac{\pi d_a^2}{4} \cdot n_a = \frac{3,14 \cdot 0,089^2}{4} \cdot 23 = 0,143 \text{ м}^2;$$

$$f_0 = f_{\Pi} - \sum f_a = 3,04 - 0,143 = 2,9 \text{ м}^2;$$

$$W_0 = \frac{q_n}{f_0} = \frac{2,87}{2,9} = 0,97 \text{ м/с.} \quad (1.6)$$

де $\sum f_d$ – сумарна площа, що займають дренажні трубки у осаджувальній секції, м^2 ;

f_0 – площа вільного перерізу осаджувальної секції, м^2 .

Тому що дійсні швидкості у осаджувальній секції у межах допустимих значень, то пиловловлювачі вибрано правильно.

Блок підігріву. Очищений газ поступає до блоку підігріву БПР. Підігрів газу здійснюється вогневим підігрівачем типу ПГА-100.

Блок редукування. З блоку підігріву газ надходить на вузол редукування газу, що складається з двох ліній: робочої та резервної. Обидві лінії мають однакове обладнання, і їх функції періодично змінюються. На лініях редукації встановлені крани з пневмоприводом, регулятори тиску газу типу і крани з ручним приводом на виході.

Регулятор тиску вибирають за величиною коефіцієнта пропускної здатності K_v , який можна визначити за формулами:

$$K_v = \frac{Q}{5140 \cdot Z \cdot \sqrt{\frac{(P_1 - P_2) \cdot P_1}{\rho_0 \cdot T_1}}}, \quad \text{при } P_2 > 0,5P_1, \quad (1.7)$$

$$K_v = \frac{Q_p}{2800 P_1 \sqrt{\frac{1}{\rho_0 T_1}}}, \quad \text{при } P_2 \leq 0,5 P_1 \quad (1.8)$$

$$K_v = \frac{958\,333}{2800 \cdot 4 \cdot \sqrt{\frac{1}{0,7 \cdot 288}}} = 85,6 \text{ т/год.}$$

де P_1 і P_2 відповідно абсолютний тиск до та після регулятора, МПа;

ρ – щільність газу за нормальних умов, кг/м³;

T_1 – Температура газу на вході ГРС; К;

Z – коефіцієнт стисливості газу за умов входу газу;

Q_p – розрахункова пропускна здатність обраного клапана,

$$Q_p = (1,15 + 1,20) Q_{max} = 958\,333 \cdot \text{м}^3/\text{год}, \quad (1.9)$$

де Q_{max} – максимальна продуктивність, м³/год.

За коефіцієнтом пропускної здатності обраємо регулятори типу РД-100-64, коефіцієнт пропускної здатності 100 т/год.

З умови допустимого рівня шуму максимальна швидкість руху газу трубопроводах блоку редукування становить 25 м/с для газопроводів високого; 15 м/с – середнього, 7 м/с – низького тиску. Продуктивність однієї нитки редукування має перевищувати 90% мінімальної продуктивності ГРС.

Система захисту робочої лінії. У випадку виходу з ладу робочої лінії система "Захист" спрацьовує при підвищенні тиску газу на виході з блоку редукації, з яким вона пов'язана за допомогою імпульсної лінії. Конденсат з вузла редукування та з блоку очищення пилевловлювачами направляється в ємність атмосферну Є-2.

Вимірювальний вузол. З вузла редукування газ надходить до вимірювального вузла газу, що складається з двох гілок: робочої та резервної. Витрату газу вимірюють камерними діафрагмами і типу ДК-100 та реєструють дифманометрами-витратомірами.

Блок одоризації. Газ після блоку обліку пройшовши блок перемикачів, потрапляє до одоризаційного блоку одоризації, де встановлений універсальний одоризатор. Блок містить розходну Є-3, підземну Є-1 ємності, вимірювач рівня

рідини, оглядове вікно і вентиля для управління роботою блока. Після виходу з блоку одоризації газ подається в мережу до споживачів.

На вхідних та вихідних газопроводах усіх розмірів БК-ГРС встановлюються ізольовані фланці, які запобігають проникненню блукаючих токів до обладнання станції.

Встановлені шафові газорегуляторні пункти (ШРП) - обладнання для зниження і підтримки тиску газу в заданому діапазоні. Шафовий газорегуляторний пункт це набір газового обладнання встановленого в металевій шафі. Система аварійно-попереджувальної сигналізації забезпечує подачу нерозшифрованого сигналу та пульта диспетчера при порушеннях роботи станції.

1.2 Опис вибраного технологічного обладнання

Технологічна схема ГРС має у своєму складі 2 масляні пилоловлювачі внутрішнім діаметром 2400 мм. Очищення газу в масляних пилоловлювачах відбувається за рахунок зменшення швидкості потоку та контакту його з соляровим маслом. Пилоуловлювач, по суті, являє собою циліндричну посудину високого тиску, внутрішню порожнину якої за технологією роботи можна розділити на три секції (рис. 1.5): нижню, промивну *A*, в якій постійно підтримується встановлений рівень масла; середню, осаджувальну *B* де газ звільняється від зважених частинок масла; верхню, відбійну *B*, де відбувається остаточне очищення газу від частинок масла, що відносяться. Нижня секція забезпечена контактними трубками *4*, що мають внизу поздовжні прорізи-щілини для створення завихрення потоку. У відбійній секції є скруберна насадка *8* складається з швелерних або жалюзійних секцій з хвилеподібними профілями.

Процес очищення газу в пилоловлювачі відбувається наступним чином. Надходить у пилоловлювач через патрубок *10* газ ударяється об козирок *9* і стикається з поверхнею масла, після чого з великою швидкістю спрямовується по контактних трубках *4* захоплюючи з собою частинки масла. В камері осаду

(від перегородки 5 до перегородки 6) швидкість потоку газу різко знижується, в результаті чого відбувається осадження механічних частинок і частинок рідини (розміром 0,25 мм більше). Обложені частинки дренажним трубкам 11 стікають в нижню секцію апарату. Після осаджувальної камери газ, звільнений від великих частинок, надходить у відбійну секцію, де відбувається остаточне його очищення. Осілий на відбійній секції шлам стікає також дренажними трубками в нижню камеру А. Очищений газ через вихідний патрубок 7 надходить на редукування.

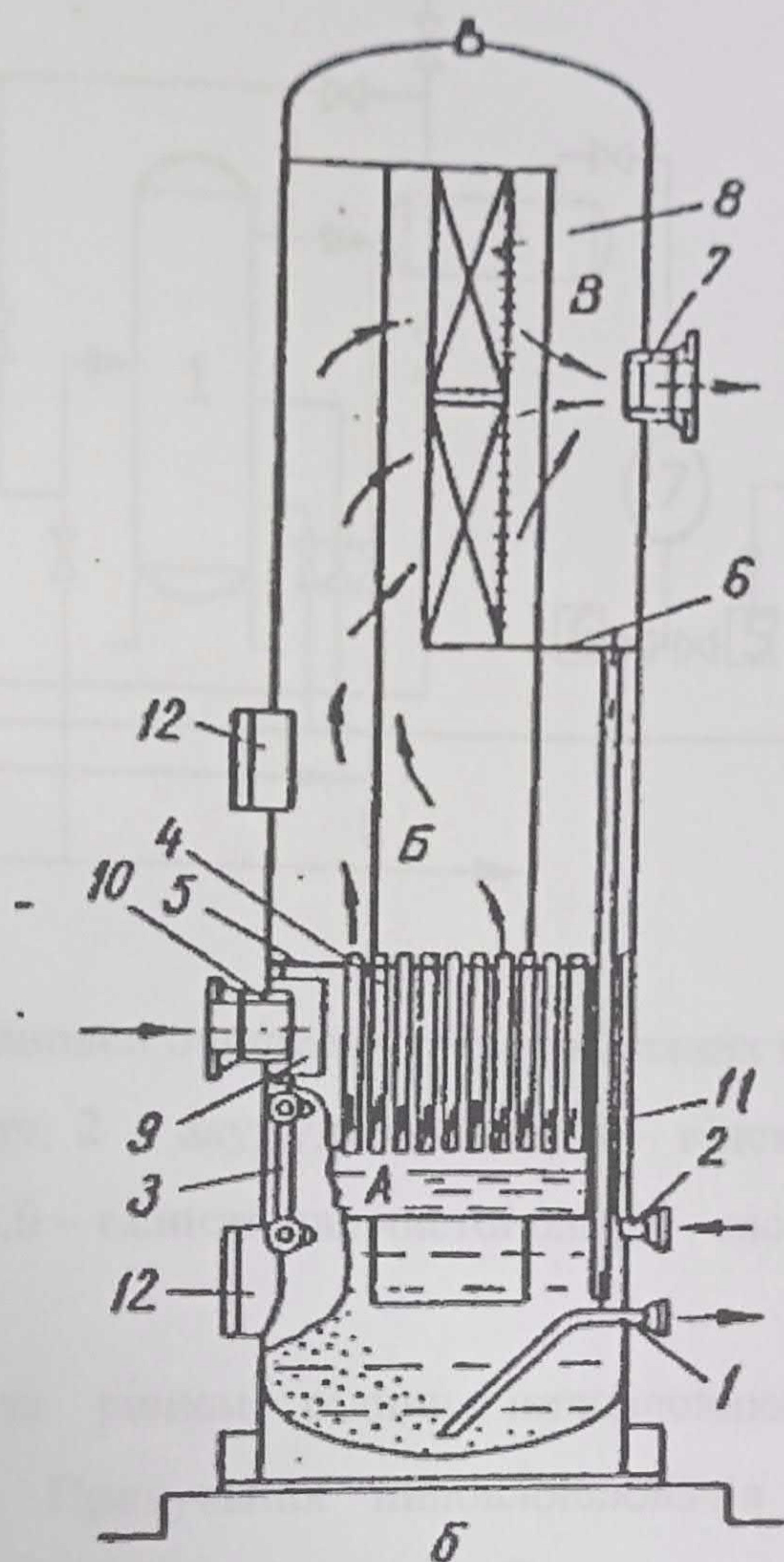


Рис. 1.5 Масляний пиловловлювач на ГРС

Періодичне видалення забрудненого масла з пиловловлювача проводиться продуванням через трубу 1 у відстійник олії. Повне очищення

пиловловлювача від забруднень проводиться через люк /2 . Поповнення чистим маслом пиловловлювача здійснюється через трубу 2 з акумулятора мастила.

Схема очищення газу з ГРС (рис. 1.6) в масляних пиловловлювачах / включає в себе відстійники олії 3 , акумулятор масла 2 , короб для збору брудного масла 4 , ємності для чистого масла 5 і 6 , насос 7 . Об'єм масла, необхідний для заправки одного пиловловлювача (до низу контактних трубок), складає.

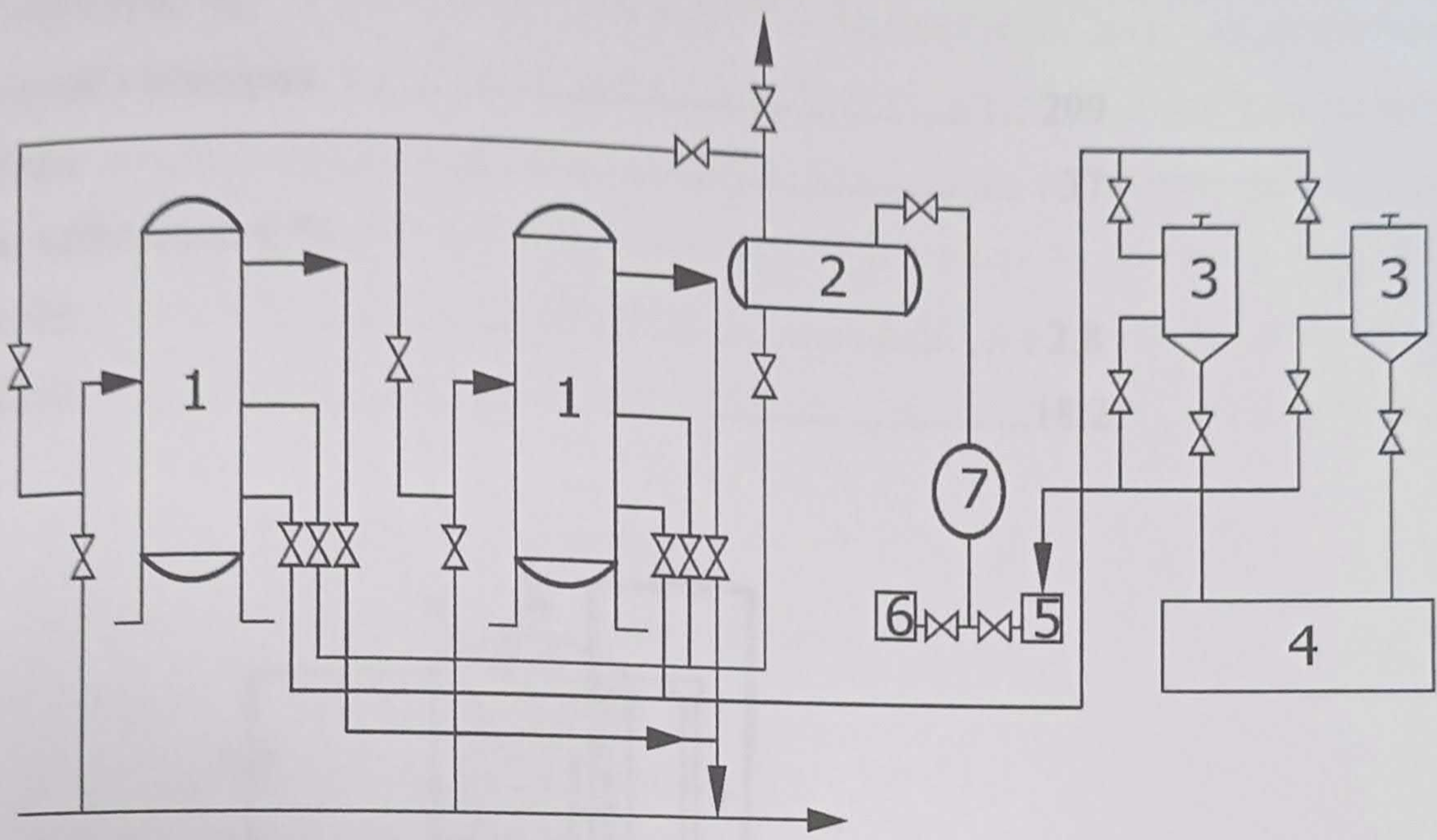


Рис.1.6 Схема установки очищення газу в масляних пиловловлювачах

1 – пиловловлювач; 2 – акумулятор олії; 3 – відстійник; 4 – короб для збирання брудної олії; 5,6 – ємність для чистої олії; 7 - насос

Для контролю за рівнем рідини пиловловлювачі забезпечуються показниками рівня 3. Продування пиловловлювачів під час роботи їх проводиться у міру підйому рівня масла. Для нормального очищення газу рівень масла в пиловловлювачі повинен підтримуватися на 25 ÷50 мм нижче кінців контактних трубок. Витрата масла за нормою має становити не більше 25 г на 1000 м³. Однак на практиці витрата масла іноді становить до 80 г 1000 м³ газу, що говорить про недосконалість даних апаратів.

Для виявлення витоків і наявності газу в повітрі в газ вводять речовини, що сильно пахнуть - одоранти. Як одорант в даний час використовується етилмеркаптан, що має різкий неприємний запах.

Властивості етилмеркаптану (C₂H₅SH)

Щільність у рідкому стані, кг/м ³	846 +865
Молекулярна вага, кг.....	62,136
Щільність парів при $t = 0^{\circ} \text{C}$ і $P = 0,1 \text{ МПа}$, кг/м ³	2,77
Температура, $^{\circ}\text{C}$;	
займання з повітрям.	299
кипіння.	37
Межі вибуховості, %	
Нижній.....	2,8
Верхній.....	18,2

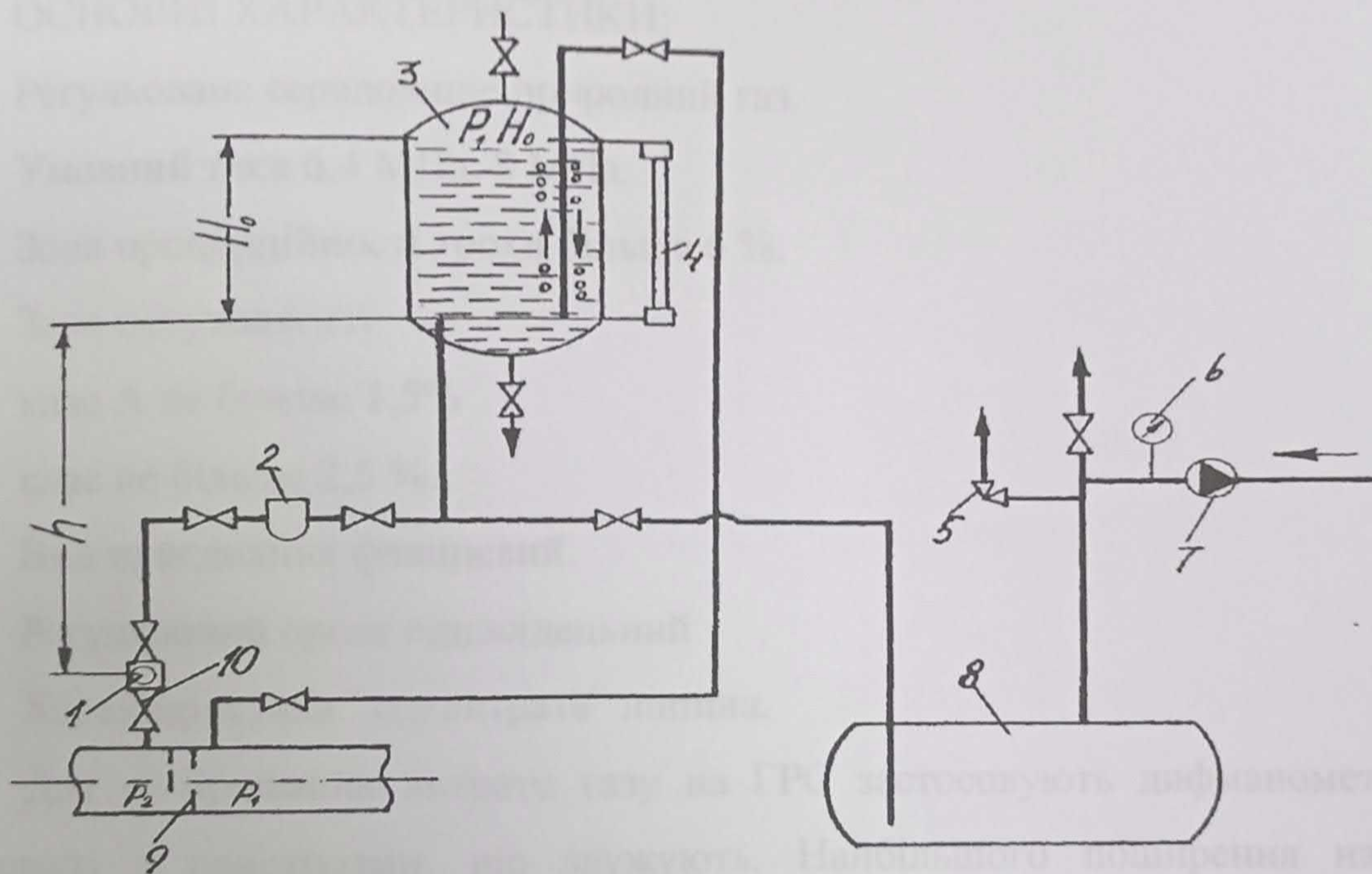


Рис .1.7. Схема одоризаційної установки

Одоризація газу провадиться на вихідному трубопроводі з ГРС. Газ, що надходить побутовим споживачам, має бути обдарований. Газ, що надходить на промислові підприємства, може не зазнавати одоризації.

Одоризація повинна здійснюватися шляхом автоматичного введення одоранту, кількість якого є пропорційною витраті газу. На рис. 1.7 представлена схема напівавтоматичної одоризаційної установки. Вона забезпечує пропорційну подачу одоранту.

Регулятори тиску газу РД-100-64. Призначені для автоматичного регулювання тиску газу "після себе" на об'єктах магістральних газопроводів високого тиску (газорозподільних станціях, установках очищення та осушення газу, газових промислах та ін.). Принцип дії ґрунтується на компенсації сил, що діють на чутливий елемент – мембрану. Для переміщення клапана регулюючого органу використовується сила, що виникає на чутливому елементі зміни вихідного тиску.

ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

Регульоване середовище природний газ.

Умовний тиск 6,4 МПа, 8 МПа.

Зона пропорційності трохи більше 6 %.

Зона нечутливості:

клас А не більше 1,5%

клас не більше 2,5 %.

Вид приєднання фланцевий.

Регулюючий орган односідельний

Характеристика "хід-витрата" лінійна.

