

Кафедра хімічної інженерії

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»  
освітня програма «Обладнання хімічних виробництв  
і підприємств будівельних матеріалів»

Тема роботи: «Установка очищення природного газу. Розробити та  
модернізувати абсорбційну колону»

Виконав:

студент групи ХМ.м-21/1

Луценко Роман Миколайович

\_\_\_\_\_   
підпис

Залікова книжка

№ 22510359

Кваліфікаційна робота магістра

захищена на засіданні ЕК

з оцінкою \_\_\_\_\_

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ р.

Керівник:

докт. техн. наук, проф.

Ляпощенко О.О.

\_\_\_\_\_   
підпис, дата

Підпис голови

(заступника голови) комісії

## ЗМІСТ

	стр.
Вступ	4
1 Техніко-економічне оцінювання	7
2 Технологічна частина	14
2.1 Опис технологічної схеми очищення газу від кислих компонентів	14
2.2 Теоретичні основи процесу	17
2.3 Опис конструкції проектованого апарата	20
3 Технологічні розрахунки процесу та апарату	24
3.1 Дані для розрахунку	24
3.2 Матеріальний баланс процесу	25
3.3 Тепловий баланс процесу	30
3.4 Конструктивні розрахунки	31
3.5 Визначення гідравлічного опору	43
3.6 Вибір допоміжного обладнання	45
4 Розрахунок апарата на міцність і герметичність	49
4.1 Вибір конструкційних матеріалів	49
4.2 Розрахунок товщини стінки обичайки абсорбера	50
4.3 Розрахунок товщини стінки днища	52
4.4 Розрахунок фланцевого з'єднання	53
4.5 Розрахунок і вибір опори	61
5 Будівельно-монтажна частина	63
5.1 Обґрунтування вибору варіанта компоновання обладнання	63
5.2 Обґрунтування компоновання основного технологічного обладнання установки	68
5.3 Трасування трубопроводів	70
5.4 Монтаж та ремонт об'єкту дослідження	72

					<i>XI.A.00.00.00 ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Луценко</i>				<i>Адсорбційна колона установки очищення природного газу від домішок кислих газів</i>	<i>Лист.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Ляпощенко</i>						3	142
<i>Реценз.</i>						<i>ХМ.М-21/2</i>		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Ляпощенко</i>							
<i>Затверд.</i>								
					<i>Пояснювальна записка</i>			

6	Автоматика та автоматизація технологічного процесу	88
6.1	Оцінка рівня автоматизації технологічного процесу	88
6.2	Аналіз літературних рекомендацій з автоматизації технологічного процесу	90
6.3	Автоматизація технологічного процесу	91
7.	Охорона праці	103
7.1	Аналіз потенційних небезпек та шкідливостей на підприємстві	103
7.2	Методика розрахунку основного потенційно-небезпечного фактора	118
8	Економічна частина	122
8.1	Загальна характеристика підприємства	122
8.2	Система контролю якості на підприємстві	124
8.3	Методика розрахунку собівартості апарату	128
	Висновок	139
	Список літератури	141

**ДОДАТКИ:**

А	Схема технологічна XI.A.00.00.00 СЗ	1 арк
Б	Колонна абсорбційна XI.A.00.00.00 СБ Специфікації XI.A.00.00.00 СП	1 арк
В	Тарілка ТСН-2 XI.A.03.00.00 СБ Специфікації XI.A.03.00.00 СП	1 арк
Г	Опора XI.A.05.00.00 СБ Специфікації XI.A.03.00.00 СП	1 арк
Д	Колонна абсорбційна XI.A.00.00.01 МК	1 арк
Е	3D модель абсорбера XI.A.00.00.02 МК	1 арк
Ж	Тривимірна модель установки XI.A.00.00.03 МК	1 арк
З	Параметри технологічного процесу очищення газу	2 арк
К	Схема автоматизації XI.A.00.00.00 АЗ	1 арк

## Вступ

Газорідинні процеси розділення газових сумішей використовують у хімічній, нафтохімічній, газовій та суміжних галузях промисловості. Найбільшого поширення набули хемосорбційні процеси. При протіканні в рідині хімічної реакції досягається високий коефіцієнт вилучення цільового компонента з газу за невеликої витрати хемосорбенту порівняно з процесами фізичної абсорбції.

Успіх промислового здійснення хемосорбційного процесу значною мірою визначається вибором надійної конструкції апарата і точністю його розрахунку. Ці завдання можуть бути вирішені тільки із залученням результатів вивчення кінетичних закономірностей процесу хемосорбції.

Нині найповніше розроблено методи розрахунку масопередачі лише з необоротною реакцією. Тим часом, багато практичних завдань належать до процесів масопередачі з оборотною хімічною реакцією. Відомі випадки, коли хемосорбція у верхній частині апарата супроводжується незворотною реакцією, а в нижній - оборотною. Звідси необхідність аналізу й узагальнення теоретичних основ масопередачі з хімічною реакцією довільної швидкості.

Перебіг хемосорбційних процесів залежить від гідродинаміки рідинних потоків, але може, своєю чергою, суттєво впливати на гідродинамічну обстановку (нестабільність поверхні - поверхнева конвекція). Поверхнева конвекція, мабуть, супроводжує з різною інтенсивністю більшість хемосорбційних процесів і зокрема практично важливі процеси поглинання кислих газів лужними хемосорбентами. Важливість вивчення поверхневої конвекції пов'язана з можливістю значного збільшення швидкості масопередачі. Вивчення механізму впливу поверхневої конвекції на масопередачу дасть змогу не тільки врахувати вплив поверхневої конвекції, а й передбачити системи, що володіють цим ефектом.

Недостатньо розроблено методи розрахунку абсорберів із хімічною реакцією. Наявні в літературі рівняння дають змогу розрахувати локальну швидкість процесу. Швидкість хемосорбції та коефіцієнт хемосорбції складно

									Лист
									5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	XI.A.00.00.00 ПЗ				

залежать від складу рідини і газу і є різко вираженою функцією подовжньої координати (уздовж поверхні контакту фаз), що враховується під час розрахунку. Слід враховувати також вплив позовжнього перемішування на швидкість масопередачі, супроводжуваної хімічною реакцією.

					<i>XI.A.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпись</i>	<i>Дата</i>		6

## 1 Техніко-економічне оцінювання

Основним процесом, що відбувається на аміновому сіркоочищенні, є абсорбція сірководню, діоксиду вуглецю в колонному апараті (абсорбері), забезпеченому масообмінними пристроями. Від типу застосованих масообмінних пристроїв і поглиначів залежать продуктивність сіркоочисної установки, якість очищення газу і селективність. Розроблено і випускається велика кількість різного типу поглиначів для конкретного процесу.

У процесі роботи визначатимуться: компонентний склад експанзерних і кислих, сирих і очищених газів, вміст кислих компонентів у регенованому та насиченому розчині залежно від витрати поглинача та газу, що очищується, ступінь очищення залежно від поглинача у розчині, питома витрата поглиначів, поглинальна здатність, витрата пари та режимні параметри процесу, а також вміст речовини, що утворюється у розчині в процесі абсорбції та десорбції.

Природні гази поряд з вуглеводнями можуть містити кислі гази - діоксид вуглецю ( $CO_2$ ), сірководень ( $H_2S$ ), інші домішки, що ускладнюють за певних умов транспортування та використання газів, а для запобігання можливої появи ускладнень під час перероблення, транспортування та використання необхідно розробити план заходів, спрямованих на досягнення встановлених нормами показників за вмістом небажаних компонентів у природному газі. З огляду на це, під час вибору процесів очищення газів основним критерієм вибору між технологіями і поглиначами розглядається можливість досягнення заданої глибини вилучення "небажаних" компонентів і використання їх для виробництва відповідних товарних продуктів.

У промисловості застосовують велику кількість методів і технологій, які розрізняються за засобами очищення (поглинач), ступенем вилучення кислих компонентів і обсягами перероблюваної сировини.

Процес очищення природного газу на УКПГ Мингбулак при застосуванні як амінового абсорбенту MEA характеризувався такими недоліками, як високий ступінь корозійної активності, високі витрати розчинника, відносно великі

									Лист
									7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ХІ.А.00.00.00 ПЗ				

втрати розчинника, високі енерговитрати на його регенерацію, що пов'язані з властивостями МЕА.

Метою дослідження є вивчення процесу очищення газу від кислих компонентів з використанням методів амінового очищення, а також чинників, що впливають на його ефективність, погіршення яких може призвести до експлуатаційних проблем, що потребують негайного вирішення.

#### Хімізм взаємодії

Взаємодія  $H_2S$  і  $CO_2$  з амінами відбувається відповідно до типу аміну. Від наявності замісника біля атома азоту залежить реакційна здатність аміну.

МДЕА (третинний амін) порівняно з МЕА більш селективний щодо видалення сірководню, що характеризується зазвичай кількістю неабсорбованого діоксиду вуглецю.

Різниця у швидкостях реакції амінів з  $H_2S$  і  $CO_2$  призводить до того, що під час поглинання  $H_2S$  амінами опір масопередачі зосереджено в газовій фазі, а під час поглинання  $CO_2$  - у рідкій. Різниця у швидкостях реакцій МДЕА з  $H_2S$  (миттєва реакція) і з  $CO_2$  (повільна реакція) набагато значніша, ніж у вторинних амінів. Цей ефект швидкої реакції з сірководнем і повільної з  $CO_2$  використовується для селективного вилучення сірководню із сумішей його з  $CO_2$  метилдіетаноламіном. При цьому абсорбер повинен мати такі розміри, щоб забезпечити час перебування в ньому газу, достатній для поглинання практично всього сірководню, але недостатній для вилучення істотної кількості двоокису вуглецю. Селективність процесу за сірководнем зростає зі зменшенням часу контакту газ - рідина.

#### Застосування МЕА та МДЕА

МЕА використовується для неселективного видалення кислих компонентів. Процес очищення газів розчином 15-30 % го МЕА забезпечує необхідне очищення газу від  $H_2S$  і  $CO_2$ , однак недоліком МЕА є підвищені теплові витрати на регенерацію абсорбенту і зменшення кількості  $CO_2$  в товарному газі.

									Лист
									8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ХІ.А.00.00.00 ПЗ				

МДЕА забезпечує можливість селективного вилучення H<sub>2</sub>S у присутності CO<sub>2</sub>, отже, збільшення частки H<sub>2</sub>S у кислому газі, а переваги МДЕА, як селективного поглинача, особливо проявляються під час очищення малосірчистих газів, у яких співвідношення H<sub>2</sub>S до CO<sub>2</sub> менше за 1. Недоліком селективної технології є збільшення баластної CO<sub>2</sub> у товарному газі, який транспортується.

Переваги МДЕА щодо МЕА:

- вища термічна стабільність і менша корозійна активність розчину порівняно з МЕА;
- менша теплота реакції з H<sub>2</sub>S і CO<sub>2</sub>, що дає змогу знизити кількість теплоти на регенерацію абсорбенту;
- не утворює нерегенованих амідів під час взаємодії з карбоновими кислотами, інгібіторами корозії, отже, не відбувається втрат аміну,
- не утворюються тверді осади на внутрішніх поверхнях теплообмінників;
- низький тиск насичених парів, що зменшує втрати аміну за рахунок летючості;
- необхідна витрата МЕА набагато вища, ніж для МДЕА.

На основі отриманих даних моделювання і властивостей МЕА та МДЕА, а також з економічного погляду найдоцільніше використовувати для процесу сіркоочищення природного газу 40 % ний МДЕА, оскільки:

- корозійна активність у МДЕА низька по відношенню до МЕА;
- відносне збільшення H<sub>2</sub>S у розчині знижує навантаження на фільтри, через зменшення кількості механічних домішок, продуктів деградації, корозії тощо;
- об'єм товарного газу збільшується по відношенню до 15-20 % -ного МЕА;
- зменшується кількість кислого газу, при цьому збільшується H<sub>2</sub>S;
- зменшується споживання електричної енергії за рахунок зниження питомої витрати аміну і теплової енергії в межах 20-30 %;
- втрати МДЕА нижчі щодо МЕА;

									Лист
									9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	XI.A.00.00.00 ПЗ				



питома витрата аміну на регенерацію - за 40 % МДЕА зменшується по відношенню до 15-20 % МЕА, удвічі по відношенню до наявного розчину; через зменшення втрати, витрати на закупівлю МДЕА відносно низькі.

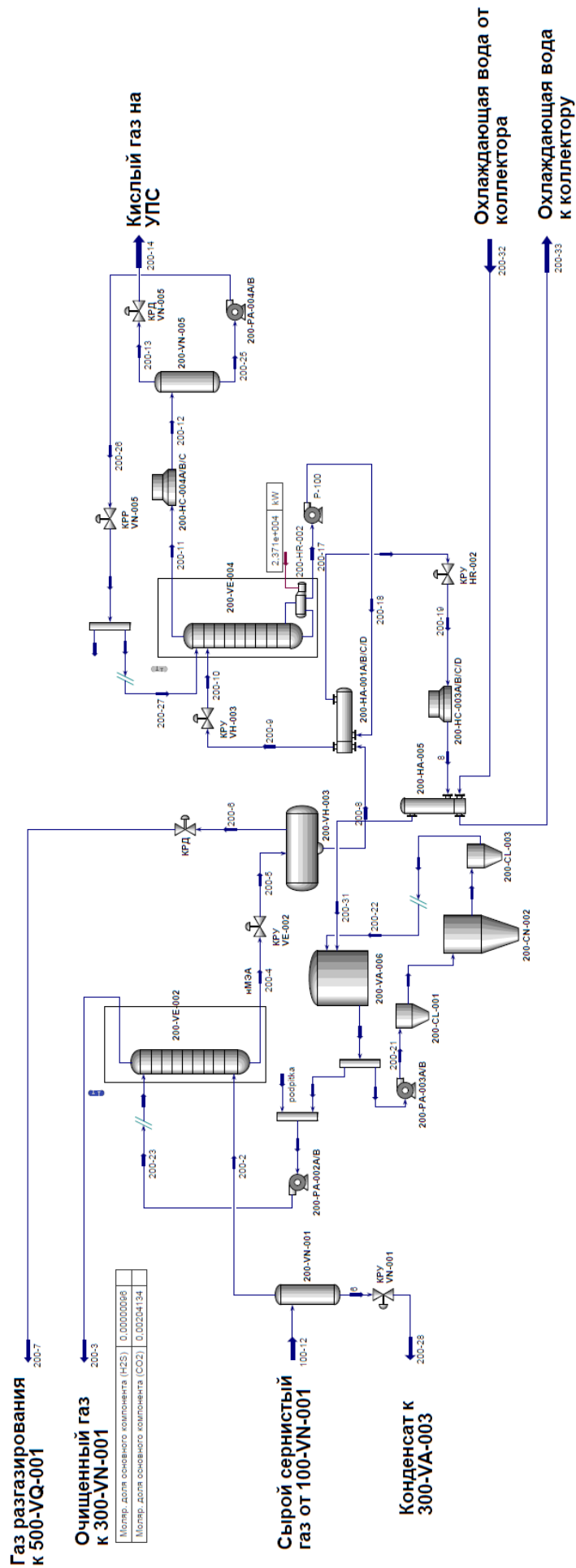
Ідеального поглинача, що максимально задовольняє всім вимогам, не існує, а ті, що використовуються на практиці, - не завжди відповідають їм.

Вибір значень концентрацій того чи іншого аміну залежить від вмісту сірчистих сполук. Відхилення від цих значень є неприпустимим, тому що ці зміни негативно впливають на параметри експлуатації установки, на додаткові витрати, на якість продукції та інші.

У таблиці 1 представлені основні аналітичні показники моделювання. Результати, що показують залежність масової витрати розчинів аміну для досягнення нормативних значень за вмістом кислих компонентів, а також економічні аспекти реалізації кожного варіанта, що розглядається.

Таблиця 1 Порівняльні основні показники моделювання

N п/п	Найменування	Амінові розчини	
		40% МДЭА+ 60% H <sub>2</sub> O	15% МЭА+ 85 % H <sub>2</sub> O
1	Розхід газу, н.м <sup>3</sup> /h	49500	49500
2	Розхід аміна, м <sup>3</sup> /h	140	290
3	Розміри абсорбера, мм	1400	1600
	діаметр	10000	12000
3	висота шару насадки		
	4	Питомий розхід, l/m <sup>3</sup>	3,129
5	Тепловая энергия, кВт	9398	23710
6	Очищенный газ		
	H <sub>2</sub> S, mg/m <sup>3</sup>	5	1,36
6	CO <sub>2</sub> , %	1,4	0,2
	7	Кислый газ	
Розхід н.м <sup>3</sup> /h		5402	6121
7	H <sub>2</sub> S, %	49,37	43,75
	CO <sub>2</sub> , %	30,67	35,95



**Рисунок 1.1** Схема амінової очистки із застосуванням розчину МЕА

## Матеріально-тепловий баланс амінової очистки із застосуванням розчину МЕА

		Material Streams												
		200-10	200-11	200-12	200-13	200-14	200-17	200-18	200-19	200-2				
Вapour Fraction		0,0003	1,0000	0,1894	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	200-2		
Temperature	C	105,0	108,0	45,00	43,76	43,64	121,2	121,3	73,87	38,30				
Pressure	MPag	0,1487	7,867e-002	5,868e-002	3,868e-002	2,868e-002	9,868e-002	0,4000	0,3000	7,559				
Molar Flow	Nm3/h(gas)	3,193e+005	3,176e+004	3,176e+004	6121	6121	3,132e+005	3,132e+005	3,132e+005	4,946e+004				
Mass Flow	kg/h	2,983e+005	3,937e+004	3,937e+004	1,146e+004	1,146e+004	2,868e+005	2,868e+005	2,868e+005	5,435e+004				
Массовая плотность	kg/m3	804,7	1,598	8,911	2,253	2,092	913,9	938,8	975,5	101,3				
Вязкость	cP		1,368e-002		1,299e-002	1,299e-002	0,2928	0,2926	0,5214	1,545e-002				
		200-21	200-22	200-23	200-25	200-26	200-27	200-28	200-3	200-31				
Вapour Fraction		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,5366	1,0000	0,0000				
Temperature	C	45,02	45,02	46,00	43,76	43,81	43,83	12,53	46,27	45,00				
Pressure	MPag	0,1987	0,1387	7,799	3,868e-002	0,2487	0,1487	2,399	7,449	0,2000				
Molar Flow	Nm3/h(gas)	1,648e+004	1,647e+004	3,138e+005	2,563e+004	2,563e+004	2,562e+004	0,0000	4,342e+004	3,132e+005				
Mass Flow	kg/h	1,510e+004	1,509e+004	2,873e+005	2,791e+004	2,791e+004	2,790e+004	0,0000	4,300e+004	2,868e+005				
Массовая плотность	kg/m3	992,4	992,1	994,6	804,9	804,9	804,9	75,69	80,72	992,4				
Вязкость	cP	0,8608	0,8612	0,8437	0,4059	0,4056	0,4054		1,406e-002	0,8611				
		200-32	200-33	200-4	200-5	200-6	200-7	200-8	200-9	подпитка				
Вapour Fraction		0,0000	0,0000	0,0000	0,0011	1,0000	1,0000	0,0000	0,0001	0,0000				
Temperature	C	30,00	30,00	55,98	57,25	57,25	56,72	57,25	105,0	40,00				
Pressure	MPag	0,4000	0,3500	7,499	0,4987	0,4987	0,3987	0,4987	0,4487	0,1987				
Molar Flow	Nm3/h(gas)	0,0000	0,0000	3,197e+005	3,197e+005	343,8	343,8	3,193e+005	3,193e+005	621,4				
Mass Flow	kg/h	0,0000	0,0000	2,986e+005	2,986e+005	309,4	309,4	2,983e+005	2,983e+005	499,5				
Массовая плотность	kg/m3	1004	1004	954,1	782,6	4,473	3,724	955,0	910,8	992,4				
Вязкость	cP	0,7972	0,7972	0,7049		1,196e-002	1,193e-002	0,6941		0,6711				

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

XI.A.00.00.00 ПЗ

Лист

12

Таблиця 1.1 Компонентний склад потоків

	Compositions													
	200-10	200-11	200-12	200-13	200-14	200-17	200-18	200-19	200-2	200-21	200-22	200-23	200-25	200-26
Comp Mole Frac (Methane)	0,0001	0,0009	0,0009	0,0049	0,0049	0,0000	0,0000	0,0000	0,6420	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (Ethane)	0,0000	0,0001	0,0001	0,0007	0,0007	0,0000	0,0000	0,0000	0,1087	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (Propane)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0639	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (i-Butane)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0209	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (n-Butane)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0202	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (i-Pentane)	0,0067	0,1219	0,1219	0,1393	0,1393	0,0041	0,0041	0,0041	0,0171	0,0041	0,0043	0,0041	0,1177	0,1177
Comp Mole Frac (n-Pentane)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (n-Hexane)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (n-Heptane)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (n-Octane)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (n-Nonane)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (n-Decane)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (H2O)	0,9244	0,7224	0,7224	0,0574	0,0574	0,9414	0,9414	0,9414	0,0011	0,9413	0,9410	0,9415	0,8813	0,8813
Comp Mole Frac (CO2)	0,0099	0,0695	0,0695	0,3595	0,3595	0,0030	0,0030	0,0030	0,0462	0,0031	0,0031	0,0030	0,0002	0,0002
Comp Mole Frac (Nitrogen)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0257	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (H2S)	0,0086	0,0851	0,0851	0,4378	0,4378	0,0002	0,0002	0,0002	0,0542	0,0002	0,0002	0,0002	0,0008	0,0008
Comp Mole Frac (Methanol)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (DEGlycol)														
Comp Mole Frac (MDEAmine)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (MEAmine)	0,0503	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0513	0,0513	0,0513		0,0513	0,0513	0,0512	0,0000	0,0000
	200-27	200-28	200-3	200-31	200-32	200-33	200-4	200-5	200-6	200-7	200-8	200-9	podpitka	
Comp Mole Frac (Methane)	0,0000	0,3597	0,7246	0,0000	0,0000	0,0000	0,0009	0,0009	0,7802	0,7802	0,0001	0,0001	0,0000	
Comp Mole Frac (Ethane)	0,0000	0,1325	0,1229	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,1027	0,1027	0,0000	0,0000	0,0000	
Comp Mole Frac (Propane)	0,0000	0,1397	0,0724	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0415	0,0415	0,0000	0,0000	0,0000	
Comp Mole Frac (i-Butane)	0,0000	0,0702	0,0237	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0144	0,0144	0,0000	0,0000	0,0000	
Comp Mole Frac (n-Butane)	0,0000	0,0789	0,0229	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0104	0,0104	0,0000	0,0000	0,0000	
Comp Mole Frac (i-Pentane)	0,1177	0,1021	0,0005	0,0041	0,0000	0,0000	0,0067	0,0067	0,0028	0,0028	0,0067	0,0067	0,0000	
Comp Mole Frac (n-Pentane)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
Comp Mole Frac (n-Hexane)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
Comp Mole Frac (n-Heptane)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
Comp Mole Frac (n-Octane)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
Comp Mole Frac (n-Nonane)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
Comp Mole Frac (n-Decane)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
Comp Mole Frac (H2O)	0,8812	0,0010	0,0017	0,9414	1,0000	1,0000	0,9234	0,9234	0,0281	0,0281	0,9244	0,9244	1,0000	
Comp Mole Frac (CO2)	0,0002	0,0375	0,0020	0,0030	0,0000	0,0000	0,0099	0,0099	0,0005	0,0005	0,0099	0,0099	0,0000	
Comp Mole Frac (Nitrogen)	0,0000	0,0086	0,0291	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0153	0,0153	0,0000	0,0000	0,0000	
Comp Mole Frac (H2S)	0,0008	0,0698	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0086	0,0086	0,0041	0,0041	0,0086	0,0086	0,0000	
Comp Mole Frac (Methanol)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
Comp Mole Frac (DEGlycol)														
Comp Mole Frac (MDEAmine)	0,0000		0,0000	0,0000			0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (MEAmine)	0,0000		0,0000	0,0513			0,0503	0,0503	0,0000	0,0000	0,0503	0,0503	0,0000	

## 2 Технологічна частина

### 2.1 Опис технологічної схеми очищення газу від кислих компонентів

Установка очищення (рисунок 2.1) призначена для очищення газу від кислих компонентів, що необхідне для виконання вимог щодо їх вмісту в газі.

Очищений від краплинної рідини та механічних домішок газ, що містить кислі компоненти, трубопроводом подається в кубову частину абсорбера VE-002, проходячи знизу догори, в абсорбері VE-002 технологічний газ контактує з розчином МДЕА, який рухається зверху донизу. У результаті взаємодії (хемосорбції),  $H_2S$ ,  $CO_2$ , що міститься в газі, поглинається розчином МДЕА, таким чином, забезпечуючи необхідний ступінь очищення технологічного газу.

Очищений газ із верху абсорбера VE-002 трубопроводом спрямовується в сепаратор, призначений для уловлювання МДЕА, що виноситься потоком газу, і далі на установку підготовки газу.

Насичений розчин МДЕА з кубової частини абсорбера VE-002 подається в газовіддільник VH-003. У газовіддільнику відбувається відокремлення вуглеводневого газу, поглиненого МДЕА в системі. Газ, що виділився, під тиском 0,5 МПа, з незначним вмістом  $H_2S$ ,  $CO_2$  відводиться з газовіддільника і прямує на вхід КС.

Розгазований МДЕА трубопроводом зі встановленою на ньому запірною арматурою, через теплообмінник HA-001, з тиском 0,4 МПа і температурою 100-105°C надходить у середню частину десорбера VE-004. Десорбер VE-004 являє собою апарат колонного типу, призначений для регенерації розчину МДЕА. Регенерація заснована на процесі ректифікації.

МДЕА, що стікає по десорберу, накопичується в кубовій частині колони і далі подається у випарник HR-002 для нагрівання та випаровування насичених  $H_2S$ ,  $CO_2$ . Нагрітий в HR-002 МДЕА під тиском 0,2 МПа подається в кубову частину VE-004, де відбувається виділення  $H_2S$ ,  $CO_2$  з гарячого розчину.

Регенований МДЕА із випарника, через теплообмінник HA-001, призначений для попереднього охолодження, надходить в апарат повітряного охолодження HC-003. Охолоджений регенований МДЕА накопичується в

									Лист
									14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	XI.A.00.00.00 ПЗ				

рефлюкській ємності абсорбера Е1 і установкою насосів аміну подається у верхню частину абсорбера А.

Кислі газу і пари води, що виділилися в процесі регенерації МДЕА, з верхньої частини десорбера VE-004 з температурою 100-110°C спрямовують до апарата повітряного охолодження HC-004, де охолоджують до температури 40-45°C. Парорідинна суміш потрапляє в рефлюксну ємність VN-005. Кислі газу з ємності VN-005 відводяться на установку отримання сірки. З ємності VN-005 вода з незначним вмістом МДЕА подається установкою насосів у верхню частину десорбера на зрошення.

Нагрівання МДЕА у випарнику HR-002 здійснюється теплоносієм, в якості якого виступає масло стаціонарної системи маслопостачання. Циркуляція масла в контурі теплоносія здійснюється за допомогою установки насосів теплоносія. Нагрівання масла до температури 230-250°C здійснюється в підігрівачі оливи ННТ.

Для зниження рівня піноутворення в процесах абсорбції та регенерації МДЕА передбачено подавання антиспінювача в потік регенованого МДЕА. Подача антиспінювача здійснюється з ємності Е5 насосом Н2, періодично.

					<i>ХІ.А.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпись</i>	<i>Дата</i>		15

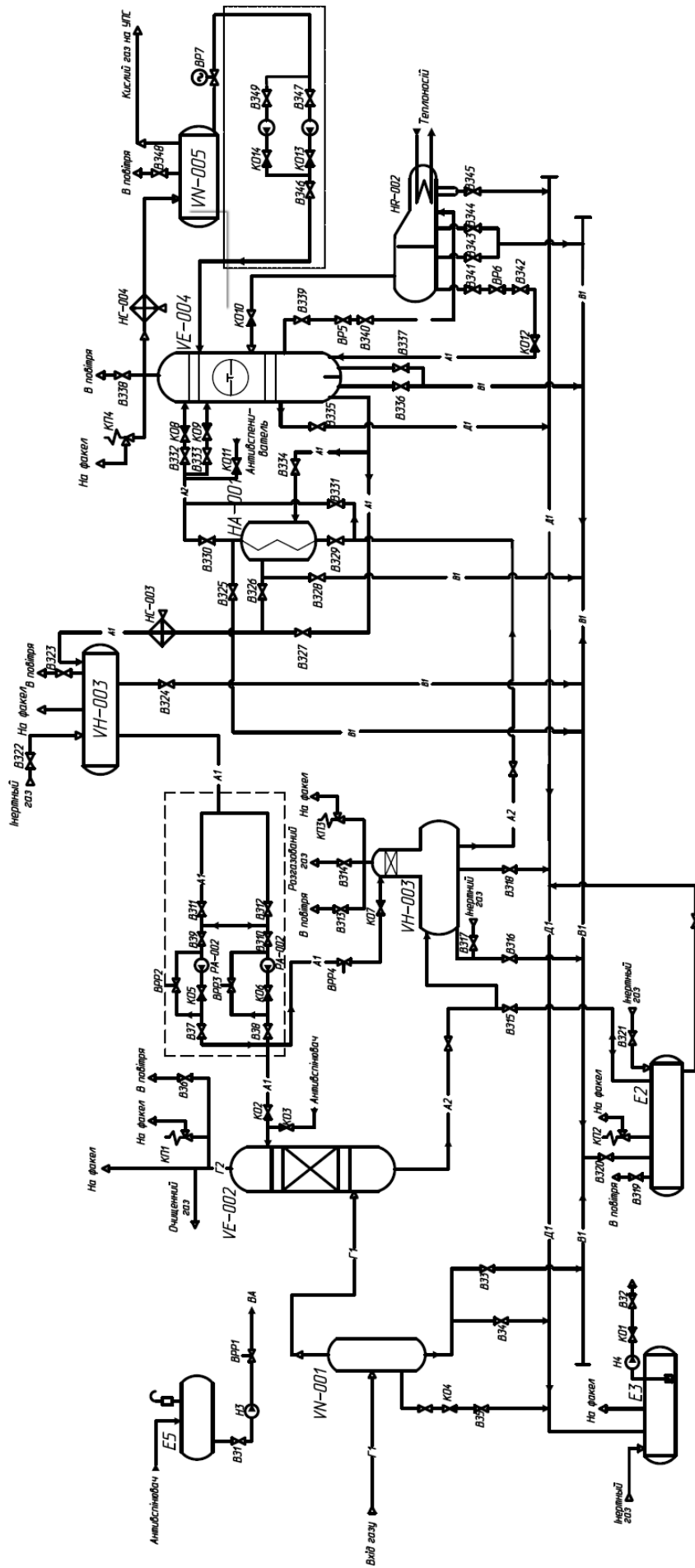


Рисунок 2.1 - Технологічна схема установки підготовки природного газу.  
 VE-002 - абсорбер; VE-004 - десорбер; VH-003 - газовіддільник; HR-002 - випарник; HA-001 - теплообмінник; E1 - E5 - ємності.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

XI.A.00.00.00 ПЗ

Лист

16

## 2.2 Теоретичні основи процесу

Сірководень (сірчистий водень, сульфід водню) - безбарвний газ із запахом тухлих яєць і солодкуватим смаком. Хімічна формула -  $H_2S$ . Густина за н.у. (0С, 760 мм рт. ст.)  $H_2S$  н.у. = 1,5392 г/см<sup>3</sup>. Молярна маса  $M_{H_2S}$  = 34,082 г/моль. Температура кипіння  $T_{кип}$  = - 60,4С. Температура плавлення  $T_{пл.}$  = - 85,6<sup>0</sup>С. Температура критична  $T_{кр.}$  = 100С. Тиск критичний - 8,82 МПа. Об'єм критичний - 98,5 см<sup>3</sup> /моль. Критичний коефіцієнт стисливості - 0,284. Теплота пароутворення за нормальної температури кипіння - 18,66 кДж/моль. Розчинність сірководню у воді за н.у. становить 3 об/об. Суміші сірководню з повітрям вибухонебезпечні в межах концентрацій  $H_2S$  (% об.) - 4÷45.

Сірководень сильна нервово-паралітична отрута: гостре отруєння настає за концентрації 0,2-0,3 мг/м<sup>3</sup>, концентрація понад 1 мг/м<sup>3</sup> смертельна. Гранично-допустима максимально-разова концентрація сірководню в повітрі населених місць ГДК м.р. = 0,008 мг/м<sup>3</sup>.

Сірководень - кислота, що спричиняє хімічну та електрохімічну (у присутності води) корозію металів. За певних умов протікає сульфідне розтріскування металів.

Відзначається корозійна дія газу з вмістом 0,025 %  $H_2S$  і вище, цей відсоток вважається "порогом" корозійної концентрації сірководню, нижче якого присутність  $H_2S$  вважається "слідами". Однак наявність інших чинників (високий тиск, присутність  $H_2O$ ,  $O_2$ ) можуть призвести до корозії і за меншого вмісту сірководню.

Діоксиди вуглецю (вуглекислий газ, двоокис вуглецю, вуглекислота) - це кислотний оксид, що здатний обмежено розчинятися у воді та добре взаємодіє з лугами, розчинами солей, що володіють лужними властивостями, карбонатами натрію й калію, органічними сполуками, які містять гідроксильні групи (етаноли), а також за пониженої температури та підвищеного тиску добре розчиняється у спиртах (метанолі, ацетоні та інших органічних розчинниках).

									Лист
									17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ХІ.А.00.00.00 ПЗ				



Таким чином, очищення вуглеводневого газу від сірководню викликається не тільки вимогами санітарно-гігієнічного порядку, а й диктується виробничою необхідністю:

- оберігати труби, апаратуру та обладнання від корозії під час транспортування, переробки та використання газу;
- мати газ, придатний для побутового, енергетичного та промислового використання;
- отримати шляхом переробки очищених газів продукти належної конденсації без домішок сірчистих сполук.

Вміст двоокису вуглецю в газі під час його транспортування не викликає особливих проблем, якщо не вважати, що він знижує теплоту згоряння газу. Зазвичай  $\text{CO}_2$  витягують з газу в комерційних цілях або для того, щоб підвищити теплоту згоряння газу.

Найбільш широко застосовують абсорбційні процеси з використанням хімічних і фізичних абсорбентів та їх комбінації. Окислювальні та адсорбційні процеси застосовують, як правило, для очищення невеликих потоків газу або для тонкого очищення газу.

До абсорбентів, які використовують у промисловості, висувають такі вимоги: недефіцитність, висока поглинальна здатність, низький тиск насиченої пари, хімічна і термічна стабільність під час використання в робочих умовах процесу, низькі в'язкість і теплоємність, нетоксичність, селективність (у разі селективної абсорбції).

З фізичних абсорбентів промислового застосування для очищення газів набули метанол, N-метилпіролідон, пропіленкарбонат, алкілові ефіри поліетиленгліколів, діетиленгліколь тощо. Регенерація цих абсорбентів на технологічних установках здебільшого відбувається тільки за рахунок зниження тиску в системі без додаткового підведення тепла. Фізичні абсорбенти не піняться, не кородують апаратуру, мають низьку температуру замерзання (від  $-24\text{ }^\circ\text{C}$  для N-метилпіролідону до  $-97,8\text{ }^\circ\text{C}$  для метанолу), вилучають з газу одночасно із сірководнем і діоксидом вуглецю, меркаптани та

									Лист
									18
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата	XI.A.00.00.00 ПЗ				

сірковуглець, у деяких випадках осушують газ. До недоліків використання фізичних абсорбентів належить підвищена розчинність у них вуглеводневих компонентів газу та неможливість отримати глибокий ступінь очищення газу, а також їхня порівняно висока вартість.

Із хімічних абсорбентів найширше застосовують водні розчини алканоламінів концентрацією 10-20 % мас. для моноетаноламіну (МЕА), 20-30 % мас. для діетаноламіну (ДЕА) і 30-50 % мас. для метилдіетаноламіну (МДЕА).

До переваг хімічних абсорбентів слід віднести можливість тонкого очищення вихідного газу за різних концентрацій у ньому сірководню та діоксиду вуглецю, але при цьому відсутнє комплексне очищення газу від  $H_2S$ ,  $CO_2$ ,  $COS$ , сірководню  $CS_2$  та меркаптанів ( $RSH$ ); можуть утворюватися сполуки, що не регенеруються в умовах процесу, і продукти деградації аміну, необхідні високі кратності циркуляції абсорбенту і великі теплоенергетичні витрати на регенерацію амінів; спостерігається підвищена корозійна агресивність насичених розчинів абсорбенту, розчини амінів можуть спінюватися. Проте саме абсорбційним процесам із використанням амінових розчинів віддають перевагу під час проектування та будівництва сучасних заводів із перероблення високосірчистих природних газів.

					<i>XI.A.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		19

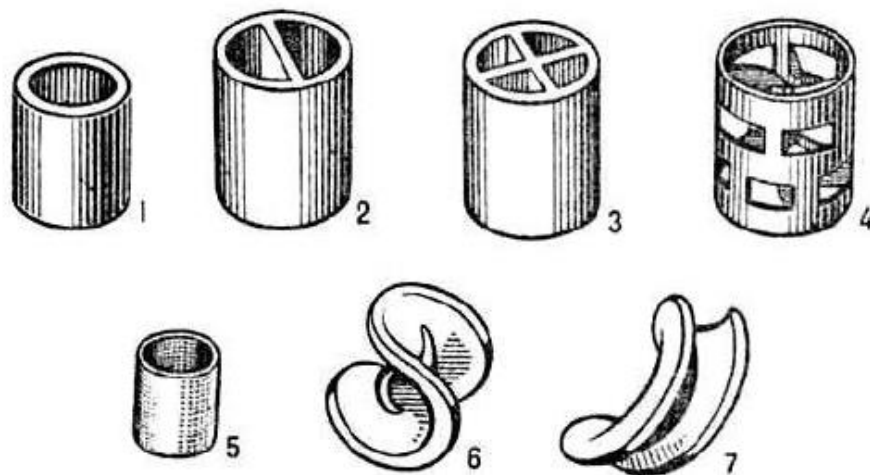
### 2.3 Опис конструкції апарату, що проектується

Абсорбція, як і інші процеси масопередачі, протікає на поверхні розділу фаз. Тому абсорбційні апарати повинні забезпечувати розвинену поверхню контакту між рідкою і газовою фазами.

Насадочні абсорбери, що працюють у плівковому режимі, набули найбільшого поширення в промисловості. Ці абсорбери являють собою порожнисті колони, заповнені насадкою, яка укладена на опорні решітки. Для поліпшення рівномірності зрошення насадки і запобігання руйнуванню крихких елементів насадки під її вагою насадку укладають шарами. Кожен шар спирається на свою опорну решітку, а між шарами встановлені перерозподільні тарілки.

Рідина в насадочній колоні тече по елементах насадки у вигляді тонкої плівки, тому площа поверхні контакту фаз приблизно дорівнює площі змоченої поверхні насадки. Газ подається в колону знизу і рухається вгору через вільний об'єм насадки, контактуючи з плівкою рідини, що стікає.

У промисловості застосовують різноманітні за формою і розмірами насадки (рисунок 2.2), які тією чи іншою мірою задовольняють вимоги, що є основними під час проведення конкретного процесу абсорбції.

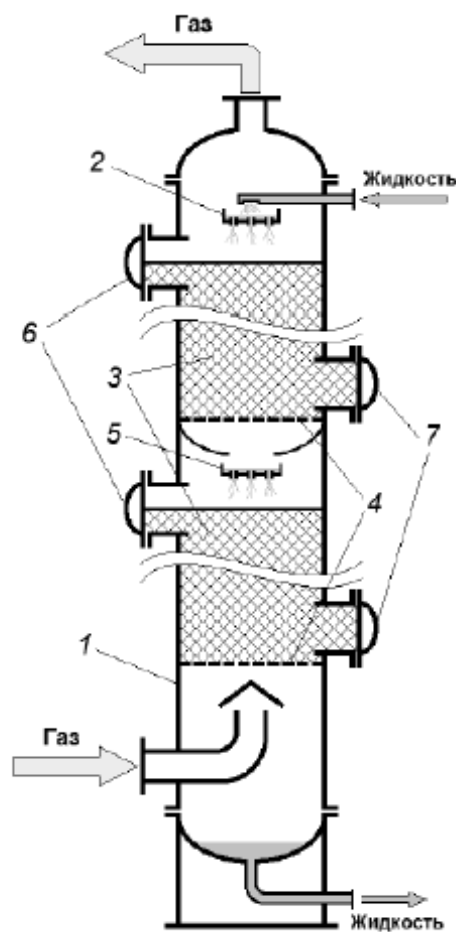


1 - кільця Рашига; 2 - кільця Лессінга; 3 - насадка Гудлоє; 4 - кільця Паля; 5 - кільця Барада; 6 - сідла Берля; 7 - сідла "Інталлокс"

Рисунок 2.2 - Типи насадок

Насадки виготовляють із різноманітних матеріалів (кераміка, порцеляна, сталь, пластмаси тощо), вибір яких диктується величиною питомої поверхні насадки, змочуваністю і корозійною стійкістю.

Основними перевагами насадочних колон є простота пристрою і низький гідравлічний опір. Недоліки: труднощі відведення тепла і погана змочуваність насадки за низької щільності зрошення. Відведення тепла з цих апаратів і поліпшення змочуваності досягаються шляхом рециркуляції абсорбенту, що ускладнює і здорожує абсорбційну установку. Для проведення одного і того ж процесу потрібні насадочні колони зазвичай більшого обсягу, ніж барботажні.



1 - корпус; 2 - розподільна тарілка; 3 - сегменти насадки; 4 - опорні решітки; 5 - перерозподільні тарілки; 6 - люки для завантаження насадки; 7 - люки для вивантаження насадки;

Рисунок 2.3 – Насадковий абсорбер

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Корпуси колонних апаратів виготовляють або з окремих царг, що збираються на фланцевих з'єднаннях, або суцільнозварними з люками, через які забезпечується доступ всередину апарата з метою монтажу, демонтажу, ремонту та ревізії внутрішніх пристроїв. Колонні апарати забезпечені кришкою і днищем, патрубками для введення і виведення газових і рідинних потоків. Як правило, знизу до корпусу апарата приварюють спеціальну опору, яка дає змогу надійно кріпити колону до фундаменту. Для забезпечення ефективної роботи колонного апарата необхідно також передбачити надійні розподільні пристрої, за допомогою яких в апарат вводяться потоки рідини і газу, а також пристрої для виведення цих потоків з апарата. Найбільшого поширення в промисловості набули насадочні й тарілчасті колонні апарати.

Під час вибору типу абсорбційної колони для проєктованого розділення слід мати на увазі, що тарілчасті колони дуже малого діаметру значно дорожчі за відповідні насадочні колони, проте в міру збільшення діаметра вартість насадочних колон зростає набагато швидше.

У хімічній промисловості умови роботи апаратів характеризуються широким діапазоном температур - приблизно від мінус 254 до плюс 2500 °С при тисках від 0,015 Па до 600 МПа за агресивного впливу середовища. Основними вимогами, яким повинні відповідати хімічні апарати, є механічна надійність, довговічність, конструктивна досконалість, простота виготовлення, зручність транспортування, монтажу та експлуатації. Тому до конструкційних матеріалів проєктованої апаратури висувають такі вимоги:

- 1) висока корозійна стійкість матеріалів в агресивних середовищах за робочих параметрів процесу;
- 2) висока механічна міцність при заданих робочих тисках, температурі і додаткових навантаженнях, що виникають під час гідравлічних випробувань і експлуатації апаратів;
- 3) хороша зварюваність матеріалів із забезпеченням високих механічних властивостей зварних з'єднань;
- 4) низька вартість і доступність матеріалів;

Для виготовлення апаратів у хімічній промисловості як конструкційні матеріали застосовують чорні метали і сплави (сталі, чавуни), кольорові метали і сплави, неметалеві матеріали (пластмаси, матеріали на основі каучуку, кераміку, вуглеграфітові та силікатні матеріали, дерево).

					<i>XI.A.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпись</i>	<i>Дата</i>		23

### 3 Технологічні розрахунки процесу та апарату

#### 3.1 Дані до розрахунку

Розрахувати абсорбер для очищення вуглеводневого газу від кислих компонентів (сірководню та діоксиду вуглецю) регенованим водним розчином моноетаноламіну (МДЕА). Склад газу наведено у таблиці 3.1. Температура газової сировини під час введення в апарат  $t_c = 40^\circ\text{C}$ . Температура регенованого водного розчину МДЕА дорівнює  $t = 46^\circ\text{C}$ . Тиск в апараті  $p = 7,45 \text{ МПа}$  (надл.).

Таблиця 3.1 Склад газової сировини абсорбера

Компонент	Мольна масса $M_i$	Вміст у сировині $y'_i$ , % (масс)	Вміст у сировині $y'_i = (y'_i / M_i) / \sum (y'_i / M_i)$ , % (об.)
CH <sub>4</sub>	16	41,82	64,2
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	30	13,27	10,87
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44	11,44	6,39
iC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58	4,93	2,09
iC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	72	4,77	2,02
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> и высш	86	5,01	1,71
N <sub>2</sub>	14	2,92	2,57
H <sub>2</sub> S	34	7,5	5,42
CO <sub>2</sub>	44	8,26	4,62
$\Sigma$	—	1	1

Таблиця 3.2 Склад регенованого водного розчину МДЕА

Компонент	Молекулярна масс $M$	$c_i$ , мас. долі
H <sub>2</sub> O	18	0,5470
МДЭА	61,1	0,4107
H <sub>2</sub> S	34	0,040
CO <sub>2</sub>	44	0,010
iC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	72	4,180
$\Sigma$	—	1,0000

Кількість газу за нормальних умов  $V_c = 49460 \text{ н.м}^3/\text{год}$ . Склад регенованого розчину МДЕА наведено в таблиці 3.2.

Вміст діоксиду вуглецю в очищеному газі не повинен перевищувати 2,5% об., а вміст сірководню має бути не більше  $5 \text{ мг/м}^3$ .

### 3.2 Материально-тепловой баланс процессу

#### 3.2.1 Материально-тепловой баланс установки очистки газа

Розрахункова схема матеріально-теплового балансу Установки очищення газу наведено на рисунку 3.1

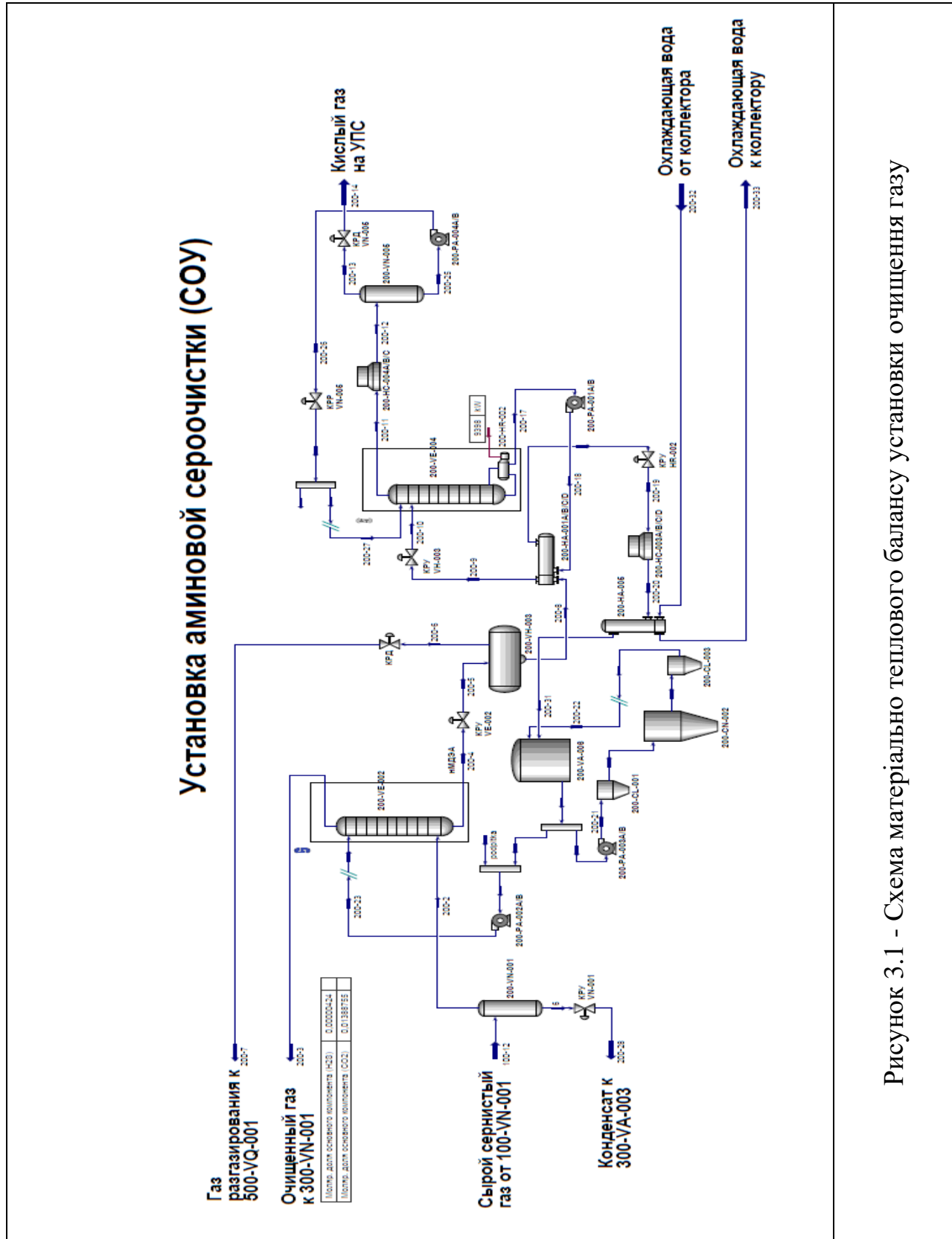


Рисунок 3.1 - Схема материально теплового балансу установки очищення газу

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------



Результати розрахунків матеріально-теплового балансу Установки очищення газу наведені в таблиці 3.3 Фізикохімічні властивості потоків та таблиця 3.4 Компонентний склад потоків

Таблиця 3.3 - Фізикохімічні властивості потоків

Наменування параметру	Одиниці виміру	100-12	200-2	200-3	200-4	200-5	200-6
Vapour Fraction		1,0	1,0	1,0	0,0	0,0019	1,0
Temperature	<i>С</i>	38	38	46,7	61,3	62,39	62,39
Pressure	<i>MPag</i>	7,57	7,55	7,44	7,49	0,49	0,49
Molar Flow	<i>Nm3/h(gas)</i>	49460	49464	44169	111966	111966	211,0
Mass Flow	<i>kg/h</i>	54352	54352	44340	148327	148327	233,6
Масовая щільність	<i>kg/m3</i>	101,6	101,3	81,69	999,4	777,1	5,44
		<b>200-7</b>	<b>200-8</b>	<b>200-9</b>	<b>200-10</b>	<b>200-11</b>	<b>200-12</b>
Vapour Fraction		1,0	0,0	0,0043	0,0225	1,0	0,40
Temperature	<i>С</i>	61,8	62,39	105	97	100,0	45,0
Pressure	<i>MPag</i>	0,4	0,49	0,45	0,15	0,0786	0,058
Molar Flow	<i>Nm3/h(gas)</i>	211,0	111755	111755	111755	13308	13308
Mass Flow	<i>kg/h</i>	233,6	148094	148094	148094	18690	18690
Масовая щільність	<i>kg/m3</i>	4,53	1001	537,8	97,86	1,848	4,78
		<b>200-13</b>	<b>200-14</b>	<b>200-17</b>	<b>200-18</b>	<b>200-19</b>	<b>200-20</b>
Vapour Fraction		1,0	1,0	0	0	0	0
Temperature	<i>С</i>	43,21	43,0	121,64	121,7	76,38	45
Pressure	<i>MPag</i>	0,038	0,028	0,098	0,4	0,3	0,25
Molar Flow	<i>Nm3/h(gas)</i>	5402	5402	106348	106348	106348	106348
Mass Flow	<i>kg/h</i>	10019	10019	138069	138069	138069	138069
Масовая щільність	<i>kg/m3</i>	2,24	2,1	926,4	933,6	973	995,3
		<b>200-21</b>	<b>200-22</b>	<b>200-23</b>	<b>200-25</b>	<b>200-26</b>	<b>200-27</b>
Vapour Fraction		0	0	0	0	0	0
Temperature	<i>С</i>	45	45	46,2	43	43	43
Pressure	<i>MPag</i>	0,2	0,14	7,79	0,038	0,25	0,14
Molar Flow	<i>Nm3/h(gas)</i>	5597	5597	106643	7905	7905	7905
Mass Flow	<i>kg/h</i>	7267	7267	138305	8670	8670	8670
Масовая щільність	<i>kg/m3</i>	995,3	995,3	996,3	802,4	802,4	802,4
		<b>200-28</b>	<b>200-32</b>	<b>200-33</b>			
Vapour Fraction		0,53	0	0			
Temperature	<i>С</i>	12,52	30	30			
Pressure	<i>MPag</i>	2,39	0,4	0,35			
Molar Flow	<i>Nm3/h(gas)</i>	0	0	0			
Mass Flow	<i>kg/h</i>	0	0	0			
Масовая щільність	<i>kg/m3</i>	75,69	1000	1000			

Таблиця 3.4 - Компонентний склад потоків

Compositions														
	200-10	200-11	200-12	200-13	200-14	200-17	200-18	200-19	200-2	200-20	200-21	200-22	200-23	200-25
Comp Mole Frac (Methane)	0,0001	0,0008	0,0008	0,0019	0,0019	0,0000	0,0000	0,0000	0,6420	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (Ethane)	0,0000	0,0003	0,0003	0,0006	0,0006	0,0000	0,0000	0,0000	0,1087	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (Propane)	0,0000	0,0001	0,0001	0,0003	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0639	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (i-Butane)	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0209	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (n-Butane)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0202	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (i-Pentane)	0,0229	0,1291	0,1291	0,1410	0,1410	0,0189	0,0189	0,0189	0,0171	0,0189	0,0189	0,0188	0,0188	0,1209
Comp Mole Frac (n-Pentane)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (n-Hexane)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (n-Heptane)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (n-Octane)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (n-Nonane)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (n-Decane)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (H2O)	0,8423	0,5441	0,5441	0,0556	0,0556	0,8822	0,8822	0,8822	0,0011	0,8822	0,8822	0,8824	0,8828	0,8779
Comp Mole Frac (CO2)	0,0149	0,1246	0,1246	0,3067	0,3067	0,0001	0,0001	0,0001	0,0462	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002
Comp Mole Frac (Nitrogen)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0257	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (H2S)	0,0242	0,2010	0,2010	0,4937	0,4937	0,0003	0,0003	0,0003	0,0542	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0010
Comp Mole Frac (Methanol)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (DEGlycol)														
Comp Mole Frac (MDEAmine)	0,0956	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1005	0,1005	0,1005		0,1005	0,1005	0,1004	0,1002	0,0000
	200-26	200-27	200-28	200-3	200-31	200-32	200-33	200-4	200-5	200-6	200-7	200-8	200-9	podpitka
Comp Mole Frac (Methane)	0,0000	0,0000	0,3597	0,7159	0,0000	0,0000	0,0000	0,0012	0,0012	0,5919	0,5919	0,0001	0,0001	0,0000
Comp Mole Frac (Ethane)	0,0000	0,0000	0,1325	0,1210	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003	0,0003	0,1314	0,1314	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (Propane)	0,0000	0,0000	0,1397	0,0713	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0575	0,0575	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (i-Butane)	0,0000	0,0000	0,0702	0,0233	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0229	0,0229	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (n-Butane)	0,0000	0,0000	0,0789	0,0225	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0143	0,0143	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (i-Pentane)	0,1209	0,1210	0,1021	0,0017	0,0189	0,0000	0,0000	0,0229	0,0229	0,0091	0,0091	0,0229	0,0229	0,0000
Comp Mole Frac (n-Pentane)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (n-Hexane)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (n-Heptane)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (n-Octane)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (n-Nonane)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (n-Decane)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (H2O)	0,8779	0,8779	0,0010	0,0016	0,8822	1,0000	1,0000	0,8407	0,8407	0,0325	0,0325	0,8423	0,8423	1,0000
Comp Mole Frac (CO2)	0,0002	0,0002	0,0375	0,0139	0,0001	0,0000	0,0000	0,0150	0,0150	0,0704	0,0704	0,0149	0,0149	0,0000
Comp Mole Frac (Nitrogen)	0,0000	0,0000	0,0086	0,0287	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0106	0,0106	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (H2S)	0,0010	0,0010	0,0698	0,0000	0,0003	0,0000	0,0000	0,0243	0,0243	0,0594	0,0594	0,0242	0,0242	0,0000
Comp Mole Frac (Methanol)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (DEGlycol)														
Comp Mole Frac (MDEAmine)	0,0000	0,0000		0,0000	0,1005			0,0954	0,0954	0,0000	0,0000	0,0956	0,0956	0,0000

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

XI.A.00.00.00 ПЗ

Лист

27

### 3.2.2 Матеріальний баланс процесу

При очищенні газів від кислих компонентів використовуємо процес хемосорбції 40% водним розчином метилдіетаноламіну, який отримав найбільше промислове застосування. Схема матеріальних потоків апарату показано на рисунку 3.2.

У нижню частину апарату подається газова сировина  $V_c$ , а очищений газ  $V$  виводиться з верхньої частини апарату. Водний розчин метилдіетаноламіну  $A_p$  подається на верх апарату, а насичений кислими компонентами розчин моноетаноламіну  $A_n$  залишає абсорбер знизу.

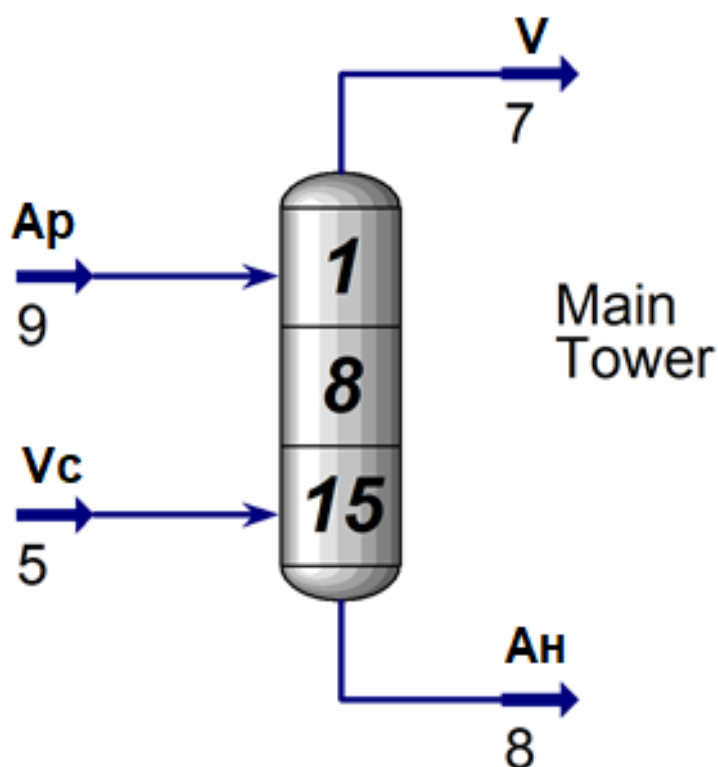


Рисунок 3.2 - Схема для розрахунку матеріального балансу абсорбера

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

У процесах очищення газу від кислих компонентів як характерний параметр зазвичай використовується так звана «жорсткість процесу».

Її визначають як кількість молей кислого газу, поділена на кількість аміна, що циркулює. Нижче в таблиці 3.5 обчислена ця характеристика, яка використовується як контрольну точку для оптимізації процесу.

Таблиця 3.5 Розрахунок «жорсткість процесу»

Бессернистый газ		Обеднённый амин	
	7		9
H2S Состав (ppm)	4,241	H2S Загрузка	3,259e-003
H2S Состав (Grains/100 SCF)	0,2665	H2S Состав (Grains/US Gal)	22,08
Состав CO2 (Mole %)	1,389	H2S Состав (ppm)	326,4
Температура (C)	46,76	H2S Состав (Grains/100 SCF)	20,51
Давление (MPag)	7,449	Загрузка CO2	6,370e-004
Молярный расход (MMSCFD)	39,57	Состав CO2 (Mole %)	6,381e-003
		Кисл. газ загрузка	3,896e-003
		Крепость амина (wt %)	41,07
		Скорость рециркуляции (м3/h)	140,0
		Температура (C)	46,20
		Давление (MPag)	7,799
		Молярный расход (MMSCFD)	95,55

Высокосернистый газ		Насыщенный амин	
	5		8
H2S Состав (ppm)	5,420e+004	H2S Загрузка	0,2542
H2S Состав (Grains/100 SCF)	3405	H2S Состав (Grains/US Gal)	1557
Состав CO2 (Mole %)	4,620	H2S Состав (ppm)	2,425e+004
Температура (C)	38,30	H2S Состав (Grains/100 SCF)	1524
Давление (MPag)	7,559	Загрузка CO2	0,1571
Молярный расход (MMSCFD)	44,31	Состав CO2 (Mole %)	1,499
		Кисл. газ загрузка	0,4113
		Крепость амина (wt %)	38,30
		Скорость рециркуляции (м3/h)	154,9
		Температура (C)	61,31
		Давление (MPag)	7,499
		Молярный расход (MMSCFD)	100,3

Для розчину МДЕА «жорсткість процесу» по кислим газам повинна не перевищувати 0,45 (згідно рекомендаціям Д.Б. Робінсона.) Як видно з розрахунку 0,41 не перевищує 0,45.