Для вимірювання витрати газу на ГРС застосовують дифманометри в комплекті з пристроями, що звужують. Найбільшого поширення набули дифманометри ДП, ДСС, ДМ, ДС-У, ДС-П. Принцип роботи дифманометрів заснований на методі визначення перепаду тиску на пристрої, що звужують. Широке застосування отримали як звужувальні пристрої діафрагми, які встановлюють між фланцями трубопроводу. Витрата газу через пристрої, що

звужують, визначають за результатами запису параметрів на діаграмі реєструючого приладу (дифманометра) при обробці планіметрами. Залежно від застосовуваних приладів набувають той чи інший вид діаграм. Для їхньої обробки використовують різні планіметри. Рівномірні круглі діаграми обробляють пропорційними планіметрами, нерівномірними – кореневими, стрічковими – полярними.

2 Опис технічної пропозиції

2.1 Опис модернізованої конструкції

На даній газорозподільній станції потрібно провести модернізацію шляхом встановлення замість масляних пиловловлювачів, пиловловлювачі циклонного типу з мультициклонами.

Ось основні переваги мультициклонних пиловловлювачів порівняно з масляними пиловловлювачами при очищенні природного газу.

Вища ефективність очищення.

Мультициклонні пиловловлювачі мають багатоступеневу систему відділення частинок, яка дозволяє ефективно уловлювати дрібніші тверді частинки та аерозолі. Це забезпечує кращу якість очищеного газу. Масляні пиловловлювачі менш ефективні для дуже дрібних частинок, що може призводити до погіршення якості очищення газу.

Менші експлуатаційні витрати.

Мультициклонні пиловловлювачі не потребують витрати масла для уловлювання пилу, що знижує експлуатаційні витрати. Масляні пиловловлювачі вимагають постійного поповнення та утилізації масла, що збільшує витрати на обслуговування.

Екологічність.

Мультициклонні пиловловлювачі не використовують масла, тому немає ризику витоків або забруднення навколишнього середовища. Масляні пиловловлювачі можуть створювати екологічні проблеми через необхідність утилізації забрудненого масла.

Механічна надійність.

Мультициклонні пиловловлювачі мають просту механічну конструкцію, без потреби в складних рухомих частинах або витратних матеріалах, що підвищує їх надійність і термін служби. Масляні пиловловлювачі можуть бути

більш чутливими до збоїв через проблеми з циркуляцією масла або забрудненням системи.

Стійкість до змін технологічних умов.

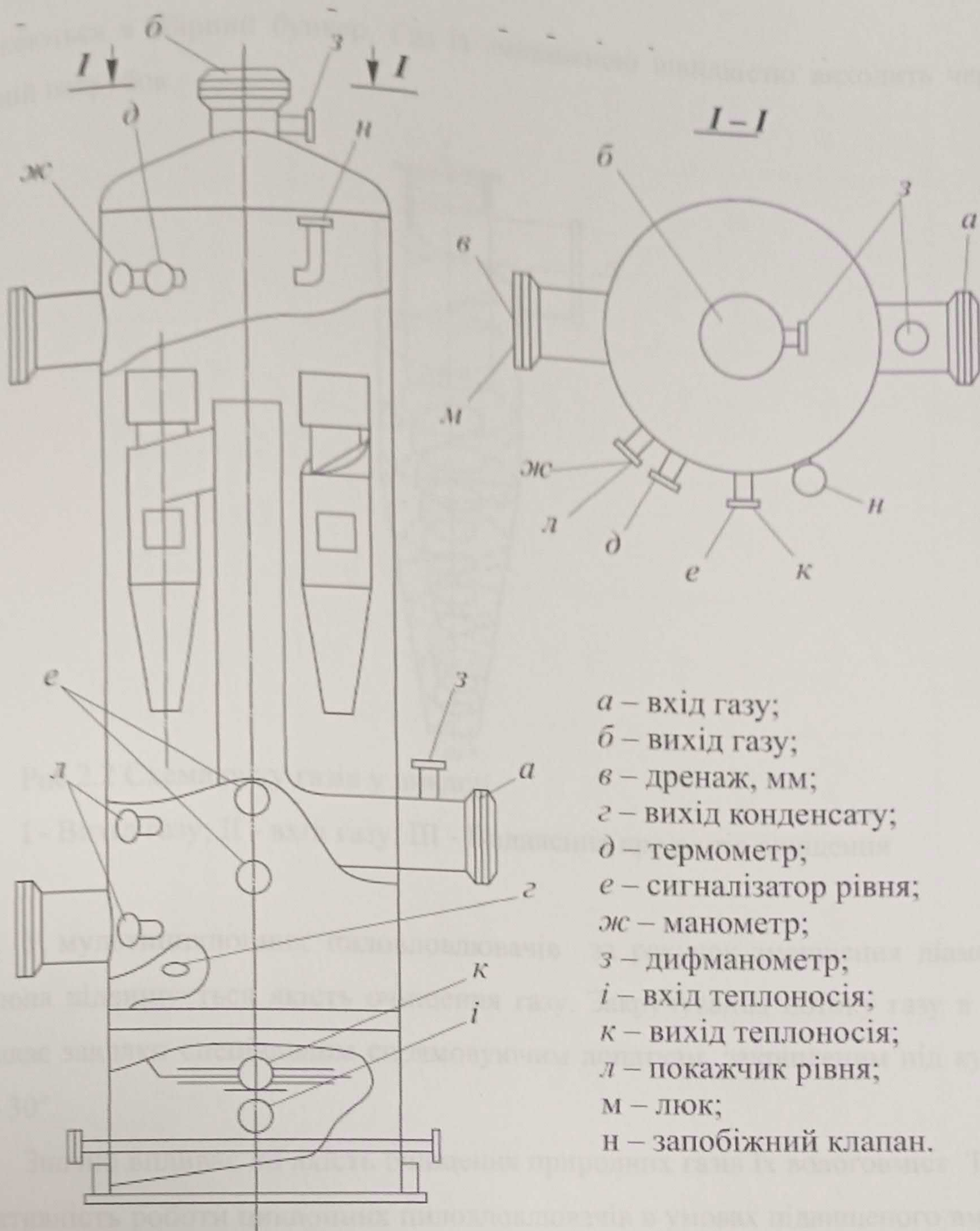
Мультициклонні пиловловлювачі добре працюють при коливаннях тиску та температури природного газу, зберігаючи стабільну ефективність очищення. Масляні пиловловлювачі можуть втрачати ефективність при зміні в'язкості масла через температурні зміни.

Простота обслуговування.

Мультициклонні пиловловлювачі легко обслуговуються, оскільки їх не потрібно регулярно заправляти або замінювати витратні матеріали. Масляні пиловловлювачі вимагають складнішого технічного обслуговування, пов'язаного з роботою масляної системи.

Циклонний пиловловлювач є посудиною циліндричної форми з вбудованими в нього циклонами (рис.2.1). Газ надходить через бічний верхній патрубок у розподільник, до якого приварені своїми вхідними патрубками зіркоподібно розташовані циклони, нерухомо закріплені на нижній решітці. Відсепарована рідина та тверді частинки по дренажному конусу циклону потрапляють у відстійник. Для автоматичного видалення зібраного шламу передбачено дренажний штуцер. Якість очищення підвищується із зменшенням діаметра циклону. Тому створені батарейні циклони, що поєднують у своєму корпусі групу циклонів малого діаметра. Закручування потоку відбувається в циклонах типу «розетка» та «равлик».

При роботі за системою газ – тверда завесь пропускну здатність батарейних циклонів зазвичай розраховують, виходячи з допустимих швидкостей газу, що забезпечують досить повне видалення твердої суспензії з газового потоку. При велику витрату газу спостерігається надмірний ерозійний винос і підвищений перепад тиску газу. Ефективність очищення газу батарейними циклонами коливається в межах 85-98% і зменшується зі збільшенням його пропускну здатності.



- а* – вхід газу;
- б* – вихід газу;
- в* – дренаж, мм;
- г* – вихід конденсату;
- д* – термометр;
- е* – сигналізатор рівня;
- ж* – манометр;
- з* – дифманометр;
- і* – вхід теплоносія;
- к* – вихід теплоносія;
- л* – показчик рівня;
- м* – люк;
- н* – запобіжний клапан.

Рис.2.1 Розрахункова схема мультициклонного сепаратора-пиловловлювача

На рис. 2.2 схематично зображена робота циклонного елемента. Корпус циклону та патрубков для виходу газу утворюють внутрішній кільцевий простір. У нижній частині є отвір для відведення осаду циклону. При тангенціальному введенні газ у сепараторі набуває в кільцевому просторі та конусі обертальний рух, внаслідок чого з газу випадають механічні суспензії (тверді та рідкі) і

опускаються в збірний бункер. Газ із зменшеною швидкістю виходить через верхній патрубок.

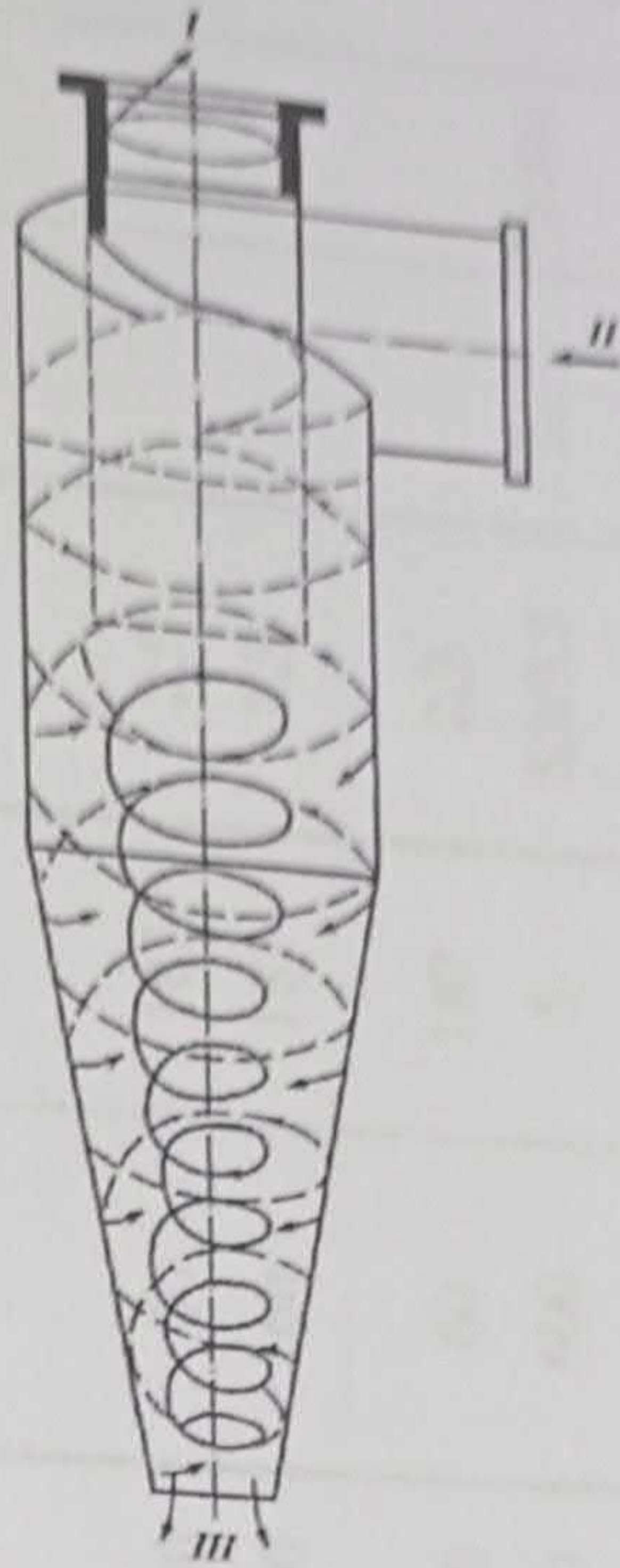


Рис.2.2 Схема руху газів у циклоні

I - Вихід газу; II - вхід газу; III - Видалення продуктів очищення

У мультициклонних пиловловлювачів за рахунок зменшення діаметра циклона підвищується якість очищення газу. Закручування потоку газу в них виникає завдяки спеціальним спрямовуючим лопаткам, закріпленим під кутом $25 - 30^\circ$.

Значно впливає на якість очищення природних газів їх вологовміст. Тому ефективність роботи циклонних пиловловлювачів в умовах підвищеного вмісту води і конденсату погіршується через осадження липкої маси (пил і конденсат) у прохідних перерізах апаратів. Сьогодні експлуатується ряд типорозмірів циклонних пиловловлювачів (табл. 2.1)

Виконаємо підбір мультициклонного пиловловлювача. Характеристики для розрахунку циклона-пиловловлювача наведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.1 Технічні характеристики циклонних пиловловлювачів очищення газу

Найменування	Тип	Продуктивність, м ³ /добу	Розрахунковий робочий тиск, МПа	Максимальний робочий тиск, МПа	Діаметр апарата, мм	Діаметр циклонного елемента, мм	Кількість циклонних елементів, шт	Максимальний об'єм, який дренується, т/млн м ³	Витрати металу, т/млн м ³	Маса, кг	Габарити, ширина, висота, мм
Пиловловлювач мультициклонний вертикальний	ГП751	6,4	3,92	5,48	1600	60	189	2,45			
--	ГП 105.00.000	6,4	3,92	5,48	1600	60	187	2,0			
--	ГП 198.00.000	6,4	3,92	5,48	1600	60	187	2,3			
--	ГП 167.00.000	8,2	4,9	7,45	1600	60	187	2,3			
Пиловловлювач циклонний вертикальний	ГП 426.00.000	15	3,92	5,48	1850	600	5	5,2/3,2	533	23000	3250 9300
--	ГП 144.00.000	20	4,9	7,45	2000	600	5	5,2/3,2	550	1000	3500 9500
--	ГП 692.01.000	5	3,93	5,5	1200	350	5	-	360	800	2240 5675
Пиловловлювач (скруббер) мультициклонний вертикальний	фірма "Пірлес"	16,8	5,97	7,45	2000	50,8	397	2,45			4670

Таблиця 2.2 Характеристики для розрахунку циклона-пиловловача

№ з/п	Назва та позначення показника	Розмірність	Величина (визначення)
1	Робоча температура		
2	Розрахунковий тиск	К	253-373
3	Робочий тиск, МПа – 4,0.	МПа	5,5
4	Густина газу при P = 0,1 МПа і T = 273 К	МПа	4
5	Максимальний вміст рідкої фази на вході	кг/м ³	0,7
6	Добова продуктивність	г/м ³	Не більше 5
7	Розрахункова густина рідкої фази	м ³	20·10 ⁶
8	Допустимі втрати тиску в ПВ	кг/м ³	700
9	Питома вага твердих часток	МПа	0,04.
10	Розрахункова густина рідкої фази	кг/м ³	2500–3000
11	Допустимі втрати тиску в ПВ,	кг/м ³	700
12	Вміст механічних домішок	МПа – 0,04.	МПа – 0,04.
13	Матеріал корпусу	мг/м ³	50
14	Середовище, яке очищується	-	сталь 09Г2С, 10Г2. Природний газ, конденсат, вода, механічні домішки
15	Склад газу СН ₄	%	0,8
16	С ₂ Н ₆	%	0,18
17	СО ₂	%	0,02

Загальна розрахункова схема наведена на рисунку 2.1.

Приймаємо для подальших розрахунків 3 типи пиловловлювачів: ГП - 692, продуктивність $5 \cdot 10^6$ м³/добу, ГП - 426, продуктивність $15 \cdot 10^6$ м³/добу, ГП - 144, продуктивність $q_n = 20 \cdot 10^6$ м³/добу.

Для ГП – 692 кількість циклонів дорівнює

$$n_1 = \frac{q_{\text{добу}}}{q_n} = \frac{20}{5} = 4, \quad (2.1)$$

Тоді приймаємо, що $n=4$.

Металозатрати розраховують пропорційно продуктивності

$$G_1 = n_1 \cdot g = 4 \cdot 1360 = 5440 \text{ кг/млн м}^3, \quad (2.2)$$

де g - питомі метало затрати.

Для ГП – 426

$$n_2 = \frac{20}{15} = 1,33, \quad (2.3)$$

приймаємо $n_2 = 2$.

В цьому випадку резерв непотрібний, так як перевантаження одного циклона (33 %) - в межах допустимого. При збільшенні n (1,34; 1,35...) резервування обов'язкове, тому необхідно приймати не n дорівнює 2, а n дорівнює 3.

Питомі метало затрати для ГП – 426:

$$G_2 = 2 \cdot 1533 = 3066 \text{ кг/млн м}^3. \quad (2.4)$$

Для ГП – 144

$$n_3 = \frac{20}{20} = 1. \quad (2.5)$$

З врахуванням резервування $n_3 = 2$

$$G_3 = 2 \cdot 1550 = 3100 \text{ кг/млн м}^3. \quad (2.6)$$

Виходячи із мінімальних питомих метало затрат, приймаємо для встановлення циклон-пиловловлювач ГП – 144 в кількості 2.

Тоді приведений тиск:

$$P_{пр.} = \frac{P + P_0}{P_{кр.} \cdot i} = \frac{4 + 0,1}{4,84} = 0,85. \quad (2.7)$$

Приведена температура

$$T_{пр.} = \frac{T}{T_{кр.} \cdot i} = \frac{293}{213,51} = 1,37. \quad (2.8)$$

За значенням $P_{пр.}$ та $T_{кр.}$ знаходимо за номограмою коефіцієнт надстисливості газу $Z = 0,89$

Розрахунок товщини стінок днища:

$$\delta_{\text{дон.}} = \frac{P_p \cdot R_B}{2 \cdot \varphi \cdot \sigma_{\text{доп.}} - 0,5P_p} + C + C' + C_2, \quad (2.9)$$

де P_p – розрахунковий тиск, МПа (5,5 МПа);

d_B – діаметр корпусу внутрішній, мм (для ГП – 144, 1850 мм);

R_B – радіус кривизни в напрямку до вершини днища еліптичного, мм (рівний d_B);

φ – коефіцієнти міцності зварних швів ($\varphi = 1$);

$\sigma_{\text{доп.}}$ – допустиме напруження сталі 09Г2С за умови $T=373$ К ($\sigma_{\text{доп.}} = 160$ МПа);

C – прибавка за умови корозії до величини розрахункової товщини стінок ($C = 2$ мм);

$C_1 = 0,8$ мм }
 $C'_1 = 0,9$ мм } прибавка з урахуванням мінусового допуску;

$C_2 = 4,2$ мм – прибавка, що враховує втонення при штампуванні днища.

$$\delta_{\text{дон.}} = \frac{5,5 \cdot 1850}{(2 \cdot 1 \cdot 160) - (0,5 \cdot 5,5)} + 2 + 0,9 + 4,2 = 37,9 \text{ мм.} \quad (2.13)$$

Таблиця 2.3 Коефіцієнти стисливості компонентів газу

Склад газу	Мольна частка,	$P_{\text{кр.}}$, МПа		$T_{\text{кр.}}$, °К	
		$P_{\text{кр.}}$	$P_{\text{кр.}} \cdot i$	$T_{\text{кр.}}$	$T_{\text{кр.}} \cdot i$
CH ₄	0,8	4,734	3,787	190,55	152,44
C ₂ H ₆	0,18	5,011	0,902	305,5	54,99
CO ₂	0,02	7,53	0,151	304,19	6,084
Σ	1		4,94		213,51

Приймаємо $\delta_{\text{дон.}} = 38$ мм.

Розрахунок товщини стінок корпусу

$$\delta_{\text{к.}} = \frac{P_p \cdot d_{\text{п.}}}{2 \cdot \varphi \cdot \sigma_{\text{доп.}} - P_p} + C + C_1, \quad (2.10)$$

$$\delta_k = \frac{5,5 \cdot 1850}{(2 \cdot 1 \cdot 160) - 5,5} + 2 + 0,8 = 34,4 \text{ мм.}$$

Приймаємо $\delta_k = 35 \text{ мм.}$

Розрахунок штуцерів для входу та виходу газу й відводу рідини

Допустима швидкість газу у штуцері W_r рекомендують у межах 7 – 25 м/с. З досліду проєктування будемо приймати $W_r = 17 \text{ м/с.}$

Діаметри штуцерів входу та виходу газу становить, м

$$d_r = 1,13 \sqrt{\frac{q_p}{W_r}} = 1,13 \sqrt{\frac{4}{17}} = 0,54 \text{ м.}$$

(2.11)

Приймаємо $d_r = 0,55 \text{ м.}$

Дійсна швидкість газу у штуцері дорівнює, м/с:

$$W_r = \frac{q_p}{0,785 \cdot d_r^2} = \frac{4}{0,785 \cdot 0,55^2} = 16,8 \text{ м/с.}$$

(2.12)

Об'ємні витрати уловленої рідини становлять, м³/с:

$$q_p = \frac{n \cdot Q \cdot 10^{-3}}{86400 \cdot \rho_{ж}} = \frac{5 \cdot 15 \cdot 10^6 \cdot 10^{-3}}{86400 \cdot 700} = 0,00124 \text{ м}^3/\text{с.}$$

(2.13)

Швидкість рідини, що прийнята $W_p = 1,0 \text{ м/с.}$

Діаметр штуцера відвода вловленої рідини, м:

$$d_p = 1,13 \sqrt{\frac{q_p}{W_p}} = 1,13 \sqrt{\frac{0,00124}{1,0}} = 0,039 \text{ м.}$$

(2.14)

Приймаємо $d_p = 57 \text{ мм}$ за ДСТУ 8732–87.