Матеріальний баланс абсорбера представлений у таблиці 3.6, який виконаний в програмному комплексі Aspen HYSYS V11 (пакет властивостей Аміни).

Таблиця 3.6 Матеріальний баланс абсорбера

Потік, що надходить в абсорбер (див. рис. 2.1)	Кількість кг/год	Потік, що виводиться з абсорбера (див. рис. 2.1)	Кількість кг/год
Неочищений газ $V_c$	54352	Очищений газ $V$	44330
Регенований розчин моноетаноламіну $A_p$	138305	Насичений розчин моноетаноламіну $A_H$	148327
$\Sigma$	<b>192657</b>	$\Sigma$	<b>192657</b>

### 3.3 Тепловий баланс процесу

Тепловий баланс абсорбера складається для визначення температури, за якої насичений розчин МДЕА виводиться з апарата. Рівняння теплового балансу абсорбера має вигляд:

$$Q_{V_c} + Q_{A_p} + Q_a = Q_V + Q_{A_H} \quad (3.1)$$

де  $Q$  – кількість тепла відповідного матеріального потоку, кВт;

$Q_a$  – кількість тепла, що виділяється під час абсорбції компонентів, кВт.

Як видно з розрахунку установки очищення газу (виконаний в програмному комплексі Aspen HYSYS V11) температура насиченого аміна дорівнює 61,3 °С (згідно властивості потоку 200-4).

### 3.4 Конструктивні розрахунки

Конструктивний, тепловий та гідравлічний розрахунки абсорбера VE-002 виконані в програмному комплексі Aspen HYSYS V11.

Розрахункова схема (рисунок 3.3) внутрішніх елементів абсорбера VE-002 наведена нижче:

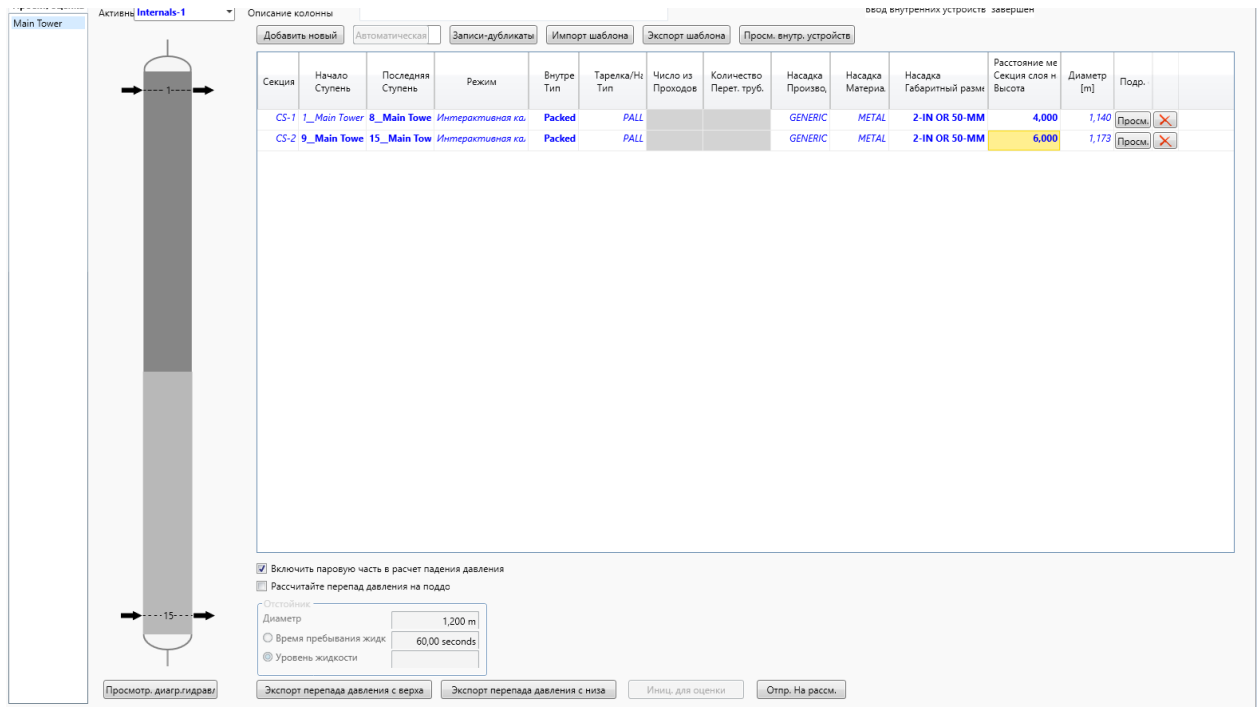


Рисунок 3.3 - Розрахункова схема

Приймаємо стандартний більший діаметр абсорбера -1400 мм.

Загальні результати конструктивних та гідравлічних розрахунків абсорбера VE-002 наведені нижче:

Количество ступеней	15
Общая высота [m]	10,00
Общее падение напора [mm]	923,1
Общее падение давления [mbar]	90,28
Количество секций	2
Количество диаметров	1
Падение давления в поддоне [k]	<пусто>

**Сводка по секция**

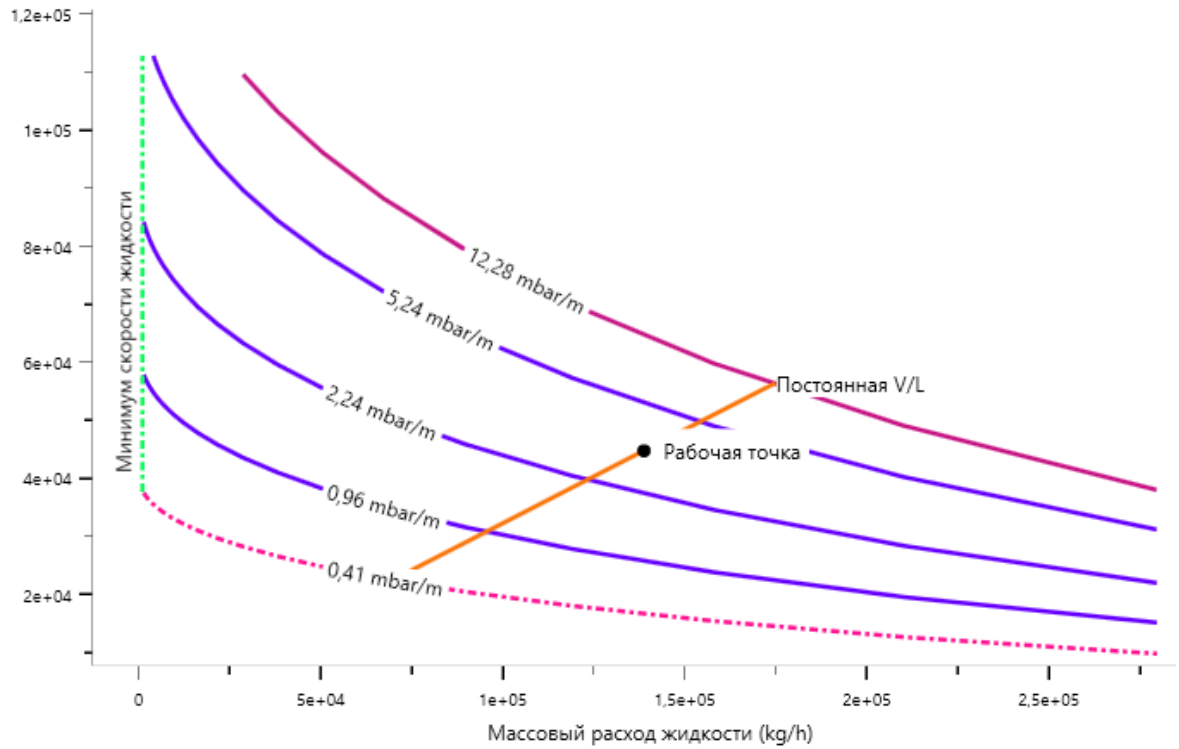
Секция	Начать	Конец	Диаметр [m]	Высота [m]	Внутре Тип	Тарелка или Тип	Секционный перепад d [mbar]	Приближение к зат [%]	Ограничен Ступень
CS-1	1_Main Tower	8_Main Tower	1,400	4,000	Packed	PALL	35,39	53,01	8_Main Tower
CS-2	9_Main Tower	15_Main Tower	1,400	6,000	Packed	PALL	54,89	56,16	15_Main Tower

Рисунок 3.4 - Результати конструктивних та гідравлічних розрахунків абсорбера

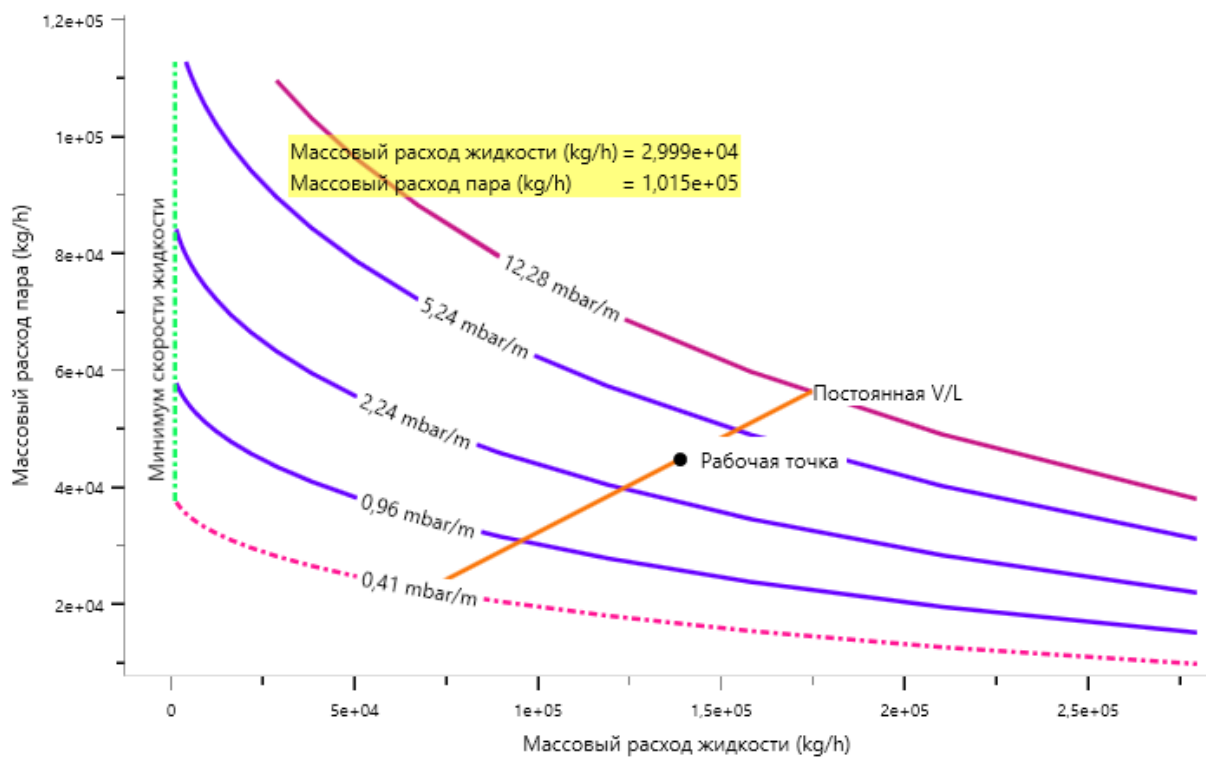
Виконаємо гудравлічний розрахунок абсорбера VE-002.

Нижче наведені витратні характеристики для кожної ступені абсорбера із зазначенням робочої точки.

◀ Ступень 1 ▶



◀ Ступень 2 ▶



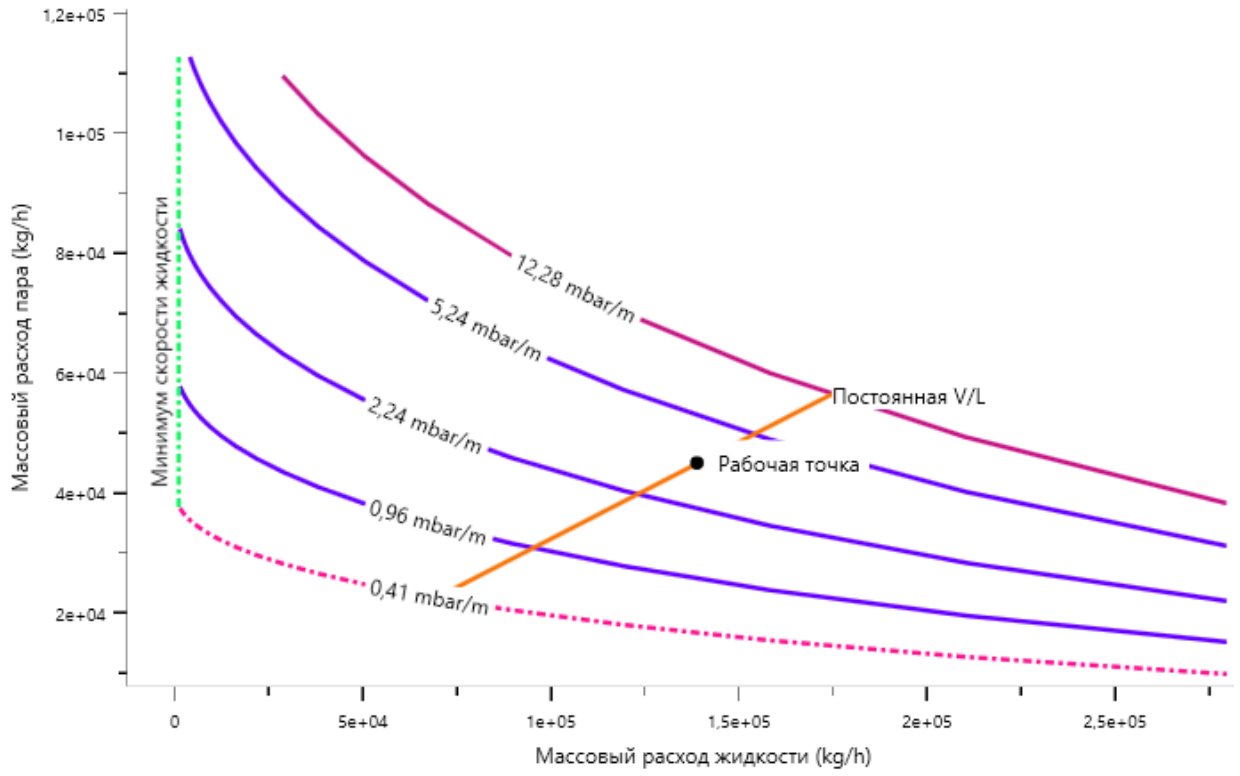
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

XI.A.00.00.00 ПЗ

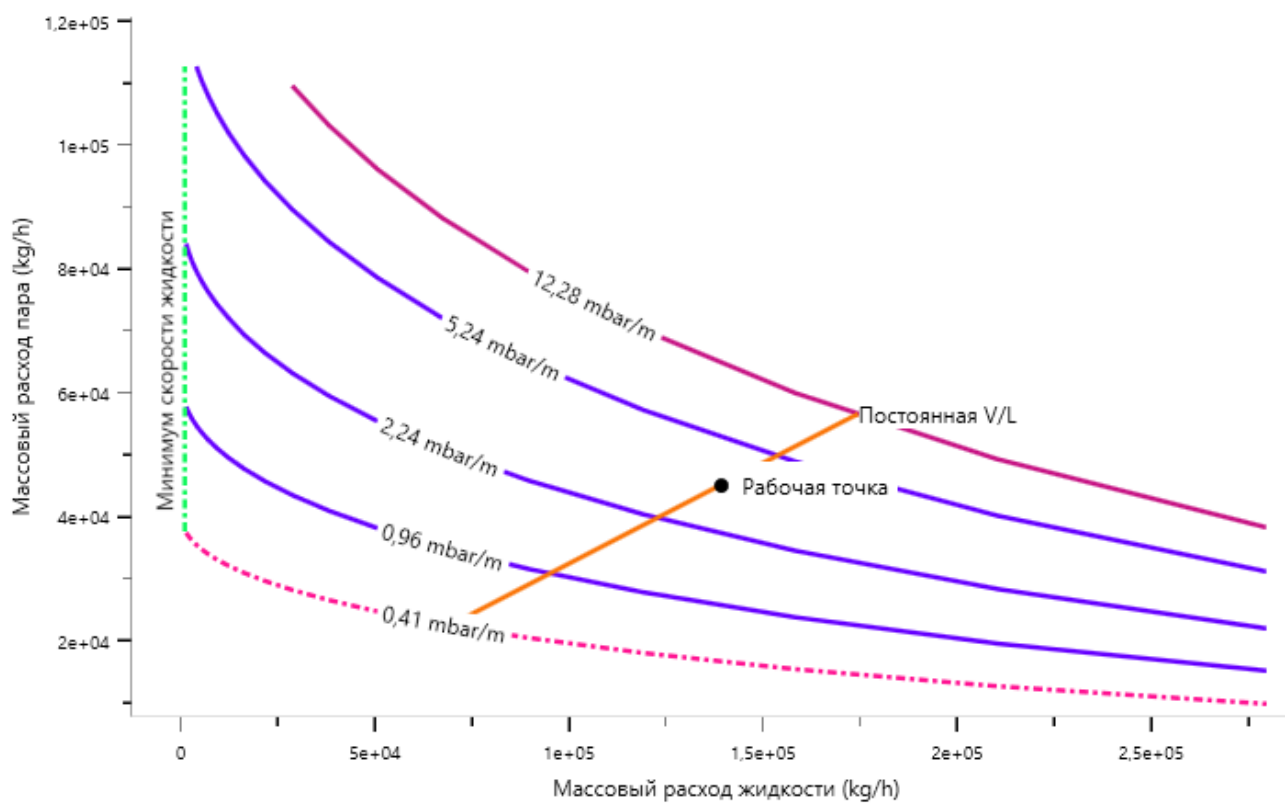
Лист

32

◀ Ступень 3 ▶



◀ Ступень 4 ▶

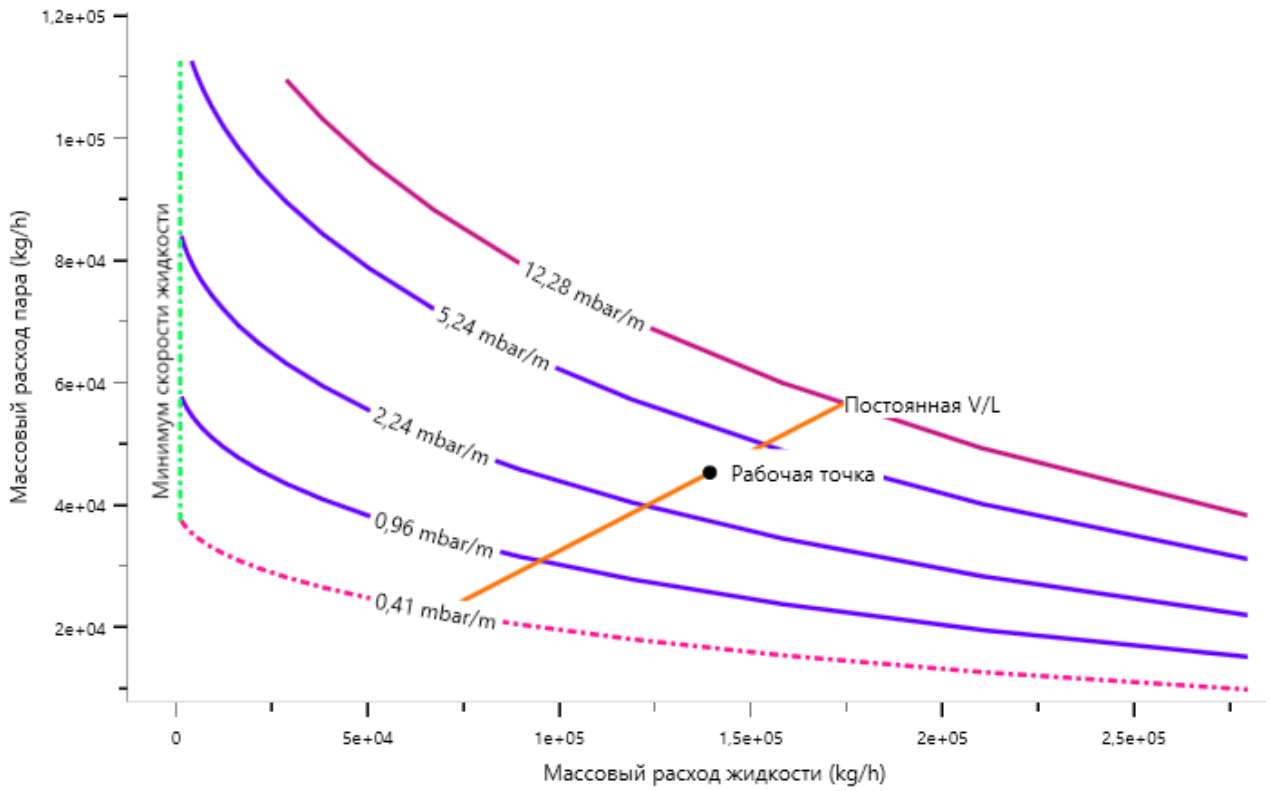


Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

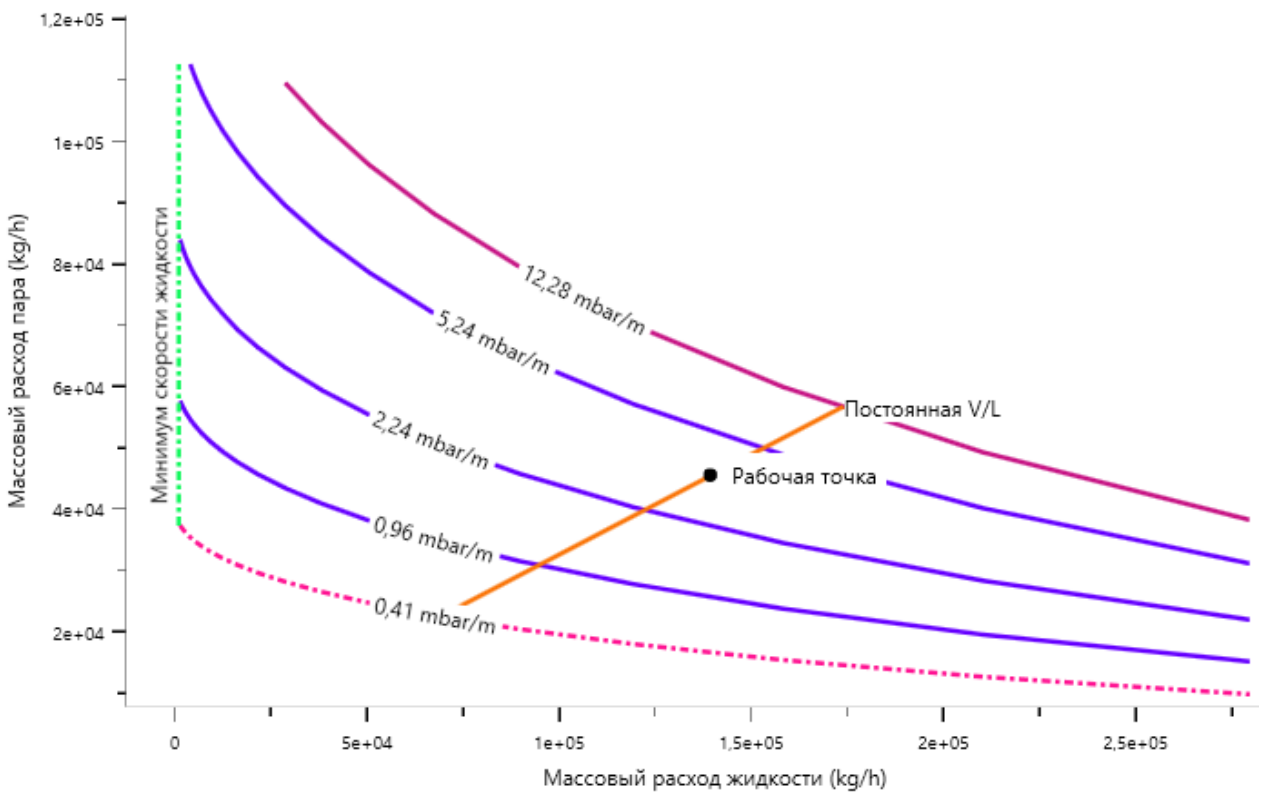
XI.A.00.00.00 ПЗ



◀ Ступень 5 ▶



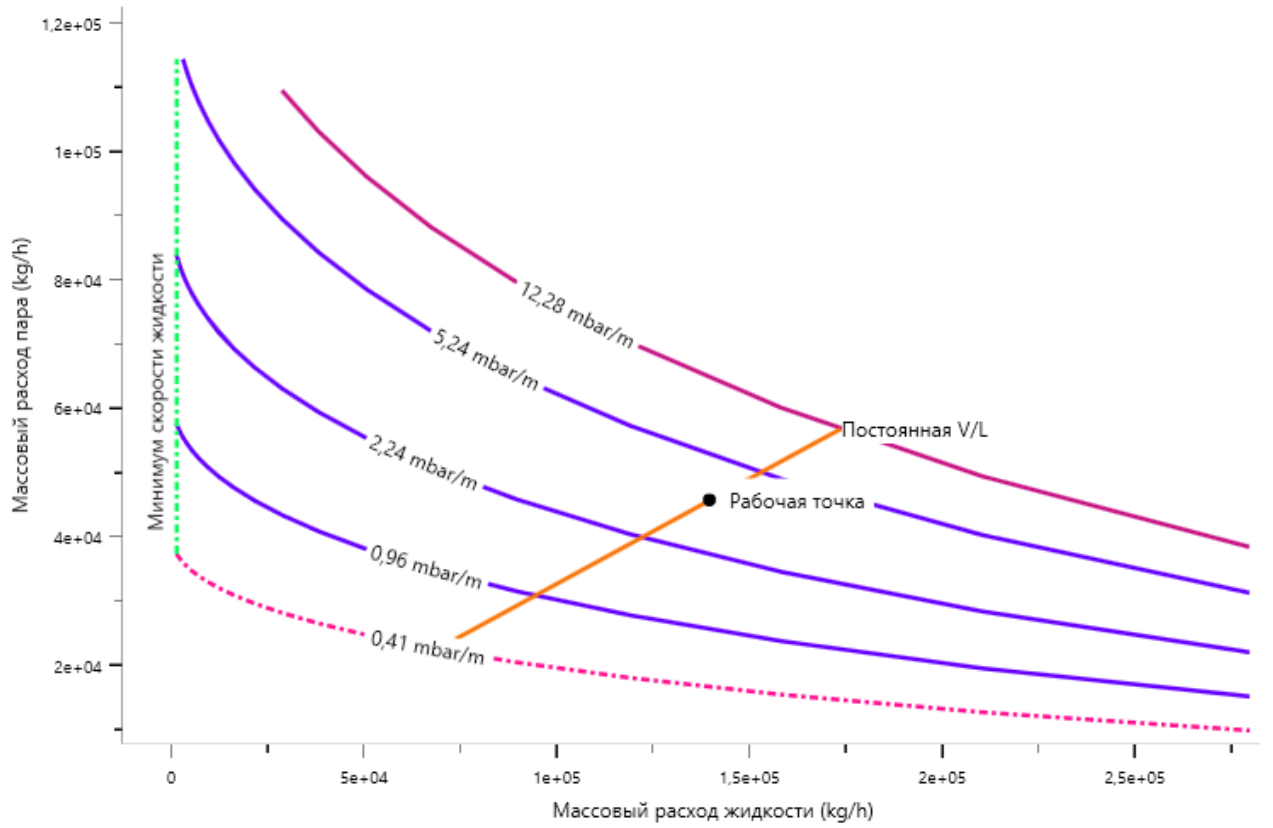
◀ Ступень 6 ▶



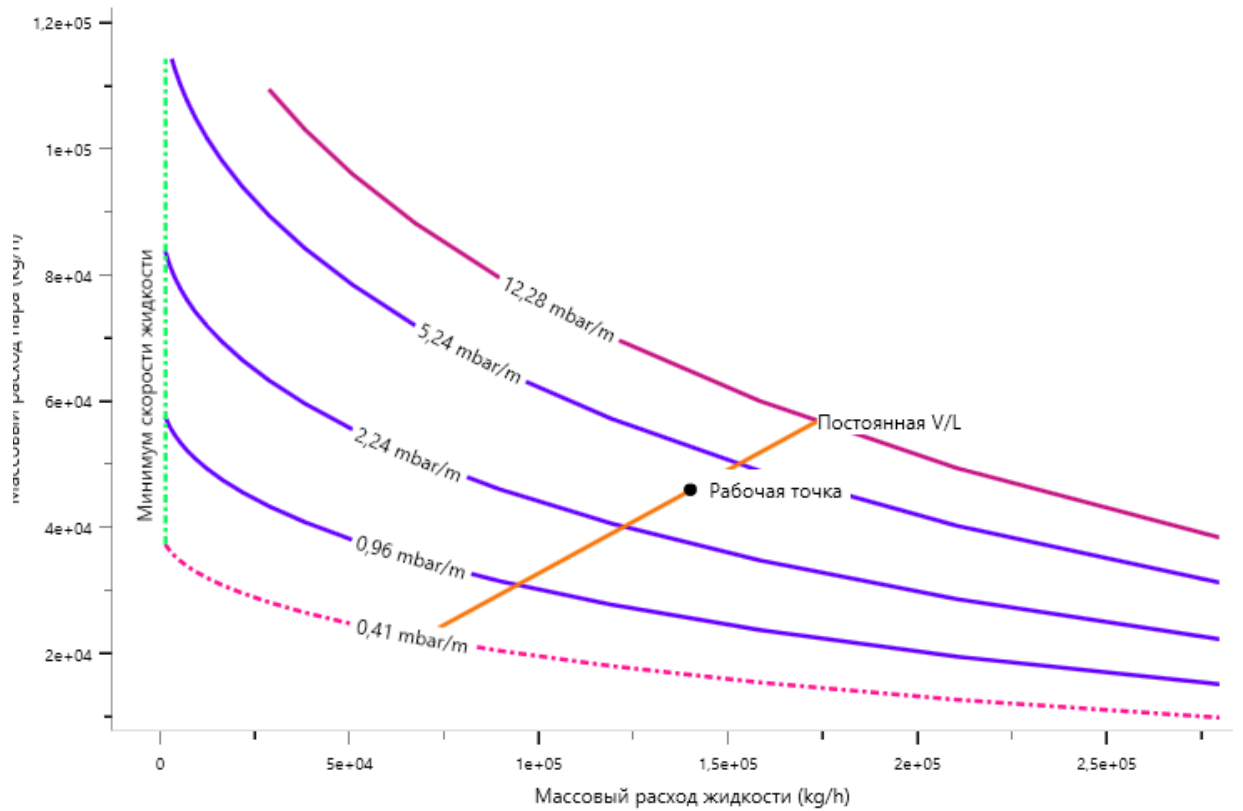
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

XI.A.00.00.00 ПЗ

◀ Ступень 7 ▶



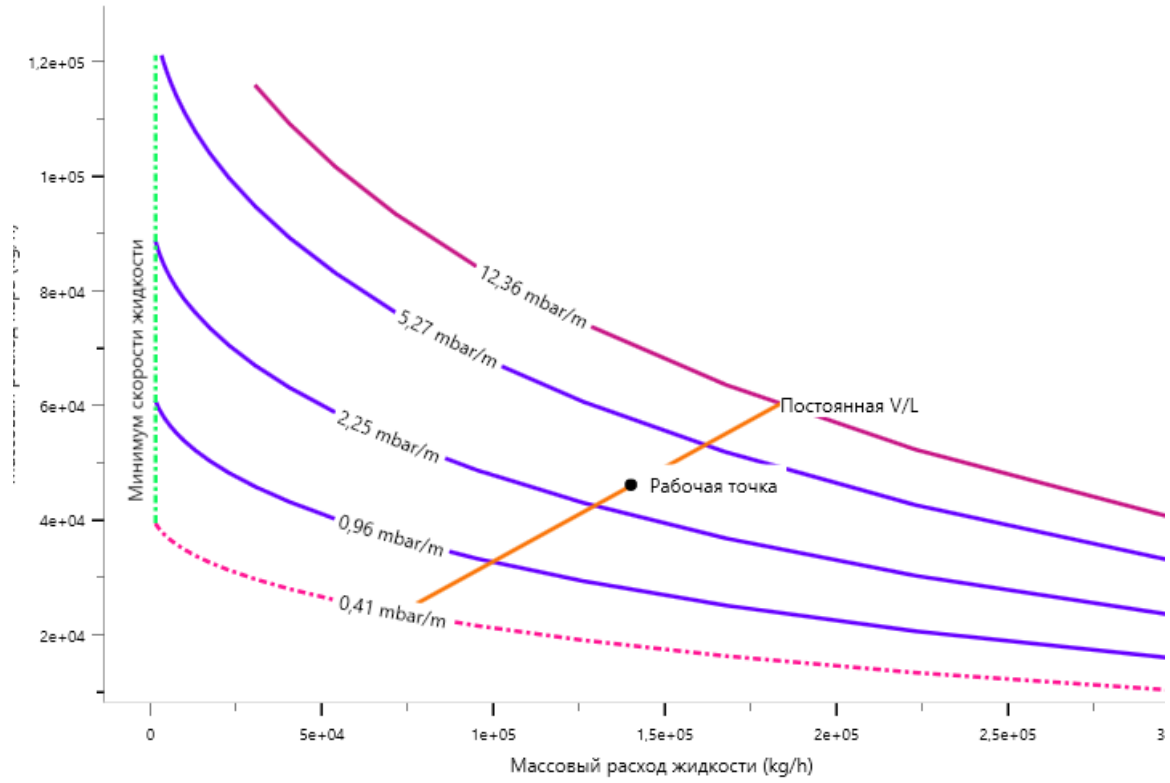
◀ Ступень 8 ▶



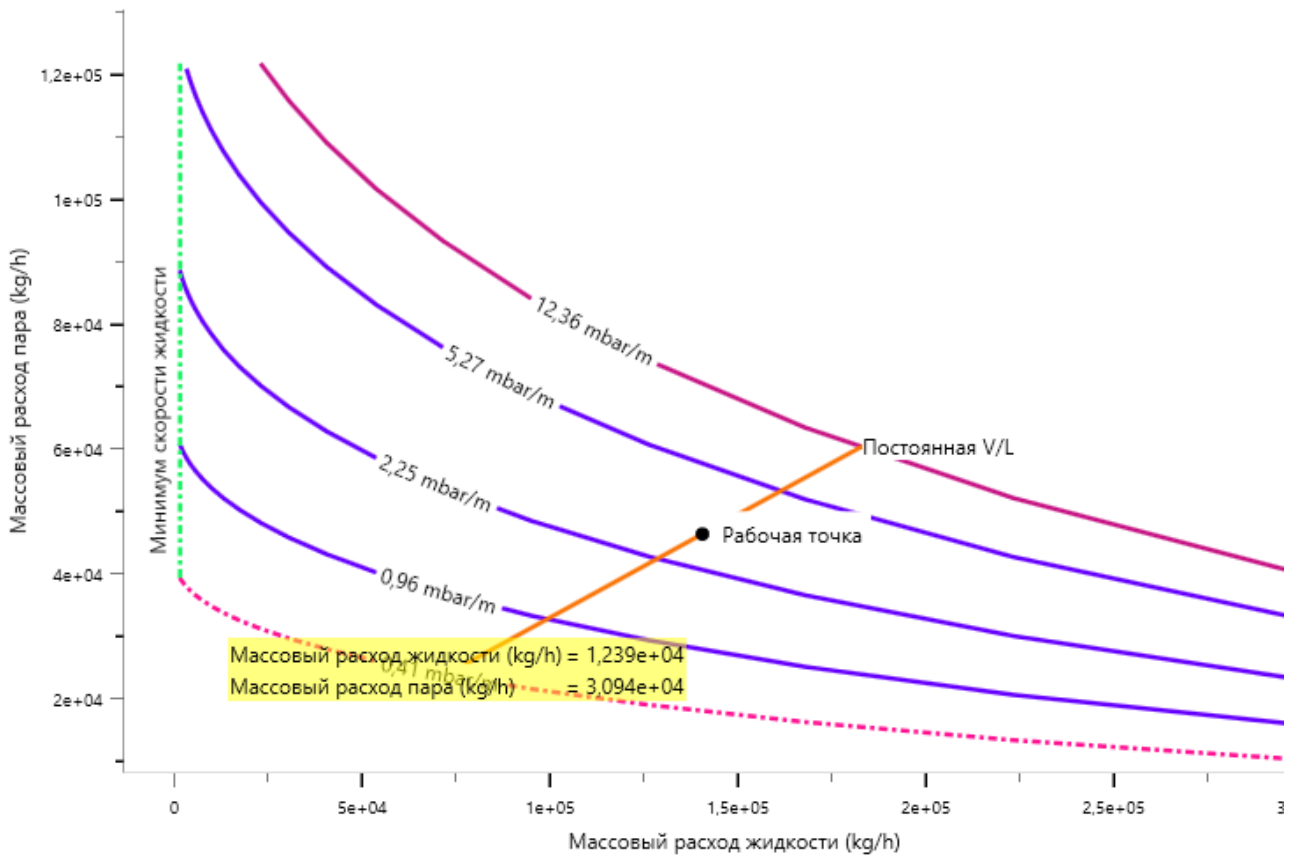
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

XI.A.00.00.00 ПЗ

◀ Ступень 9 ▶



◀ Ступень 10 ▶

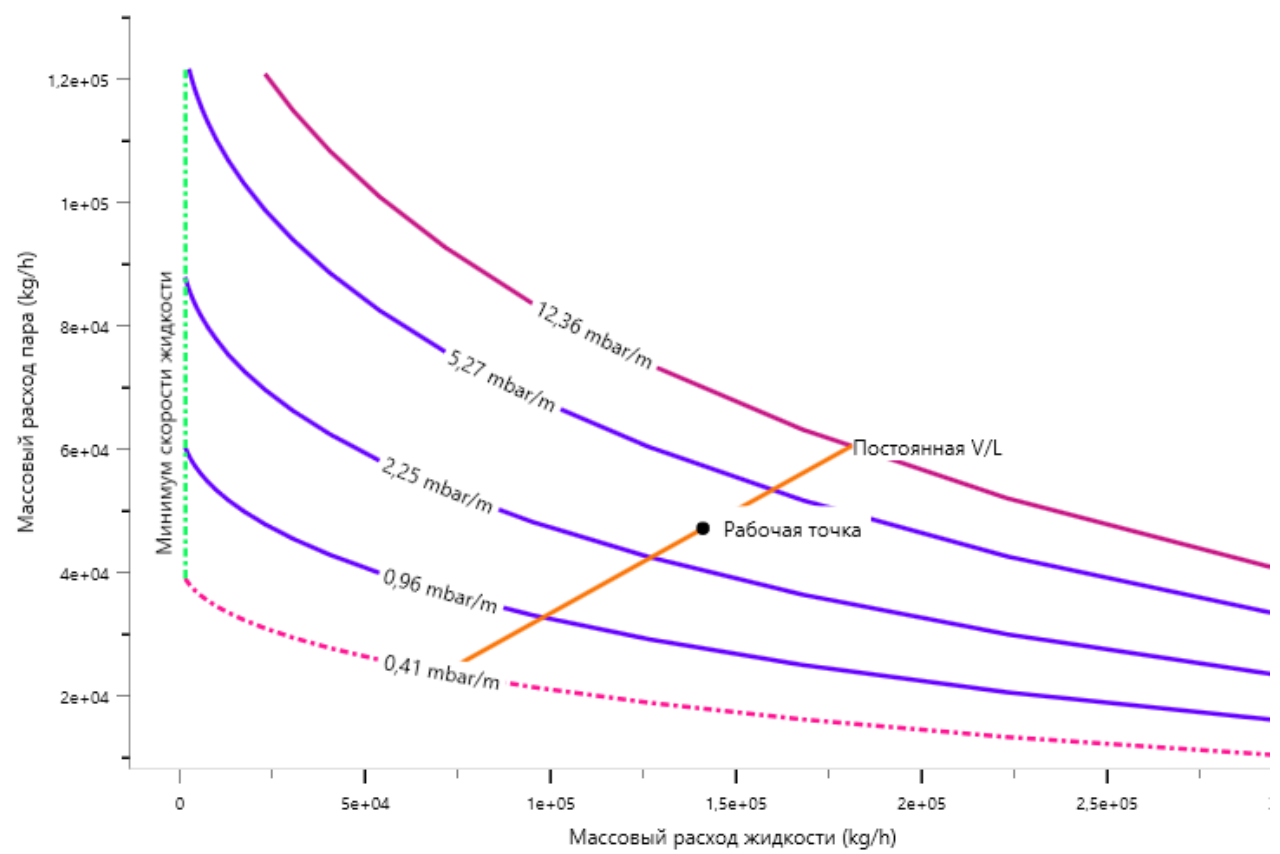
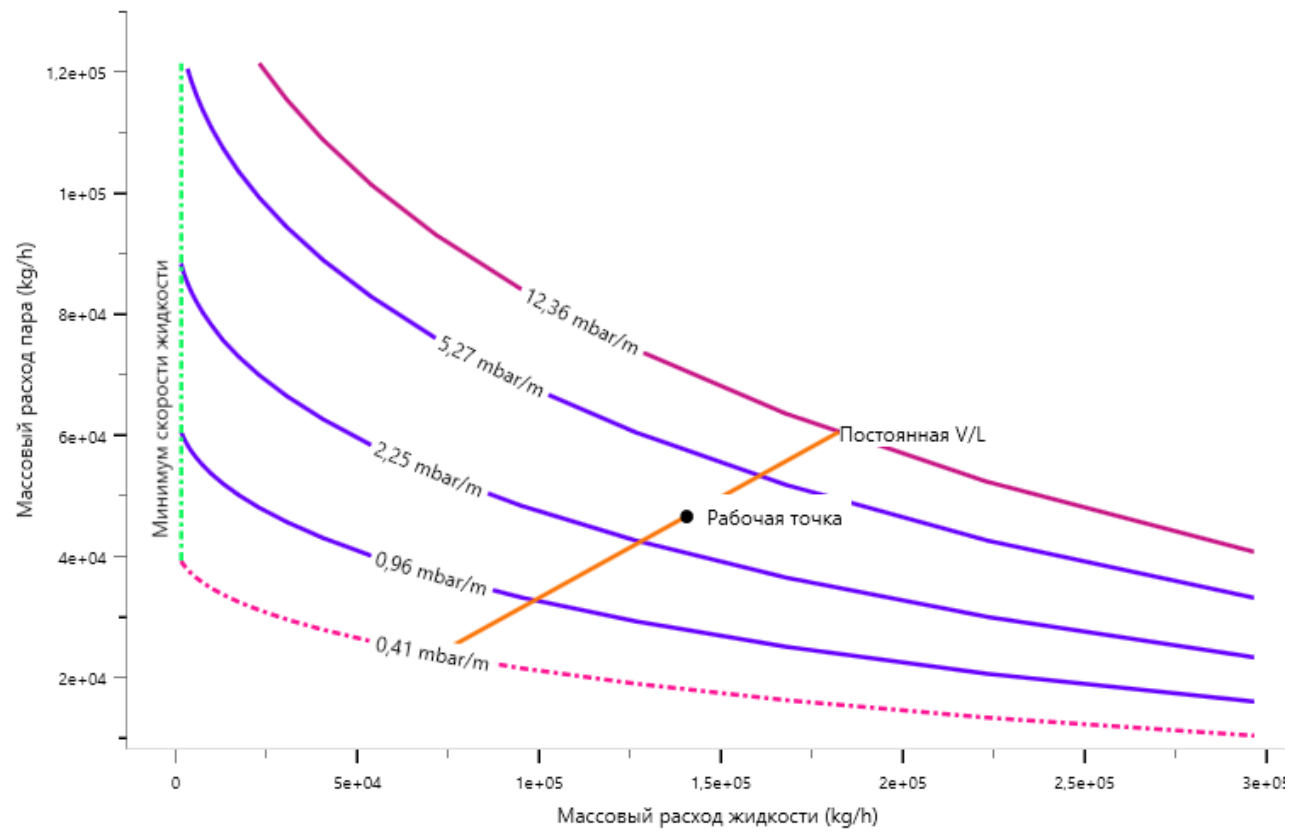


Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

XI.A.00.00.00 ПЗ

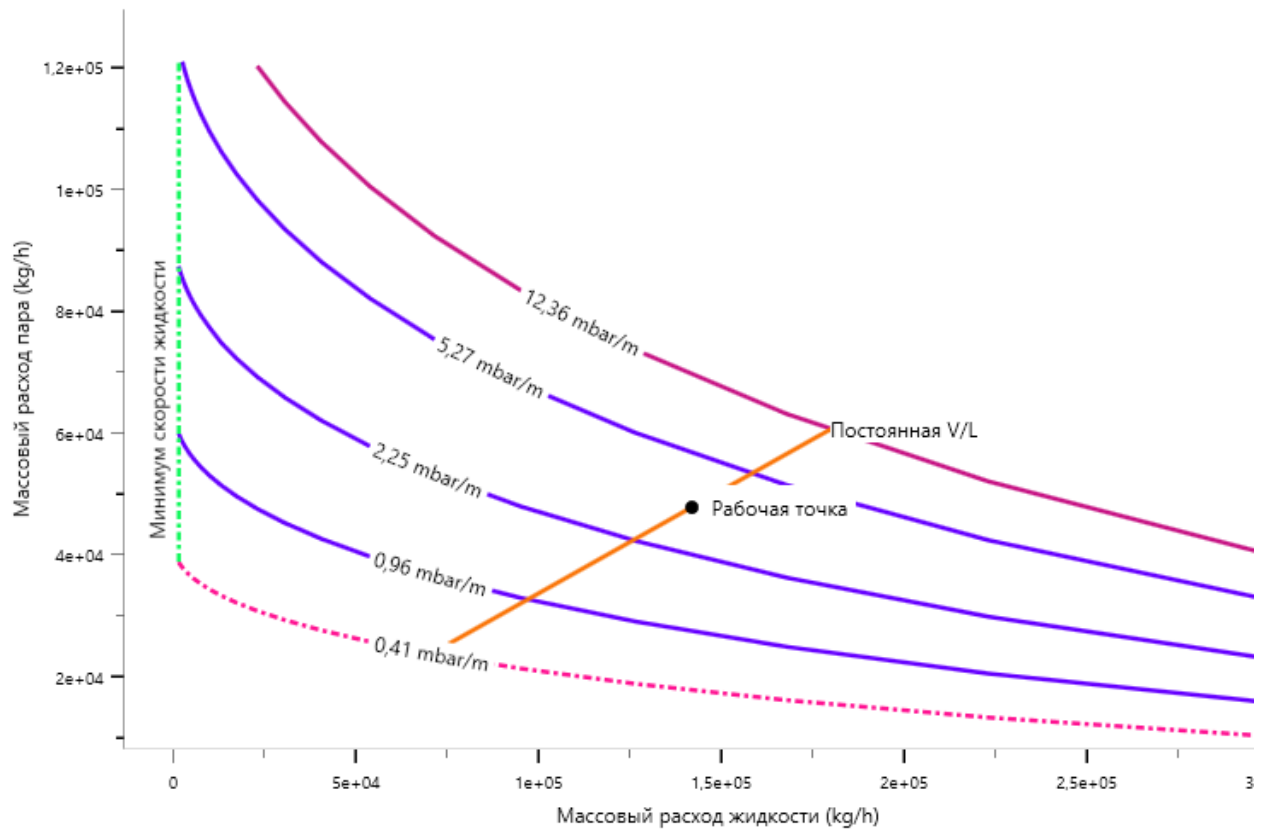
Лист

36

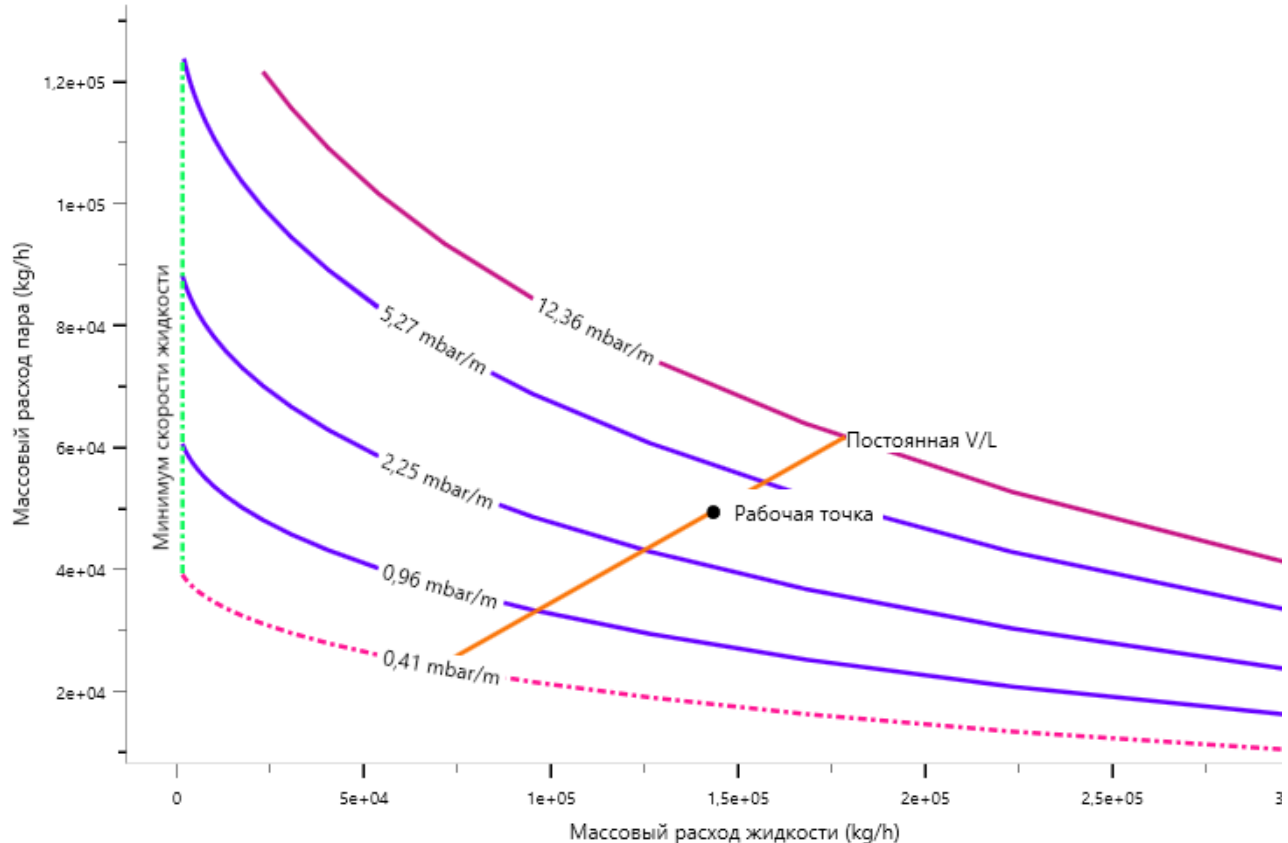


Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

◀ Ступень 13 ▶

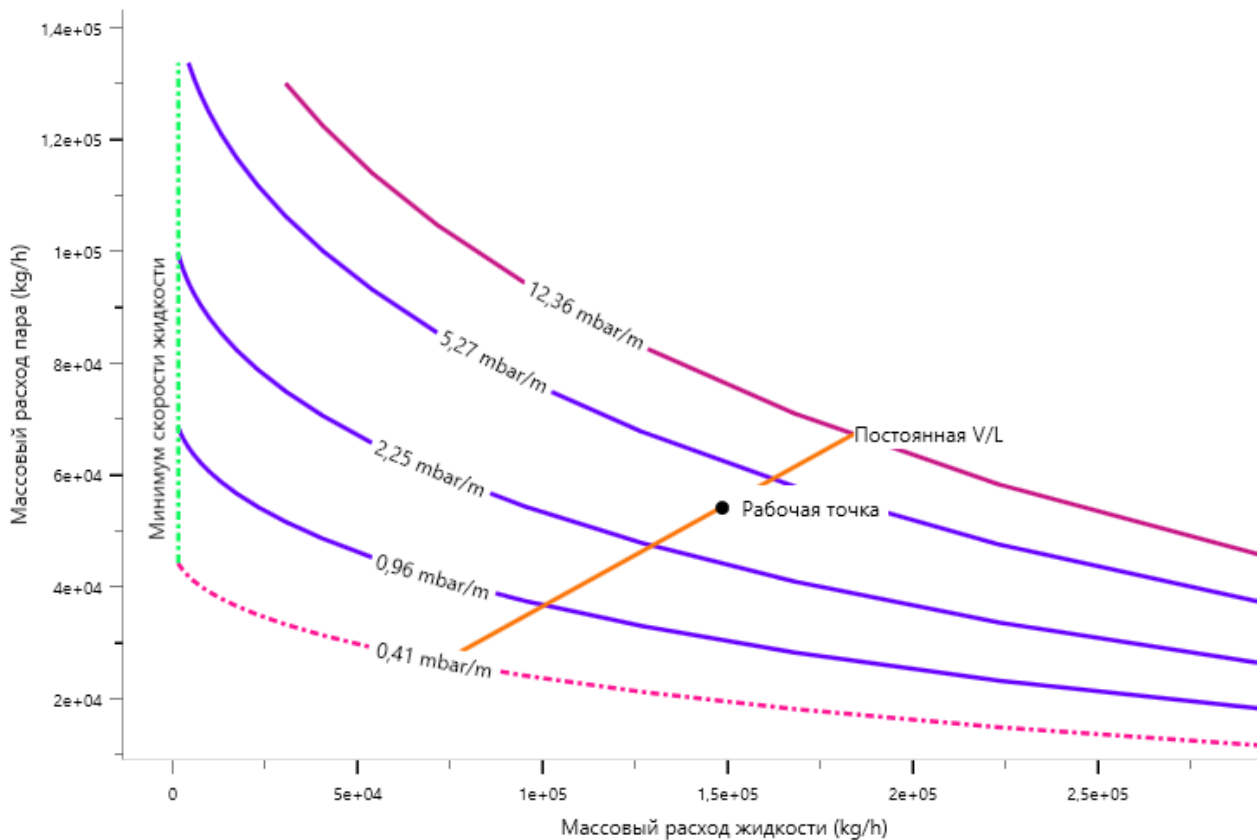


◀ Ступень 14 ▶



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

XI.A.00.00.00 ПЗ



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

XI.A.00.00.00 ПЗ

## Визначення висоти абсорбера

Одночасна абсорбція двох компонентів газу широко застосовується в промисловості, проте розрахунок висоти апаратів для хемосорбції компонентів є проблематичним, особливо в разі одночасної хемосорбції кількох компонентів.

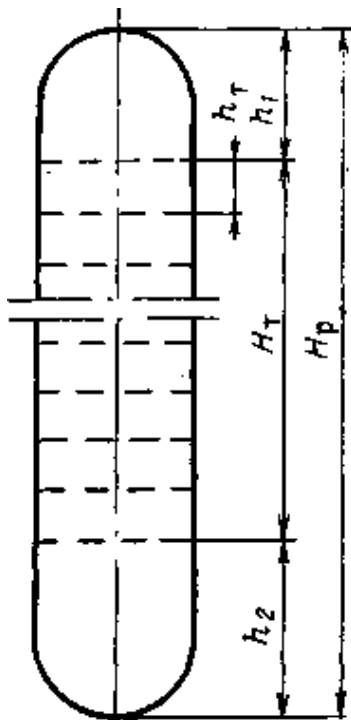


Рисунок 3.5 - Схема для розрахунку висоти абсорбера очищення газів розчином МДЕА.

Робоча висота абсорбера (рисунок 3.5) дорівнює, м:

$$H_p = h_1 + H_T + h_2 \quad (3.2)$$

де  $h_1$  – висота верхньої камери;

$H_T$  – висота, частини апарата, зайнятої тарілками;

$h_2$  – висота нижньої камери.

Висоти верхньої та нижньої камер апарата приймемо рівними  $h_1=1,0$ м,  
 $h_2=1,5$  м.

Висота шару насадки, розраховується за формулою:

$$H_T = n_T h_{\text{Э}} \quad (3.3)$$

де  $n_T$  – кількість теоретичних тарілок;

$h_{\text{Э}}$  – висота насадки еквівалентна теоретичній тарілці, м.

Приймаємо число теоретичних тарілок 15 шт.

На основі результатів конструктивних розрахунків абсорбера був прийнятий ближчий більший діаметр колони 1400 мм та кількість секцій насадки – 2.

Висота секцій масообмінної насадки:

–1-а секція – 4000 мм;

–2-а секція – 6000 мм;

Висота частини апарата, зайнятої насадкою, дорівнює:

$$H_n = 4+6=10,0 \text{ м.}$$

Робоча висота абсорбера дорівнює:

$$H_p = 1,0 + 10 + 1,5 = 12,5 \text{ м.}$$

### Розрахунок діаметрів штуцерів

Внутрішній діаметр трубопроводу круглого перерізу розраховуємо за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{G}{\rho \cdot 3600 \cdot 0.785 \cdot \omega}} \text{ м} \quad (3.4)$$

где  $G$  – об'ємна витрата середовища в трубопроводі м<sup>3</sup>/с;

$\rho$  – щільність середовища в трубопроводі кг/м<sup>3</sup>;

$\omega$  – швидкість руху середовища в трубопроводі м/с.

Розраховуємо діаметр штуцерів для подачі і відведення газу і МДЕА за витрати МДЕА:  $L = 38,4$  кг/с; газу  $G = 15,1$  кг/с.

Швидкість газу приймається в межах 15-20м/с, швидкість рідини 0,5-2 м/с.

					<i>XI.A.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41



Тоді

Діаметр штуцерів входу і виходу МЕА:

$$D = \sqrt{\frac{38,4}{996 \cdot 0,785 \cdot (0,5 \dots 2)}} = 0,3 \dots 0,156 \text{ м.}$$

Приймаємо  $D_y = 200$  мм.

Діаметр штуцерів для входу і виходу газу:

$$D = \sqrt{\frac{15,1}{101,6 \cdot 0,785 \cdot (10 \dots 20)}} = 0,137 \dots 0,178 \text{ м}$$

Приймаємо  $D_y = 200$  мм.

					<i>XI.A.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпись</i>	<i>Дата</i>		42

### 3.5 Визначення гідравлічного опору апарату

Виконаємо гідравлічний розрахунок кожної секції абсорбера VE-002.