Діаметр штуцера відвода механічних домішок приймемо $d_{мд} = 159 \text{ мм}$ за ДСТУ 8732–87 Труби сталеві. Безшовні.

Відповідно до розрахунків в п.1.1 приймаємо два циклонних пиловловачі
ГП – 144 рис. 2.3.

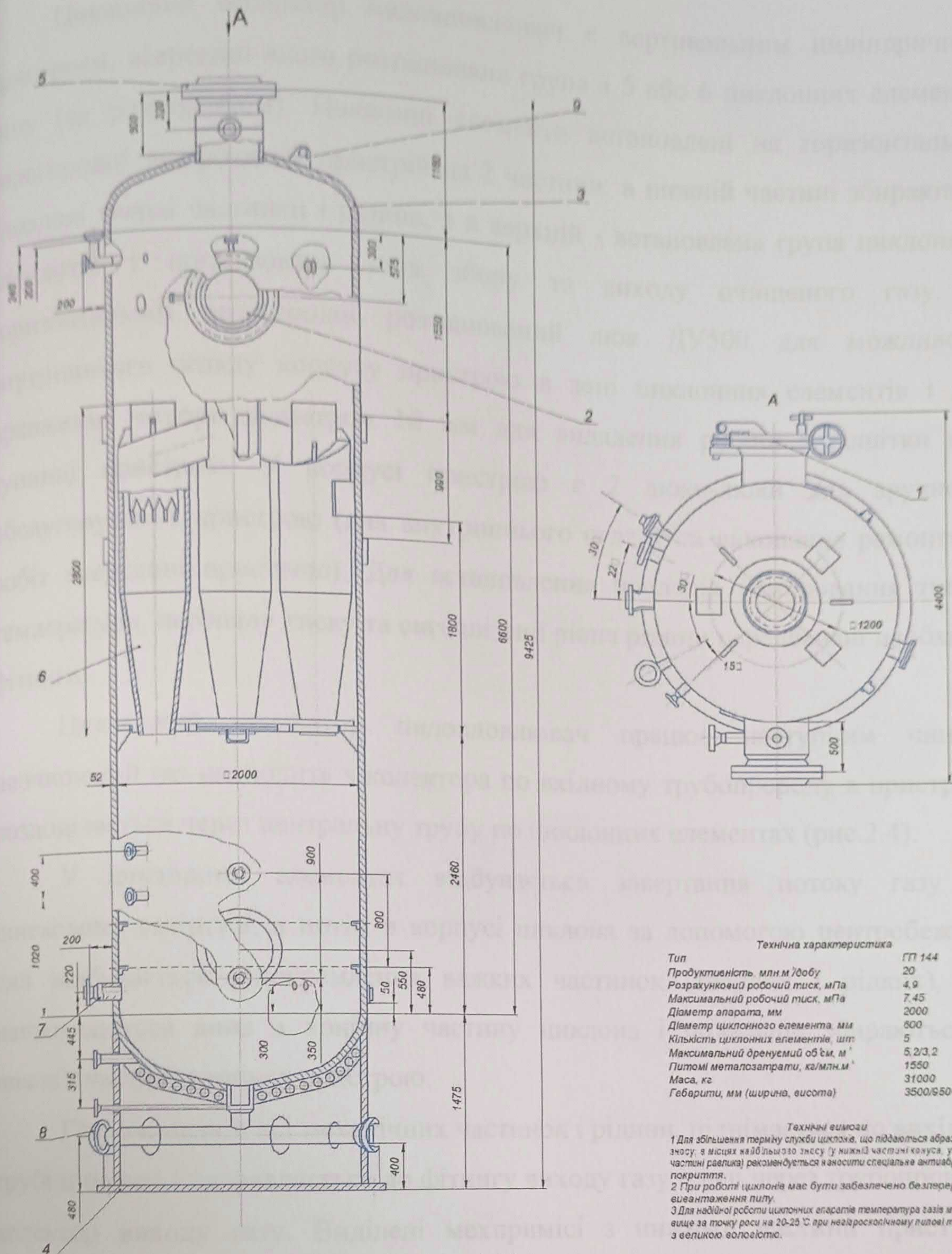


Рис. 2.3 Вигляд загальний ГП – 144

1 - Люк лаз; 2 - Фланець вихідний; 3 - Корпус; 4 - Основа; 5 - Фланець вхідний; 6 - циклонний елемент; 7 - Заглушка; 8 - Дренажний патрубков; 9 - Монтажна скоба

Циклонний сепаратор пиловловлювач є вертикальним циліндричним пристроєм, всередині якого розташована група з 5 або 6 циклонних елементів типу (за розрахунком). Циклонні елементи встановлені на горизонтальній перегородці, яка розділяє пристрій на 2 частини: в нижній частині збираються уловлені тверді частинки і рідина, а в верхній - встановлена група циклонних елементів і організована зона збору та виходу очищеного газу. У горизонтальній перегородці розташований люк ДУ500 для можливості внутрішнього огляду корпусу пристрою в зоні циклонних елементів і два дренажних отвори діаметром 10 мм для видалення рідини з решітки при зупинці пристрою. У корпусі пристрою є 2 люки-люки для зручності обслуговування пристрою (для внутрішнього огляду та виконання ремонтних робіт всередині пристрою). Для встановлення приладів вимірювання тиску, температури, перепаду тиску та сигналізації рівня рідини передбачені необхідні фітинги.

Циклонний сепаратор пиловловлювач працює наступним чином: неочищений газ надходить з колектора по входному трубопроводу в пристрій і розподіляється через центральну трубу по циклонних елементах (рис.2.4).

У циклонних елементах відбувається закрутка потоку газу на шнековому завіртузі, а потім в корпусі циклона за допомогою центробежних сил відбувається відокремлення важких частинок (твердих і рідких), які направляються вниз в конічну частину циклона і подальше збираються в нижній частині корпусу пристрою.

Газ, очищений від механічних частинок і рідини, піднімається по вихідній трубі циклона і направляється до фітингу виходу газу і далі через трубопровід в колектор виходу газу. Виділені мехпримісі з нижньої частини пристрою видаляються через дренажний фітинг Ду100 (150) в дренажний колектор, а рідина через фітинг Ду80 - у свій колектор і подальше в дренажний бак.

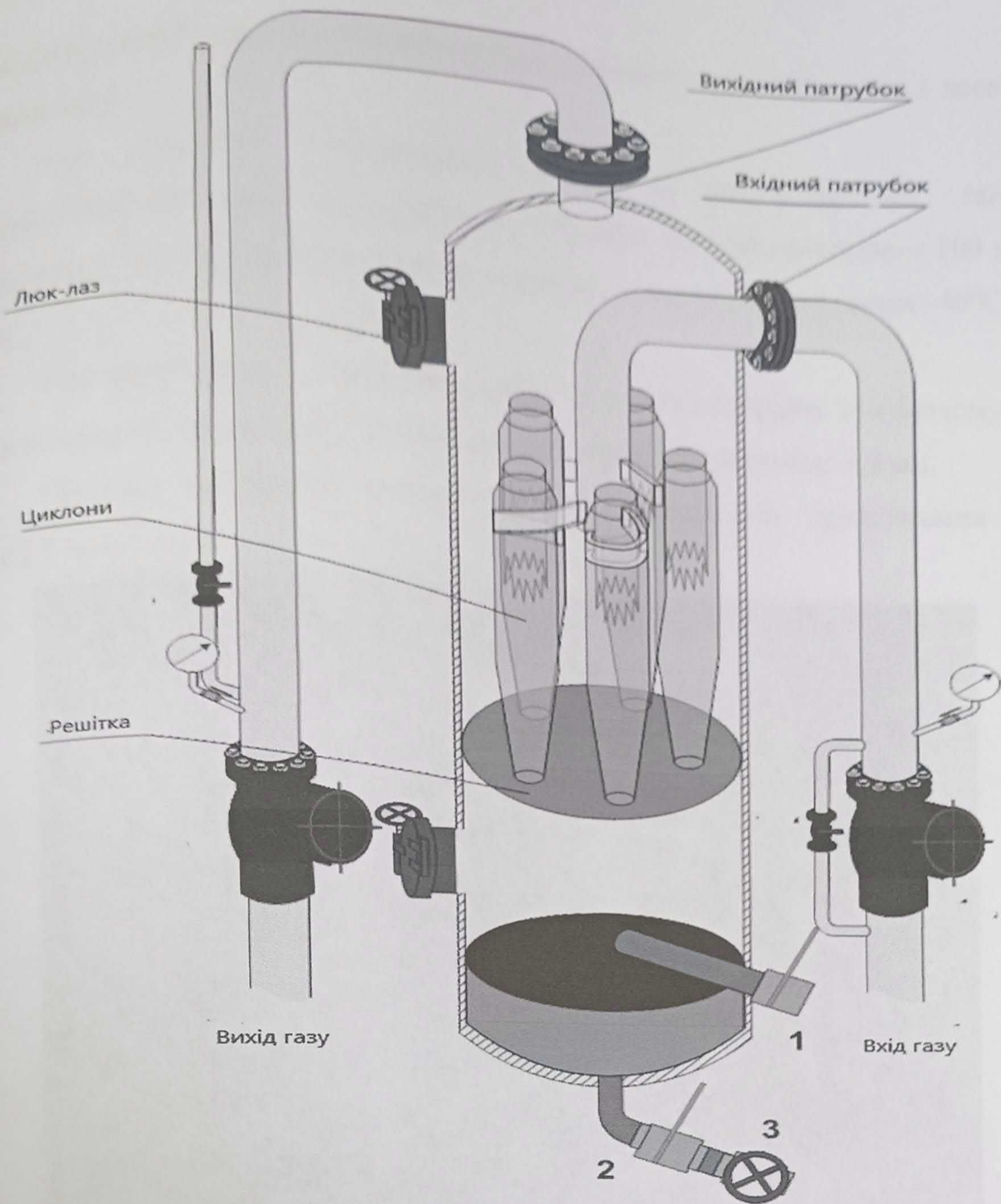


Рис.2.4 Принцип роботи циклонного сепаратора пиловловлювач ГП – 144

На нижньому днищі пристрою ззовні встановлений обігрівач змієвикового типу, призначений для обігріву нижнього днища пристрою з метою запобігання замерзанню рідини. Нижнє днище пристрою разом із змієвиком підлягає теплоізоляції. Допускається проведення теплоізоляції пристрою до висоти верхнього максимального рівня рідини, вказаного на

кресленні пилозбірника при великому вмісті рідини в газі (виходячи з досвіду експлуатації).

При наявності теплоізоляції пристрою рекомендується також теплоізоляція дренажних трубопроводів. Товщина ізоляції пристрою - 100 мм, визначена з умов тепловтрат при температурі навколишнього повітря -40°C і 55°C .

Тип теплоізоляції - плити мінераловатні на синтетичному зв'язуючому. У якості захисного шару приймається лист алюмінієвий товщиною 0,8 мм.

Обв'язка циклонних сепараторів пиловловлювачів представлена на рис.2.5 та рис.2.6.

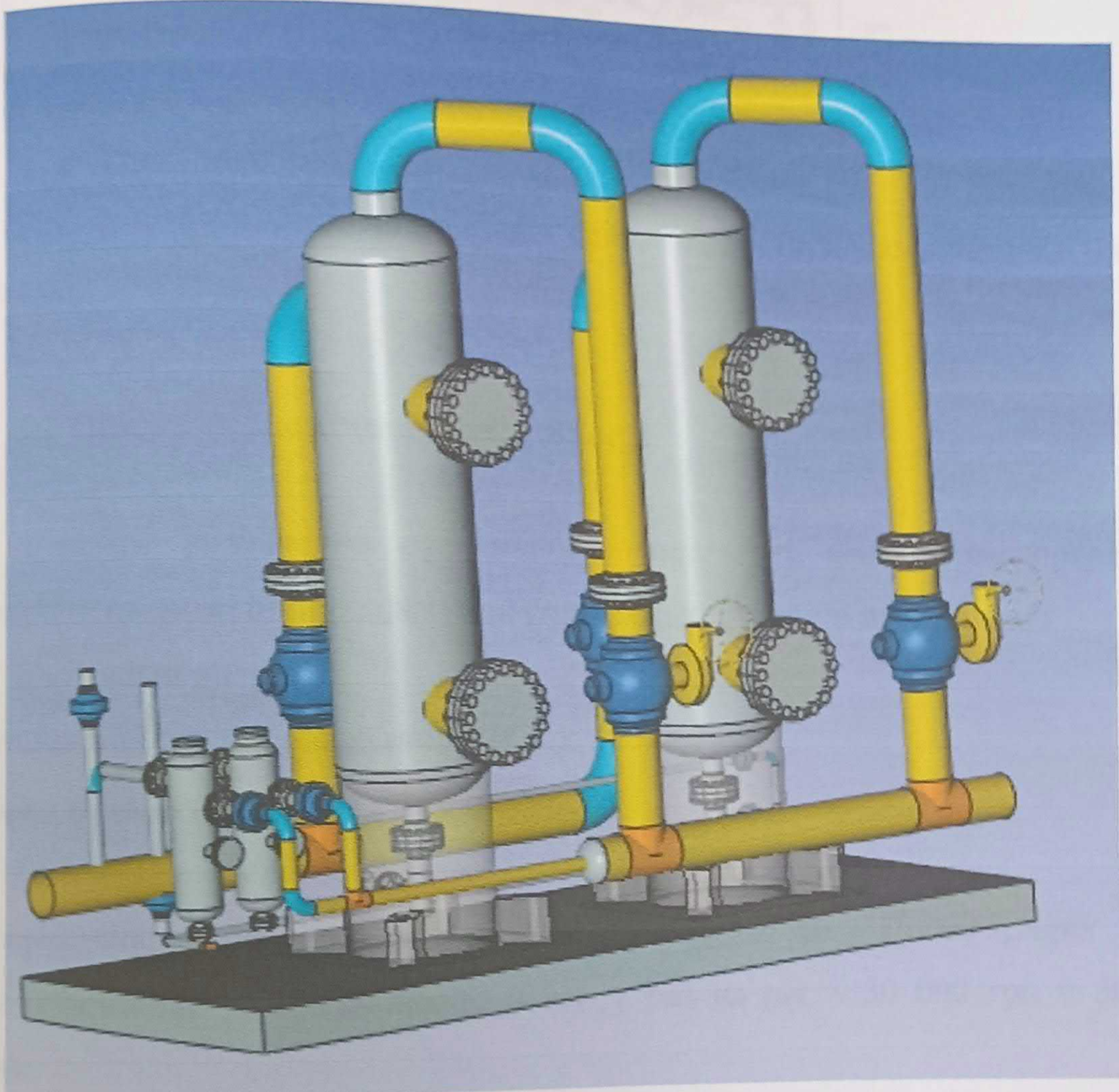


Рис. 2.5 Обв'язка циклонних сепараторів пиловловлювачів. 3Д модель

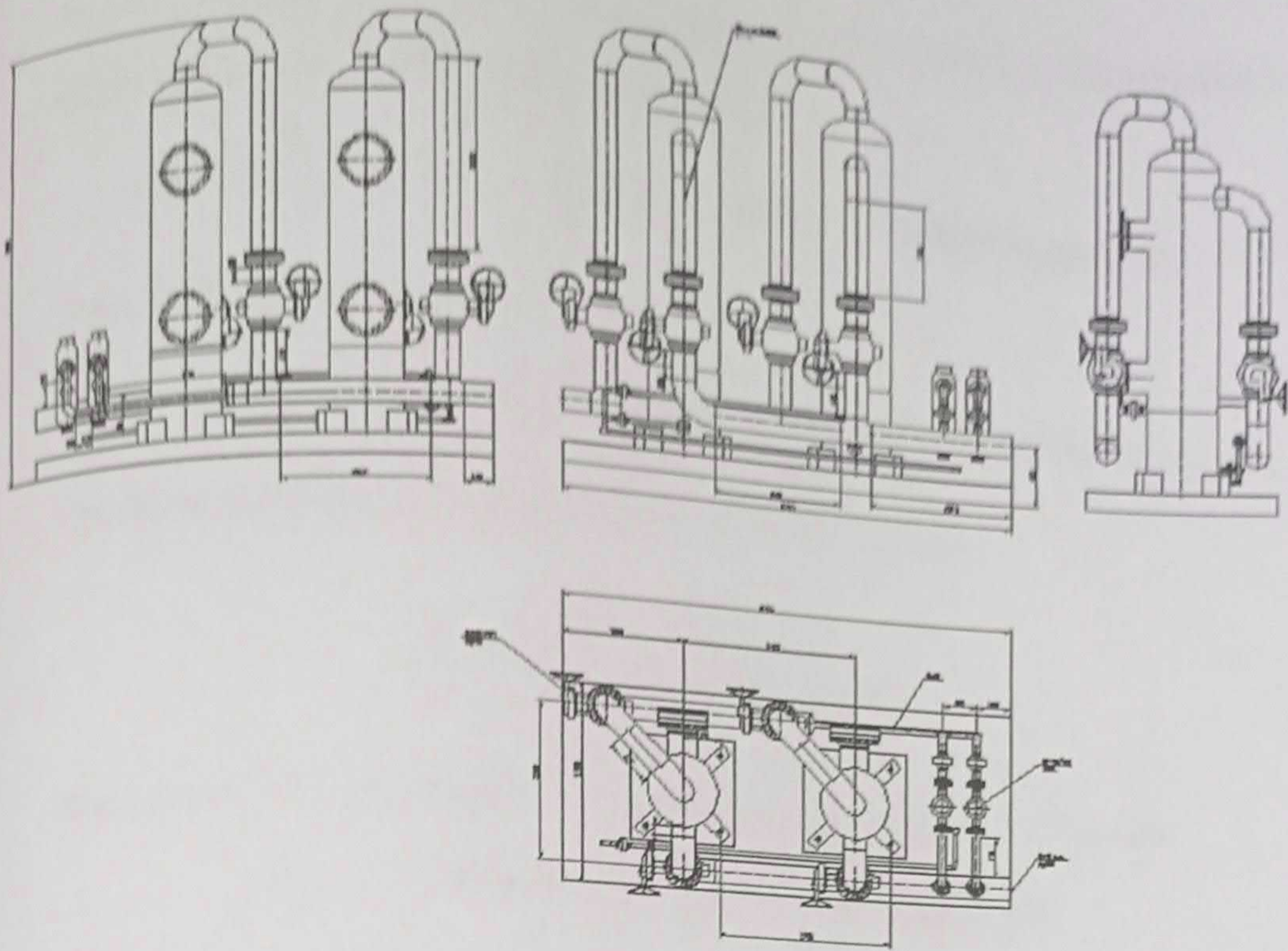


Рис. 2.6 Обв'язка циклонних сепараторів пиловловлювачів. Вигляд загальний

2.2 Оцінка економічної ефективності

З метою визначення ефективності подальших досліджень, проведемо спрощений економічний розрахунок рентабельності даної модернізації.

Капітальні витрати:

мультициклонний пиловловлювач (K_m): 500 000 грн.

монтаж і налаштування (K_i): 100 000 грн.

Витрати на обслуговування:

масляний пиловловлювач (C_o): 3 рази на рік \times 25 000 грн = 75 000 грн/рік.

мультициклонний пиловловлювач (C_m): 1 раз на рік \times 30 000 грн = 30 000 грн/рік.

Економія на додатковому очищенні газу та на утилізації використаного масла (E_q): 250 000 грн/рік.

Термін експлуатації (T): 30 років.

3 Дослідно-конструкторська робота

3.1 Основні математичні залежності, що описують течію природного газу

При управлінні потоком газу необхідно забезпечити сталість якості газу, що подається споживачам. Тому при ухваленні рішення про перерозподіл потоку газу в газотранспортних мережах слід враховувати вплив зміни витрати через ділянку очищення на якість очищення газу від домішок. Існуючі способи розрахунку руху газу через циклони пиловловлювачі припускають використання спрощених припущень, що не дозволяють отримати достовірну теоретичну оцінку впливу зміни витрати природного газу на ГРС на якість його очищення в умовах, що змінюються, а також при відхиленні умов роботи циклонів пиловловлювача від паспортних.

Математичне опис течії газу. Для опису турбулентного перебігу природного газу серед Solidworks Flow simulation використані наступні рівняння в часткових похідних: рівняння суцільності природного газу, що стискається

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho \mathbf{w}) = 0 \quad (3.1)$$

де ρ – щільність природного газу в точці за робочих умов, кг/м^3 ;

t – час, с;

\mathbf{w} – вектор швидкості в точці течії газу прямокутної декартової системі координат, м/с;

Рівняння руху природного газу, що стискається

$$\Pi = -PE + 2(\eta + \eta_t) \dot{S} + \zeta \operatorname{div} \mathbf{w} E. \quad (3.2)$$

де Π – тензор напружень у точці суцільного середовища природного газу,

Па;

P – тиск газу в точці, Па;

E – одиничний тензор;

η - коефіцієнт динамічної в'язкості природного газу в точці, що розглядається, Па·с;
 η_t - коефіцієнт турбулентної в'язкості природного газу в точці, що розглядається, Па·с;
 S - тензор швидкостей деформацій у точці суцільного середовища природного газу, с⁻¹;
 ζ - другий коефіцієнт в'язкості, Па·с,

$$\zeta = \zeta_v - \frac{2}{3}\eta, \quad (3.3)$$

де ζ_v - коефіцієнт другої (об'ємної) в'язкості, Па·с.

При виконанні розрахунків коефіцієнтом ζ_v нехтують; рівняння енергії природного газу, що стискається

$$\frac{\partial(\rho c_p T_0)}{\partial t} + \text{div}(\rho \mathbf{w} c_p T_0) = \text{div}(\lambda \overline{\text{grad}} T_0) + Q_v + Q_k + Q_h + \Phi + \frac{\partial P}{\partial t}, \quad (3.4)$$

тут c_p - питома теплоємність газу при постійному тиску, Дж / (кг К);

T_0 - Температура гальмування, К;

λ - коефіцієнт теплопровідності газу, Вт/(м·К);

Q_v - потужність в'язкісного тертя газу, Вт/м³,

$$Q_v = \eta \left[w_x \left(\frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial w_x}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \frac{\partial w_x}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} \frac{\partial w_x}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial y} \frac{\partial w_y}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial z} \frac{\partial w_z}{\partial x} \right) + w_y \left(\frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial w_y}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \frac{\partial w_y}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} \frac{\partial w_y}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial y} \frac{\partial w_x}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial z} \frac{\partial w_x}{\partial y} \right) + w_z \left(\frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial w_z}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \frac{\partial w_z}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} \frac{\partial w_z}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial w_x}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial y} \frac{\partial w_y}{\partial z} \right) \right], \quad (5)$$

де w_x, w_y, w_z – проекції вектора швидкості газу в точці на осі прямокутної декартової системи координат, м/с;
 Q_k – зміна кінетичної енергії газу, Вт/м³,

$$Q_k = -\frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{\lambda}{c_p} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{w^2}{2} \right) \right] - \frac{\partial}{\partial y} \left[\frac{\lambda}{c_p} \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{w^2}{2} \right) \right] - \frac{\partial}{\partial z} \left[\frac{\lambda}{c_p} \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{w^2}{2} \right) \right]; \quad (3.6)$$

Q_h – питома потужність внутрішніх джерел або стоків тепла в обсязі газу, що перекачується, Вт/м³;

Φ – потужність в'язкісного розсіювання, Вт/м³.

$$\Phi = \eta \left[\left(\frac{\partial w_x}{\partial z} + \frac{\partial w_z}{\partial x} \right) \frac{\partial w_x}{\partial z} + \left(\frac{\partial w_y}{\partial x} + \frac{\partial w_x}{\partial y} \right) \frac{\partial w_y}{\partial x} + \left(\frac{\partial w_z}{\partial y} + \frac{\partial w_y}{\partial z} \right) \frac{\partial w_z}{\partial y} \right]. \quad (7)$$

Температура гальмування

$$T = T_0 - \frac{w^2}{2c_p}. \quad (3.8)$$

тут T – температура газу в точці, К.

При розв'язанні задачі про рух природного газу, що встановився, через пиловловлювач приймається $Q_h = \partial P / \partial t = \bar{0}$. Турбулентна в'язкість розраховувалася за моделлю нульових рівнянь

$$\eta_t = \rho L_S^2 \sqrt{\Phi}; \quad (3.9)$$

$$L_S = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,4L_n \\ 0,9L_c \end{array} \right\}, \quad (3.10)$$

де L_n – найкоротша відстань від точки потоку до найближчої стінки, м, що розглядається;
 L_c – характерний розмір (найбільше можливе значення L_n), м.

3.2 Імітаційне моделювання процесу очищення природного газу в циклонному пиловловлювачі

Для розрахунків доберемо спрощену модель рис.3.1.

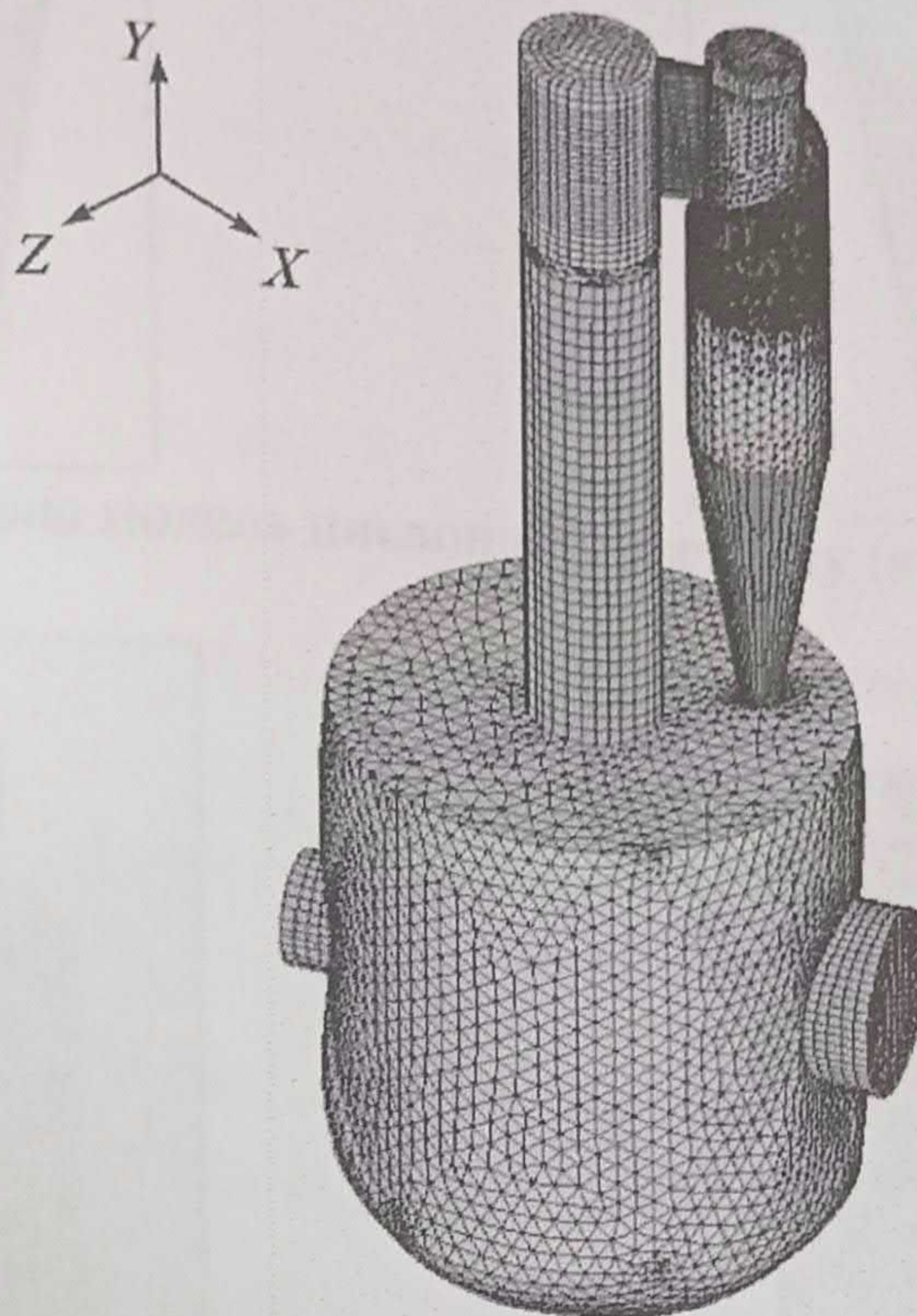


Рис.3.1 Спрощена модель циклонного пиловловлювача з одним циклонним елементом

Були створені моделі циклонного елемента мультициклонного пиловловлювача діаметром 600 мм в двох варіантах виконання, з метою порівняння (рис.3.2, 3.3).

Для початку була створена модель циклонного елемента мультициклонного сепаратора класичної конструкції.

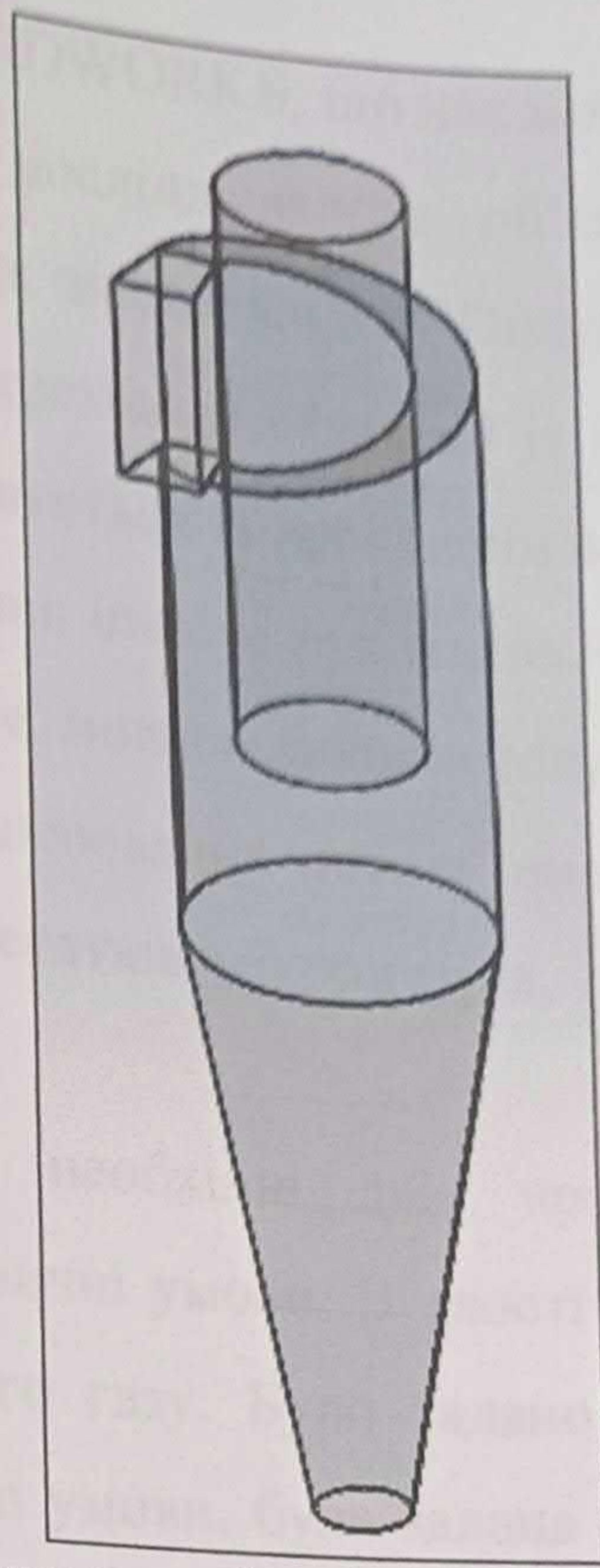
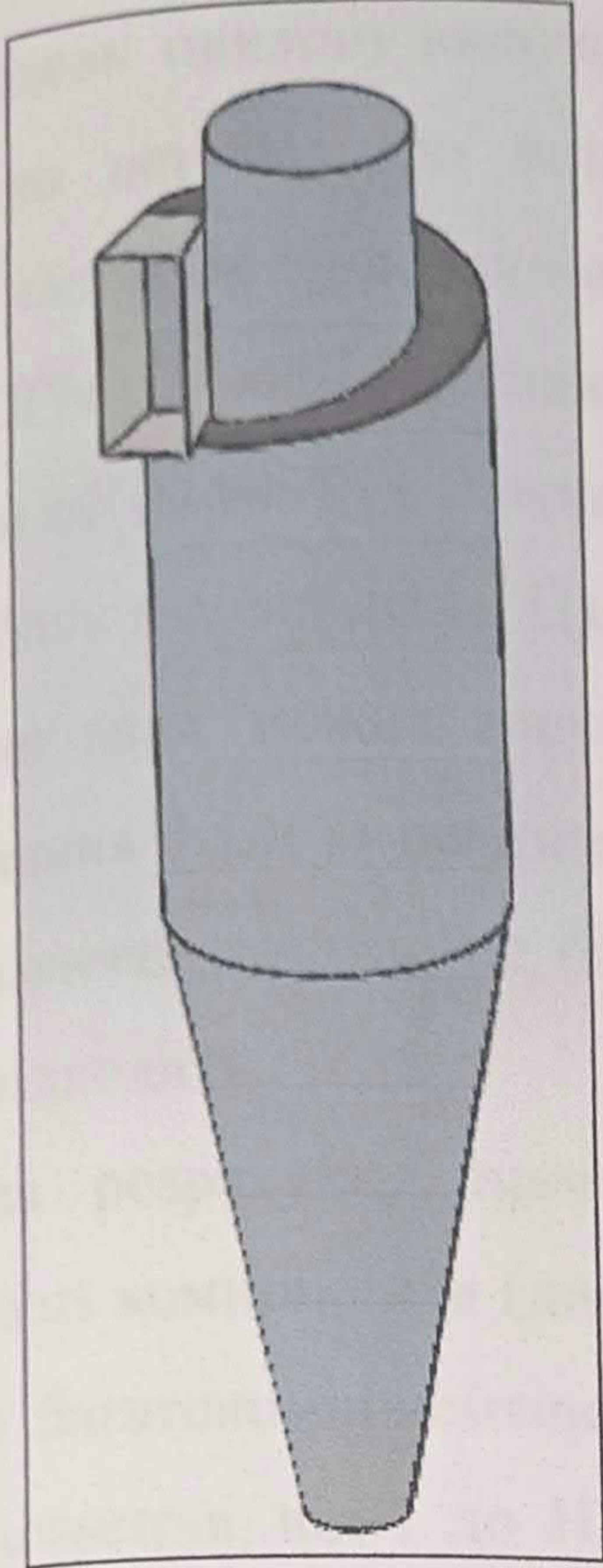


Рис. 3.2 Тривимірний модель циклонного елемента (варіант 1)

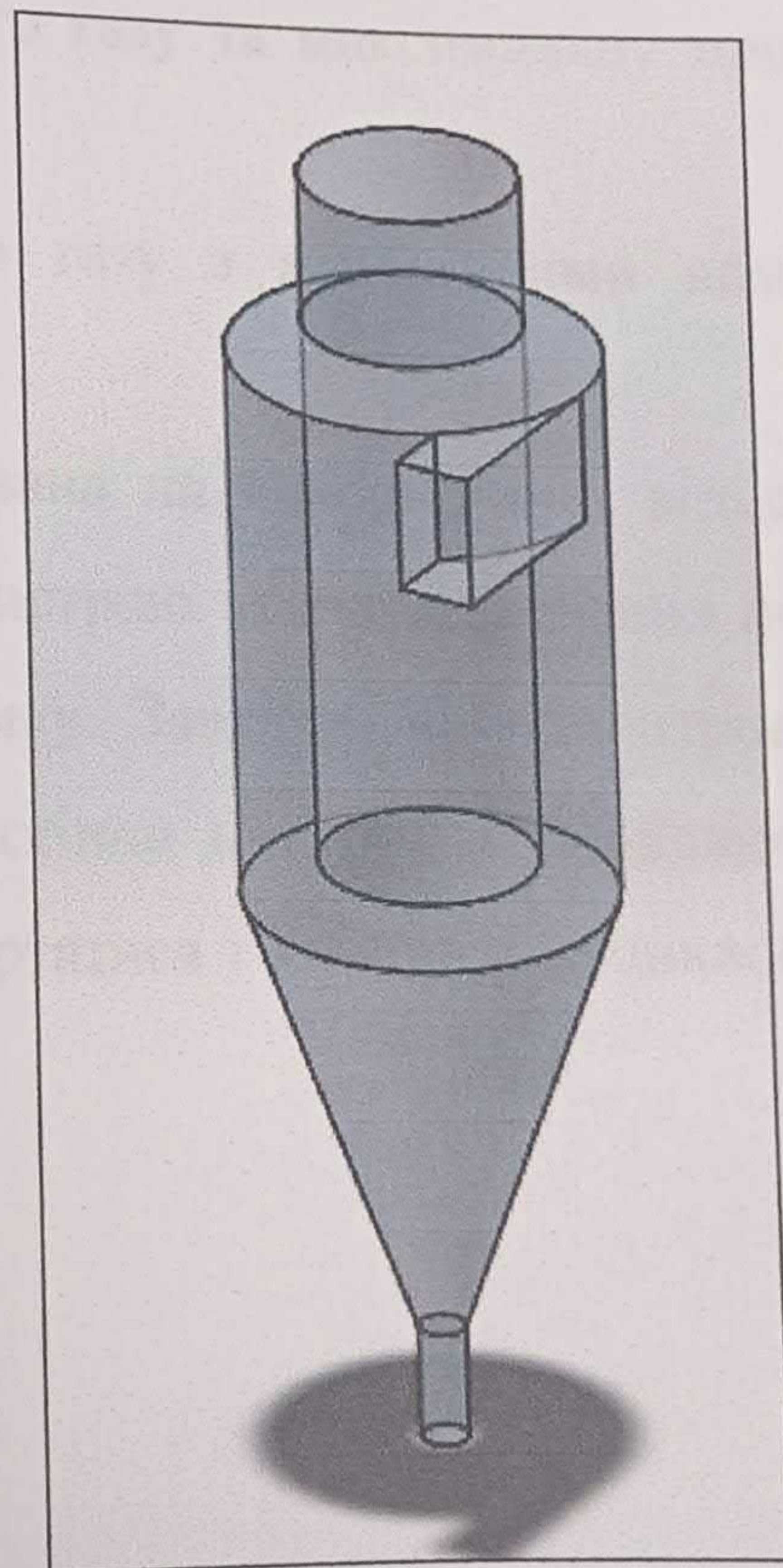
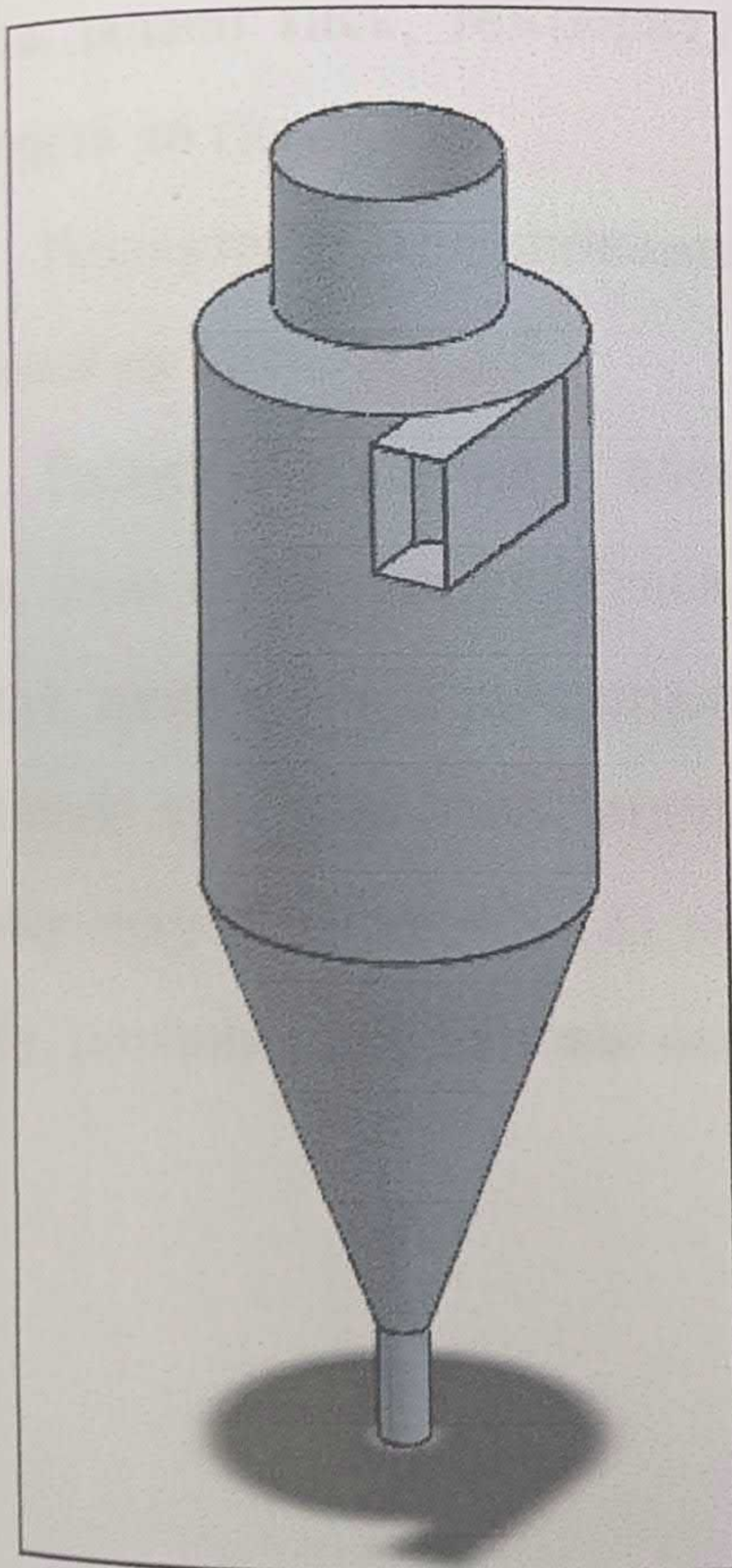


Рис. 3.3 Тривимірний модель циклонного елемента (варіант 2)

Модель циклону виконана в програмі SOLIDWORKS, що дає можливість з великою деталізацією виконати креслення досліджуваного об'єкту. Рух твердих частинок моделюється з допомогою так званої моделі Discrete Phase Model (DPM), у якій частинки вважаються дискретними сферами із масою та нульовим об'ємом. Рух кожної частинки враховується із врахуванням сил, що діють з боку газової фази. Ця модель досить точно описує рух малих частинок, розмірами яких можна знехтувати, однак її не можна використовувати для моделювання фази із певним об'ємом. Для моделювання потоку пилу, розмір якого зазвичай досягає не більше к декілька десятків мікрометрів, ця модель цілком підходить.