Вихідні данні для гідравлічного розрахунку секції 1 наведені нижче в таблиці (дивись рисунок 3.6)

Начальная ступень секции	1_Main Tower
Конечная ступень секции	8_Main Tower
Диаметр колонны [m]	1,400
Высота слоя насадки на ступень [m]	0,5000
Высота секции [m]	4,000
Максимальный % Ёмкости (Постоянная L/V) [%]	53,01
Максимальный фактор ёмкости [m/s]	3,044e-002
Секционный перепад давления [mbar]	35,39
Среднее падение давление/ высоты [mbar/m]	8,847
Среднее падение давления/Высоты (сопротивление) [mbar,	0,8757
Макс. задер. жидк. в ступ. [m3]	0,1324
Макс. поверх. скор. жидк. [m3/h-m2]	91,22
Максимум % Ёмкости (Постоянная Ж.) [%]	38,10
Максимум Fs [sqrt(Pa)]	0,9209
Макс. приближение к системному ограничению [%]	22,46

Рисунок 3.6 - Вихідні данні для гідравлічного розрахунку секції 1

Результати гідравлічного розрахунку для секції 1 наведені нижче в таблиці (дивись рисунок 3.7)

Ступ.	Высота насадки [m]	% Ёмкости (Постоянная L/V) [%]	% Ёмкости (Постоянная L) [%]	Паден. давл. [mbar]	Падение давления /Высота (Трение) [mbar/m]	Жидкостная задержка [m3]	Скор. жидкости [m3/h-m2]	Fs [sqrt(Pa)]	Cs [m/s]	Приближение к системному ограничению [%]
1_Main Tower	0,5000	52,13	37,03	4,427	0,8491	0,1299	90,89	0,8923	2,959e-002	21,72
2_Main Tower	1,000	52,22	37,15	4,426	0,8554	0,1301	90,93	0,8955	2,968e-002	21,81
3_Main Tower	1,500	52,33	37,27	4,426	0,8622	0,1304	90,97	0,8988	2,978e-002	21,89
4_Main Tower	2,000	52,44	37,41	4,425	0,8697	0,1308	91,01	0,9025	2,989e-002	21,99
5_Main Tower	2,500	52,56	37,56	4,424	0,8779	0,1311	91,05	0,9065	3,001e-002	22,09
6_Main Tower	3,000	52,70	37,72	4,422	0,8869	0,1315	91,10	0,9108	3,014e-002	22,20
7_Main Tower	3,500	52,85	37,90	4,421	0,8967	0,1319	91,16	0,9156	3,028e-002	22,32
8_Main Tower	4,000	53,01	38,10	4,418	0,9079	0,1324	91,22	0,9209	3,044e-002	22,46

Рисунок 3.7 - Результаты гідравлічного розрахунку для секції 1

Вихідні данні для гідравлічного розрахунку секції 2 наведені нижче в таблиці (дивись рисунок 3.8)

					XI.A.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

Рисунок 3.8 - Вихідні данні для гідравлічного розрахунку секції 2

Начальная ступень секции	9_Main Tower
Конечная ступень секции	15_Main Tower
Диаметр колонны [m]	1,400
Высота слоя насадки на ступень [m]	0,8571
Высота секции [m]	6,000
Максимальный % Ёмкости (Постоянная L/V) [%]	56,16
Максимальный фактор ёмкости [m/s]	3,295e-002
Секционный перепад давления [mbar]	54,89
Среднее падение давление/ высоты [mbar/m]	9,148
Среднее падение давления/Высоты (сопротивление) [mbar,	1,004
Макс. задер. жидк. в ступ. [m3]	0,2495
Макс. поверх. скор. жидк. [m3/h-m2]	96,42
Максимум % Ёмкости (Постоянная Ж.) [%]	0,97
Максимум Fs [sqrt(Pa)]	5,267e+170
Макс. приближение к системному ограничению [%]	1,00

Результати гідравлічного розрахунку для секції 2 наведені нижче в таблиці (дивись рисунок 3.9)

Ступ.	Высота насадки [m]	% Ёмкости (Постоянная L/V) [%]	% Ёмкости (Постоянная L) [%]	Паден. давл. [mbar]	Падение давления /Высота (Трение) [mbar/m]	Жидкостная задержка [m3]	Скор. жидкости [m3/h-m2]	Fs [sqrt(Pa)]	Cs [m/s]	Приближение к системному ограничению [%]
9_Main Tower	0,8571	53,20	38,32	7,567	0,9205	0,2279	91,29	0,9269	3,062e-002	22,61
10_Main Tower	1,714	53,42	38,59	7,552	0,9358	0,2290	91,38	0,9341	3,084e-002	22,79
11_Main Tower	2,571	53,73	38,96	7,521	0,9562	0,2305	91,50	0,9436	3,113e-002	23,04
12_Main Tower	3,429	54,20	39,53	7,470	0,9884	0,2329	91,72	0,9582	3,158e-002	23,41
13_Main Tower	4,286	54,96	40,42	7,435	1,040	0,2369	92,15	0,9798	3,226e-002	23,98
14_Main Tower	5,143	55,87	41,45	7,641	1,102	0,2423	93,01	1,001	3,295e-002	24,58
15_Main Tower	6,000	56,16	41,27	9,703	1,088	0,2495	96,42	0,9600	3,209e-002	24,31

Рисунок 3.9 - Результаты гідравлічного розрахунку для секції 2

Втрати тиску по кожній секції становлять:

- 1-а секція – 35,39 мбар;
- 2-а секція – 54,89 мбар;

### 3.6 Вибір допоміжного обладнання

#### Вибір насоса

Зробимо вибір насоса для подачі чистого МДЕА на зрошення абсорбера.

Фактична швидкість МДЕА в трубопроводі при  $D_y=200\text{мм}$ :

$$\omega = \frac{L}{\rho_{жс} \cdot 0,785 \cdot d^2} = \frac{38,4}{996 \cdot 0,785 \cdot 0,2^2} = 1,22 \text{ м/с.}$$

Приймаємо, що корозія трубопроводу незначна. Визначимо втрати на тертя та місцеві опори.

$$Re = \omega d \rho / \mu, \quad (3.5)$$

$$Re = 1,22 \cdot 0,2 \cdot 996 / 0,002714 = 89544.$$

Приймаємо за [4] абсолютну шорсткість рівною:

$$\Delta = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м, тогдa:}$$

$$e = \Delta / d = 2 \cdot 10^{-4} / 0,2 = 0,001.$$

Далі отримаємо:

$$10/e = 10/0,001 = 10000,$$

$$560/e = 560/0,001 = 560000$$

$$10/e < Re < 560/e$$

$$10000 < 89544 < 560000.$$

Таким чином розрахунок ведемо для зони змішаного тертя.

Коефіцієнт тертя визначимо за формулою:

$$\lambda = 0,11 \left( e + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}; \quad (3.6)$$

$$\lambda = 0,11 \left( 0,001 + \frac{68}{89544} \right)^{0,25} = 0,025.$$

Визначимо суму коефіцієнтів місцевих опорів:

Для всмоктувальної лінії:

1. Вхід у трубу (приймаємо з гострими краями) [4]:  $\zeta_1=0,5$ ;

2. Прямоточні вентилі [4], при  $D_y=200$ ,  $\zeta_2=0,5$ , поправочний коефіцієнт при  $Re=89544$ ,  $K=0,94$ .

$$\zeta_2 = 0,5 \cdot 0,94 = 0,465;$$

3. Отводи : коефіцієнт  $A=1,0$ ,  $B=0,21$  [4].

									Лист
									45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	XI.A.00.00.00 ПЗ				

$$\zeta_3 = \lambda B = 0,21.$$

Сума коефіцієнтів місцевих опорів у всмоктувальній лінії:

$$\sum \zeta = \zeta_1 + 2\zeta_2 + 2\zeta_3; \quad (3.7)$$

$$\sum \zeta = \zeta_1 + 2\zeta_2 + 2\zeta_3 = 0,5 + 2 \cdot 0,465 + 2 \cdot 0,21 = 1,85.$$

Втрачений натиск у всмоктувальній лінії:

$$h_{н.вс} = (\lambda \frac{lm}{d_3} + \sum \zeta) \frac{\omega^2}{2g}, \quad (3.8)$$

где  $lm$  – довжина трубопроводу,  $lm = 25$  м.

$$h_{н.вс} = (0,025 \frac{25}{0,2} + 1,85) \frac{1,22^2}{2 \cdot 9,81} = 0,37 \text{ м}$$

Для нагнітальної лінії:

1. Вхід у трубу:  $\zeta_1 = 0,5$ ;

2. Прямоточний вентиль, при  $D_v = 200$ ,  $\zeta_2 = 0,465$ ;

3. Відводи: коефіцієнт  $\zeta_3 = \lambda B = 0,21$ .

4. Зворотні клапани  $\zeta_4 = 1,5$ .

Сума коефіцієнтів місцевих опорів у нагнітальній лінії:

$$\sum \zeta = \zeta_1 + \zeta_2 + 2\zeta_3 + 2\zeta_4; \quad (3.9)$$

$$\sum \zeta = 0,5 + 0,465 + 2 \cdot 0,21 + 2 \cdot 1,5 = 4,385.$$

Втрачений напір у нагнітальній лінії:

$$h_{н.н} = (0,024 \frac{25}{0,2} + 4,385) \frac{1,22^2}{2 \cdot 9,81} = 0,56 \text{ м.}$$

Загальні втрати напору:

$$h_{п} = 0,37 + 0,56 = 0,93 \text{ м.}$$

Напір насоса визначається за формулою:

$$H = (p_2 - p_1) / (\rho g) + H_g + h_n; \quad (3.10)$$

де  $P_1$  – тиск у ємності  $P_1 = 0,12 \cdot 10^6$  Па ;

$P_2$  – тиск у колоні  $P_2 = 7,5 \cdot 10^6$  Па;

$H_g$  – геометрическая высота подъема жидкости,  $H_g = 18$  м.

$$H = (7,5 \cdot 10^6 - 0,12 \cdot 10^6) / (996 \cdot 9,81) + 18 + 0,56 = 773,9 \text{ м.}$$

Такий напір за заданої продуктивності забезпечується спеціальними відцентровими насосами. З огляду на широке поширення цих насосів у

									Лист
									46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	XI.A.00.00.00 ПЗ				

промисловості, зважаючи на досить високий к.к.д., компактність і зручність комбінування з електродвигунами, вибираємо для подальшого розгляду саме ці насоси.

Корисна потужність насоса:

$$N_n = \rho g Q H ; \quad (3.11)$$

$$N_n = 996 \cdot 9,81 \cdot 0,0384 \cdot 773,9 = 290365 \text{ Вт} = 290,3 \text{ кВт}$$

Приймаємо  $\eta_{\text{пер}}=1$ ,  $\eta_n=0,7$ , знайдемо потужність на валу:

$$N = 290,3 / 0,7 = 415 \text{ кВт.}$$

Приймаємо відцентровий електронасос марки TDJ 150-100x8, призначений для перекачування хімічних середовищ, з такими характеристиками:

- подача, м<sup>3</sup>/ч– 168;
- напір, м–790;
- потужність двигуна, кВт–630;
- допустимий кавітаційний запас, м–5,2;

					<i>XI.A.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		47



KEER

Client: \_\_\_\_\_  
 Project: \_\_\_\_\_  
 Unit: \_\_\_\_\_  
 Item No.: 200-PA-002A/B  
 Service: absorber refluxing feed pump

Pump Size: TDJ150-100XB  
 Stage: 8  
 Speed (r/min): 2950  
 Liquid: MDEA solution  
 Density (kg/m<sup>3</sup>): 1023

Temp. (C): 50  
 Capacity (m<sup>3</sup>/h): 168  
 Head (m): 790  
 Efficiency (%): 70  
 Shaft Power (Kw): 528.2  
 NPSHR (m): 5.2

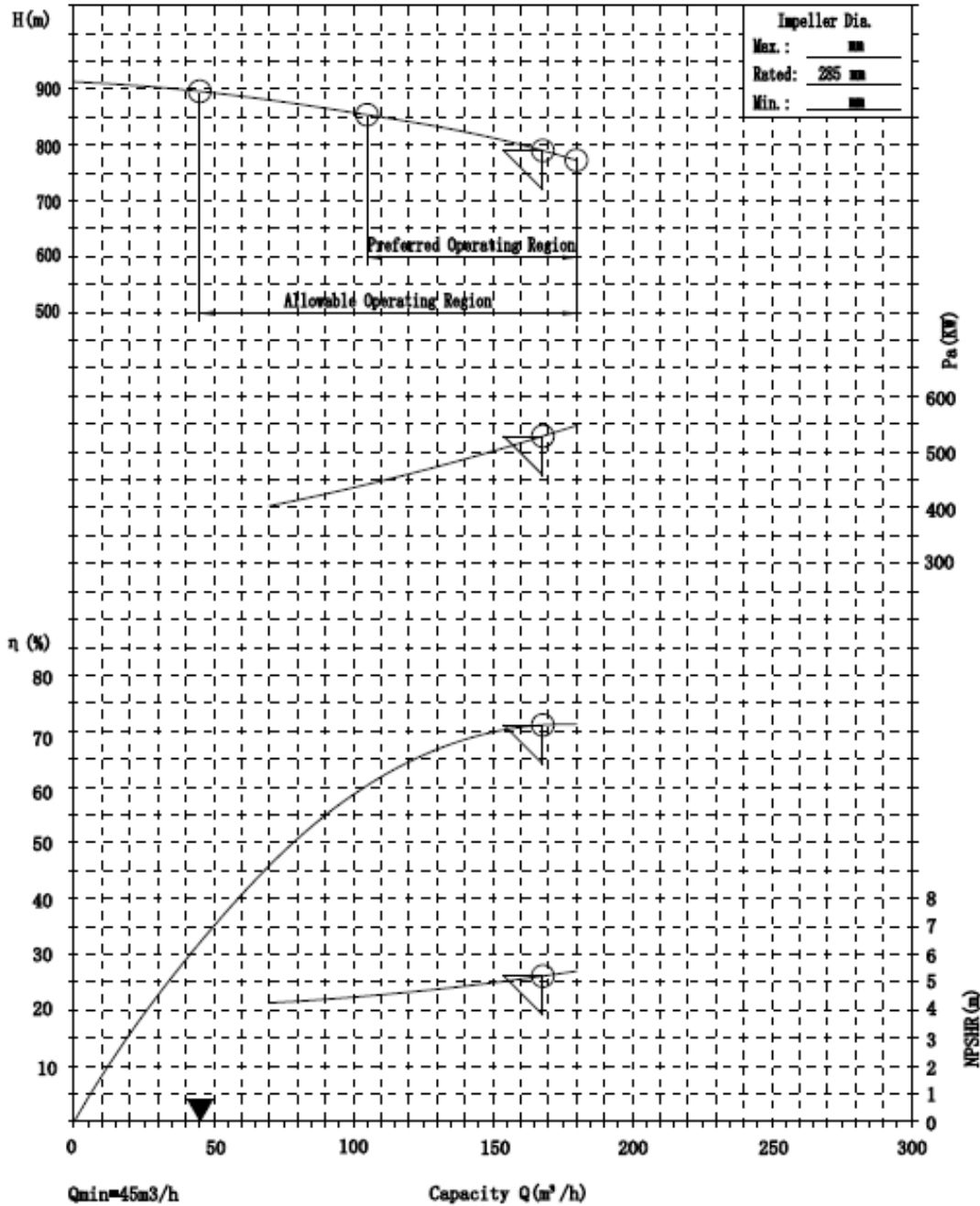


Рисунок 3.10-Робоча характеристика насоса

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

XI.A.00.00.00 ПЗ

Лист

48

## 4 Розрахунки апарата на міцність і герметичність

### 4.1 Вибір конструкційних матеріалів

Згідно з рекомендаціями [6], виходячи з агресивності середовища, що переробляється, приймаємо як конструкційний матеріал сталь 09Г2С. Ця сталь належить до групи низьколегованих сталей.

Опис основного конструкційного матеріалу Сталь 09Г2С

Призначення - різні деталі та елементи зварних металоконструкцій, що працюють за температури від  $-70$  до  $+425$  °С.

Таблиця 4.1 - Хімічний склад сталі 09Г2С (ГОСТ 19282–73)

Si	Mn	C	Cr	Ni	Cu	P	S	N	As
		не более							
0.5–0.8	1.3–1.7	0.12	0.30	0.30	0.30	0.035	0.040	0.008	0.08

Технологічні властивості:

температура кування - початку 1250, кінця 850;

зварюваність - зварюється без обмежень. Способи зварювання: РДС, АДС під флюсом і газовим захистом, ЭШС;

оброблюваність різанням - у нормалізованому, відпущеному стані при  $sB = 520$  МПа  $Ku$  тв.спл. = 1,6,  $Ku$  б.ст. = 1,0;

схильність до відпускної здатності - не схильна;

флокеночутливість - не чутлива.



## 4.2 Визначення товщини стінки апарата

Робоча температура середовища в апараті  $t=61,3^{\circ}\text{C}$ .

Розрахункова температура середовища в апараті  $t=80^{\circ}\text{C}$ .

Робочий тиск в абсорбері  $P=7,5$  МПа.

Розрахунковий тиск для апаратів з робочим надлишковим тиском  $P>0,007$  МПа згідно з рекомендаціями наведеними [5] приймемо  $P_p=8,0$  МПа.

Допустима напруга для матеріалу корпусу абсорбера за розрахункової температури і  $20^{\circ}\text{C}$ , згідно з [5], становитиме:

$[\sigma]_{20}=183$  МПа,  $[\sigma]_t=172$  МПа.

Пробний під час гідравлічного випробування тиск згідно з [5] визначимо за формулою:

$$P = \max \{ 1,25 P_p [\sigma]_{20} / [\sigma]_t; P_p + 0,3 \} \quad (4.1)$$

$$P = \max \left\{ 1,25 \cdot 8,0 \cdot \frac{183}{172}; 8,0 + 0,3 \right\} = \max \{ 10,6; 8,3 \} = 10,6 \text{ МПа}$$

Розрахункові значення модуля поздовжньої пружності для матеріалу корпусу відповідно при розрахунковій температурі і  $20^{\circ}\text{C}$  згідно з [5] становитимуть:

$E_{20}=1,99 \cdot 10^5$  МПа;  $E_t=1,95 \cdot 10^5$  МПа.

Коефіцієнт міцності зварного шва згідно з [5] становитиме  $\varphi = 0,9$ .

Розрахункова схема до визначення товщини стінки циліндричної обичайки наведена на рисунку 3.1

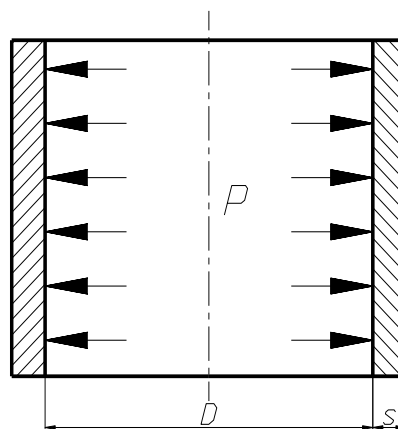


Рисунок 4.1 – Розрахункова схема обичайки

Номінальна товщина стінки циліндричної обичайки, навантаженої надлишковим внутрішнім тиском, визначається за формулою:

$$S_R = \frac{Pp \cdot D}{2[\sigma]\varphi - Pp}, \quad (4.2)$$

$$S_R = \frac{8 \cdot 1400}{2 \cdot 172 \cdot 0,9 - 8} = 37,13 \text{ мм}$$

Виконавчу товщину стінки визначимо за формулою:

$$S = S_R + c, \quad (4.3)$$

де  $c$  – загальне значення надбавки, яка складається зі складових надбавок і визначається за формулою:

$$c = c_1 + c_2 + c_3, \quad (4.4)$$

де:  $c_1$  – надбавка для компенсації корозії та ерозії, при проникності  $\Pi = 0,1 \text{ мм/год}$  і терміні служби абсорбера  $\tau = 25 \text{ лет}$  складе  $c_1 = \Pi \cdot \tau = 0,1 \times 25 = 2,5 \text{ мм}$ .

$c_2$  – надбавка на мінусове значення граничного відхилення за товщиною листа, мм,

$c_3$  – технологічна надбавка, яка враховується залежно від прийнятої технології виготовлення і не включає в себе округлення до стандартної товщини за стандартом, мм.

Надбавки  $c_2, c_3$  враховуються тільки в тому разі, коли сума їх перевищує 5% від розрахункової товщини обичайки.

$$c = 0 + 0 + 2,5 = 2,5 \text{ мм}$$

$$S = 37,13 + 2,5 = 39,63 \text{ мм}$$

Допустимий внутрішній надлишковий тиск, за прийнятої виконавчої товщини стінки  $S = 42,0 \text{ мм}$ , визначається за формулою:

$$[P] = \frac{2[\sigma]\varphi(S - c)}{D + (S - c)}, \quad (4.5)$$

$$[P] = \frac{2 \cdot 172 \cdot 0,9 \cdot (0,042 - 0,0025)}{1,4 + (0,042 - 0,0025)} = 8,49 \text{ МПа}$$

					<i>XI.A.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
						51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Умова міцності має вигляд:

$$Pp \leq [P], \quad (4.6)$$

8МПа < 8,49МПа, отже, умова міцності виконується.

Умова застосування формул:

$$(S - c) / D \leq 0,1, \quad (4.7)$$

$$(42 - 2,5) / 1400 = 0,028 < 0,1.$$

### 4.3 Розрахунок товщини стінки днища

Розрахункову схему до визначення товщини стінки днища представлено на рисунку 3.2

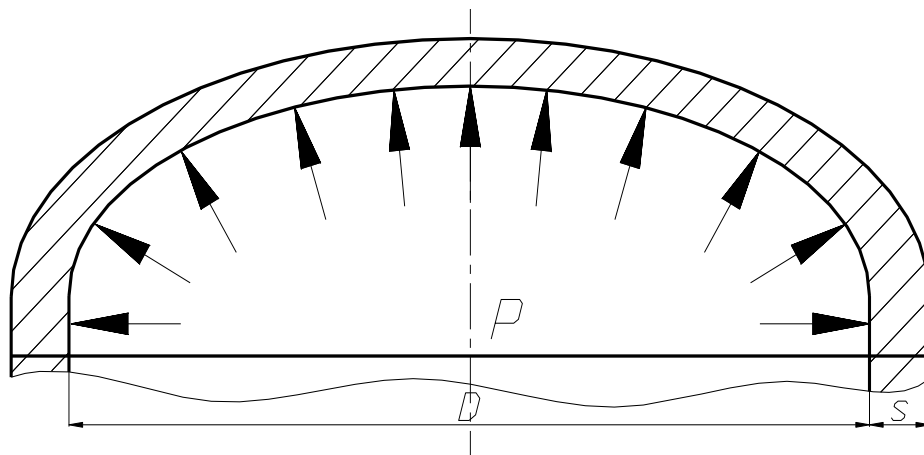


Рисунок 4.2 – Розрахункову схему до визначення товщини стінки днища

Розрахункову товщину стінки днища абсорбера, навантаженого внутрішнім надлишковим тиском, визначимо за формулою:

$$S_R = \frac{Pp \cdot R}{2[\sigma]\phi - 0,5Pp}, \quad (4.8)$$

где R – радіус кривизни у вершині днища, для еліптичних днищ R=D.

$$S_R = \frac{8 \cdot 1400}{2 \cdot 172 \cdot 0,9 - 0,5 \cdot 8} = 36,64 \text{ мм.}$$

$$c = 0 + 0 + 3 = 2,5 \text{ мм.}$$

$$S = 36,64 + 2,5 = 39,15 \text{ мм.}$$

Допустимий внутрішній надлишковий тиск, за прийнятої виконавчої товщини стінки S=42,0 мм, визначимо за формулою:

					XI.A.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

$$[P] = \frac{2[\sigma]\varphi(S - c)}{R + 0,5(S - c)}, \quad (4.9)$$

$$[P] = \frac{2 \cdot 172 \cdot 0,9 \cdot (0,042 - 0,0025)}{1,4 + 0,5 (0,042 - 0,0025)} = 8,61 \text{ МПа}$$

Умова міцності має вигляд:

$$P \leq [P],$$

МПа < 8,61 МПа, отже, умова міцності виконується.

Умова застосування формул:

$$0,002 \leq (S - c) / D \leq 0,1, \quad (4.10)$$

$$0,2 \leq H\delta / D \leq 0,5, \quad (4.11)$$

$$0,002 < (42 - 2,5) / 1400 = 0,028 < 0,1.$$

$$0,2 < 350 / 1400 = 0,25 < 0,5.$$

#### 4.4 Розрахунок фланцевого з'єднання

Розрахунок фланцевого з'єднання проводимо для діаметра  $D=1400$  мм.

Залежно від робочого тиску в апараті вибираємо згідно з ГОСТ 28759.1-90 сталеві фланці приварені встик під прокладку восьмикутного перетину ГОСТ 28759.4-90.

Конструкцію фланцевого з'єднання представлено на малюнку 3.3.

Конструктивний матеріал фланців – 09Г2С, болтів ВСЗсп4.

Конструкцію і матеріал прокладки обираємо згідно з ГОСТ 28759.8-90:

онструкція прокладки - металева восьмикутного перетину;

матеріал прокладки - Сталь 08Х18Н10;

Ширина прокладки  $b_n=28$  мм;

Висота прокладки  $S_p=34$  мм.

					<i>XI.A.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
						53
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

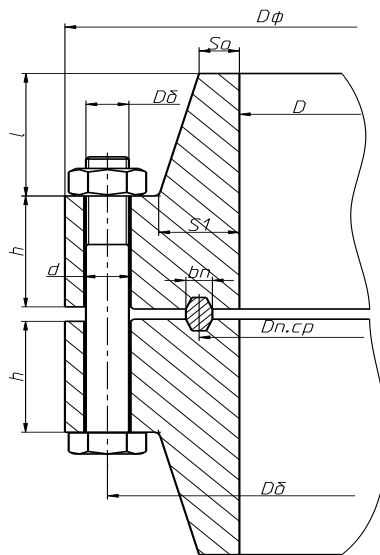


Рисунок 4.3 - Конструкція фланцевого з'єднання

Визначимо основні розрахункові величини:

а) менша товщина конічної втулки фланця, мм

$$S < S_0 < 1,3S \quad (42 < 48 < 54)$$

б) Відношення більшої товщини втулки фланця до меншої  $\beta = S_1 / S_0$ , вибираємо згідно з [5]  $\beta = 2$ .

в) Більша товщина втулки фланця:

$$S_1 = \beta S_0; \quad (4.12)$$

$$S_1 = 2 \cdot 0,048 = 0,096 \text{ м.}$$

г) довжина втулки приварного фланця визначимо за формулою:

$$l \geq 3(S_1 - S_0) \quad (4.13)$$

$$l = 3 \cdot (0,096 - 0,048) = 0,144 \text{ м.}$$

Згідно з рекомендаціями, наведеними [5], вибираємо діаметр болтів М60.

Діаметр болтового кола визначимо за формулою:

$$D_6 \geq D + 2(S_1 + d_6 + 0,006); \quad (4.14)$$

$$D_6 = 1,4 + 2(0,096 + 0,06 + 0,006) = 1,724 \text{ м. Приймаємо } D_6 = 1725 \text{ мм.}$$

Зовнішній діаметр фланця визначимо за формулою:

$$D_\phi \geq D_6 + a, \quad (4.15)$$

де  $a$  – величина значення якої обирається згідно з [5]  $a = 115$ ;

$$D_\phi = 1725 + 115 = 1840 \text{ мм.}$$

Зовнішній діаметр прокладки визначимо за формулою:

$$D_{\Pi} = D_6 - e, \quad (4.16)$$

де  $e$  – величина значення якої обирається згідно з [5]  $e=240$ мм;

$$D_{\Pi} = 1725 - 240 = 1485 \text{ мм.}$$

Середній діаметр прокладки визнач за формулою:

$$D_{\text{ср}} = D_{\Pi} - b_n, \quad (4.17)$$

$$D_{\text{ср}} = 1485 - 28 = 1457 \text{ мм.}$$

Ефективну ширину прокладки для прокладки овального перерізу визначимо за формулою:

$$b_e = 0,125 b_n, \quad (4.18)$$

$$b_e = 0,125 \cdot 28 = 3,5 \text{ мм.}$$

Згідно з [5] обираємо, залежно від конструкції та матеріалу прокладки, розрахункові параметри:  $m=6,5$ ;  $q=180$ МПа.

Орієнтовне число болтів визначимо за формулою:

$$z_B = \pi \cdot D_B / t_B, \quad (4.19)$$

де  $t_B$  – крок болтів згідно з [5] становитиме:

$$t_B = (2,1 - 2,8) d_B \quad (4.20)$$

$$t_B = 2,1 \cdot 60 = 126 \text{ мм.}$$

Тоді

$$z_B = 3,14 \cdot 1725 / 126 = 43, \text{ приймаємо } z_B = 48 \text{ шт.}$$

Визначимо допоміжні величини:

а) коефіцієнт  $\chi$ , згідно [5]:

$$\chi = 1 + (\beta - 1) \frac{x}{x + (1 + \beta) / 4} \quad (4.21)$$

$$x = \frac{l}{\sqrt{DS_o}}; \quad (4.22)$$

$$x = \frac{0,144}{\sqrt{1,4 \cdot 0,048}} = 0,56.$$

$$\chi = 1 + (2 - 1) \frac{0,56}{0,56 + \frac{(1+2)}{4}} = 1,427.$$

					<i>XI.A.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

б) еквівалентна товщина втулки фланця:

$$S_E = \chi \cdot S_o, \quad (4.23)$$

$$S_E = 1,427 \cdot 0,048 = 0,0685 \text{ м.}$$

в) орієнтовна товщина фланця:

$$h = \lambda \sqrt{DS_E}, \quad (4.24)$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт, що визначається згідно з [5]  $\lambda = 0,5$ ;

$$h = 0,5 \cdot \sqrt{1,4 \cdot 0,0685} = 0,154 \text{ м}$$

г) безрозмірний параметр:

$$w = \left[ 1 + 0,9 \lambda (1 + \psi_1 \cdot j^2) \right]^{-1}, \quad (4.25)$$

$$\text{где } j = \frac{h}{S_E} = \frac{0,154}{0,0685} = 2,26.$$

$$\psi_1 = 1,28 \lg K; \quad (4.26)$$

где  $K = D_\phi / D$ ,

$$K = 1840 / 1400 = 1,314.$$

$$\psi_1 = 1,28 \cdot \lg 1,314 = 0,148$$

$$\omega = [1 + 0,9 \cdot 0,5 (1 + 0,148 \cdot 2,26^2)]^{-1} = 0,56.$$

д) безрозмірні параметри згідно з [5] становлять:  $T = 1,79$ ;  $\psi_2 = 7,5$ ;  $\psi_3 = 1,1$ .

Кутову податливість фланця визначимо за формулою:

$$y_\phi = \frac{[1 - 0,62(1 + 0,9 \cdot \lambda)] \psi_2}{h^3 E_\phi} \quad (4.27)$$

де  $E_\phi$  – модуль поздовжньої пружності матеріалу фланця, МПа.

$$y_\phi = \frac{[1 - 0,62 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,5)] \cdot 7,5}{0,154^3 \cdot 1,94 \cdot 10^5} = 0,0011 \frac{1}{\text{МНм}}$$

Лінійна податливість металеві прокладки згідно з [5]  $y_n = 0$ .

Розрахункову довжину болта визначимо за формулою:

$$l_b = l_{b0} + 0,28d, \quad (4.28)$$

де  $l_{b0}$  – довжина болта між опорними поверхнями головки болта і гайки

$$l_{b0} = 320 \text{ мм.}$$

									Лист
									56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	XI.A.00.00.00 ПЗ				

Тоді

$$l_{\sigma} = 0,32 + 0,28 \cdot 0,066 = 0,338 \text{ м.}$$

Лінійну податливість болтів визначимо за формулою:

$$y_{\sigma} = l_{\sigma} / (E_{\sigma} \cdot f_{\sigma} \cdot z_{\sigma}), \quad (4.29)$$

де  $f_{\sigma}$  – площа поперечного перерізу болта, згідно з [5] становитиме:

$$f_{\sigma} = 23 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

$E_{\sigma}$  – модуль поздовжньої пружності матеріалу болта [5],

$$E_{\sigma} = 1,99 \cdot 10^5 \text{ МПа,}$$

$$y_{\sigma} = 0,338 / (1,99 \cdot 10^5 \cdot 23 \cdot 10^{-4} \cdot 48) = 0,000015 \frac{1}{\text{МН} \cdot \text{м}}.$$

Коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання  $a=1$  для фланців із восьмикутними прокладками.