Для розрахунку програмі було задані необхідні дані про фізичні властивості компонентів (див. розділ 1) та граничні умови. В якості газу було вибрано багатоконпонентний склад природного газу. Було задано частинки різних діаметрів, від 1 до 100 мкм. Як граничні умови, була задана швидкість руху частинок на вході. Вона може бути від 2,2 до 3,5 м/с. Приймаємо 3,5 м/с. Також задано тиск, температуру природного газу та максимальну пропускну здатність по газу.

Результати моделювання природного газу з механічними домішками показані на рис. 3.4 і 3.5

Робота циклонного елемента заснована на використанні відцентрової сили, коли потік закручується в корпусі пристрою шляхом введення потоку в корпус циклону в тангенціальному напрямку. Завдяки дії відцентрової сили частинки в потоці газу відкидаються до стінки циклону і відділяються від потоку газу. Очищений газ продовжує обертатися і виходить з циклону через трубу, розташовану вздовж осі циклону.

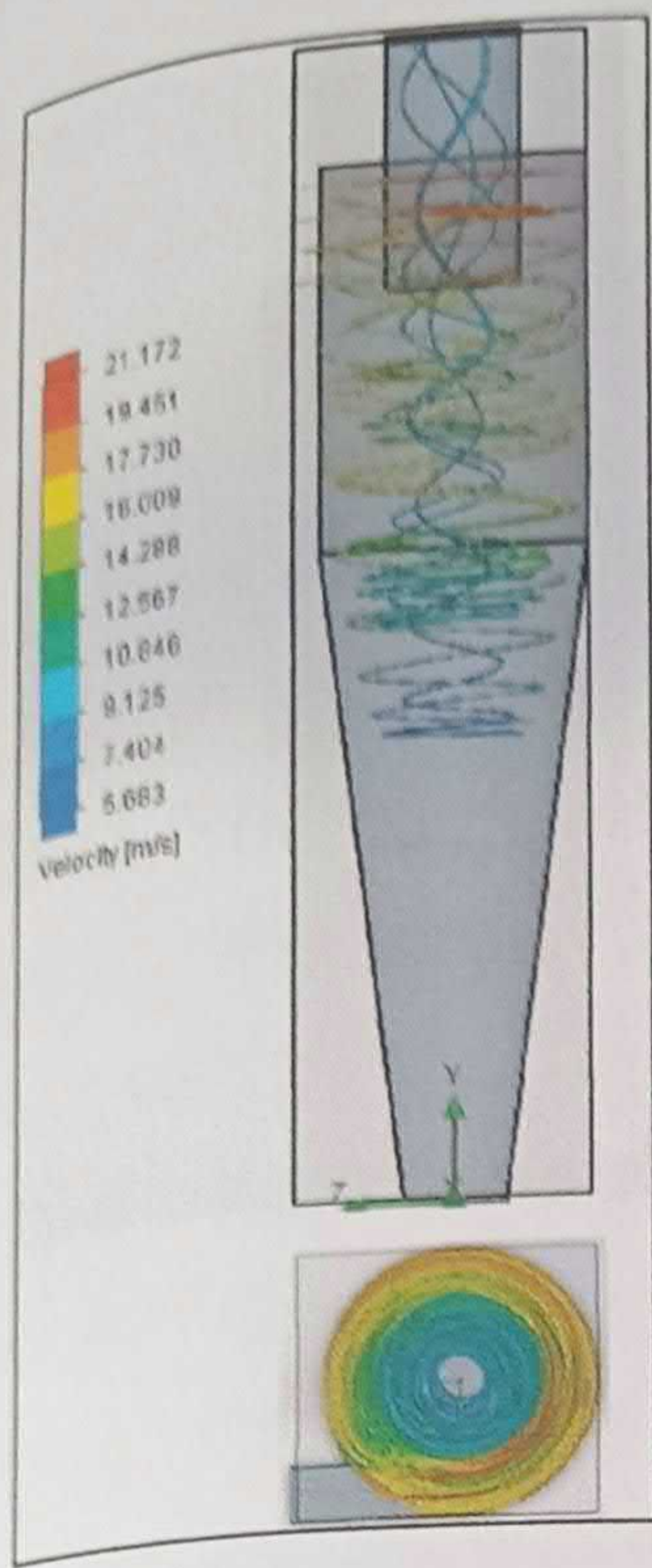


Рис.3.4 Траекторія руху газове-
го потоку в циклонному елементі
(варіант 1)

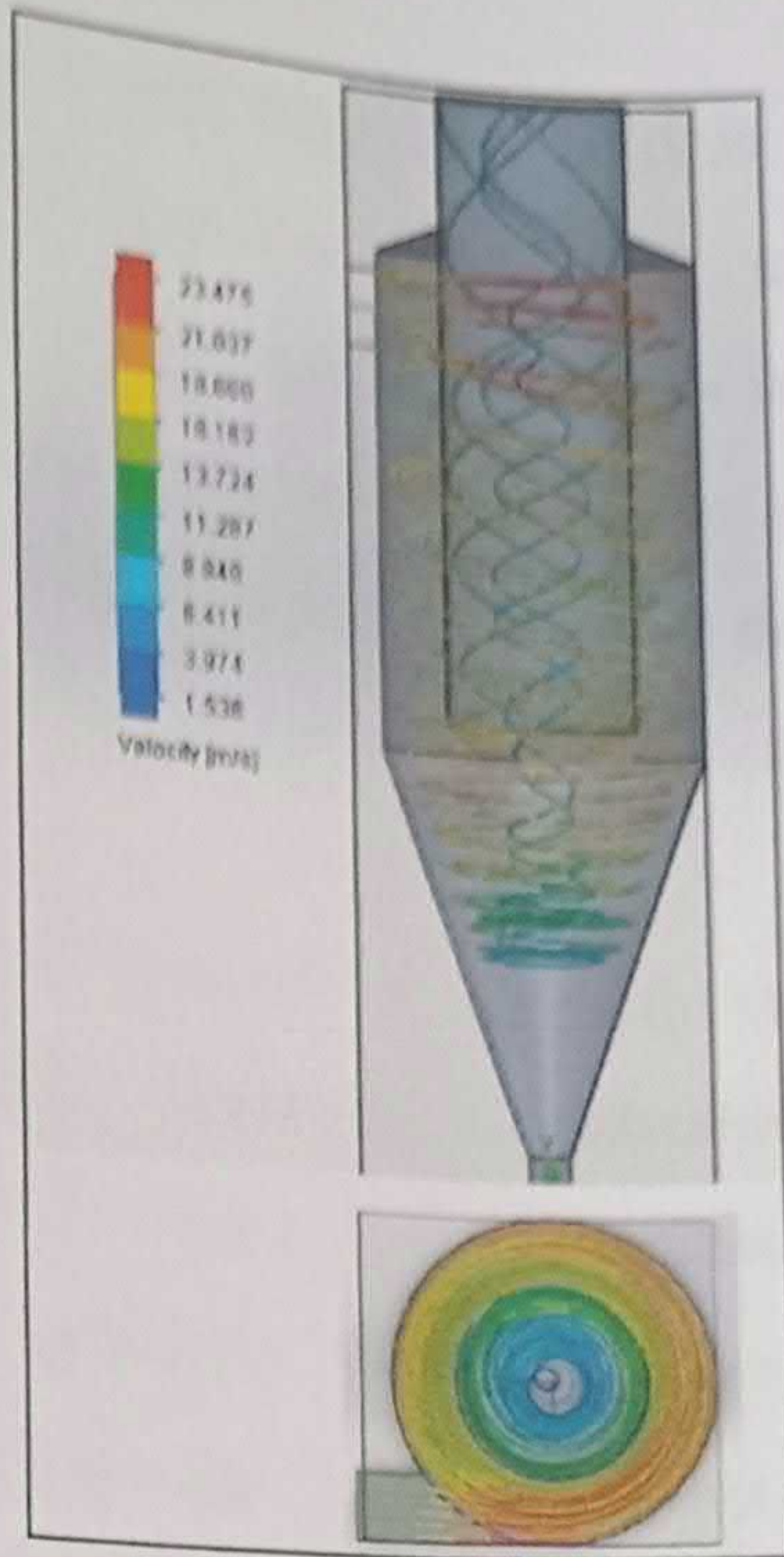


Рис. 3.5 Траекторія руху газове-
го потоку в циклонному елементі
(варіант 2)

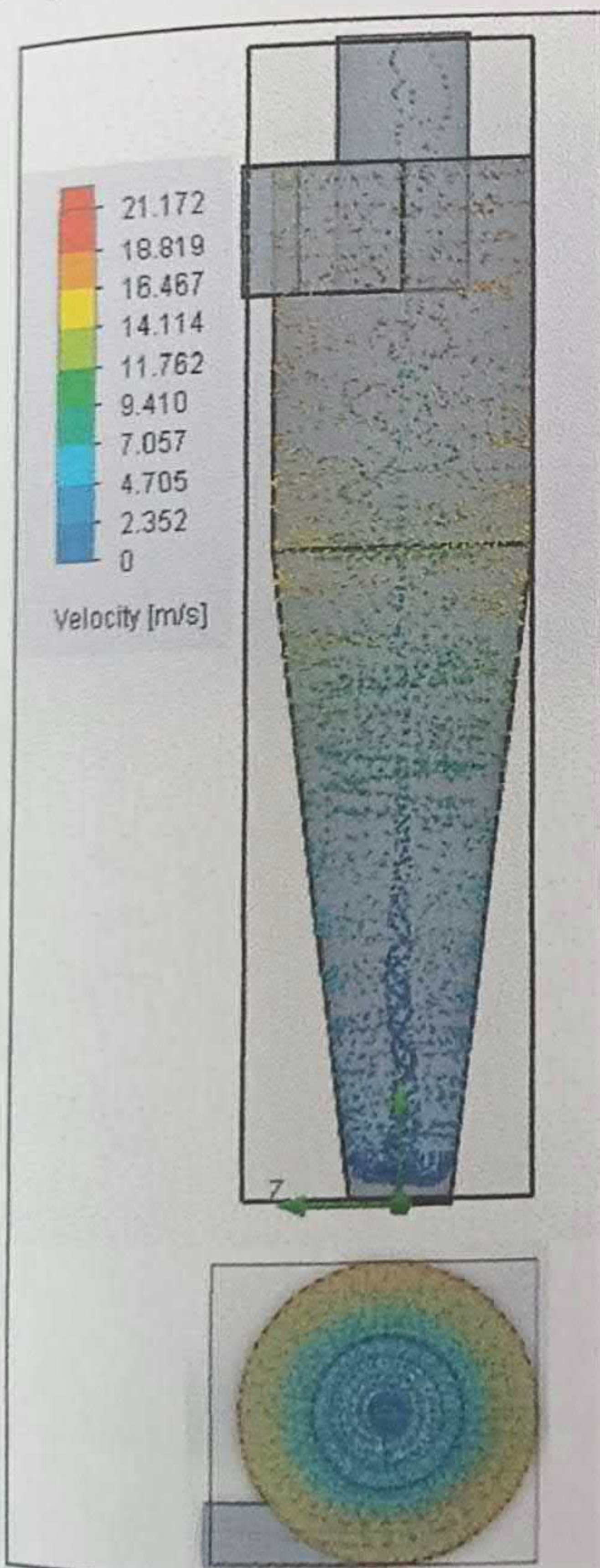


Рис.3.6 Траекторія
руху механічних домішок (варіант 1)

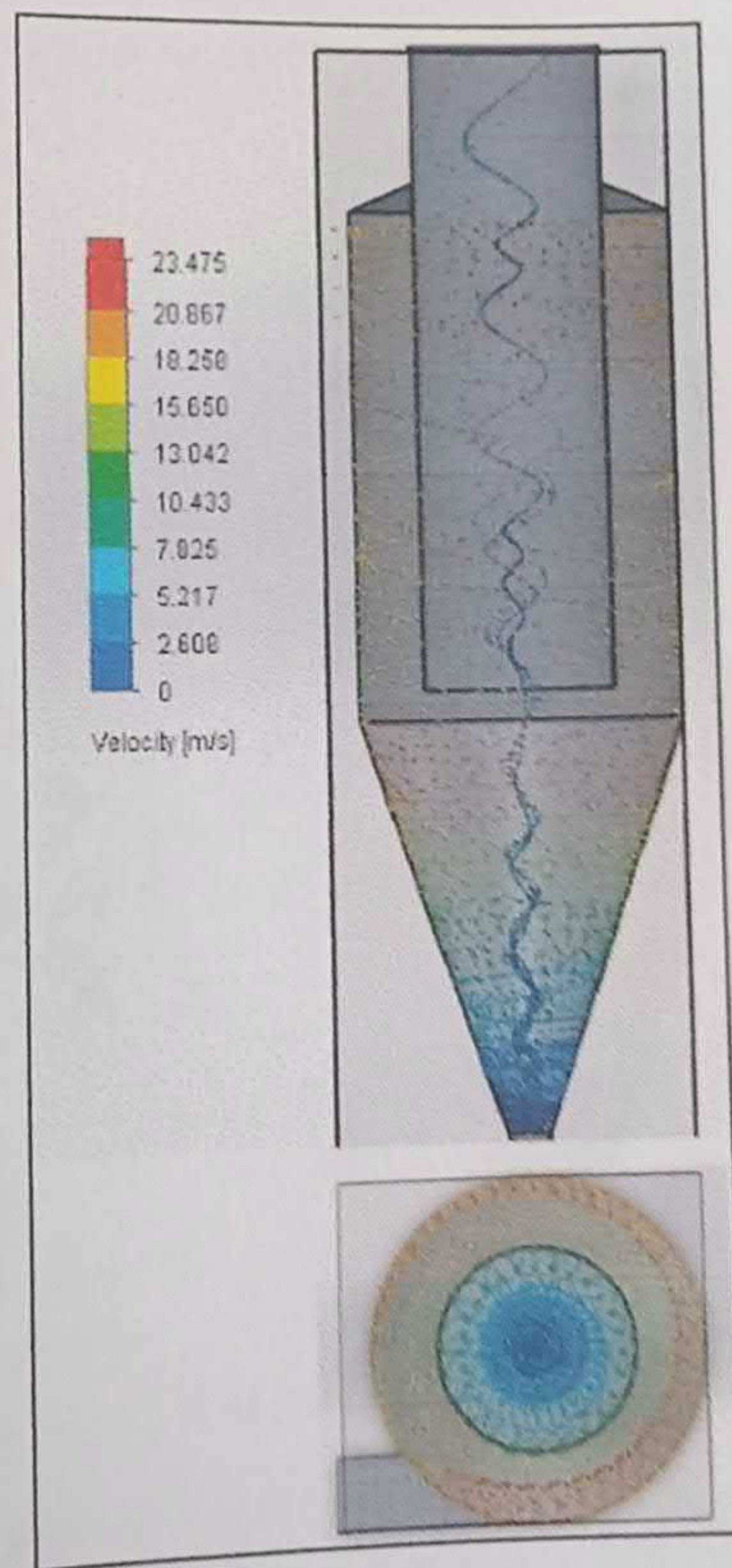


Рис.3.7 Траекторія руху механічних
домішок (варіант 2)

Основні траєкторію руху механічних домішок знаходяться біля стінки циклону. Частинки пилу великого розміру, досягаючи стінки циклону, під дією осьового потоку та сили тяжіння будуть рухатися до нижньої частини циклону та видалятися, тоді як частинки механічних домішок меншого розміру рухатимуться до верхньої частини циклону і вийде разом з газовим потоком. Можна побачити, що циклон варіант 2 має більше збурень, що призводить до більшого опору пристрою, ніж циклон варіант 1.

Розподіл швидкостей. Поле розподілу швидкості в циліндрі має три виміри по осях x , y і z , які є радіальною, осьовою і тангенціальною швидкостями, показаними на рис. 3.8 та 3.9. Серед згаданих швидкостей тангенціальна швидкість має найбільше значення і є найважливішим компонентом. Тангенціальна швидкість зменшується зі зменшенням радіуса повороту, це значення швидкості дорівнює 0 у центрі. Величина швидкості внутрішнього газового потоку вздовж центральної лінії завихрення зростає знизу вгору.

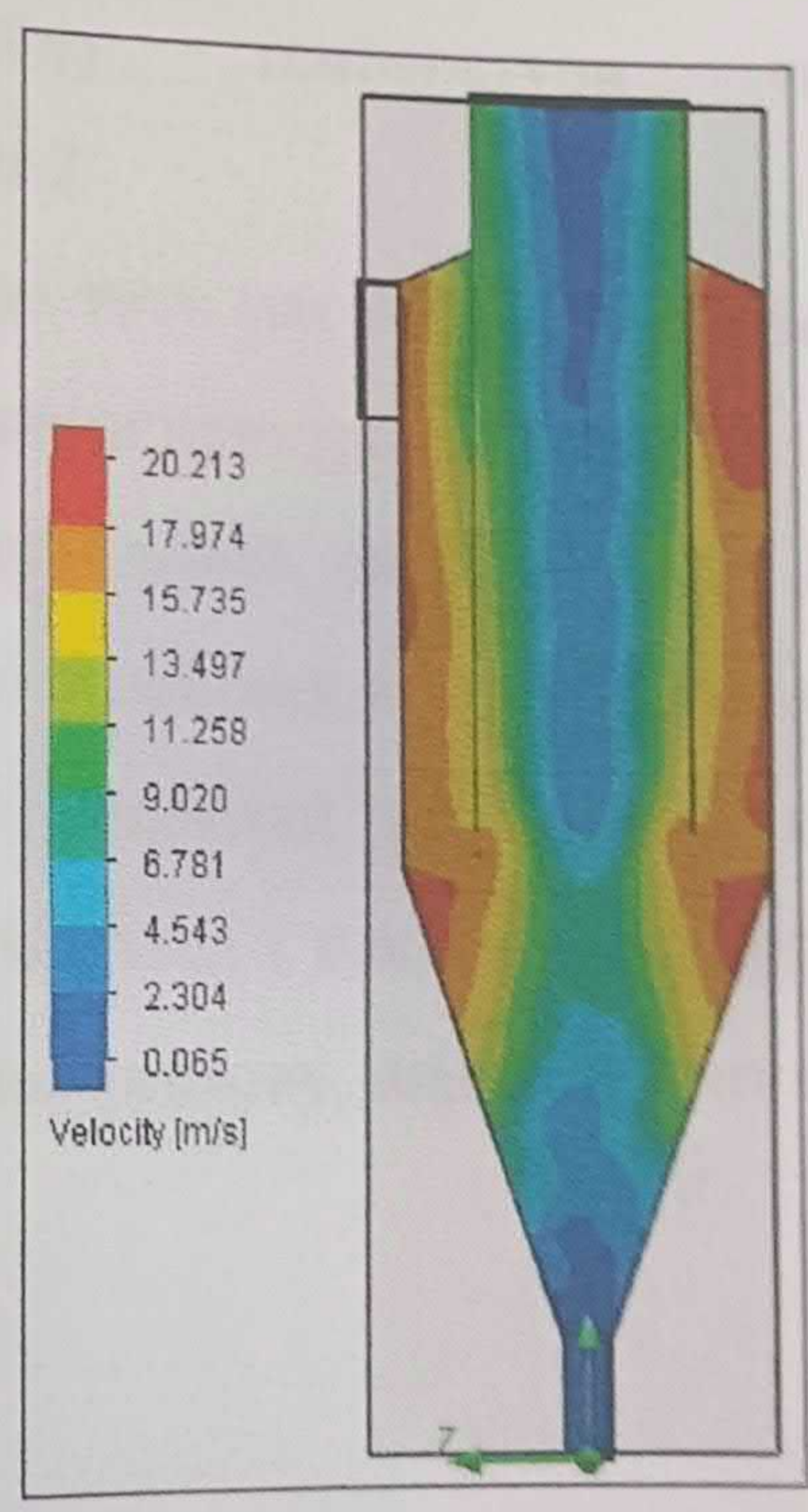
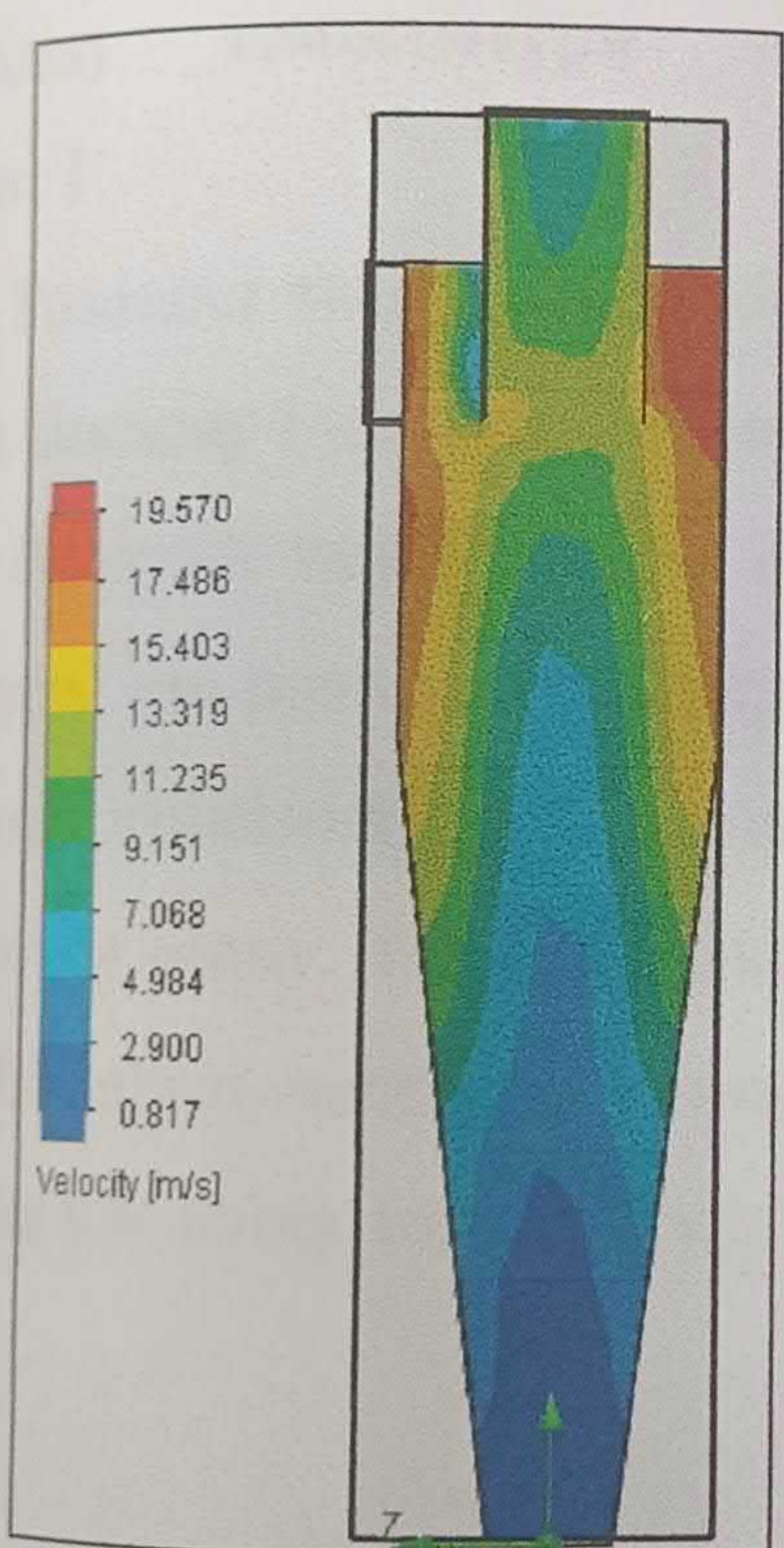


Рис. 3.8 Поперечний переріз розподілу швидкості в циклоні варіант 1

Рис. 3.9 Поперечний переріз розподілу швидкості в циклоні варіант 2

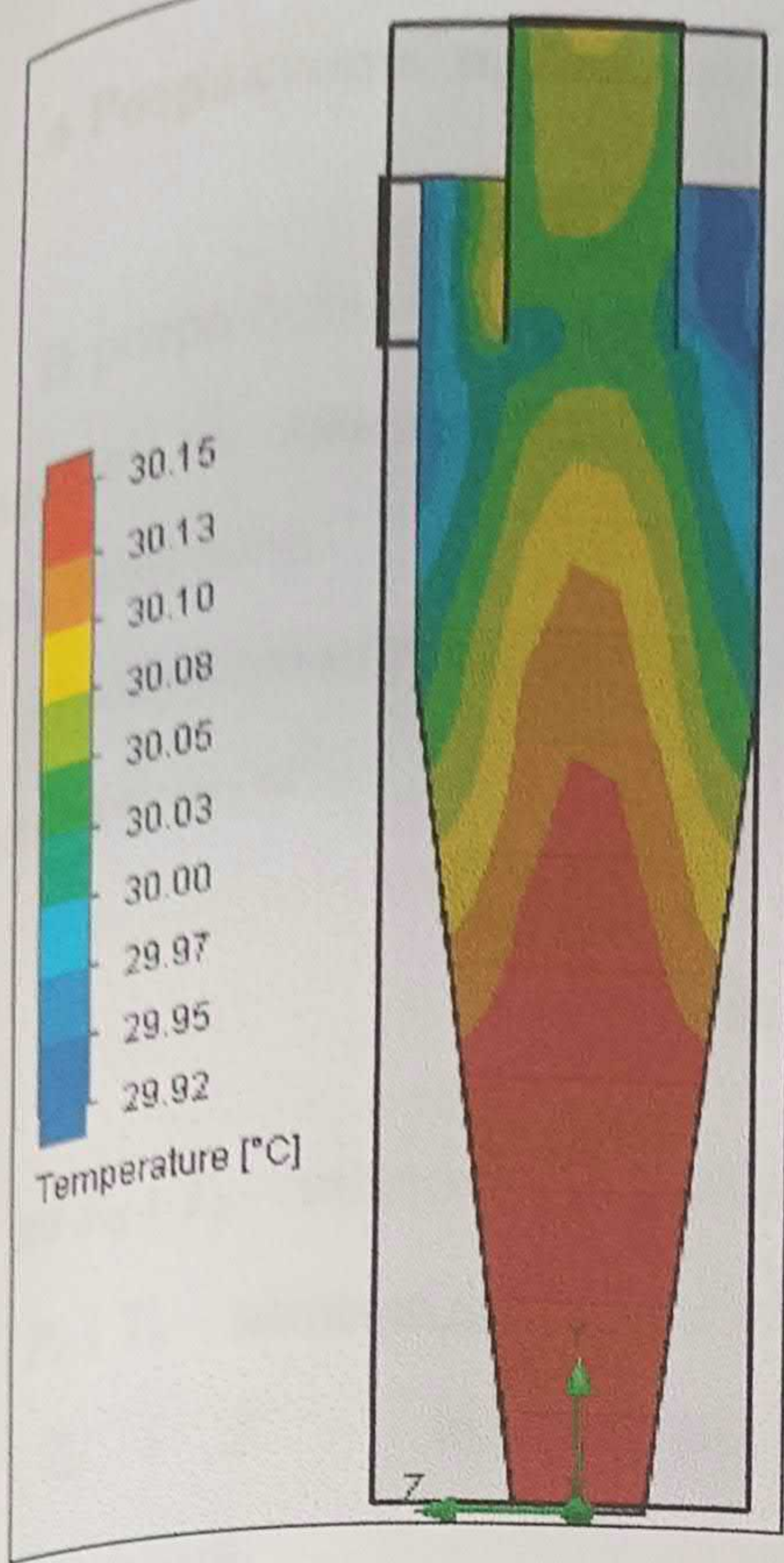


Рис.3.10: Поперечний переріз

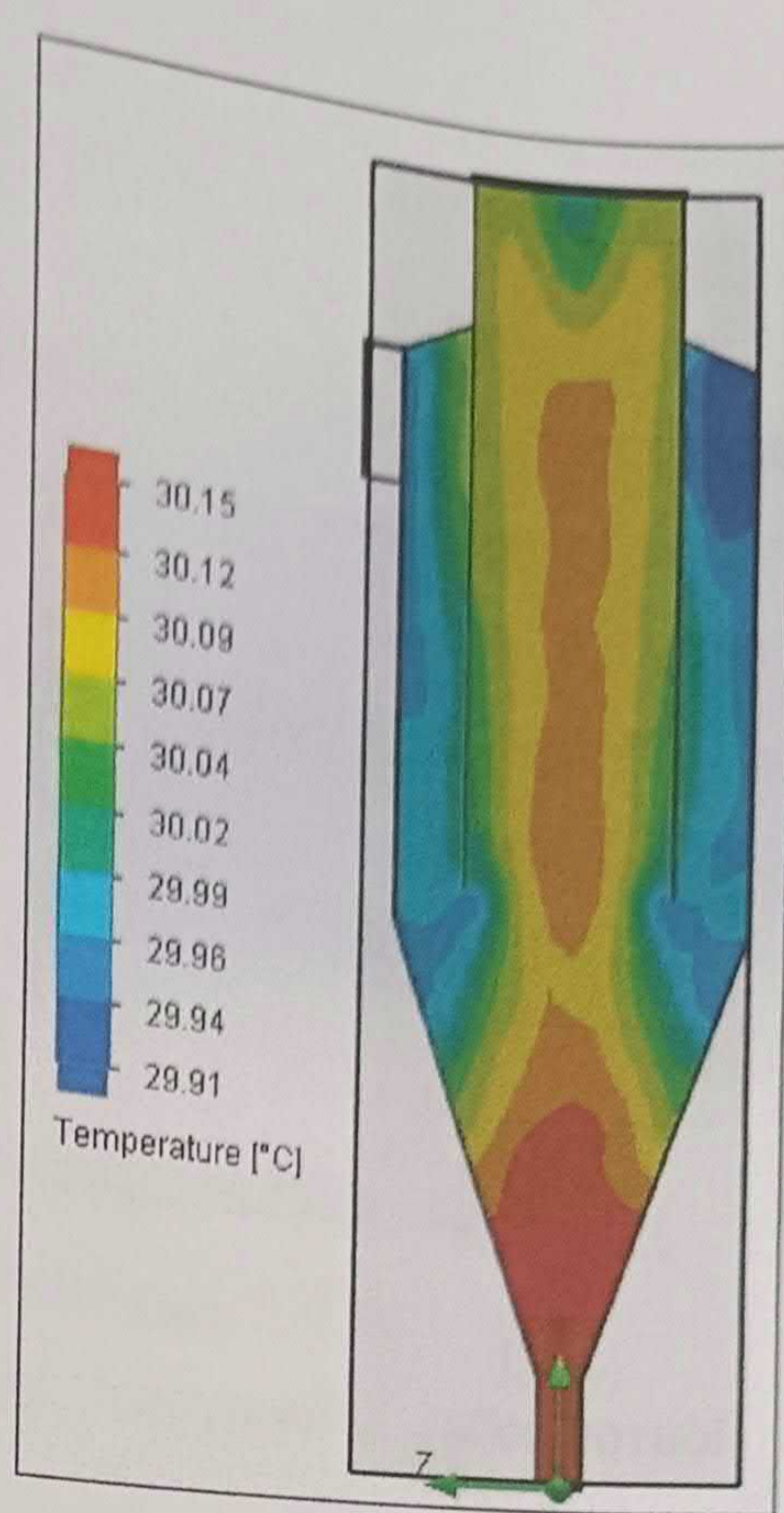


Рис.3.11: Поперечний переріз

розподілу температури циклону
варіант 1

розподілу температури циклону
варіант 2

Розподіл тиску в циклоні показує, що тиск має найвище значення на стінці циклону і поступово зменшується від стінки пристрою до центру.

Розподіл температури в циклоні представлений на рис.3.10, 3.11 який доводить, що розподіл температури в циклоні в основному залежить від тертя під час зіткнення між частинками. Дрібні частинки механічних домішок рухаються вгору, тоді як більші частинки рухаються і концентруються на дні, тому більшість частинок концентрується на дні циклону, внаслідок чого нижня частина має вищу температуру.

4 Розрахунок працездатності

В розрахунках працездатності перевіримо необхідну кількість циклонних елементів та виконаємо гідравлічних розрахунок циклонного сепаратора пилословлювача.

Продуктивність за газом в робочих умовах при максимальному навантаженні, м³/с:

$$Q_p = \frac{Q_n \cdot P_0 \cdot T_p \cdot Z}{86400 \cdot P_p \cdot T_p \cdot Z_0}, \quad (4.1)$$

де P_p і T_p – відповідно робочі тиск і температура, МПа і К;

P_0 і T_0 – відповідно тиск 0,1 МПа і температура, 273 К;

Z_0 і Z – відповідно коефіцієнти стисливості абсолютної і відносної:

$$Q_c = \frac{20 \cdot 10^6 \cdot 0,1013 \cdot 288}{24 \cdot 3600 \cdot 4,0 \cdot 293} = 5,87 \text{ м}^3/\text{с} \quad (4.5)$$

Допустима умовна швидкість потоку газу в циклоні, м/с.
Приймається від 2,2 до 3,5. Прийmemo $W_{ц} = 3,4$ м/с.

Розрахункова площа, м²:

$$F = \frac{Q_p}{W_n} = \frac{5,87}{3,4} = 1,18 \text{ м}^2 \quad (4.2)$$

Кількість циклонних елементів конструктивно приймається 5.

Діаметр циклонного елемента, м:

$$d_{ц} = 1,13 \sqrt{\frac{F}{n}} = 1,13 \sqrt{\frac{1,18}{5}} = 0,55 \text{ м}. \quad (4.3)$$

Приймаємо $d_{ц} = 0,6$ м.

Дійсна швидкість потоку газу у циклоні, м/с:

$$v_{\text{д}} = \frac{0,785 \cdot d_{\text{ц}}^2 \cdot n}{4} = \frac{0,785 \cdot 0,6^2 \cdot 5}{4} = 2,83 \text{ м/с.} \quad (4.4)$$

Дійсна швидкість в межах допустимої.
 Розрахунок гідравлічного опору пиловловлювача

Для розрахунку прийняті такі коефіцієнти:

Коефіцієнт на вплив діаметра циклона $K_1 = 0,95 \div 1,0$.

Поправковий коефіцієнт на вплив запиленості: $K_2 = 0,85 \div 0,93$

Коефіцієнт опору циклонів: $\xi_{\text{ц}} = 115 \div 155$

Залежність коефіцієнта опору циклона від його діаметра і концентрації пилу визначається:

$$\xi = K_1 \cdot K_2 \cdot \xi_{\text{ц}} = 0,95 \cdot 0,93 \cdot 115 = 101,6. \quad (4.5)$$

Коефіцієнт, який враховує групову компоновку $K_3 = 60$.

Коефіцієнт опору групового циклона:

$$\xi_{\text{гр.ц}} = \xi + K_3 = 101,6 + 60 = 161,6. \quad (4.6)$$

Коефіцієнт опору штуцера виходу $\xi_{\text{вих.}} = 0,5$.

Густина газу при $T=293\text{К}$ і $P = 4,0 \text{ МПа}$:

$$\rho_p = \rho_0 \frac{T_0 \cdot P_p \cdot Z_0}{T_p \cdot P_0 \cdot Z_p} = 0,8 \frac{273 \cdot 4,0 \cdot 1}{293 \cdot 0,1 \cdot 0,89} = 34 \text{ кг/м}^3. \quad (4.7)$$

Гідравлічний опір пиловловлювача, МПа:

$$\begin{aligned} \Delta P_1 &= 1,06 \left(0,81 \frac{\xi_{\text{гр.ц}} \cdot \rho_p \cdot q_p^2}{d_{\text{ц}}^4 \cdot n^2} + 0,5 \frac{W_r \cdot \rho_p}{2} \right) \cdot 10^{-6} = \\ &= 1,06 \left(0,81 \frac{4^2}{0,6^2 \cdot 5^2} \cdot 34 \cdot 161,6 + 0,5 \frac{16,8^2}{2} \cdot 34 \right) \cdot 10^{-6} = \\ &= 0,0258 \text{ МПа.} \end{aligned} \quad (4.8)$$

Коефіцієнт гідравлічного опору відводу на 90°

$$\xi_{90} = 0,3$$

Коефіцієнт
Гідравлічний опір трьох колін підвідного трубопроводу
визначається за формулою:

$$\Delta P_2 = \left(n \cdot \xi_{90} + \frac{L}{d_r} \cdot \xi_{sp.} \right) \frac{W_r^2 \cdot \rho_p \cdot 10^{-6}}{2} =$$
$$= \left(3 \cdot 0,3 + \frac{10}{0,55} \cdot 0,03 \right) \cdot \frac{16,8^2 \cdot 34 \cdot 10^{-6}}{2} = 0,0069 \text{ МПа.}$$

Сумарний гідравлічний опір пиловловлювача, МПа: (4.9)

$$\sum \Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2 = 0,0258 + 0,0069 = 0,0327 \text{ МПа.} \quad (4.10)$$

5.1 Організаційно-технічні заходи з монтажу обладнання

Багато видів обладнання можна встановити в проектне положення лише підйомом. Найбільш складно піднімати вертикальні апарати, оскільки вони мають велику масу G_a та довжину L_a . Маса та довжина апаратів збільшуються у зв'язку із запровадженням нових технологічних процесів у нафтопереробці та нафтохімії, підвищенням тиску та температур, а також зі збільшенням одиничної продуктивності апаратів. Вантажопідйомні або такелажні засоби, а також метод монтажу завжди слід вибирати такими, щоб був забезпечений найменший термін монтажу.

При виборі вантажопідіймальних засобів повинні пред'являтися такі загальні вимоги: - підготовка вантажопідіймальних пристроїв для монтажу апаратів (установка якорів, підготовка майданчика, влаштування розчалок, лебідок тощо) повинна здійснюватися у мінімальний час; монтажні засоби, що застосовуються, повинні легко перевозитися на будь-яких видах транспорту або легко розбиратися для можливості їх переміщення в обмежених умовах монтажного майданчика; монтажні засоби повинні бути такими, щоб їх можна було встановлювати широко використовуваними кранами невеликої вантажопідйомності; монтажні засоби повинні бути такими, щоб їм була достатня мінімальна довжина монтажного майданчика. Найменші терміни монтажу можуть бути забезпечені лише за умови доставки заводами технологічного обладнання (апаратів), повністю виготовленого та зібраного.

Виняток становлять апарати, розміри яких (діаметр та довжина) не дозволяють привезти їх до місця монтажу у зібраному вигляді, і тому їх піднімають окремими блоками способами нарощування та відрощування. В цьому випадку попередньо збирають окремі деталі та вузли в блоки, а повністю їх збирають вже на місці установки апарата. Іноді на монтажний майданчик надходять укрупнені блоки, які потім до збирають. У цих випадках апарати

Розрізняють такі основні способи підйому апаратів. За застосуванням обладнання: стріловими кранами; стріловими кранами з пристроями, що підвищують їхню вантажопідйомність такелажними засобами, щогловими (ковзанням); поворотом навколо шарніра. За способом підйому: підтягуванням

Підйом кранами. Крани є основними засобами підйому апаратів. Переважне застосування стрілових кранів для монтажу апаратів пояснюється великою висотою підйому гака, маневреністю, малим часом підготовки крана для початку монтажних робіт, малим об'ємом підготовчих робіт, необхідних для встановлення крана в робоче положення (зачищення площадки, інколи установлюючи підстили). Однак вантажні характеристики наявних кранів, тобто зміна вантажопідйомності в залежності від вильоту гака (довжини стріли), крутопадаючі.