Безрозмірний коефіцієнт  $g$  визначимо за формулою:

$$\gamma = Ay_{\sigma},$$

$$A = [y_n + y_{\sigma} + 0,25(y_{\phi 1} + y_{\phi 2})(D_{\sigma} - D_{n.c.p})^2]^{-1}; \quad (4.30)$$

$$A = [0 + 0,000015 + 0,25(0,0011 + 0,0011)(1725 - 1457)^2]^{-1} = 0,025.$$

$$\gamma = 0,025 \cdot 0,000015 = 0,0000003.$$

Навантаження, що діє на фланцеве з'єднання від надлишкового внутрішнього тиску:

$$Q_d = 0,785 \cdot D_{п.ср.}^2 \cdot P_p, \quad (4.31)$$

$$Q_d = 0,785 \cdot 1,457^2 \cdot 8 = 13,3 \text{ МН.}$$

Реакція прокладки в робочих умовах:

$$R_{п} = 2\pi D_{п.ср} b_E m P_p, \quad (4.32)$$

де:  $m$  – коефіцієнт, що приймається згідно з [5],  $m = 6,5$ .

$$R_{п} = 2 \cdot 3,14 \cdot 1,457 \cdot 0,0035 \cdot 6,5 \cdot 8 = 1,67 \text{ МН.}$$



Зусилля, що виникає від температурних деформацій для приварних фланців, що виготовляються з одного матеріалу, визначимо за формулою:

$$Q_t = \gamma \cdot z_{\phi} \cdot f_{\phi} \cdot E_{\phi} (\alpha_{\phi} \cdot t_{\phi} - \alpha_{\phi} \cdot t_{\phi}), \quad (4.33)$$

де  $\alpha_{\phi}$ ,  $\alpha_{\phi}$  – коефіцієнти температурного лінійного розширення, згідно з [5] становитимуть  $\alpha_{\phi} = 11,65 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^{\circ}\text{C}$ ,  $\alpha_{\phi} = 11,35 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^{\circ}\text{C}$ .

$t_{\phi}$ ,  $t_{\phi}$  – розрахункова температура відповідно фланців і болтів, згідно з [5] становитиме:

$$t_{\phi} = 0,96t = 0,96 \cdot 60 = 58 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$t_{\phi} = 0,95t = 0,95 \cdot 60 = 57 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

$$Q_t = 0,0000025 \cdot 48 \cdot 23 \cdot 10^{-4} \cdot 1,99 \cdot 10^5 (11,65 \cdot 10^{-6} \cdot 58 - 11,35 \cdot 10^{-6} \cdot 57) = 0,000001 \text{ МН}.$$

Болтове навантаження в умовах монтажу (до подачі внутрішнього тиску) визначимо за формулою:

$$P_{B1} = \max \left\{ \begin{array}{l} \alpha Q_{\phi} + R_n \\ \pi D n_{cp} \cdot e_E \cdot q \\ 0,4 [\sigma]_B^{20} z_B \cdot f_B \end{array} \right\} \quad (4.34)$$

$$P_{B1} = \max \left\{ \begin{array}{l} 13,3 \cdot 1 + 1,67 \\ 3,14 \cdot 1,457 \cdot 0,0035 \cdot 180 \\ 0,4 \cdot 183 \cdot 48 \cdot 23 \cdot 10^{-4} \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 14,97 \\ 2,88 \\ 8,08 \end{array} \right\} = 14,97 \text{ МН}$$

Болтове навантаження апарата в робочих умовах визначимо за формулою:

$$P_{B2} = P_{B1} + (1 - \alpha) Q_{\phi} + Q_t, \quad (4.35)$$

Величина враховується тільки в разі  $Q_t > 0$ .

$$P_{B2} = 14,97 + (1 - 1) \cdot 13,2 + 0,000001 = 14,97 \text{ МН}.$$

Наведені згинальні моменти в діаметральному перерізі фланця визначимо за формулою:

$$M_{o1} = 0,5 P_{B1} (D_{\phi} - D_{п.ср.}), \quad (4.36)$$

$$M_{o2} = 0,5 [P_{B2} (D_{\phi} - D_{п.ср.}) + Q_g (D_{п.ср} - D - S_E)] [\sigma]^{20} / [\sigma] t, \quad (4.37)$$

$$M_{o1} = 0,5 \cdot 14,97 \cdot (1,725 - 1,457) = 2,0 \text{ МН},$$

$$M_{o2} = 0,5 [14,97 (1,725 - 1,457) + 13,3 \cdot (1,457 - 1,4 - 0,0685)] 183 / 165 = 2,14 \text{ МН}.$$

За розрахункові значення, згідно з рекомендаціями, наведеними в [5] слід приймати більше зі значень  $M_{o1}$  і  $M_{o2}$ , відповідно  $M_o = 2,14 \text{ МН}$ .

						Лист
					XI.A.00.00.00 ПЗ	58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Умова міцності болтів має вигляд:

$$\frac{P_{\sigma 1}}{Z_{\sigma} f_{\sigma}} \leq [\sigma_{\sigma}]^{20} \quad (4.38)$$

$$\frac{P_{\sigma 1}}{Z_{\sigma} f_{\sigma}} \leq [\sigma_{\sigma}]^t \quad (4.39)$$

$$\frac{14,97}{48 \cdot 23 \cdot 10^{-4}} = 136 \text{ МПа} \leq 183 \text{ МПа, отже умова міцності виконується.}$$

$$\frac{14,97}{48 \cdot 23 \cdot 10^{-4}} = 136 \text{ МПа} \leq 165 \text{ МПа, отже умова міцності виконується.}$$

Максимальне напруження в перерізі S1 фланця спостерігається в місці з'єднання втулки з площиною фланця і визначається за формулою:

$$\sigma_1 = \frac{T \cdot M_o \cdot w}{D * (S_1 - C)}, \quad (4.40)$$

$$G_1 = \frac{1,79 \cdot 2,14 \cdot 0,56}{1,448 \cdot (0,096 - 0,0025)} = 15,84 \text{ МПа.}$$

Максимальне напруження в перерізі фланця So спостерігається в місці з'єднання втулки з обичайкою або днищем і визначається за формулою:

$$\sigma_o = \psi_3 \cdot \sigma_1, \quad (4.41)$$

$$\sigma_o = 1,1 \cdot 15,84 = 17,43 \text{ МПа.}$$

Напругу в кільці фланця від дії Mo визначимо за формулою:

$$\sigma_K = \frac{M_o [1 - w(1 + 0,9\lambda)] \psi_2}{Dh^2}, \quad (4.42)$$

$$G_K = \frac{2,14 \cdot [1 - 0,56 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,5)] \cdot 7,5}{1,4 \cdot 0,154^2} = 90,87 \text{ МПа.}$$

Напругу від внутрішнього тиску у втулці фланця визначимо за формулою:

$$\sigma_x = \frac{P \cdot D}{2(S_o - C)}, \quad (4.43)$$

$$\sigma_y = \frac{P \cdot D}{4(S_o - C)}, \quad (4.44)$$

$$G_x = \frac{8 \cdot 1,4}{2 \cdot (0,048 - 0,0025)} = 123 \text{ МПа,}$$

$$G_y = \frac{8 \cdot 1,4}{4 \cdot (0,048 - 0,0025)} = 61,5 \text{ МПа.}$$

					XI.A.00.00.00 ПЗ	Лист
						59
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		

Перевіримо умову міцності фланця:

– у перерізі  $S_1$

$$\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_k^2 + \sigma_1 \sigma_k} \leq [\sigma_1], \quad (4.45)$$

$$\sqrt{15,84^2 + 90,87^2 + 15,84 \cdot 90,87} = 99,73 \text{ МПа} \leq 180 \text{ МПа}$$

отже, умова міцності фланця в перерізі  $S_1$  виконується.

– у перерізі  $S_0$

$$\sqrt{(\sigma_0 + \sigma_y)^2 + \sigma_x^2 + (\sigma_0 + \sigma_y)\sigma_x} \leq \varphi[\sigma_0], \quad (4.46)$$

де  $[\sigma_0] = 0,002 \cdot E = 0,002 \cdot 1,94 \cdot 10^6 = 388 \text{ МПа}$ .

$$\sqrt{(17,43 + 61,5)^2 + 123^2 + (17,43 + 61,5) \cdot 123} = 176,3 \text{ МПа} \leq 388 \text{ МПа},$$

отже, умова міцності фланця в перерізі  $S_0$  виконується.

Умова герметичності фланцевого з'єднання має вигляд:

$$\theta \leq [\theta], \quad (4.47)$$

де  $\theta$  – кут повороту фланця, рад,

$[\theta]$  – допустимий кут повороту фланця, згідно з [5],  $[\theta] = 0,009$ .

Кут повороту фланця визначимо за формулою::

$$\theta = \frac{\sigma_k \cdot D}{E_\phi \cdot h}, \quad (4.48)$$

$$\theta = \frac{90,87 \cdot 1,4}{1,94 \cdot 10^5 \cdot 0,154} = 0,0042 \text{ рад},$$

Тоді умова міцності набуде вигляду:

$0,0042 < 0,009$ , отже, умова міцності фланцевого з'єднання виконується.

					<i>XI.A.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		60

#### 4.5 Розрахунок і вибір опори апарата

Визначимо навантаження порожнього апарата на опору за формулою:

$$Q_{an} = M_{an} \cdot g ; \quad (4.49)$$

де  $M_{an}$  – маса порожнього апарата;

$$M_{an} = M_k + M_{дн} + M_{кр} + M_m + M_{фл} ; \quad (4.50)$$

де  $M_k$ ,  $M_{дн}$ ,  $M_{кр}$ ,  $M_{нас}$ ,  $M_{фл}$  – відповідно маси корпусу, днища, кришки, насадки, фланців і арматури;

$$M_k = H \cdot \pi \cdot D \cdot s \cdot \rho ; \quad (4.51)$$

де  $\rho$  - щільність матеріалу корпусу  $\rho=7850\text{кг/м}^3$ ;

$$M_k=18 \cdot 3,14 \cdot 1,4 \cdot 0,042 \cdot 7850=26088 \text{ кг}$$

Маса насадки дорівнює:

$$M_{нас}=V_{нас} \cdot \rho_{нас}; \quad (4.52)$$

$$M_{нас}=15,38 \cdot 500=7693\text{кг}$$

Масу фланців і арматури приймемо рівною  $M_{фл}=1000\text{кг}$ .

Тоді маса порожнього апарата:

$$M_{an}=(26088+7693+2 \cdot 968+1000) \cdot 1,2=44528\text{кг.}$$

$$Q_{an}=44528 \cdot 9,81 = 436823,6 \text{ Н}=0,436 \text{ МН.}$$

Визначимо навантаження апарата на опори під час гідравлічних випробувань за формулою:

$$Q_{an}^u = (M_{an} + M_v) \cdot g , \quad (4.53)$$

де  $M_v$  - маса завантаженої в апарат води;

$$M_v = V \cdot \rho_v , \quad (4.54)$$

де  $V$  - об'єм апарату;

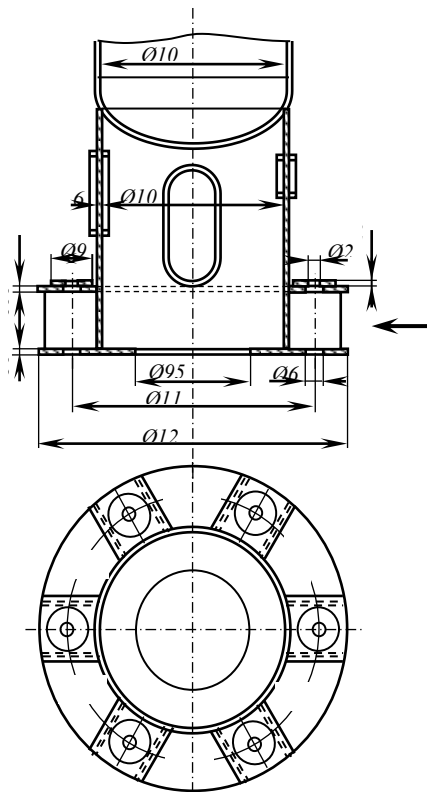
$$V=0,785 \cdot 1,4^2 \cdot 18+2 \cdot 0,48=27,69+0,96=28,65\text{м}^3$$

$$M_v=28,65 \cdot 1000=28650 \text{ кг}$$

$\rho=1000\text{кг/м}^3$  – густина води.

$$Q_{an}^u=(44528+28650) \cdot 9,81=717876,6\text{Н} =0,717\text{МН.}$$

Відповідно до наведеного навантаження вибираємо опору:  
 Опора 3-1400-160-80-2000.



- $D_1=1750\text{мм};$
- $D_2=1300\text{мм};$
- $D_B=1560\text{мм};$
- $s_2=25\text{мм};$
- $s_1=10\text{мм};$
- $s_3=20\text{мм};$
- $s_4 \geq 0,5s_2=12\text{мм}$
- $d=80\text{мм};$
- $d_1=160\text{мм};$
- $d_B=64\text{мм (M64)};$
- $z=16\text{шт.};$

Рисунок 4.4 - Циліндрична опора

## 5 БУДІВЕЛЬНО-МОНТАЖНА ЧАСТИНА

### 5.1 Обґрунтування вибору варіанта компоновки обладнання

Основний принцип компоновки технологічного обладнання приведено на прикладі установки очистки газу, та полягає в раціональному розміщенні апаратів у виробничих майданчиках. При цьому максимальна компактність поєднується зі зручністю обслуговування, монтажу і ремонту.

Важливо зазначити обов'язкове використання нормативних документів при проектуванні хімічних, нафтопереробних та нафтогазових підприємств. В даній роботі розглядається відділення стабілізації конденсату установки комплексної переробки газу, яке спроектовано з урахуванням вимог СНіП 3.05.05-84. Технологічне устаткування і технологічні трубопроводи та інших стандартів

Кліматичні умови розміщення установки та технологічні параметри виробництва зазвичай дозволяють розміщувати відділення стабілізації конденсату на відкритому майданчику, не використовуючи проектування закритих будівель, що значно знижує вартість капітального будівництва, прискорює введення промислового комплексу в експлуатацію, та скорочує загальні терміни проектування.

На стадії розгляду принципової схеми виробництва було прийнято рішення з розміщенням обладнання умовно перпендикулярно до металоконструкції естакади (рисунок 5.1). Дане рішення дозволяє оптимально використовувати матеріальні потоки установки при мінімізації трубопровідних комунікацій.

					<i>XI.A.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

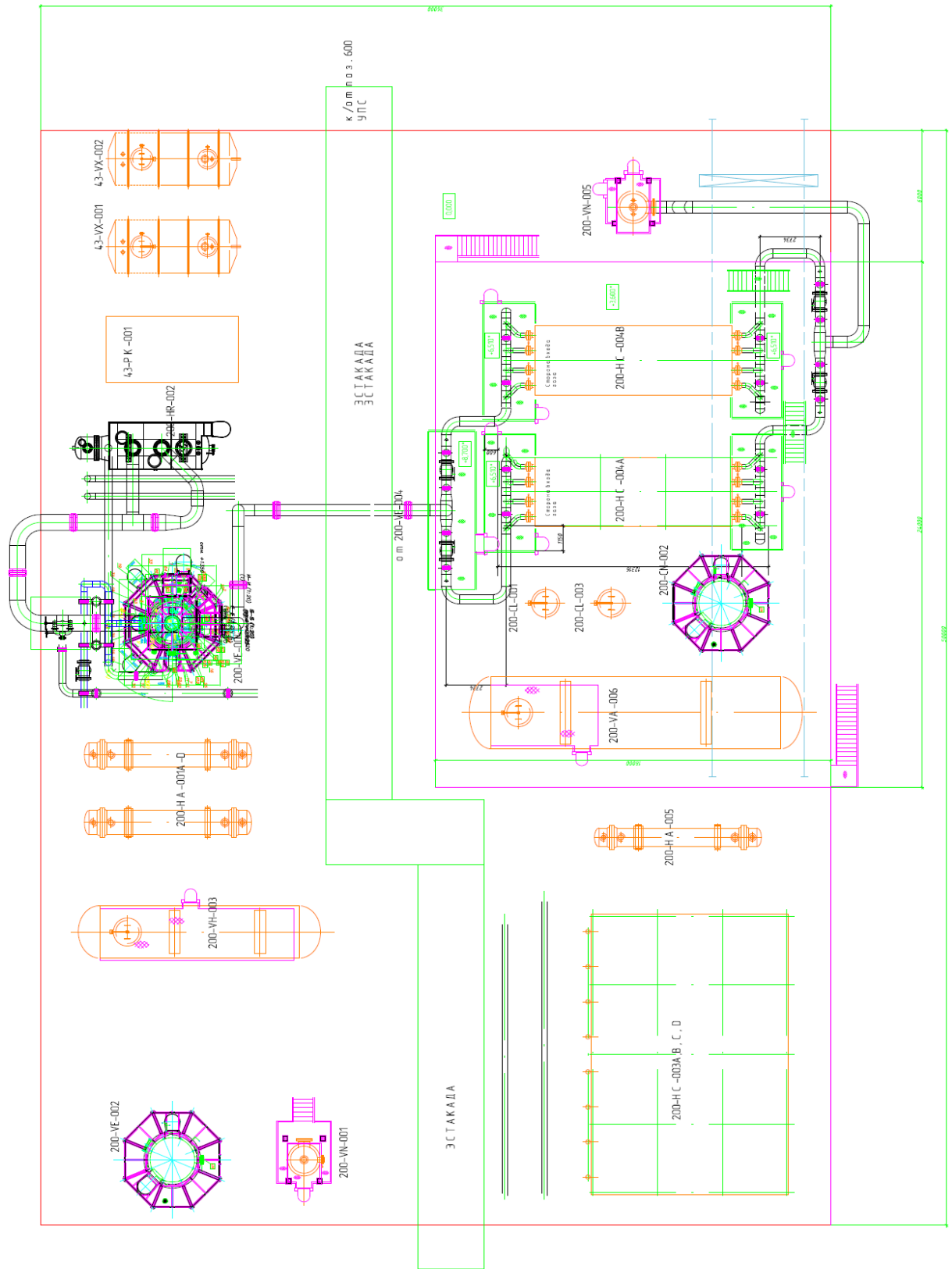


Рисунок 5.1 - Фрагмент плану розташування основного обладнання для очищення газу.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

XI.A.00.00.00 ПЗ

Лист

64

Таблиця 5.1 Характеристика основного обладнання

№ п.п	Найменування	Технічні характеристики
1.	Абсорбер (VE-002)	Д=2000мм Н=18000 мм
2.	Газовідділювач (VH-003)	Д=2400 мм L=9700 мм
3.	Вхідний сепаратор (VN-001)	Д=1000мм Н=3500 мм
4.	Теплообмінник аміна (HA-001A...D)	Д=1100 мм L=6887 мм
5.	Колонна регенерації аміна (VE-004)	Д=2000мм Н=20000 мм
6.	Випаровувач колони (HR-002)	Д=1000/1400 мм L=5649 мм
7.	Апарат повітряного охолодження регенованого аміна (HC-003A...D)	L=11884 мм B=3176 мм H=5905 мм
8.	Емність регенованого аміна (VA-006)	Д=3000 мм L=13500 мм
9.	Фільтр вугільний аміна (CN-002)	Д=1600 мм L=4000 мм



Загальний вигляд компоновки показано на рисунку 5.2.

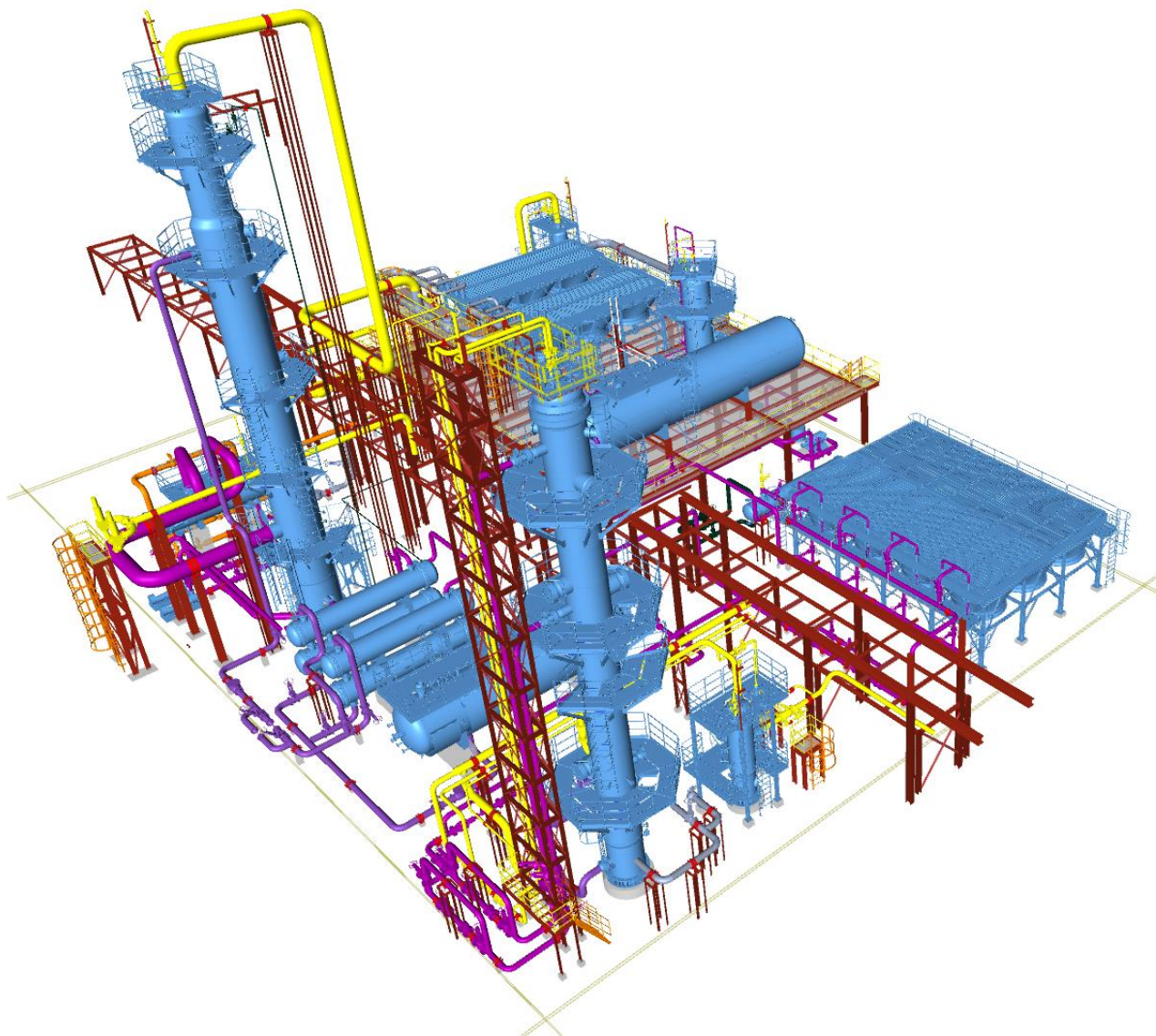


Рисунок 5.2 – Загальний вид компоновки обладнання

У ході виконання розрахунково-графічної роботи було опрацьовано комплекс об'ємно-планувальних рішень щодо компоновки основного технологічного обладнання в установці очищення газу від кислих компонентів. Завданням цієї розрахунково-графічної роботи було розробка монтажного креслення.

При вирішенні завдання компоновки технологічного обладнання було враховано необхідність забезпечити умови функціонування технологічної

									Лист
									66
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	XI.A.00.00.00 ПЗ				

схеми. Що у роботі реалізувалося шляхом забезпечення транспортування матеріальних потоків, а також створенням умов для монтажу, обслуговування та ремонту обладнання та трубопроводів шляхом застосування відкритої схеми розташування обладнання.

Характер основного технологічного обладнання та помірні кліматичні умови дозволяють розміщувати на відкритих майданчиках, без застосування укриттів.

Необхідність застосування відкритої схеми розташування обладнання пояснюється також тим, що процеси, що протікають, не вимагають особливих умов для розміщення обладнання в цеху. Відкритий тип компоновки краще, оскільки зменшуються капітальні витрати на будівництво, зменшується загазованість та санітарні умови робочої зони. Установка обладнання на відкритих майданчиках дозволяє проводити ще на стадії проектування агрегування, а також дозволять вести монтаж укрупненими блоками.

Вибір конструктивного розміру застосовуваних фундаментів та спеціальних залізобетонних постаментів, що несуть та обслуговують апаратуру, проводиться відповідно до величини навантаження, габаритних розмірів, необхідної висоти його розташування:

Фундамент – монолітна споруда під машиною або апаратом, призначена для передачі ґрунту тиску, що виробляється масою машини або апарату та силами, що виникають при їх роботі. Фундамент жорстко пов'язаний із встановленим на ньому обладнанням і надає додаткової жорсткості та стійкості. Фундамент складається з двох частин: нижньої – подушки та верхньої – власне фундаменту. Матеріалом для фундаменту служать нормально обпалена, цегла і бетон, що не має тріщин і деформацій, що складається з однієї частини цементу, двох частин піску і чотирьох частин щебеню (за обсягом).

Глибина закладення фундаменту залежить від характеру ґрунту, глибини його промерзання, від типу та розмірів та маси обладнання, що монтується.

					<i>XI.A.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		67

Зазвичай глибина закладення фундаменту приймається щонайменше 0,7 глибини промерзання.

При влаштуванні бетонних та залізобетонних фундаментів після закінчення укладання подушки виготовляють опалубку із вертикальних дощатих щитів завтовшки 22 – 25 мм. Щити встановлюють уздовж зовнішніх контурних ліній фундаменту та міцно з'єднують між собою.

За наявності ґрунтових вод, а також для захисту від впливу агресивних розчинів (згори та з боків), фундамент ізолюють або пронизують різними кислотостійкими матеріалами (бітум, рубероїд або поліізобутилен). ст. 41]

## **5.2 Обґрунтування компонування основного технологічного обладнання установки**

При проектуванні компонування обладнання цеху необхідно дотримуватися таких основних вимог:

1. Розміщення всього комплексу обладнання та споруд на мінімальних виробничих площах за дотримання діючих норм та правил техніки безпеки, охорони праці та промсанітарії. Це означає, що при розробці планування цеху проектувальник поряд із прагненням раціонально використовувати кожен квадратний метр площі цеху має забезпечити нормативні розміри проходів по цеху, зручний і безпечний доступ до обладнання для його обслуговування та ремонту, встановлення необхідної огорожі, організацію захисту персоналу від усіх видів виробничих шкідливостей та ін.

### **2. Реалізація виробничої програми**

на мінімальному кількості одиниць технологічного устаткування. Для цього в процесі проектування має бути прийнято оптимальну технологічну схему виробництва продукції, вибрано найбільш прогресивне обладнання.

та визначено найбільш раціональний взаємозв'язок у роботі між окремими видами обладнання.

											Лист
											68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ХІ.А.00.00.00 ПЗ						

3. Забезпечення оптимального трасування трубопроводів.
4. Можливість розширення та вдосконалення виробництва.
5. Розміщення комплексу обладнання та споруд, з урахуванням забезпечення оптимальних умов для монтажу, передбачити необхідне додаткове обладнання та пристрої
6. Максимальна механізація та автоматизація виробництва.
7. Створення належних умов аерації виробничого будинку.
8. Забезпечення підведення енергії (за потреби)
9. Локалізація шкідливостей у місцях їх утворення та виключення викиду у навколишнє середовище використаних енергоносіїв та матеріалів з змістом шкідливостей вище концентрацій, що допускаються нормами.
10. Забезпечення мінімальних термінів будівництва та можливість поетапного введення потужностей.
11. Дотримання діючих будівельних норм та правил, а також використання уніфікованих будівельних конструкцій та забезпечення індустріальних методів їх монтажу.

Керуючись описаними принципами компоунвання, були прийняті наступні рішення.

Все важке чи громіздке технологічне устаткування розміщується на позначці 0.000. Безпосередньо на фундамент встановлені абсорбер, теплообмінник, АВО, збірники та ємність.

Для зручності обслуговування обладнання передбачені обслуговуючі конструкції (майданчики для обслуговування, сходи), виконані з металу у вигляді самостійних конструкцій для обслуговування випарника та холодильників конденсату. Для обслуговування колон максимально використовується здатність стінок апаратів, що несуть, до них приварюються майданчики для обслуговування. У роботі застосовані технологічні драбини для обслуговування колони та майданчики шириною 900 мм. Майданчики та сходи виготовляють із рифленого матеріалу або витяжного протяжного листа не менше 5 мм. Висота огорож відповідає вимогам безпеки та становить 0,8 м.;

										Лист
										69
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата	ХІ.А.00.00.00 ПЗ					

Апарати скомпоновані паралельними рядами, при розміщенні обладнання в плані враховано регламентовані значення проходів згідно з правилами безпеки (не менше 0,8 м).

### 5.3 Трасування трубопроводів

При проектуванні прокладання трубопроводів необхідно враховувати їх категорію. Враховуючи що для роботи установки використовується вугілля водневі гази, які є вогне- та вибухонебезпечними, не агресивними, але токсичними речовини, отже трубопроводи відносяться до I категорії.

До трубопроводів, призначених для транспортування вогне- та вибухонебезпечних, а також токсичних або радіоактивних середовищ, висуваються високі вимоги щодо безпеки, непроникності та довговічності матеріалів корпусних деталей та герметичності по відношенню до зовнішнього середовища.

Незалежно від температури таких робочих середовищ при транспортуванні під вакуумом або під тиском при діаметрі трубопроводу до 400 мм повинні застосовуватися сталеві безшовні труби. Зварні труби можна використовувати лише за умови їх виготовлення за спеціальними технічними умовами. З'єднання трубопроводів для транспортування зріджених газів повинні здійснюватися головним чином зварюванням. У місцях встановлення арматури, з метою приєднання її до трубопроводу, можуть бути використані фланцеві з'єднання. Вони можуть бути використані і в трубопроводах, що вимагають періодичного розбирання з метою очищення або заміни окремих ділянок. Зварювання є найбільш доцільним та надійним методом з'єднання сталевих трубопроводів та арматури з трубопроводом. Вона широко застосовується в трубопровідних системах різного призначення, але в багатьох випадках використовуються і фланцеві з'єднання, що мають свої переваги і недоліки як роз'ємні з'єднання. У трубопроводах із малими умовними діаметрами часто використовуються різьбові з'єднання.

									Лист
									70
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата	ХІ.А.00.00.00 ПЗ				

Обв'язка основними та допоміжними трубопроводами проведена з урахуванням необхідності забезпечення мінімального гідравлічного опору, зручності та безпечної експлуатації, всі трубопроводи прокладені паралельно будівельним осям, що надає всій системі більш організованого вигляду;

Навантаження від сили тяжіння трубопроводів колонного обладнання не передається на конструкцію судини, на всіх обв'язувальних трубопроводах, що з'єднують теплообмінні та інші апарати, якими рухаються теплоносія, передбачена можливість самокомпенсації температурних напруг; технологічно трубопроводи виконані як надземними і підземними з урахуванням необхідності частого обслуговування.

Зовнішні трубопроводи монтують укрупненими блоками чи секціями. Монтаж міжцехових трубопроводів окремими трубами допускається тільки в тих випадках, коли через обмежені умови прокладання секціями стає неможливим.

На вигляд укрупнення блоки можуть бути з будівельних конструкцій, трубопровідні та комбіновані.