Це означає, що зі збільшенням довжини стріли різко знижується вантажопідйомність. Ця особливість обмежує можливості монтажу краном за великої довжини апаратів (висоти), особливо якщо вони встановлюються на високі фундаменти або постаменти. Застосування двох кранів дозволяє піднімати апарати масою вдвічі більшою і висотою на 30-40% більше, ніж висота підйому гаків кранів, що використовуються. Для підйому двома кранами необхідна балансирна траверса, що забезпечує рівномірне навантаження на крани.

Підйом щоглами. Так само як і при монтажі кранами, основними способами підйому є підтягування апарату та поворот навколо шарніра. Крім цих основних способів є кілька різновидів застосування щогл: так званий спосіб падаючого шевра, порталу, без якірний і спосіб вичавлювання.

Апарати можна піднімати одночасно кількома щоглами, а також можна піднімати одночасно кілька апаратів. Однак монтаж за допомогою щогли має свої недоліки; наприклад, необхідно монтувати та демонтувати щогли, для чого

Крани можуть переміщатися власним ходом, щогли доводиться перевозити, а при великій їх довжині перед транспортуванням їх ще розбирають на секції Незважаючи на всі перераховані недоліки, щоглові монтажні підйомники є найбільш поширеним засобом для монтажу апаратів масою більше 100 т. Вибираючи засіб та метод для підйому апарату, необхідно вирішити такі завдання: – якими з наявних пристроїв можуть бути підняті апарати, тобто чи дозволяє пристрій підняти апарат заданої маси та довжини; – яким із можливих засобів та методів найбільш раціонально, з найменшими трудовитратами та вартістю та найбільшою безпекою можна підняти апарат; – на яку основу слід встановити апарат (до 28% усіх апаратів встановлюють на підстави значної висоти – понад 10 м); – враховувати компонування апаратів на майданчику. Якщо апарати розміщують в один ряд уздовж постаменту або будівлі, досить просто підготувати майданчик до монтажу і організувати його потіком. Але при цьому збільшуються протяжність комунікацій та обсяг монтажних робіт, крім підйому апаратів.

Спосіб ковзання. При цьому способі (рисунок 5.1) кінець апарата піднімають краном і підтягують одночасно до фундаменту. Нижню частину апарату укладають на металеві листи чи візки. При підйомі способом ковзання розрізняють монтаж апаратів з відривом та без відриву від основи. Для монтажу без відриву від основи нижній кінець апарату встановлюють на шарнірі, що пересувається так, що в процесі підйому і підтягування він одночасно повертається навколо шарніра.

Апарати можна піднімати кранами, висота підйому гака яких H_k більша за довжину апарата L_a , в цьому випадку підйом виконують за один етап. Апарати можна піднімати кранами, у яких H_k менше довжини апарата. У цьому випадку краном апарат піднімають до тих пір, поки кут між віссю апарата і горизонтом складе $75-80^\circ$, після цього апарат дотягують до вертикального

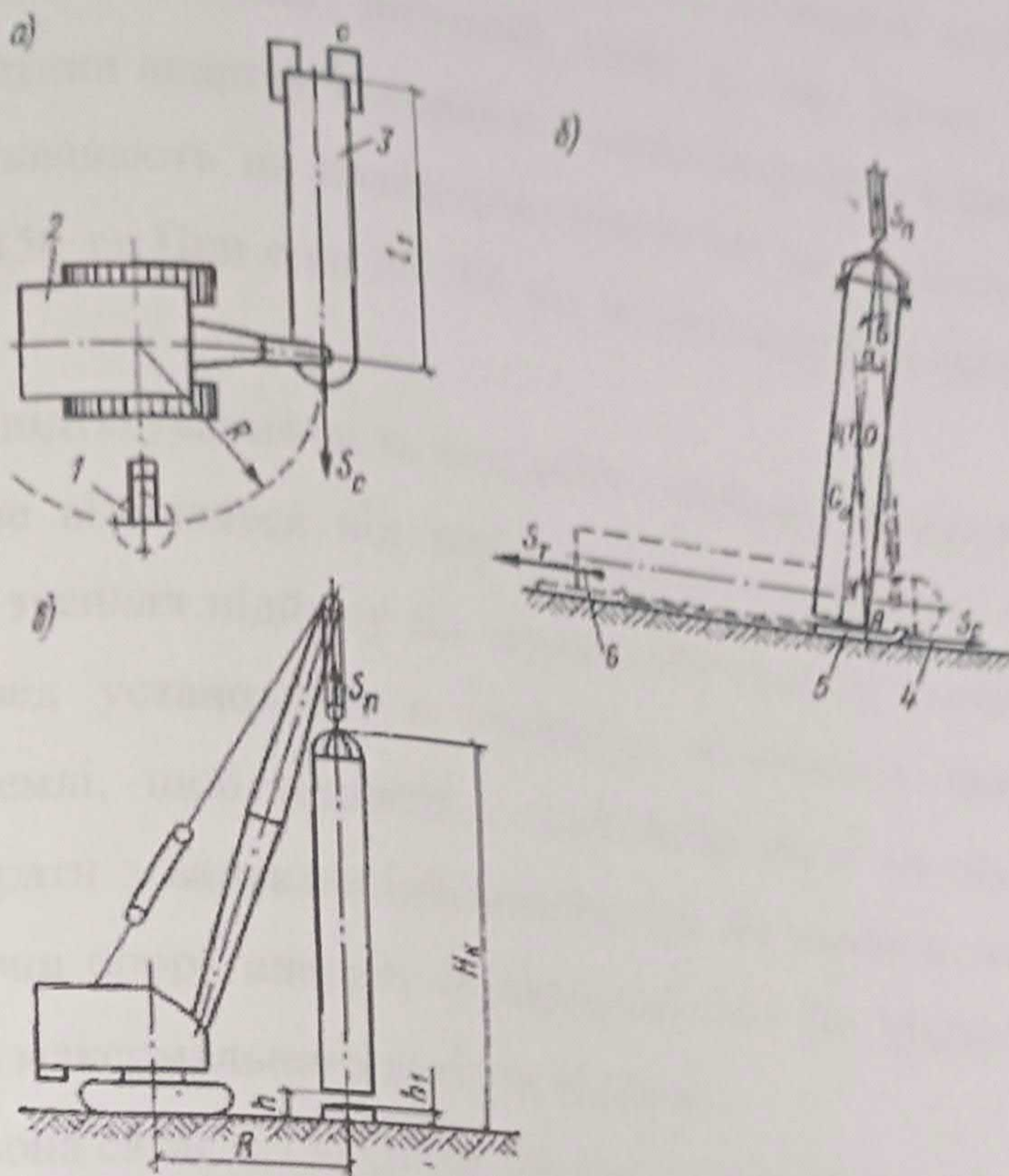


Рис. 5.1 Схеми підйому апарату способом ковзання: 1 - фундамент; 2 - кран; 3 - апарат; 4 - відтяжка підтягує системи; 5 - сани; 6 - відтяжка гальмівної системи

Для підйому одним краном при $G_a < Q_k$, і $L_a < H_k$ апарат 3 укладають щодо фундаменту 1 кранами 2 таким чином, щоб точка кріплення (строповки) апарату та вісь фундаменту знаходилася на колі, що описується віссю поліспасти при повороті крана (див. рисунок 5.2, а). Одночасно з підйомом вершини апарату його підтягують уздовж осі (див. рис. 5.2, б) за допомогою системи, що підтягує. Ця система може складатися з лебідки, закріпленої за якір, і каната 4, закріпленого в основі апарата, або трактора і каната 4. При використанні трактора можна тягнути канат безпосередньо трактором або

... більше плавне підтягування. Підстава ковзає поверхнею майданчика. Під впливом нормальної сили N виникають сили тертя. Крім того, під дією сили N на ділянці торкання апарату поверхні майданчика виникає великий питомий тиск p , що може призвести до впровадження частини апарату поверхню майданчика. Для зниження сил тертя основу апарату укладають на платформи (зазвичай на колісному ході), якщо сила $N > 500$ кН (50 т). При силі $N < 500$ кН рекомендується застосовувати сани

5. Швидкість підтягування v_c та швидкість підйому v_p повинні бути такими, щоб поліспасть не відхилявся від вертикального положення. При піднесенні ліють такі сили: зусилля підйому S_p , нормальна сила N , зусилля підтягування S_c . Так як перед установкою в проектне положення апарат доводиться відривати від землі, щоб підняти і поставити його на фундамент, крани необхідно підбирати з вантажопідйомністю Q_k не меншою, ніж маса апарату G_a . Реакція у точці опори апарату N дорівнює $G_a - S_p$. Максимальне значення цієї сили буде за максимального вугілля підйому.

Зазвичай вона сягає $0,75-0,8 G_a$. На цю силу треба розраховувати питомий тиск на ґрунт і підбирати площу саней. У міру підйому апарату відстань від центру тяжкості O до точки опори A постійно зменшується, тому зусилля підйому падає, а сила N зростає. Коли відстань між проекцією центру тяжіння на основу та точкою опори стає рівним нулю, тоді вертикаль, опущена з центру тяжіння, проходить через точку опори A . Це положення нестійкої рівноваги апарата називається нейтральним становищем. При досягненні його апарат відривається (піднімається). Під дією моменту, що дорівнює $S_p a$ (див. рисунок 5.2, б), апарат прагне повернутися в напрямку стрілки B і, якщо послабити канат вантажного поліспасти, можливе перекидання апарату, тому ослаблення каната поліспасти неприпустимо. Після того як апарат прийняв положення нестійкої рівноваги, він відривається від поверхні, і сила S_p стає рівною G_a . Щоб при відриві апарат плавно перейшов у вертикальне положення та поліспасть не відхилявся від вертикалі, апарат утримують відтяжкою гальмівної

системи. Апарат піднімають на таку висоту, щоб відстань між його днищем та анкерними болтами дорівнювала 0,2 м. Загальна величина підйому h (див. рисунок 5.2, в).

Після цього повертають стрілу разом із апаратом так, щоб вісь апарата збігалася з віссю фундаменту. За допомогою гальмівної відтяжки апарат плавно наводять на фундамент. Гальмівна система складається з лебідки та відтяжки (каната) або трактора та каната, вона утримує апарат від розгойдування або від швидкого повороту його нижньої частини.

Підйом апаратів двома кранами. Цей спосіб використовують, якщо немає кранів вантажопідйомністю, що дорівнює масі апарата. Краще апарат піднімати двома однаковими кранами, але можна і кранами різної вантажопідйомності та зі стрілами різної довжини. Підйом двома кранами ведуть за декількома різними схемами. Вибір тієї чи іншої схеми залежить від можливого положення апарату щодо осі фундаменту, розташування кранів та їх характеристик. Найбільш простий спосіб підйому показано на рисунку 5.3. Апарат укладають на фундамент так, що його вісь проходить через вертикальну вісь фундаменту та точка перетину осей відповідає точці стропування апарата (положення I)

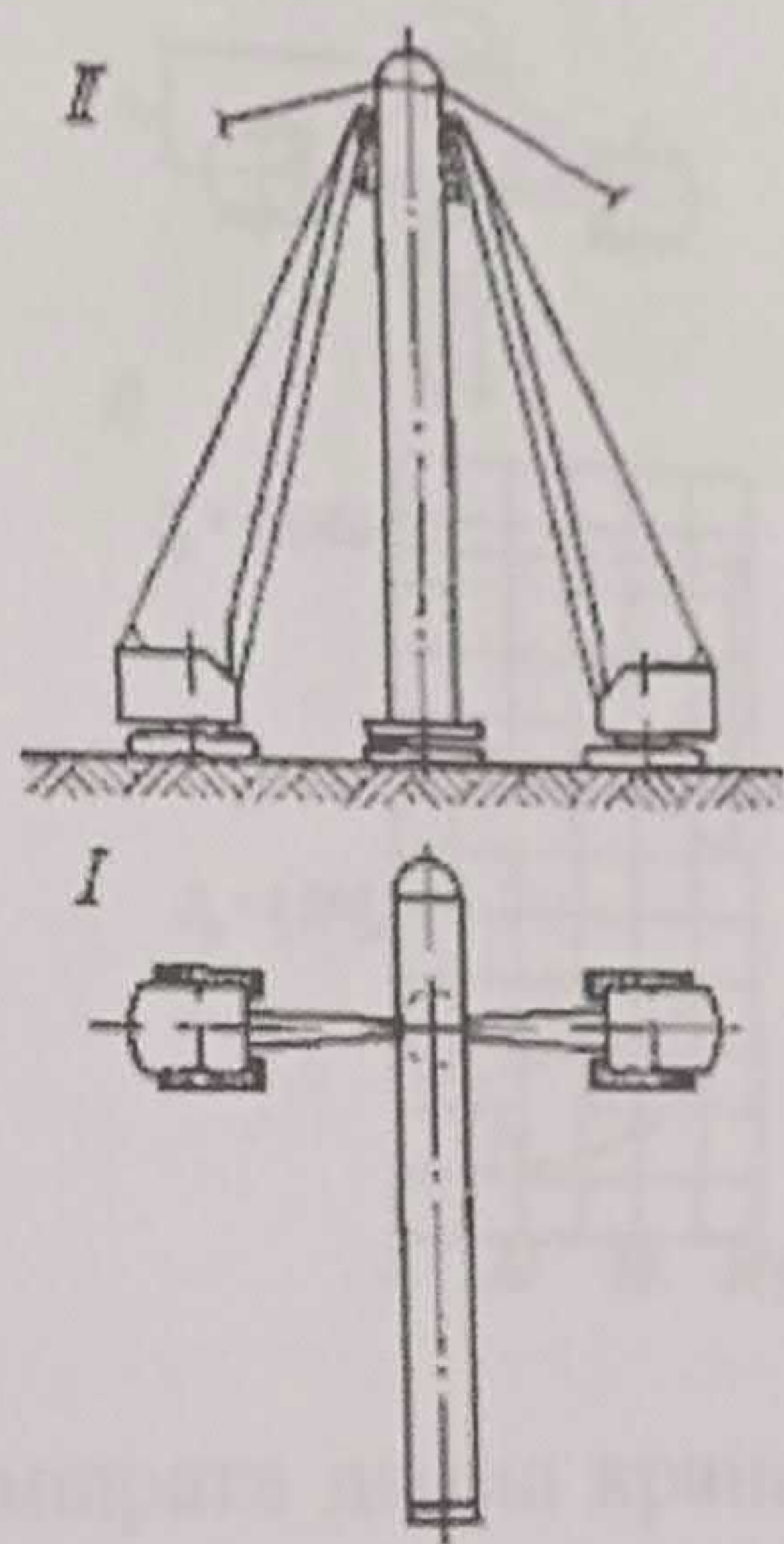


Рис. 5.3 Схема підйому апарату двома кранами тільки підйомом стріл: I — становище перед підйомом; II — положення піднятого апарату

Крани встановлюють так, що їх стріли перпендикулярні до осі апарату і проходять по горизонтальній осі фундаменту. При цьому способі апарат

піднімають так само, як одним краном зі стропуванням у вершини (положення II). Перекіс апарату тут не відбувається, однак для наведення апарату на анкерні болти застосовують відтяжку, а до вершини апарату для усунення розгойдування кріплять розчалки. Цей спосіб простий, якщо фундамент не виступає над поверхнею ґрунту.

На рисунку 5.4 показаний спосіб, при якому апарат укладають щодо фундаменту так, що для його установки на фундамент необхідний не тільки підйом стріл, як у попередньому випадку, але їх поворот. Цим способом можна піднімати апарати під час стропування як у вершини, так і ближче до центру тяжіння. У другому випадку можна піднімати апарати більшої довжини, ніж виліт гака.

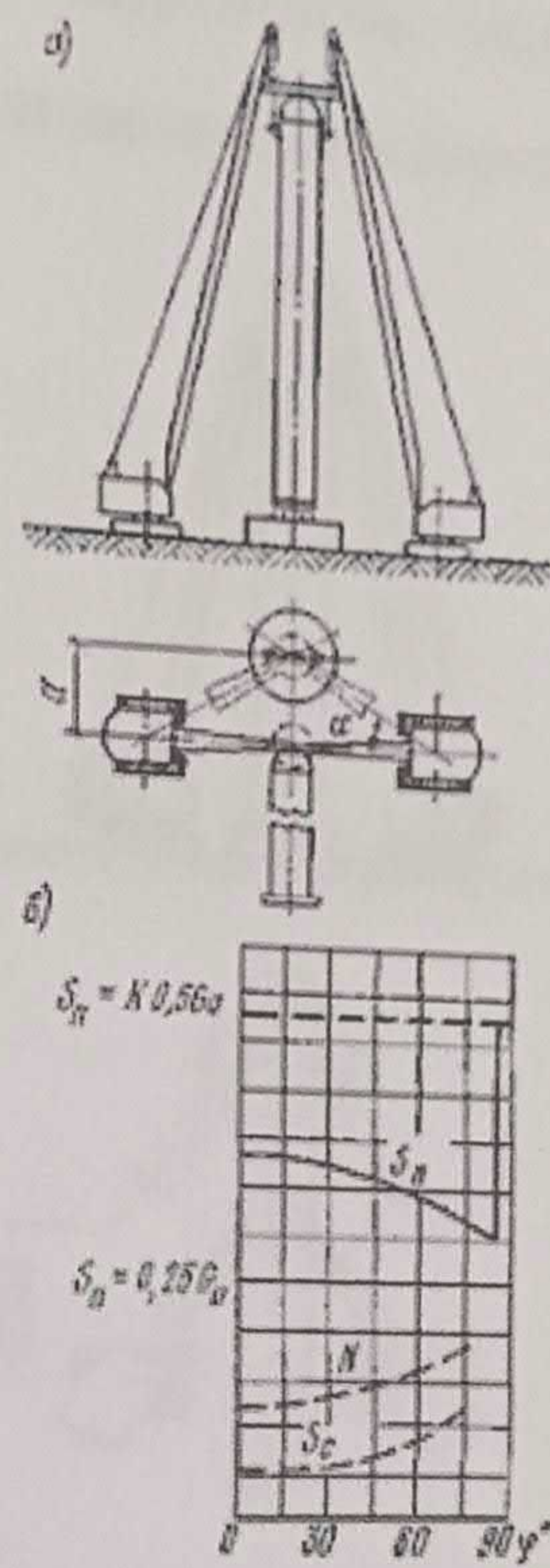


Рис. 5.4 Схеми установки апарату двома кранами підйомом та поворотом стріл: а - зі стропуванням у вершини апарату; б - залежність S_H від кута повороту стріл

Іноді застосовують спосіб, при якому апарат можна укласти на деякій відстані від осі фундаменту, а крани встановити по обидва боки апарата так, щоб стропування здійснювати за вершину апарата. У цьому стріли кранів нахилені під кутом до осі апарата. Піднімаючи стріли та одночасно підтягуючи апарат до фундаменту, піднімають апарат на висоту, необхідну для встановлення його на фундамент. Після підйому апарата крани переміщують у напрямку до фундаменту, який і опускають апарат. Якщо дозволяє висота фундаменту, апарат укладають так, що його вісь збігається з віссю фундаменту, а сам апарат частково лежить на фундаменті (рисунк. 5.5).

Після підйому апарата на необхідну висоту крани пересувають та опускають апарат на фундамент. В цьому випадку можна піднімати апарати більшої довжини при одних і тих же довжинах стріл. Пересування кранів є складною операцією і вимагає підготовки шляху їхнього пересування. Необхідно також дотримуватися однакової швидкості переміщення кранів.

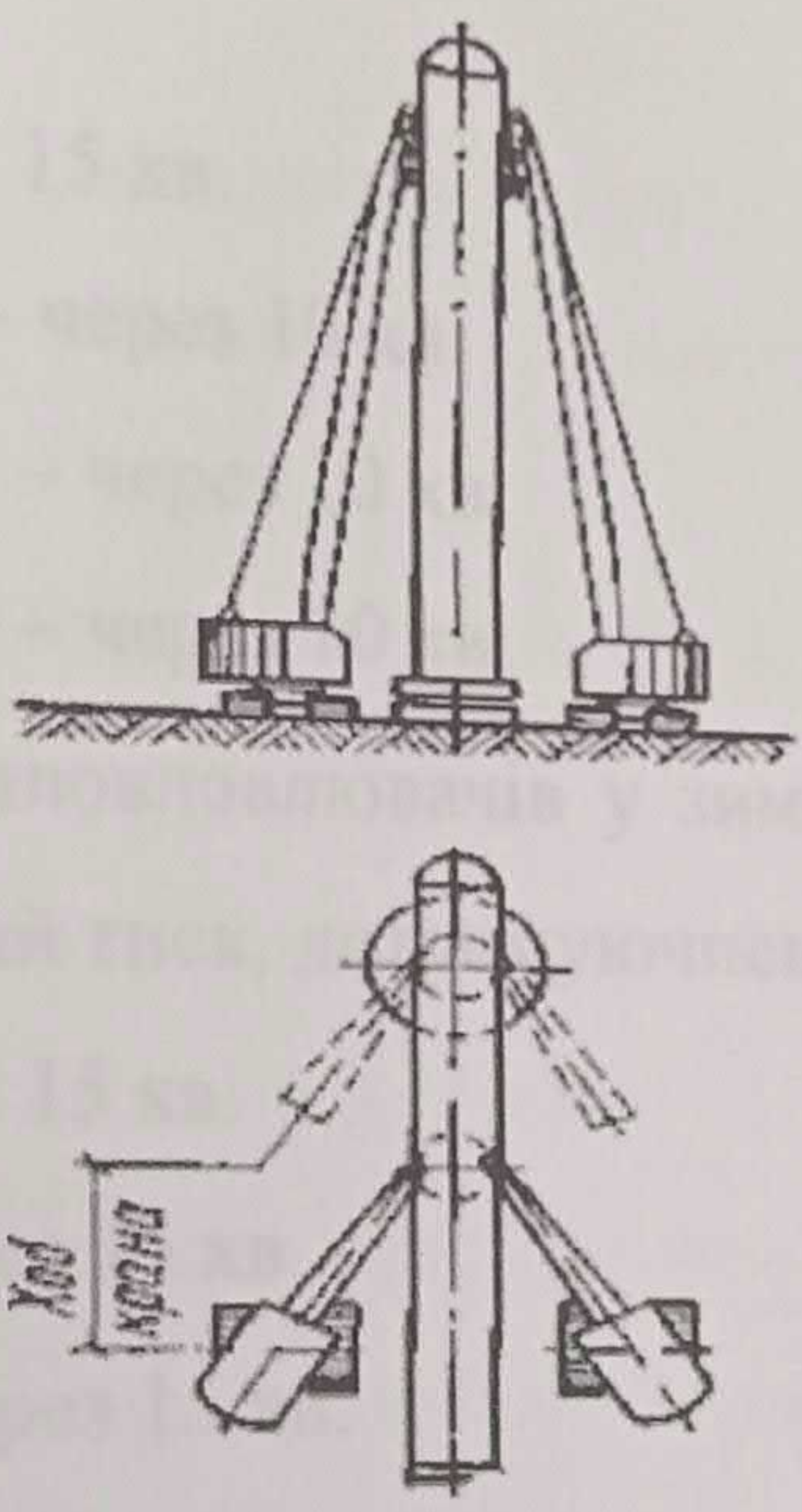


Рис. 5.5 Схема підйому апарату двома кранами з їх переміщенням

5.2 Експлуатація та ремонт обладнання

Експлуатація пиловловлювачів повинна проводитись відповідно до параметрів, зазначених у технічній документації на апарат (у паспорті, складальному кресленні, висновку експертизи промислової безпеки).

Порядок пуску піловловлювача:

1. Відкрити крани подачі газу на манометр та на лініях відбору тиску;
2. Відкрити байпас та витіснити повітря з ПУ.
3. Після видалення повітря закрити кран на свічку.
4. Заповнити піловловлювач природним газом через байпас вхідного крана, спостерігаючи за показаннями манометра. За відсутності байпаса заповнення проводиться через частково відкритий вхідний кран. (Вказати один із варіантів).
5. Підвищення тиску до робітника (при пуску) та зниження його (при зупинці) повинно здійснюватися ступінчасто відповідно до вимог п. 4.7.6. при цьому гідравлічні удари не допускаються.
6. Ступінчасто довести тиск у посудині до робочого, постійно спостерігаючи за показаннями манометра. Послідовність підйому тиску при пуску:

- до 3 кгс/см² – через 15 хв.
- від 3 до 30 кгс/см² – через 10 хв.
- від 30 до 50 кгс/см² – через 10 хв.
- від 50 до 75 кгс/см² – через 10 хв.

При пуску та зупинці піловловлювачів у зимовий час слід ступінчасто знижувати/підвищувати робочий тиск, дотримуючись наступної послідовності:

- до 3 кгс/см² – через 15 хв.
- 3 – 18 кгс/см² – через 15 хв.
- 18 – 37 кгс/см² – через 15 хв.
- 37 – 75 кгс/см² – через 15 хв.

При досягненні робочого тиску відкрити крани на виході та вході газу до ПУ.

Крупним планом кран на байпас.

Продуть піловловлювач.

Відкрити крани (засувки) на дренажній лінії між ПУ та буферною ємністю/колектором Е1 (за наявності).

Відкрити вентилі показчика рівня рідини на рівнемірах. Перевірити працездатність та налаштувати прилади КВП.

Після цього пиловловлювач вважається таким, що знаходиться в роботі. Порядок забезпечення режиму ефективного очищення газу методом тимчасового призупинення одного з пиловловлювачів УОГ в залежності від режиму роботи КЦ:

При тимчасовому призупиненні пиловловлювача за режимом транспорту газу тиск в апараті не наплутується.

Перевірити наявність конденсату методом продування відповідно до вимог п. 5 цієї інструкції.

Закрийте кран на трубопроводі виходу газу.

Закрити кран (засувку) на дренажній лінії між ПУ та буферною ємністю Е1.

У зимовий час періодично, не менше 2-х разів на місяць, слід проводити перевірку наявності конденсату в резервних пиловловлювачах через продувну лінію.

Порядок зупинки пиловловлювача для огляду, очищення, технічного огляду, діагностування та ремонту:

Закрийте кран на трубопроводі входу газу.

Закрийте кран на трубопроводі виходу газу.

Перевірити наявність конденсату методом продування.

Закрити крани (засувки) на дренажній лінії між ПУ та буферною ємністю

Е1. Вимкнути зрівняльну лінію (за наявності).

Відкрити кран на свічку. При виконанні робіт у зимовий час використовувати ступінчасту схему зниження тиску.

Переконайтеся у відсутності тиску в пиловловлювачі.

Розкрити люк-лази відповідно до вимог безпеки.

Злити рідину з вказівників рівня та камер сигналізатора рівня.

Аварійна зупинка пиловловлювача.

Пиловловлювач повинен бути негайно зупинений:

- якщо тиск у посудині піднявся вище за дозволений і не знижується, незважаючи на заходи, вжиті персоналом;
- при виявленні в посудині та її елементах, що працюють під тиском, щільностей, випучин, розриву прокладок;
- при несправності манометра та неможливості визначити тиск по інших приладах;
- при несправності запобіжних блокувальних пристроїв;
- при виникненні пожежі, що безпосередньо загрожує судині, що перебуває під тиском.

Порядок аварійної зупинки пиловловлювача:

1. Закрийте кран на трубопроводі входу газу.
2. Закрийте кран на трубопроводі виходу газу.
3. Закрити крани (засувки) на дренажній лінії між ПУ та буферною емністю E1. Вимкнути зрівняльну лінію (за наявності).
4. Відкрити кран на свічку.
5. Переконається у відсутності тиску в пиловловлювачі.
6. Записати причини аварійної зупинки пиловловлювача в оперативний журнал.
7. Після усунення причин аварійної зупинки пуск ПУ працює.

Кількість одночасно включених у роботу пиловловлювачів в установці очищення газу КЦ визначається залежно від фактичної продуктивності газопроводу та технічних характеристик апаратів.

Ефективна робота пиловловлювачів визначається відповідно до графіка (з паспорта або заводської інструкції з експлуатації). Графік необхідно додати до інструкції.

Продуктивність апарату визначається за формулою і залежить від температури та щільності газу (з паспорта або заводської інструкції з експлуатації). Розрахунок продуктивності необхідно додати до інструкції.

Порядок продування піловловлювачів
у процесі експлуатації необхідно передбачити наступний порядок

• при включеному зливі конденсату з піловловлювачів та працюючої сигналізації рівня рідини із ПУ (вказати один із варіантів):
емності E1 в ємність збору конденсату E2 при спрацьовуванні сигналу «верхній рівень», при цьому перевірку піловловлювачів проводити не потрібно;

• при включеному зливі конденсату з піловловлювачів та працюючої або відсутньої сигналізації буферних ємностей E1 – щодня перевіряти продуванням газу наявність конденсату в буферній ємності E1, при цьому продування піловловлювачів проводити не потрібно;

• при відключеному зливі конденсату з піловловлювачів і відсутніх або непрацездатних буферних ємностях E1 - щодня проводити, через нижній дренаж, перевірку наявності рідини в одному з піловловлювачів, у разі виявлення її наявності зробити продування всіх ПУ установки очищення газу КЦ;

в зимовий час проводити продування ПУ та буферної ємності E1 не менше 2-х разів на місяць для перевірки працездатності продувних та дренажних ліній.

Спосіб продування піловловлювача

Продування виконується бригадою виконавців у складі не менше двох осіб. При цьому один із них контролює тиск у ємності збору конденсату E2.

1. Перевірити положення засувки на трубопроводах між ПУ, E1, E2.
2. Послідовність відкриття/закриття засувки на продувній та дренажних лініях (приклад залежно від схеми УОГ КЦ):

3. відкривається перша по ходу дренажу засувка на продувному патрубку ПУ.

4. відкривається друга по ходу дренажу засувка на продувному патрубку ПУ;

5. відкривається перша по ходу засувка на загальному продувному трубопроводі;
 6. відкривається друга по ходу дренажу засувка (продувна) на загальному продувному трубопроводі і проводиться витіснення рідини та поштовху в ємність E2;
- Всі засувки відкривають повільно, щоб уникнути гідравлічного удару.

Забороняється використовувати запірну арматуру як орган, що дроселює, між ПУ і ємністю збору конденсату E2. Для цієї мети встановлюються спеціальні шайби або пристрої, що звужують на трубопроводі перед ємністю.

При видаленні рідини через дренаж слід стежити за перебігом процесу дренажу. Закінчення виходу рідини супроводжується різкою зміною шуму (тон підвищується), знижується температура за дросельною шайбою, зменшуються поштовхи та вібрація трубопроводів.

Закриття засувки проводиться у зворотній послідовності.

У разі, якщо продувна засувка відкрита на чверть, а скидання газу або рідини з ПУ не відбувається, необхідно засувки закрити для визначення та усунення причини неможливості продування.

Визначити причини неможливості виконання продування ПУ.

Можливими причинами можуть бути:

- неправильно зібрана схема продування,
- засмічення дросельної шайби або пристрою, що звужує,
- замерзання рідини у трубопроводі.

При усуненні цих причин необхідно враховувати, що окремі ділянки продувного трубопроводу можуть перебувати під тиском газу.

У разі утворення льоду в арматурі та трубопроводах відігрів проводити гарячою водою або парою. Відігрівання вогнем заборонено.

Забороняється продування пилословлювачів у разі:

- порушення стану опор, відсутність фіксуючих хомутів дренажного трубопроводу,

• відсутності освітлення установки очищення газу КЦ у темну пору доби.
Пилоловловувач не рідше одного разу на рік повинен бути зупинений і повністю очищений від рідини та хутряних домішок.

5.3 Охорона праці при монтажі та експлуатації обладнання

Охорона праці при роботах, пов'язаних із монтажем і експлуатацією мультициклонного сепаратора-пиловловувача на блочно-комплектній газорозподільчій станції (ГРС), спрямована на забезпечення безпеки працівників, попередження аварій та зниження ризиків, пов'язаних із впливом небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Основою для безпечної роботи є дотримання нормативно-правових актів у сфері охорони праці, таких як ДСТУ, НПАОП, а також вимог виробника обладнання.

Охорона праці при монтажі мультициклонів..

Підготовчі заходи. Провести інструктаж з охорони праці для працівників, залучених до монтажу. Виконати аналіз потенційних ризиків, пов'язаних із роботою на висоті, використанням підйомних механізмів та інших інструментів. Перевірити справність вантажопідіймального обладнання, такелажу та інструментів.

Виконання робіт. Забезпечити працівників засобами індивідуального захисту (ЗІЗ), зокрема касками, рукавичками, захисними окулярами та страхувальними поясами для роботи на висоті. Обмежити доступ сторонніх осіб до зони проведення монтажу. Здійснювати монтаж відповідно до проектної документації, з використанням спеціалізованих механізмів і обладнання, що виключає перевищення допустимих навантажень.

Контроль та перевірка. Після завершення монтажу провести огляд та перевірку закріплення конструкцій, герметичності з'єднань та функціональності системи. Скласти акт готовності обладнання до експлуатації.

Охорона праці при експлуатації мультициклонів.

Організація безпечної роботи. Призначити відповідальних осіб за експлуатацію обладнання. Регулярно проводити інструктажі з безпеки та перевірки знань персоналу. Забезпечити доступ до інструкцій з експлуатації, аварійних планів та документації на обладнання.

Технічне обслуговування. Планово проводити огляди та профілактичне обслуговування мультициклонного сепаратора відповідно до графіка. Виконувати очищення та ремонтні роботи тільки після повного зупинення обладнання та відключення його від газової системи.

Управління ризиками. Уникати роботи з обладнанням при виявленні несправностей, таких як порушення герметичності чи пошкодження елементів. При експлуатації сепаратора в зоні підвищеної вибухонебезпеки дотримуватись правил пожежної безпеки, забороняючи використання відкритого вогню. Забезпечити приміщення, де розташоване обладнання, вентиляцією та системами контролю концентрації газу.

Аварійна готовність. Обладнати ГРС засобами пожежогасіння, датчиками витоку газу та системами аварійного оповіщення. Розробити та відпрацювати алгоритми дій персоналу у разі аварійних ситуацій.

Дотримання правил охорони праці при монтажі та експлуатації мультициклонного сепаратора-пиловловлювача сприяє зменшенню ризиків для здоров'я працівників та забезпечує надійність роботи обладнання. Регулярний контроль, навчання персоналу та використання сучасних засобів захисту є ключовими елементами у запобіганні аварій і надзвичайних ситуацій.

ВІСНОВКИ

Досліджено існуючі методи очищення газу та визначено, що масляні пиловловлювачі мають обмежену ефективність при видаленні дрібних механічних частинок і потребують регулярної заміни масла, що збільшує експлуатаційні витрати. Водночас мультициклонні пиловловлювачі демонструють значно вищу ефективність очищення газу, особливо для дрібних частинок.

Проведено техніко-економічний аналіз, який показав, що термін окупності модернізації становить приблизно 2 роки. Очікуваний щорічний економічний ефект від впровадження нових систем очищення газу становить 295 000 грн/рік, що підтверджує доцільність та економічну вигоду запропонованих рішень.

Отримано результати моделювання газових потоків та механічних домішок у SolidWorks, які продемонстрували високу ефективність мультициклонних систем для видалення забруднень. Аналіз траєкторій руху частинок підтвердив, що конструкція пиловловлювачів забезпечує більш повне очищення газу за рахунок оптимізованого розподілу потоків і використання відцентрових сил.

Використано практичні підходи для оцінки можливості безпосереднього впровадження запропонованих технічних рішень на діючих газорозподільчих станціях. Це дозволило підвищити екологічну безпеку процесу за рахунок зниження витрат на утилізацію відпрацьованого масла та мінімізації ризиків забруднення навколишнього середовища.

Виконане дослідження дозволило підтвердити доцільність і ефективність модернізації існуючих систем очищення природного газу. Запропоновані технічні рішення мають значний потенціал для впровадження, оскільки забезпечують економію ресурсів, знижують експлуатаційні витрати та підвищують надійність роботи обладнання. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розробку нових типів пиловловлювачів з поліпшеними характеристиками для використання в умовах підвищених вимог до очищення газу.

1. Ляпощенко О.О. Аналіз фазової рівноваги та моделювання супутнього теплообміну в процесі інерційно-фільтрувальної сепарації конденсацією / Ляпощенко О.О., Настенко О.В. - Сучасні технології у промисловому виробництві: матеріали та програма III Всеукраїнської міжвузівської науково-технічної конференції, 2014.-Ч.2.-С.98
2. Федішин В.О. Особливості термодинаміки природних газів і проблеми конденсації / Федішин В.О., Пилип Я.А., Багнюк М.М. - Дослідження та методи аналізу, № 4(17), 2005 – с.19-23.
3. Ляпощенко О.О. Фізичні умови утворення та сепарації газоконденсатних систем / Ляпощенко О.О., Настенко О.В. - Сучасні технології в промисловому виробництві: матеріали науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів факультету технічних систем та енергоефективних технологій. — 2013. — Ч.2. — С.136
4. Ляпощенко О.О., Інерційно-фільтруючі сепаратори для очистки промислових газів і розділення газоконденсатних сумішей хімічних і газопереробних виробництв / Ляпощенко О.О., Логвин А.В., Настенко О.В. - Збірник тез доповідей I Міжнародної науково-технічної конференції «Хімічна технологія: наука і виробництво», м. Шостка, 2012, с. 100.
5. Склабінський В.І. Газосепараційне та масообмінне обладнання нафтогазопереробних та хімічних виробництв. Промислові випробування дослідно-промислових зразків / Склабінський В.І., Ляпощенко О.О. - Хімічна промисловість України. - 2005. - №6(71). - с. 24-27
6. Твердохліб, А.А. Високоєфективне нафтогазопромислове сепараційне обладнання газоконденсатних родовищ / А.А.Твердохліб, О.О.Ляпощенко // Бурение: материалы XII Всеукраинской научно-технической конференции. — Донецк: ДонНТУ, 2012. — С.101-102
7. Смілянська, О.Ю. Створення умов протитечійного руху фаз на тарілчастих масообмінно-сепараційних контактних пристроях /

- О.Ю.Смілянська, А.Є.Артюхов, О.О.Ляпощенко // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. — 2011. — №4(41). — С.92-95
8. Склабінський, В.І. Технологічні основи нафто- та газопереробки / В.І.Склабінський, О.О.Ляпощенко, А.Є.Артюхов. — Суми: СумДУ, 2011. — 187 с.
9. Склабінський, В.І. Сучасне газосепараційне обладнання — застосування та перспективи розвитку / В.І.Склабінський, О.О.Ляпощенко, А.В.Логвин // Тези доповідей III міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Хімія та сучасні технології». — Дніпропетровськ, 2007. — С.214.
10. Склабінський, В.І. Інерційно-фільтруюче сепараційне обладнання установок термохімічної переробки нафтових шламів нафтопромислових виробництв / В.І.Склабінський, О.О.Ляпощенко, А.В.Логвин // Збірник матеріалів I Міжнародного конгресу «Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування». — Львів: Вид-во Національного університету «Львівська політехніка», 2009. — С.65.
11. Склабінський В.І. Газосепараційне та масообмінне обладнання нафтогазопереробних та хімічних виробництв. Промислові випробування досліднопромислових зразків / В.І.Склабінський, О.О.Ляпощенко // Хімічна промисловість України. — 2005. — №6(71). — С.24-27
12. Рижков, С.С. Дослідження температурного поля в елементі сепараційного обладнання методом голографічної інтерферометрії / С.С.Рижков, Ю.Г.Золотий, Д.В.Довгань // Вісн. НУК. — Миколаїв, 2011. — № 5. — Режим доступу : <http://evn.nuos.edu.ua/article/view/24486/21990>
13. Makowski, Ł., Łaskowski, J., Tyrański, M (2021). Influence of Modification of the Geometry of the Wave-Plate Mist Eliminators on the Droplet Removal Efficiency -CFD Modelling. Journal 9(9): 1499. <https://doi.org/10.3390/pr9091499>
14. Yuan, S., Fan, Y., Li, J., Zhou, S., Cao, Y (2018). Influence of droplet coalescence and breakup on the separation process in wave-plate separators. The

636. <https://doi.org/10.1002/cjce.23089>
15. Chen X., Liu G., Jin W (2020). Natural Gas Purification by Asymmetric Membranes: An Overview. Green Energy & Environment, Journal 6(2): 176–192. <https://doi.org/10.1016/j.gee.2020.08.010>
16. Mohshim D. F., Mukhtar H. b., Man Z., Nasir R (2013). Latest Development on Membrane Fabrication for Natural Gas Purification: A Review. Journal of Engineering. Journal 2013(1): 1–7. <https://doi.org/10.1155/2013/101746>
17. Perez J. A. S., Cheng A., Ruan X., Jiang X., Wang H., He G., Xiao W (2022). Design and Economic Evaluation of a Hybrid Membrane Separation Process from Multiple Refinery Gases Using a Graphic Synthesis Method. Journal 10(5): 820. <https://doi.org/10.3390/pr10050820>
18. Zhang Y. P., Wang S. Z., Jing Z. F., Lv M. M., Luo X. R (2014). Design and Simulation of Supersonic Swirling Separator. Advanced Materials Research. Journal 1008-1009: 1148–1153. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.1008-1009.1148>
19. Altam R. A., Lemma T. A., Jufar S. R (2017). Trends in Supersonic Separator design development. MATEC Web of Conferences, 131, 03006. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201713103006>
20. Sklabinskyi V., Liaposhchenko O., Pavlenko I., Lytvynenko O., Demianenko M (2019). Modelling of Liquid's Distribution and Migration in the Fibrous Filter Layer in the Process of Inertial-Filtering Separation. In: Ivanov, V., et al. Advances in Design, Simulation and Manufacturing. DSMIE 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering, pp. 489–497. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-93587-4_51