До складу трубопровідних блоків можуть входити: прямі ділянки трубопроводів, що складаються з однієї або кількох секцій (не більше температурного блоку); супутники; П-подібні, лінзові або сальникові компенсатори; теплоізоляція.

#### 5.4 Монтаж та ремонт об'єкту дослідження

Монтажні роботи під час будівництва великих об'єктів виконуються спеціалізованими монтажними підприємствами. На об'єкті працюють також інші спеціалізовані організації, що виконують будівельні, сантехнічні та електромонтажні роботи, роботи з хімічного захисту обладнання, монтажу контрольно-вимірювальних приладів та засобів автоматизації та ін.

Дії всіх організацій, що беруть участь у спорудженні об'єкта, координуються однією з них, яка називається генеральним підрядником. Раніше за всіх приступає до робіт на об'єкті будівельна організація (будівельне управління або будівельний трест), тому зазвичай вона і є генеральним підрядником, з яким замовник укладає договір на весь обсяг робіт, передбачений кошторисно-фінансовим розрахунком. Інші організації, які залучаються до спорудження об'єкта, називаються субпідрядними організаціями; вони укладають з генеральним підрядником договір виробництва відповідного обсягу робіт.

Спеціалізація монтажних ділянок та робітників з окремих видів робіт дозволяє підвищити продуктивність праці та покращити якість їх виконання. Монтажна ділянка має бути забезпечена всіма необхідними механізмами, інструментами та пристроями, що постійно підтримуються у справному стані спеціальним обслуговуючим персоналом.

На хімічних і нафтопереробних заводах, що мають добре оснащені ремонтно-механічні бази, деякий обсяг робіт зі спорудження окремих об'єктів (яких зазвичай мають характер реконструкції) виконується власними силами – так званим господарським способом.

Вимоги до фундаментів та будівельних конструкцій, які приймаються під монтаж обладнання. Перед початком монтажу монтажна організація приймає у будівельної організації фундаменти та інші будівельні конструкції, призначені для встановлення на них обладнання чи металоконструкцій. Акт «прийм-здавання» оформляється за встановленою формою та підписується представниками замовника, а також будівельною та монтажною організаціями.

										Лист
										72
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата	ХІ.А.00.00.00 ПЗ					

У формулярі, що додається до акта, мають бути зазначені: проектні та фактичні розміри фундаментів; їх висотні позначки; фактичне просторове розташування анкерних болтів та колодязів під них; розташування заставних елементів, реперів та металевих пластинок, на яких зафіксовані головні осі; висотні позначки фундаменту та деякі інші дані, залежно від конструкції споруди.

Встановлювати обладнання на фундамент можна лише після закінчення терміну витримки бетону протягом часу, що визначається технічними умовами. Криниці для анкерних болтів, а також вся відкрита поверхня фундаменту повинні бути очищені від будівельного сміття та нашарувань.

Надзвичайно важливо дотримуватись встановлених допусків на виготовлення фундаментів; повинні бути строго витримані не тільки точна розбивка головних осей, що координують устаткування, що монтується по відношенню до інших споруд, і розміри в плані, але і всі висотні позначки. Відповідність висотних позначок перевіряють нівеліром.

Особливу увагу слід звертати на стан фундаментних болтів і в першу чергу – на їхню нарізну частину, яка має бути ретельно очищена та змащена для захисту від корозії. Кожен болт кріплять двома гайками.

При заниженні висотних позначок поверхні фундаменту до 30 мм під опорну поверхню обладнання укладають сталеві підкладки (планки або клини) і після того, як встановлено обладнання, виробляють рівномірну підливу бетону.

Підготовка монтажного майданчика.

План підготовки монтажного майданчика, складений проектною організацією, є частиною проекту проведення монтажних робіт. Згідно з цим планом, монтують установку з усіма машинами та апаратами, трубопроводами, наземними та підземними комунікаціями, а також постійні та тимчасові дороги, шляхи підвезення важкого великогабаритного обладнання, тимчасові будівлі та споруди (складські приміщення, контори та ін.), майданчики для збирання великого обладнання та металоконструкцій.

Монтажний майданчик повинен бути забезпечений електроенергією, водою, стисненим повітрям, а іноді й парою, для чого в разі потреби

					<i>XI.A.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		73



прокладають часові лінії. Розміри майданчика повинні бути такими, щоб на ній можна було розмістити всі апарати, що одночасно монтуються, і машини, а також необхідні для монтажу механізми і пристосування.

Укрупнене складання обладнання та трубопроводів, а також зварювальні роботи зазвичай виконують на майданчиках, що розміщуються за межами території, на якій монтується установка. В результаті стає можливим проведення монтажних робіт паралельно із будівельними, що дозволяє скоротити загальні терміни спорудження об'єкта.

На монтажних майданчиках слід заздалегідь укласти підземні комунікації та виконати вертикальне планування.

Великі апарати, переміщення яких у зібраному вигляді важко, збирають та готують до підйому на фундамент безпосередньо біля місця встановлення.

Методи проведення монтажу.

Вибір способу монтажу залежить від ряду факторів, серед яких основними є: габарити, маса та конструктивні особливості устаткування, що монтується; майданчик, на якому проводиться монтаж, та ситуація, що склалася на ній у момент монтажу та після нього; просторове положення обладнання та геометричні позначки його розташування; оснащеність монтажними механізмами та пристроями; досягнутий рівень монтажно́ї техніки та ін.

Монтажні роботи виробляють трьома способами: індустріальним, великими блоками та за місцем.

Індустріальний спосіб - найбільш передовий спосіб монтажу - дозволяє різко зменшити тривалість монтажних робіт та витрати на них. Сутність його полягає в тому, що обладнання встановлюється в проектне положення (на фундамент) у максимально готовому до експлуатації вигляді (мається на увазі повне складання обладнання, що обслуговує його металокаркас, випробування, нанесення теплової ізоляції, а також футерування поверхні, встановлення запірної арматури та монтаж обв'язувального трубопроводу).

Якщо з тих чи інших причин індустріальний спосіб повністю не застосовується, здійснюють монтаж великими блоками, що дозволяє

									Лист
									74
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	XI.A.00.00.00 ПЗ				

розширити фронт монтажних робіт за рахунок незалежної збірки кожного блоку. Послідовність та терміни збирання блоків повинні бути підпорядковані технології їх з'єднання безпосередньо на фундаменті. Устаткування розчленовується на такі блоки, щоб було можливе їх подальше з'єднання. Маса кожного блоку повинна бути в межах вантажопідйомності наявних підйомних механізмів та пристроїв.

Найбільш примітивним, малопродуктивним способом є монтаж за місцем, при якому обладнання, металоконструкція та трубопровід збираються з окремих деталей та вузлів безпосередньо на місцях їх встановлення.

Поставка обладнання.

Стан обладнання та його готовність до встановлення на фундамент багато в чому визначають терміни монтажу, тому, згідно з діючими технічними умовами, у всіх випадках, коли це не обмежується можливостями транспорту, завод-виробник поставляє обладнання повністю зібраним та випробуваним.

За розмірами (довжина, ширина, висота) обладнання ділиться на габаритне та негабаритне. Під габаритним розуміють таке обладнання, розміри якого не виходять за межі габаритів залізничного рухомого складу. Габаритне обладнання можна перевозити залізницею без жодних обмежень.

Негабаритне обладнання ділять на такі категорії: 1) обладнання, яке можна перевозити залізницею за дотримання певних, погоджених із керівництвом залізниць умов та заходів; 2) обладнання, яке можна перевозити шосейними або водних шляхів; 3) обладнання, яке неможливо перевозити будь-яким видом транспорту. В останньому випадку обладнання поставляється у вигляді окремих блоків, вузлів та деталей. Якщо обладнання (зокрема, колонні апарати) є габаритним за діаметром, але за довжиною виходить за межі габаритів рухомого складу, його перевозять залізницею частинами максимально допустимої довжини. При цьому на заводі-виробнику всі частини обладнання повинні бути піддані контрольній збірці з нанесенням на них маркування, за якою на монтажному майданчику проводиться остаточне складання.

									Лист
									75
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	XI.A.00.00.00 ПЗ				

Негабаритне обладнання, що поставляється великими блоками або окремими вузлами та частинами, на монтажному майданчику виробляється заводом-постачальником або підрядною монтажною організацією.

Транспортні засоби, що застосовуються для перевезення обладнання, вибирають залежно від габаритних розмірів та маси обладнання, відстані до монтажного майданчика, наявності залізничних та водних шляхів, а також конструкції та технічного стану шосейних доріг.

За погодженням з Міністерством шляхів залізничним транспортом можна перевозити обладнання (наприклад, колони) масою до 240 т, довжиною до 35 м і діаметром до 4050 мм. З цією метою застосовують спеціальні транспортери зчпного типу.

Якщо завод-постачальник та замовник мають загальні водні шляхи та спеціальні вантажно-розвантажувальні засоби, то обладнання (особливо великогабаритне) зручно транспортувати на баржах чи морських вантажних судах. Цікавим є транспортування великих апаратів на плаву за допомогою буксирних суден.

Обладнання від місць вивантаження із залізничного або водного транспорту до місця укрупненого складання та монтажу перевозять шосейними та ґрунтовими дорогами. Іноді може виявитися доцільним перевезення такими дорогами на велику відстань і готового обладнання або окремих великих вузлів безпосередньо з заводу-виробника. Для цього використовують колісні або гусеничні причепа-платформи, які називають трейлерами. Трейлери буксируються тяговими автомобілями та тракторними тягачами. За потреби у великій тяговій силі тягачі спарюють. Для перевезення довгих апаратів застосовують спарені трейлери.

У деяких випадках для переміщення обладнання на короткі відстані застосовують сталеві листи та сани, виготовлені із труб або профільної сталі.

Особливо важкі апарати перевозяться за допомогою тягового поліспасти, блоки якого розміщують на санках. Нерухомий блок розтягнутого поліспасти закріплюють за якір чи кілька тракторів. Після підтягування рухомого блоку з

					XI.A.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		76

апаратом до краю поліспаст знову розтягують, переміщуючи санки з нерухомим блоком по ходу руху. Гілку троса поліспаста, що біжить, підтягують лебідкою або трактором. Підбираючи поліспаст можна зменшити тягове зусилля до бажаної величини; нерухомий блок у кожному новому положенні надійно фіксують.

Практикується також перевезення важкого обладнання на катках, що підкладаються під опорну поверхню. Циліндричні апарати можна переміщувати перекочуванням. Для цього один кінець троса намотують на апарат так, щоб при підтягуванні іншого кінця у бік переміщення трос сходив з верхньої твірної.

Обладнання або його блоки обмежених габаритів та маси найзручніше перевозити самохідними стріловими кранами або трубоукладачі.

### **Монтаж колони.**

Технологія підйому апарату є складовою проекту проведення монтажних робіт. Проектом передбачається докладна схема підйому: вказуються місця встановлення щоглів або кранів, їх положення на різних етапах підйому, розташування розчалок, лебідок, відвідних тросів, поліспастів тощо. У цьому проекті наводяться технічні характеристики всіх підйомних засобів.

Зусилля, що випробовуються елементами такелажної оснастки під час підйому апаратів, змінюються широкому інтервалі. Розрахунок цих елементів роблять на максимальне зусилля.

Ступінь складності установки колонних апаратів у проектне положення визначається їх габаритними розмірами (висотою та діаметром), масою, а також висотою фундаменту (постаменту). Підйом апаратів здійснюють кранами або за допомогою щогл. Застосовують два основні способи підйому: ковзання та поворот навколо шарніра.

Підйом щоглами способом ковзання. Колони великих мас і діаметра в основному піднімають двома щоглами, що дозволяє легко встановлювати апарати на фундамент.

										Лист
										77
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата						

XI.A.00.00.00 ПЗ

Перед підйомом апарат розташовують якомога ближче до фундаменту. Щогли встановлюють по обидва боки від фундаменту вертикально або трохи похило. Необхідність у нахилі щогл визначається довжиною апарата, що піднімається, його розташуванням по відношенню до фундаменту, розташуванням і висотою щогл, прийнятою схемою стропування.

До опорної частини апарату прикріплюють один або два відтяжні троси, вільні кінці яких намотують на барабани лебідок. Регулюючи відтяжні троси, підтримують необхідну траєкторію руху колони під час підйому (або спуску), запобігаючи її розгойдування та обертання. Якщо схема стропування не забезпечує вертикального положення апарата, що піднімається, за допомогою відтяжних тросів апарату перед установкою на фундамент надають необхідне положення.

Для визначення ділянки стропування попередньо знаходять положення центру тяжкості апарату.

Зусилля на елементи такелажних засобів зручно визначати графічно. З цією метою будують графіки зміни зусиль під час підйому, визначаючи їх максимальні значення, відповідно до яких підбирають такелажну оснастку. Значення зусиль можна визначати і аналітично: виходячи з умов рівноваги складають рівняння, що описує залежність шуканого зусилля від параметрів підйому. При розрахунках слід враховувати вплив сили тертя, що виникає при ковзанні опори об землю. Для зменшення сили тертя, і навіть для запобігання самої опори від деформацій під неї зазвичай підкладають санки чи листи.

Підйом способом повороту навколо шарніра. У цьому випадку колонні апарати можна піднімати та встановлювати у вертикальному положенні на фундамент за декількома схемами. Знайшли застосування такі схеми:

- 1) за допомогою однієї або двох нерухомих вертикальних щоглів, що розташовуються по іншу від лежачого апарату сторону фундаменту (рис. 4.1 а);
- 2) за допомогою щогли, що коливається, яка спочатку нахилиється у бік лежачого апарату, а потім у бік фундаменту (рис. 4.1, б);

3) за допомогою щогл, що встановлюються між фундаментом і верхнім днищем лежачого апарату (апарат піднімають щоглами в таке положення, щоб його вертикальна вісь становила з лінією горизонту кут, що дорівнює  $40-70^\circ$ ), і додаткового тягового поліспада, що надає апарату вертикальне положення.

Вибір схеми підйому залежить від маси і розмірів апарату, що піднімається, характеристики підйомних щог, а також від можливості їх дислокації. Загальним всім схем і те, що опорну частину апарату встановлюють на поворотний шарнір, надійно прикріплений до фундаменту.

Розміри шарніра та його розташування на фундаменті та опорної частини апарату вибирають таким чином, щоб після встановлення апарату у вертикальне положення вся його опорна поверхня лежала на фундаменті, а осі отворів на опорному кільці збігалися з осями шахт для фундаментних болтів. Для часткового вирівнювання апарату використовують домкрати.

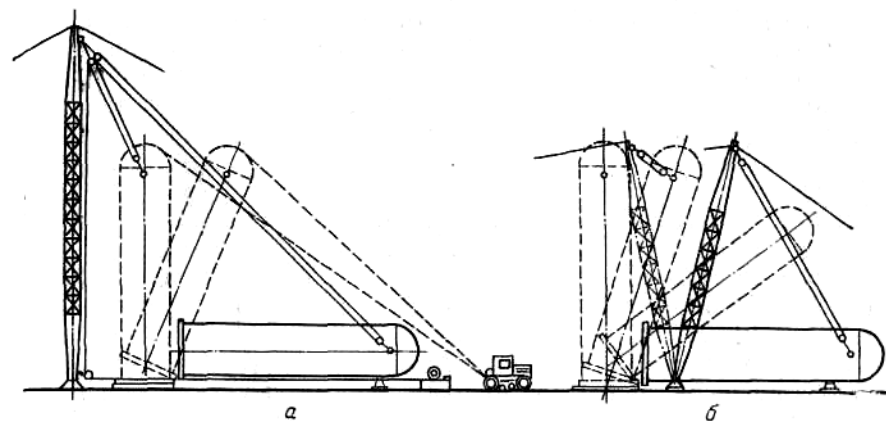


Рисунок 5.1 – Схеми (а та б) підйому колонного апарату способом повороту навколо шарніра.

Підйом способом повороту навколо шарніра на заключній стадії повинен супроводжуватися гальмівною відтяжкою, що забезпечує плавне опускання опорної частини апарату на фундамент в результаті повільного гальмування, що здійснюється за допомогою поліспаду та лебідки.

Максимальні зусилля в елементах такелажної оснастки виникають у початковий період підйому, тому при можливості доцільно верхню частину

високих апаратів попередньо піднімати кранами або невисокими щоглами, встановленими біля місця стропування. Після цього в роботу вводять основні вантажні поліспасти робочих щоглів, а тимчасові стропи знімають.

Розрахункова схема підйому колонних апаратів аналогічна схемі підйому щогл способом повороту навколо шарніра. Визначення зусиль необхідне не тільки для розрахунку такелажних засобів, але й для перевірки міцності апарату, що піднімається, під дією стискаючих навантажень, а також для встановлення розмірів поворотної опори, що забезпечують надійність.

Вивіряння та кріплення апарату до фундаменту.

Колони вивіряють на фундаменті особливо ретельно, оскільки навіть незначні їх відхилення від строго вертикального положення можуть призвести до помітної втрати стійкості і порушення нормальної роботи внутрішніх пристроїв. Так, для тарілчастих колон ректифікації максимально допустиме відхилення утворює від вертикалі дорівнює 0,1% висоти апарату, але не більше 15 мм; для апаратів, що не мають внутрішніх пристроїв, і насадкових колон воно становить 0,3%, але не більше 35 мм. Зазвичай у робочих монтажних кресленнях кожному за апарату зазначено максимально допустиме відхилення осі апарату від вертикалі.

Перевірка на вертикальність проводиться за допомогою теодолітів, які встановлюють у двох взаємно перпендикулярних площинах, що проходять через вісь апарата, що вивіряється. Щоб уникнути помилок, бажано проводити перевірку в таких умовах, коли виключена можливість одностороннього нагрівання стінок корпусу апарату сонячним промінням.

Перевірка висоти розташування опорної площини апарата проводиться нівеліром від нанесеної на фундаменті нівелірної позначки.

Апарату надають потрібне положення, підкладаючи під опорну поверхню сталеві підкладки, після чого прикріплюють до фундаменту фундаментними болтами. Зазори між фундаментом та опорною поверхнею апарату заповнюють цементним розчином.

									Лист
									80
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата	XI.A.00.00.00 ПЗ				

## Організація ремонтів абсорбера

Система технічного обслуговування ремонту (ТО та Р) – комплекс організаційних та технічних заходів щодо обслуговування та ремонту обладнання.

Система ТО та Р включає планування, підготовку, реалізацію, технічного обслуговування та ремонту із заданими послідовністю та періодичністю. Для цих цілей у системі ТО та Р наведено нормативи тривалості міжремонтних періодів, ремонтних циклів, простоїв у ремонті (технічному обслуговуванні) обладнання та технологічних агрегатів, трудомісткості ремонту, зразковий вміст ремонтних робіт окремих видів обладнання, дано вказівки щодо організації ремонту та технічного обслуговування.

Система ТО та Р покликана забезпечити:

- підтримка обладнання у працездатному стані та запобігання несподіваному виходу його з ладу;
- правильну організацію технічного обслуговування та ремонту обладнання;
- збільшення коефіцієнта технічного використання обладнання за рахунок підвищення якості технічного обслуговування та ремонту та зменшення простою в ремонті;
- можливість виконання ремонтних робіт за графіком, узгодженим із планом виробництва;
- своєчасну підготовку необхідних запасних частин та матеріалів.

Технічне обслуговування – це комплекс робіт, необхідні підтримки працездатності устаткування між ремонтами.

Технічне обслуговування здійснюється експлуатаційним (апаратчиками, машиністами, операторами тощо) та обслуговуючим черговим персоналом (помічники майстрів, черговими слюсарями, електриками, майстрами КВП та А та ін.) під керівництвом начальників змін (дільниць, відділення, змінних майстрів) відповідно до діючих на підприємстві.

						Лист
					ХІ.А.00.00.00 ПЗ	
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		81



Залежно від характеру та обсягу проведених робіт, ГОСТ 18332-78 передбачає щозмінне технічне обслуговування (ЕО) та періодичне технічне обслуговування (ТО).

Щозмінне технічне обслуговування є основним та вирішальним профілактичним заходом, покликаним забезпечити надійну роботу обладнання між ремонтами.

У щозмінне технічне обслуговування входять такі основні роботи: обтирання, чищення, регулярний зовнішній огляд, мастило, підтяжка сальників, перевірка стану масляних та охолоджуючих систем підшипників, спостереження за станом кріпильних деталей, з'єднання їх підтяжка, перевірка справності заземлення, усунення корозійного захисту, перевірка стану захисних пристроїв.

Щозмінне технічне обслуговування проводиться зазвичай без зупинки технологічного процесу.

Виявлення дефектів та несправності повинні усунутись у можливо короткі терміни силами технологічного та чергового ремонтного персоналу зміни, та фіксуватися у змінному журналі.

Періодичне технічне обслуговування – це технічне обслуговування, яке виконується з урахуванням встановлених в експлуатаційній документації значень напрацювання або через встановлені проміжки часу. Планування періодичного ТО здійснюється з допомогою річного графіка.

Вжиті заходи щодо техніки безпеки, а також здавання обладнання в періодичне ТО повинні фіксуватися в журналі.

Типовий перелік робіт, що підлягає виконанню ремонтним персоналом під час періодичного ТО, мають складатися у вигляді додатка у ремонтному журналі.

Відповідно до особливостей пошкоджень та зносу складових частин обладнання, а також трудомісткості ремонтних робіт цією системою передбачається проведення наступних видів ремонту: поточного (ТР); капітального (КР).

									Лист
									82
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

XI.A.00.00.00 ПЗ

Поточний ремонт – це ремонт, який виконується для забезпечення або відновлення працездатності обладнання та полягає у заміні чи відновленні його окремих вузлів та деталей обладнання.

Перелік основних робіт, які виконуються, як правило, при поточному ремонті, наводиться нижче:

- Проведення операцій періодичного ТО;
- заміна швидкозношуваних деталей та вузлів;
- ремонт футеровок та протикорозійних покриттів, фарбування;
- заміна набивань сальникових та прокладок, ревізія арматури;
- перевірка на точність;
- Ревізія електроустаткування.

Капітальний ремонт – це ремонт, що виконується для відновлення справності та повного або близького до повного відновлення ресурсу обладнання із заміною або відновленням будь-яких його частин, включаючи базові.

До обсягу капітального ремонту входять такі основні роботи:

- Обсяг робіт поточного ремонту;
- заміна або відновлення всіх зношених деталей та вузлів;
- повна або часткова заміна ізоляції, протикорозійного захисту, футерування;
- вивірювання та центрування машини;
- післяремонтні випробування тощо.

Детальний перелік робіт, який необхідно виконати під час капітального ремонту конкретного виду обладнання, встановлюється у відомості дефектів.

Обладнання вважається прийнятим у капітальний ремонт після підписання акта відповідальною особою за підготовку та здачу обладнання для ремонту та керівником ремонтних робіт.

Датою закінчення капітального ремонту устаткування вважається день завершення ремонтним підрозділом всього запланованого обсягу робіт із оформленням акта приймання устаткування з капітального ремонту.

					XI.A.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

Характер зносу. Більшість колонних апаратів працює при високій температурі під тиском або у вакуумі і містить вогне- та вибухонебезпечні середовища. Корпуси колонних апаратів та їх внутрішні пристрої можуть зношуватися внаслідок корозійного, ерозійного та термічного впливу середовища. Швидкість зношування залежить від багатьох факторів, і в першу чергу – від фізико-хімічних властивостей середовища, умов ведення процесу, конструктивного виконання та якості металу корпусу, застосування відповідних інгібіторів корозії.

Зношування колонних апаратів небезпечне не тільки через порушення їх міцності; Продукти корозії, що утворилися, можуть закупорити або забруднити трубопроводи невеликого перерізу, теплообмінники і конденсатори.

Підготовка колонних апаратів для ремонту. Колони ремонтують при планово-попереджувальних ремонтах технологічної установки. Порядок підготовки апарату до ремонту та проведення ремонтних робіт залежить від особливостей встановлення.

Колони готують до ремонту наступним чином. Доводять тиск у колоні до атмосферного, з апарату видаляють робоче середовище, після чого його пропарюють водяною парою, яка витісняє пари і гази, що залишилися в колоні. Після пропарювання колону промивають водою. У деяких випадках пропарювання та промивання чергують кілька разів. Час операцій обумовлюється у виробничій інструкції (технологічному регламенті).

Промивання колон водою сприяє також більш швидкому їх остиганню. Не можна розпочинати ремонтні роботи, якщо температура промивної води перевищує 50 °С.

Пропарену та промиту колону від'єднують від усіх апаратів та комунікацій глухими заглушками, що встановлюються у фланцевих з'єднаннях штуцерів. Установку кожної заглушки та її зняття реєструють у спеціальному журналі.

Технологія ремонту. Ремонт апарату починають з його розтину, яке необхідно робити, суворо дотримуючись таких правил. Спочатку відкривають верхній люк, причому перед цим в апарат протягом деякого часу подають

										Лист
										84
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата	ХІ.А.00.00.00 ПЗ					

водяну пару, щоб уникнути можливого підсмоктування повітря, в результаті якого може утворитися вибухонебезпечна суміш. Далі послідовно (згори донизу) відкривають решту люків. Категорично забороняється одночасно відкривати верхній та нижній люки. Не можна відкривати спочатку нижній, а потім верхній люк, оскільки внаслідок різниці температур відбувається сильний приплив повітря в колону, що може призвести до утворення вибухонебезпечної суміші.

З метою скорочення тривалості ремонтних робіт ще при промиванні колони водою відвертають частину болтів на тих люках, які розкриватимуться, не порушуючи при цьому герметичності.

Після відкриття люків колона деякий час провітрюється в результаті природної конвекції повітря. Можливість ремонтних робіт у колоні встановлюють, виходячи з результатів лабораторного аналізу проби повітря, взятого з неї. Доступ людей до колони можливий, якщо концентрація вуглеводнів у пробі не перевищує 300 мг/м<sup>3</sup>, а вміст сірководню – 10 мг/м<sup>3</sup>.

При роботі всередині колони необхідно ретельно дотримуватись правил техніки безпеки. Робочий повинен одягати запобіжний пояс із мотузкою, кінець якої виводиться назовні та надійно закріплюється; за роботою робочого, що знаходиться всередині колони, постійно спостерігає спеціально виділений для цієї мети робітник. Тривалість безперервної роботи в колонні повинна бути не більше 15 хв. Після цього необхідний такий же за тривалістю відпочинок поза колоною (зазвичай робітник та спостерігач міняються місцями).

При перших ознаках появи всередині апарату, що ремонтується, вибухонебезпечних, горючих або токсичних рідин, парів і газів будь-яку роботу слід негайно припинити.

До підготовки колони висувають особливо високі вимоги в тому випадку, якщо в ній повинні проводитися вогневі (зварювальні) роботи. Ділянка колони, на якій проводиться зварювання, відокремлюється металевими або просоченими водою дерев'яними настилами, накритими кошмою.

									<i>Лист</i>
									85
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>					

XI.A.00.00.00 ПЗ

Для освітлення всередині колони застосовують лампи напругою не більше 12 В. Переносне освітлення має бути вибухобезпечним.

Корпус колони, а також її внутрішні пристрої піддають ретельному огляду. При необхідності огляду всієї поверхні корпусу розбирають внутрішні пристрої або їхню частину.

Виявлення дефектів корпусу, що вимагає високої кваліфікації, включає візуальний огляд для визначення загального стану корпусу та ділянок, схильних до найбільшого зносу; вимірювання залишкової товщини корпусу за допомогою ультразвукових дефектоскопів, шляхом мікрометрування та контрольного просвердлювання отворів; перевірку на щільність зварних швів та роз'ємних з'єднань тощо.

За характером виявленого дефекту встановлюють утримання та спосіб ремонту корпусу. Нещільні зварні шви вирубують, зачищають та заварюють відповідним електродом. Дуже важливе правильне перекривання нового та старого швів.

Зношені штуцера і люки вирізують і замінюють новими з обов'язковою установкою кілець, що зміцнюють. Бажано, щоб зміцнюючі кільця нових штуцерів мали трохи більший діаметр, ніж старі: це дозволяє приварювати їх у новому місці. Ремонту піддають всі штуцери, сигнальні отвори на кільцях, що зміцнюють яких під час експлуатації були заглушені пробками.

При кожному ремонті вимірюють фактичну товщину стінки корпусу корпусного колонного апарату. Найбільш зношені ділянки корпусу колони вирізають, а на їх місце ставлять нову ділянку, заздалегідь звальцьовану по радіусу колони. Зварювання роблять встик. Вирізання великих ділянок корпусу може призвести до послаблення перерізу та порушення стійкості. Тому до вирізування дефектної ділянки його зміцнюють стійками, що проставляються усередині або зовні. Число та переріз стійок та розміри опорних лап розраховують виходячи з умови рівності їх опорів опору вирізаного перерізу.

Проміжні обичайки легко замінюють в такий спосіб. Встановлюють підйомні щогли, що утримують верхню неушкоджену частину колони,

									Лист
									86
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата	ХІ.А.00.00.00 ПЗ				

відокремлюють цю частину від ушкодженої ділянки газорізання і опускають на землю. Пошкоджену частину колони крокують і за допомогою тих же щогл опускають на землю. Заздалегідь підготовлену нову частину колони піднімають і стикують з нижньою частиною колони, потім піднімають її верхню частину.

Після перевірки частин, що монтуються, заварюють обидва стикові шви.

Дуже часто, враховуючи трудомісткість таких заміन ділянок корпусу, визнають доцільною повну заміну зношеної колони. Демонтаж зношеної колони роблять у порядку, зворотному монтажу. Після відповідних перевірок колони, що демонтується, може бути використана для встановлення монтажних щогл точно так само, як нова колона – для демонтажу.

При ремонті внутрішні пристрої колон очищають від бруду, коксу та інших відкладень. Тверду та тістоподібну масу вигрібають лопаточками або скребками-чистилками, кокс видаляють за допомогою пневматичних відбійних молотків. Видалення відкладень завжди супроводжується підвищенням концентрації шкідливих газів у колоні; у цей період усередині колони рекомендується працювати у шлангових протигазах.

Ремонт внутрішніх пристроїв пов'язаний з багаторазовим підйомом нових та спуском зношених деталей; такі операції бажано механізувати.

До верхньої частини корпусу колони кріплять поворотний або нерухомий кран-укосину. Кран можна прикріпити також до стійк центральних пілонів сходових клітей. Електролебідку з електродвигуном у вибухобезпечному виконанні або пневмолебідку до крана-укосини встановлюють біля основи колони або на майданчику, який обслуговує кран-укосина.

Визначення зносу та відбраковування внутрішніх пристроїв проводяться згідно з діючими методиками та нормами. Зношені деталі, інколи ж і цілі вузли замінюють новими.

					<i>XI.A.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		87

## **6 АВТОМАТИКА ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ**

### **6.1 Оцінка рівня автоматизації технологічного процесу**

Оцінка рівня автоматизації технологічного процесу є важливим етапом для підвищення ефективності виробництва та оптимізації робочих процесів.

Цей процес включає в себе кілька кроків:

1. Аналіз технологічного процесу:

- Опис ідентифікації кожного етапу технологічного процесу.
- Визначення завдань та функцій, які виконуються на кожному етапі.

2. Ідентифікація можливостей автоматизації:

- Визначення етапів, які можна автоматизувати.
- Аналіз наявної техніки та технологій для автоматизації.

3. Вибір технологій автоматизації:

- Оцінка доступних технічних рішень та систем автоматизації.
- Врахування вартості, ефективності та сумісності з існуючим

устаткуванням.

4. Розробка плану впровадження:

– Розробка плану впровадження автоматизації з урахуванням етапів та часового графіку.

- Планування бюджету та виділення ресурсів.

5. Впровадження та тестування:

– Здійснення етапів впровадження автоматизації.  
– Проведення тестувань для перевірки працездатності та ефективності нових систем.

6. Навчання персоналу:

- Навчання персоналу використанню нових технологій та систем.
- Забезпечення документації та підтримки.

7. Моніторинг та оптимізація:

- Постійний моніторинг роботи автоматизованого процесу.
- Внесення змін для оптимізації та підвищення ефективності.

										Лист
										88
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата	X1.A.00.00.00 ПЗ					

8. Оцінка результатів:

- Порівняння результатів до і після автоматизації.
- Аналіз впливу на продуктивність, вартість та якість продукції.

Процес оцінки рівня автоматизації вимагає взаємодії між технічними, фінансовими та людськими аспектами. Такий підхід дозволяє забезпечити ефективне впровадження автоматизації та досягти бажаних результатів.

Для оцінки рівня автоматизації технологічного процесу колони деетанізації установки стабілізації конденсату можна використовувати різні показники.

Один з таких показників - це кількість автоматичних процесів, які здійснюються без участі оператора. Це можуть бути процеси контролю тиску, температури, рівня реагентів тощо. Чим більше таких процесів автоматизовано, тим вищий рівень автоматизації.

Другий показник - це наявність системи автоматичного керування, яка забезпечує оптимальний режим роботи колони деетанізації. Ця система може включати в себе сенсори, які контролюють параметри процесу, а також програмне забезпечення, яке аналізує ці дані і приймає рішення щодо налаштування обладнання.

Третій показник - це можливість моніторингу технологічного процесу з віддаленого доступу. Це дозволяє операторам відстежувати роботу колони деетанізації з будь-якої точки установки та навіть світу, що забезпечує більш ефективно управління процесом.

Отже, оцінка рівня автоматизації технологічного процесу колони деетанізації установки стабілізації конденсату може проводитися за кількістю автоматичних процесів, наявністю системи автоматичного керування та можливістю моніторингу з віддаленого доступу. Чим більше таких показників виконується, тим **вищий рівень автоматизації технологічного процесу**.

									Лист
									89
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата	XI.A.00.00.00 ПЗ				



## **6.2 Аналіз літературних рекомендацій з автоматизації технологічного процесу.**

Автоматизація технологічного процесу абсорбера є важливим завданням для підвищення ефективності та якості роботи установки очищення газу от сірководню.

У літературних джерелах з автоматизації технологічного процесу можна виділити такі рекомендації:

1. Використання сучасних програмних засобів для автоматизації технологічного процесу, таких як SCADA-системи, які дозволяють збирати та аналізувати дані про роботу установки в режимі реального часу.

2. Встановлення датчиків температури, тиску та рівня рідини на різних рівнях абсорбера для контролю технологічного процесу.

3. Розробка алгоритмів керування процесом, які базуються на зборі та аналізі даних про роботу установки.

4. Використання автоматизованих систем регулювання подачі абсорбента в абсорбер, що дозволяє підтримувати оптимальні параметри процесу.

5. Використання систем моніторингу та діагностики для виявлення несправностей та аварійних ситуацій в роботі установки.

6. Встановлення системи автоматичного контролю за якістю продукту, що виходить з верха абсорбера.

7. Застосування методів математичного моделювання для оптимізації технологічного процесу.

Таким чином, автоматизація технологічного процесу є важливим етапом у покращенні ефективності та якості роботи установки очищення газу. Використання сучасних програмних засобів, датчиків та систем моніторингу дозволяє забезпечити контроль технологічного процесу в режимі реального часу та підтримувати оптимальні параметри роботи установки.

## 6.3 Автоматизація технологічного процесу.

### 6.3.1 Опис схеми автоматизації

Основою процесу очищення є хемосорбція водним розчином аміну кислих компонентів газу з подальшою регенерацією розчину. Реакція амінового розчину з сірководнем і меркаптанами є оборотною реакцією. В умовах високого тиску і постійної температури аміновий розчин поглинає кислі компоненти і меркаптани із сирого газу; в умовах низького тиску і високої температури кислі компоненти і меркаптани, які поглинаються аміновим розчином, вивільняються, а регенований розчин аміну повторно використовується як абсорбент. Для цього проєкту передбачено використання як абсорбент 40% розчину метилдіетаноламіну (МДЕА).

Метилдіетаноламін (також відомий як N-метилдіетаноламін, МДЕА) є органічною сполукою, хімічна формула  $\text{CH}_3\text{N}(\text{C}_2\text{H}_4\text{OH})_2$ . Це безбарвна рідина із запахом аміаку. Розчинний у воді, етанолі та бензолі. Третинний амін, він широко використовується як абсорбент кислих сполук у хімічній, нафтохімічній, нафтопереробній і газопереробній промисловості.

Визначальною характеристикою МДЕА порівняно з первинними і вторинними амінами (МЕА, ДЕА) є його селективна здатність з видалення сірководню з потоків високосірчистого газу.

Популярність МДЕА як розчинника для очищення газу зумовлена низкою переваг, які він має порівняно з іншими алканоламінами. Однією з цих переваг є можливість використовувати розчини з високим вмістом аміну (до 60% мас.) без помітних втрат через абсорбер і регенератор. МДЕА також стійкий до термічної та хімічної деградації і значною мірою не змішується з вуглеводнями. Нарешті, МДЕА має відносно низьку теплоту реакції з сірководнем і діоксидом вуглецю, що дає змогу знизити навантаження на ребойлер і, отже, знизити експлуатаційні витрати.

Сирий газ із вхідного сепаратора VN-001 подається в нижню частину абсорбера VE-002. У верхню честь абсорбера подається 40% розчин

									Лист
									91
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	XI.A.00.00.00 ПЗ				

метилдіетаноламіну (МДЕА). Абсорбер обладнаний двома секціями внутрішніх масообмінних контактних пристроїв - насадок.

Тиск у верхній частині абсорбера контролюється приладом PIA-0302 з сигналізацією за максимальним значенням і манометром PG-0301, у нижній частині абсорбера - приладом PIA-0301 з сигналізацією за максимальним значенням і манометром PG-0302, перепад тиску на насадочній частині абсорбера контролюється приладом PDIA-0301 з сигналізацією при досягненні максимального значення, температура у верхній частині абсорбера контролюється місцевим термометром TG-0301, у нижній частині абсорбера - термометром TG-0303.

Зверху абсорбера очищений сирий газ виводиться на установку низькотемпературної сепарації. Вміст кислих речовин в очищеному газі контролюється приладами:

- вміст сірководню - приладом AI-0301a;
- вміст двоокису вуглецю - приладом AI-0301b.

Регенований розчин МДЕА з ємності регенованого розчину VA-006 насосами подачі зрошення абсорбера PA-002A/B подається у верхню частину абсорбера VE-002 на очищення сирого газу. Передбачена можливість подачі розчину над кожною секцією насадки.

Температура регенованого розчину МДЕА контролюється приладом TIA-0301 з сигналізацією при досягненні мінімального і максимального значення параметра, а також місцевим термометром TG-0302.

Витрата регенованого розчину, що подається на верхню секцію насадки, контролюється приладом FICA-0301 з сигналізацією за мінімальним і максимальним значенням. Витрату регенованого розчину, що подається на нижню секцію насадки, контролює прилад FICA-0302 з сигналізацією за мінімальним і максимальним значенням. Регулювання витрати регенованого розчину МДЕА на кожну насадку передбачено ручними клапанами. Витрата загального потоку розчину в абсорбер регулюється клапаном-регулятором FCV-003.

									Лист
									92
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	XI.A.00.00.00 ПЗ				

Рівень насиченого розчину МДЕА в нижній частині абсорбера VE-002 контролюється приладом LICA-0301 і регулюється клапаном-регулятором LCV-002, встановленим на трубопроводі виведення насиченого розчину з абсорбера VE-002 у вивітрювач VH-003. Передбачено сигналізацію мінімального і максимального рівня.

За показаннями приладу 200-LZA-0301 у разі аварійно високого рівня насиченого розчину в абсорбері 200-VE-002 передбачено блокування звимкнення блока абсорбера 200-VE-002 установки 200 для локалізації аварійної ситуації.

За показаннями приладу 200-LZA-0302 за аварійно низького рівня насиченого розчину в абсорбері 200-VE-002 передбачено блокування з припинення виведення розчину з куба абсорбера, щоб уникнути потрапляння газової фази високого тиску в систему низького тиску - закривається клапан-відсікач 200-SDV-004 на трубопроводі виведення насиченого розчину МДЕА з абсорбера 200-VE-002 у вивітрювач 200-VH-003.

Також передбачено контроль рівня насиченого розчину в абсорбері 200-VE-002 рівнеміром за місцем 200-LG-0301.

					<i>XI.A.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		93

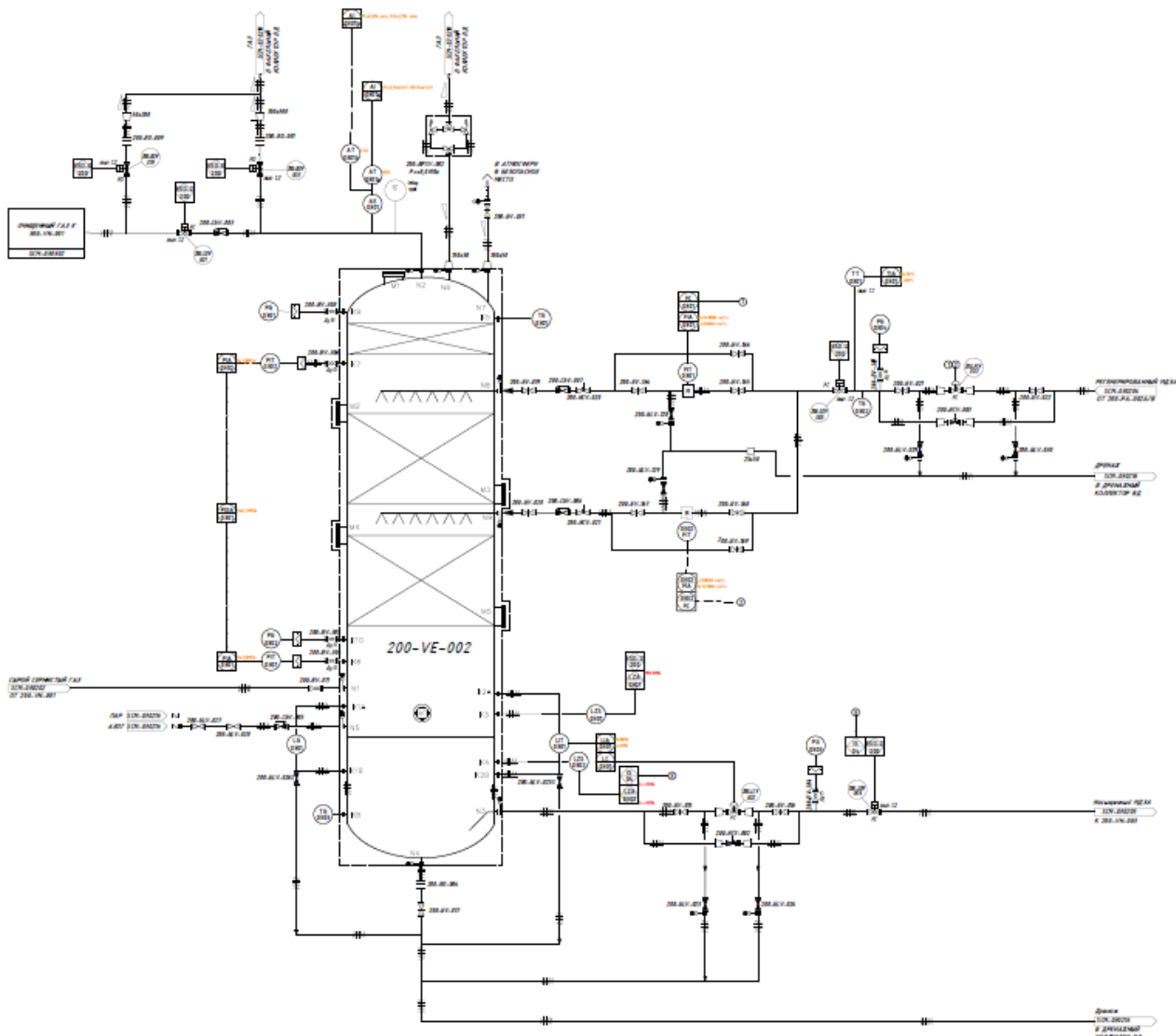


Рисунок 6.1 – Технологічна схема автоматизації абсорберу

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

XI.A.00.00.00 ПЗ

### 6.3.2 Вимоги до АСУ ТП

Розробка, конфігурація та апаратні засоби системи АСУ ТП повинні відповідати вимогам, зазначеним у цих технічних вимогах, повинні бути сумісними для всього об'єкта, зокрема стандартизовані виробники, номери моделей, програмне забезпечення та основні принципи експлуатації.

Автоматизована система управління:

- має бути спроектована з урахуванням вимог безперервної роботи протягом 24 годин на добу у реальних умовах виробництва;
- повинна мати можливість нарощування, модернізації та розвитку системи, а при здачі в експлуатацію мати резерв каналами вводу/виводу не менше 20%.
- має бути спроектована із застосуванням відкритих протоколів обміну даними;
- повинна працювати в автоматизованому та ручному режимі.
- повинна являти собою систему, реалізовану на базі сучасних технічних та програмних засобів збору, передачі, обробки та подання інформації, включаючи високопродуктивні засоби контролерної та обчислювальної техніки, що забезпечують контроль, управління та захист технологічного процесу;
- АСУТП повинна мати гнучку структуру компонування апаратних та програмних засобів з метою забезпечення контролю та управління об'єктами АСУТП за допомогою єдиних уніфікованих елементів системи;
- АСУТП має бути спроектована з урахуванням технологічних процесів загальноцехових та допоміжних виробництв.

### 6.3.3 Основні функції АСУТП:

- прийом інформації про технологічні параметри від контрольованих об'єктів;
- збереження прийнятою інформації по аналоговим та дискретних параметрів в архіві за встановлений період часу;

									Лист
									95
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ХІ.А.00.00.00 ПЗ				

- вторинна обробка прийнятої інформації;
- графічне подання ходу технологічного процесу, а також прийнятої та архівної інформації у зручній для сприйняття формі;
- прийом та передача команд управління від операторів технологічних установок до виконавчих механізмів;
- реєстрація подій, пов'язаних з контрольованим технологічним процесом та діями персоналу, відповідального за експлуатацію та обслуговування системи;
- реєстрація подій, пов'язаних із роботою системи (включення, збої в роботі, у тому числі й систем зв'язку);
- оповіщення експлуатаційного персоналу про виявлення аварійних подій, пов'язаних із контрольованим технологічним процесом із реєстрацією дій персоналу в аварійних ситуаціях;
- формування зведень та інших звітних документів на основі прийнятої інформації;
- обмін необхідною інформацією з іншими установками комплексу;
- передача у заданому обсязі інформації вищим системам.

#### **6.3.4 Архітектура АСУТП**

АСУ ТП повинна мати 3-х рівневу архітектуру - нижній, середній та верхній рівень.

**Нижній рівень АСУТП**, рівень ієрархічно упорядкованої структури системи Цей рівень призначений для отримання інформації про роботу об'єкта управління та керуючих впливів на об'єкти. Він включає всі польові прилади, такі як датчики, пускачі і виконавчі механізми. Має бути реалізований з урахуванням інтелектуальних датчиків і виконавчих механізмів. Вимоги до обладнання нижнього рівня аналогічні вимогам до обладнання КВП і запірно-регулюючої арматури, що поставляються комплектно з технологічним обладнанням.

					Лист
					96
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	XI.A.00.00.00 ПЗ

*Середній рівень АСУТП*, це проміжний рівень ієрархічно впорядкованої структури системи, призначений для перетворення інформації з нижнього рівня, формування впливів на виконавчі механізми нижнього рівня і передачі їх на верхній рівень управління. Він включає все системне обладнання, призначене для управління, автоматизації і збору даних. Повинен бути реалізований на базі сучасних ПЛК (програмованих логічних контролерів) відкритої архітектури з модульною структурою, що забезпечують виконання наступних функцій:

- автоматичне регулювання - стабілізація окремих технологічних параметрів, які забезпечують стійкість перебігу технологічних процесів, реалізацію функцій безпосереднього цифрового управління стабілізації основних параметрів;
- програмно-логічне керування обладнанням;
- протиаварійні захисту та блокування.

*Верхній рівень АСУТП* включає системне обладнання, що має функцію ЛЮДИНО-МАШИННОГО ІНТЕРФЕЙСУ (НМІ або ЧМІ) і SCADA, призначене для збору даних з нижнього рівня, їх обробки та подання у зручній для прийняття рішень формі оператора для обробки. Повинен забезпечити виконання у реальному часі наступних функцій:

- ведення та управління оперативної реєстрації ходу процесу;
- візуалізація стану обладнання, параметрів технологічного процесу;
- дистанційне керування регульовальною, відсічною арматурою та технологічним обладнанням;
- сигналізацію виходу технологічних параметрів за задані межі, сигналізацію стану відсічної арматури та технологічного обладнання, сигналізацію виконання протиаварійних захистів та блокувань;
- доставки (видачі) всіх необхідних подій (повідомлень) та даних на центральний інтерфейс оператора (диспетчера);
- архівацію поточних значень технологічних параметрів як реального часу з наступним поданням архівних даних як трендів;

									Лист
									97
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

XI.A.00.00.00 ПЗ



- архівацію даних стану технологічних процесів протягом чергової зміни;
- формування та друк оперативних звітів та протоколів на базі архівних даних;
- підготовку інформації для передачі вищим системам управління та подання інформації.

### **6.3.5 Характеристики обладнання**

#### **Устаткування нижнього рівня**

Устаткування нижнього рівня включає всі польові прилади, такі як (датчики, пускачі і виконавчі механізми).

Як основне правило, технологія передачі даних між польовими пристроями та АСУ ТП має ґрунтуватися на наступних принципах:

- аналогові входи/виходи: 4-20mA/HART протокол;
- включення/вимкнення входів/виходів; (24 В пост. струму, низьке споживання) Приклад (Цифровий вхід/Цифровий вихід);
- виходи на електромагнітні клапани (24 В пост. струму, низьке споживання).

Прилади КВП, підключені до АСУ ТП, приймаються 4-20 мА; переважно виконання Ex-i, по можливості слід уникати використання захисту Ex-d.

Електромагнітні клапани у виконанні Ex-d.

Виходячи з припущення про те, що системи АСУ ТП та ПАЗ мають бути функціонально незалежними, спільне використання польових приладів АСУ ТП та ПАЗ допускається лише для кількох обмежених конкретних застосувань. У тих випадках, коли компоненти є загальними, цей компонент повинен розглядатися, як в основному частиною ПАЗ, і повинен відповідати критеріям відбору/проектування ПАЗ (наприклад, вони будуть харчуватися від ПАЗ).

Усі конкретні випадки спільно використовуваних компонентів повинні бути чітко ідентифіковані в записах приладів та за допомогою відмітних міток

						Лист
					<i>ХІ.А.00.00.00 ПЗ</i>	98
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

у системі управління, щоб належна експлуатація, технічне обслуговування та керування додатками розроблялися та використовувалися протягом усього життєвого циклу систем.

Випадки, коли спільне використання дозволено, наведено нижче. Для випадків, не перерахованих нижче, потрібен офіційний розгляд та затвердження відповідно до них.

– У випадку, якщо прилади КВП використовуються як ініціатор відключення в ПАЗ, дозволяється використовувати ті ж вводи-виводи, які повинні бути доступні для АСУ ТП, тільки для цілей моніторингу, не вимагаючи встановлення спеціальних приладів КВП.

### ***Устаткування середнього рівня***

Обладнання Середнього рівня (Управління технологічним процесом) має бути придатним для виконання наступних функцій:

- Інтерфейс з польовими приладами КВП, такими як передавачі та кінцеві елементи, що контролюють параметри процесу, такі як швидкість потоку, температура, рівень, тиск тощо;
- Розробка алгоритмів управління або розрахунку замкнутих контурів та моніторингу комплексних змінних;
- Інтерфейс з польовими приладами КВП (аналоговими чи цифровими) та з кінцевими пристроями управління, задіяними послідовною логікою;
- Виконання логічних операцій (“і”, “або” тощо) та арифметичних обчислень, лінеаризація, вибір, мажоритарна вибірка, порівняння та таймінги;
- Інтерфейс з різними типами датчиків, що дозволяє контролювати параметри процесу, що вимірюються ними;
- Обробка складних послідовностей та/або логік;
- Обробка складних алгоритмів;
- Послідовний інтерфейс із спеціальними приладами;
- Цей канал зв'язку, заснований на послідовних портах (зазвичай використовують протокол TCP/IP), фізично встановлений на ЦП АСУ ТП

											Лист
											99
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							

XI.A.00.00.00 ПЗ

/модулях зв'язку, повинен бути обмежений додатками зі зменшеною кількістю сигналів, що обмінюються (<50), щоб підтримувати частоту оновлення в межах 1 секунди;

- Канал зв'язку даних з іншими системами (ПЛК блокової установки, система обліку резервуарних запасів, систем комерційного обліку, система контролю за машинним обладнанням, Система виявлення пожежі та витоків газу тощо), як правило, TCP/IP;

- Передача на верхній рівень всіх даних, вимірювань, отриманих подій, розрахованих або вироблених нижнього рівня обладнання;

- Обробка послідовності подій у міру потреби (весь послідовність подій має зберігатися для архівних цілей);

- Прийом керованих даних із польових пристроїв за протоколом HART та передачею їх на сервер. Інформація HART повинна прийматися/передатися на модулі введення-виведення, а не з окремих інтерфейсів HART (модемів, мультиплексорів тощо);

- Реєстрація користувачів, дій оператора та інших дій недостатнього рівня доступу.

### ***Устаткування верхнього рівня***

Обладнання верхнього рівня є сукупністю обладнання для виконання наступних функцій:

- Індикація/відображення всіх аналогових або цифрових технологічних змінних, відкритих або замкнутих контурів та всіх пов'язаних з ними параметрів, що належать самій РСУ та надходять від різних систем управління та захисту (ПАЗ, СПГО, Електричні системи, сторонні системи);

- Маніпулювання контурами управління, включаючи зміну уставки, режим роботи, вихід, налаштування, обчислювальні константи;

- Управління сигналізацією та оповіщенням;

- Відображення технологічних графіків;

- Ведення журналу та можливість запису як архівних даних, так і даних у реальному часі;

					<i>ХІ.А.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						100
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

- Наступні події мають бути автоматично зареєстровані:
- Події процесу;
- події оператора;
- Інженерні події;
- Системні події;
- Відображення повідомлень самодіагностики.

### 6.3.6 Характеристики АСУ ТП

АСУ ТП повинна мати такі характеристики:

- Модульна архітектура, з окремими схемами введення-виведення, резервованими процесорними модулями та комунікаційними модулями;
- Автоматичне самотестування та діагностика системи, що не потребують додаткової логіки застосування. Все самотестування та діагностика системи повинні бути перевіреною невід'ємною частиною стандартної системи та мають бути повністю прозорі для користувача при впровадженні програми.

Діагностика та тестування повинні проводитися періодично і повинні забезпечувати достатнє діагностичне охоплення функцій захисної системи в логічному вирішальному пристрої, щоб протягом необхідного терміну служби системи не вимагалось проведення періодичного тестування логічного апаратного та мікропрограмного забезпечення.

Самотестування повинно включати як мінімум:

- Виявлення помилок у послідовному та паралельному зв'язку;
- внутрішній сторожовий таймер для виявлення зупиненого або циклічного виконання процесора;
- Набір інструкцій, що виконуються у кожному функціональному циклі для перевірки активних компонентів системи, включаючи процесор;
- Періодична перевірка пам'яті;
- Перевіряє кожен сигнальну лінію шини з паралельною передачею даних перед завданням "читання" або "запис" на вхідний або вихідний компонент;

						<i>Лист</i>
					<i>XI.A.00.00.00 ПЗ</i>	101
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

- Виявлення видалення або будь-якого дефекту в будь-якому логічному блоці, модулі зв'язку, процесорі, модулі вводу-виводу або джерела живлення;
- Перевірка здатності вирішувати логічні завдання, включаючи тест, який перевіряє активні компоненти системи, включаючи процесор(и). Цей тест має проводитись перед кожним логічним циклом;
- Набір ініціалізації живлення та перевірки зв'язку.

### **6.3.7 Перелік контролюючих параметрів технологічного процесу очищення газу**

В додатку Ж наведені основні параметри технологічного процесу очищення газу.

					<i>XI.A.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпись</i>	<i>Дата</i>		102

					<i>XI.A.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		103

## 7. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 7.1 Аналіз потенційних небезпек та шкідливостей на підприємстві

Питання підвищення продуктивності праці та збільшення економічної ефективності підприємства багато в чому залежать від безпечних та нешкідливих умов праці. Широке впровадження автоматизації, механізації та сучасної високопродуктивної техніки у поєднанні із здійсненням спеціальних заходів з техніки безпеки та оздоровлення умов праці є основними напрямками подальшого зниження травматизму та захворювань на підприємствах хімічної промисловості. Дуже важливим є використання автоматизованих пристроїв з дистанційним керуванням, забезпечення цехів, у приміщенні яких можлива поява токсичних та шкідливих речовин ефективною системою вентиляції, максимальна герметизація обладнання, проведення санітарно-оздоровчих заходів та профілактика уражень електричним струмом.

#### **Вимоги безпеки на підприємствах, пов'язаних із виробництвом шкідливих речовин**

При проектуванні та експлуатації виробництв необхідно керуватись ГОСТ 12.3.002 – 75 ССБТ “Процеси виробничі. Загальні вимоги безпеки.

Основні положення ДСТУ зводяться до наступного:

При проектуванні та реконструкції виробництв, технологічний процес яких пов'язаний зі шкідливими речовинами, треба прагнути до заміни речовин на менш шкідливі і нешкідливі, сухих способів переробки матеріалів, що пилять, - мокрими, і до випуску кінцевих продуктів в не пилячих формах. Технологія виробництв повинна базуватися на замкнутих циклах, автоматизації, комплексній механізації, дистанційному управлінні, яке виключає контакт людини зі шкідливими речовинами. Виробниче обладнання та комунікації не повинні допускати виділення шкідливих речовин у повітря робочої зони. Технологічні викиди повинні проходити очищення з метою уловлювання, рекуперації та нейтралізації шкідливих речовин, що містяться у відпрацьованих газах, промивних та стічних водах. Виробництво має бути оснащено аварійною вентиляцією, засобами дегазації, активними та пасивними

									Лист
									104
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата	ХІ.А.00.00.00 ПЗ				

засобами вибухозахисту та вибухоподавлення. На кожному виробництві повинні бути специфічні нормативно – технічні документи з безпеки праці, застосування та зберігання шкідливих речовин, що включають дані про токсикологічні характеристики шкідливих речовин та вказівки про засоби колективного та індивідуального захисту, що відповідають вимогам ГОСТ 12.4.001 – 75 ССБТ “Засоби захисту працюючих. Класифікація”. На виробництвах, де працюють із шкідливими речовинами 1-го класу небезпеки, повинен здійснюватися безперервний контроль їхнього вмісту у повітрі робочої зони. Зміст речовин 2, 3 та 4-го класів контролюється періодично. Безперервний контроль вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони повинен передбачати застосування самописних автоматичних приладів, що видають сигнал про перевищення рівня ГДК. Чутливість методів контролю не повинна бути нижчою за 0,5 рівня ГДК, а їх похибка не повинна перевищувати  $\pm 25\%$  від визначеної величини.

Усі особи зайняті на виробництві та які мають контакт зі шкідливими речовинами, повинні обов'язково проходити попередній та періодичний медичний огляд та знати методи надання до лікарської невідкладної допомоги постраждалим при отруєнні.

#### **Вимоги до обладнання.**

1) Встановлення вогнеперегороджувачів та інших засобів запобігання полум'ю. На повітрях технологічних апаратів, у яких перебувають вибухонебезпечні речовини, повинні встановлюватися вогнеперешкодники чи інші засоби запобігання полум'ю. Встановлення вогнеперегороджувачів на апаратах з азотним диханням або іншим інертним середовищем не потрібне; після запобіжних клапанів вогнеперегороджувачі не встановлюються. Зовнішні кінці стояків повітря в зимовий час повинні оглядатися та очищатися від льоду та снігу. При цьому має бути забезпечена безпека цих робіт.

2) Герметичність апаратури. Технологічна апаратура та комунікації, призначені для робіт з вибухонебезпечними та шкідливими продуктами, мають бути герметичними. Герметизуючі пристрої всіх агрегатів необхідно

									Лист
									105
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ХІ.А.00.00.00 ПЗ				



систематично оглядати й у місцях порушення герметичності їх слід негайно виправити.

3) Розташування устаткування. Розташування обладнання повинно забезпечувати безпеку та зручність його обслуговування та ремонту. Технологічні апарати зі зрідженими горючими газами, ЛЗР, ГР, винесені з цеху, але технологічно пов'язані з ним, повинні бути розташовані на відстані не менше 10 м від віконних і дверних прорізів приміщень виробництв категорій В, Г і Д. У випадках, коли цей розрив менше 10 м, необхідно вікон ованим склом. Розташування апаратів, що не містять ЛЗР, ГР та горючих газів і парів, не нормується.

При встановленні обладнання необхідно передбачати:

а) основні проходи у місцях постійного перебування працюючих, і навіть по фронту обслуговування щитів управління (за наявності постійних робочих місць) шириною щонайменше 2 м;

б) основні проходи фронтом обслуговування апаратів, мають “гребінки” управління, місцеві контрольно – вимірювальні прилади за наявності постійних робочих місць, шириною щонайменше 1,5 м;

в) проходи між апаратами, а також між апаратами та стінами приміщень, за потреби кругового обслуговування шириною не менше 1 м;

г) проходи для огляду та періодичної перевірки та регулювання апаратів та приладів шириною не менше 0,8 м;

е) ремонтні майданчики, достатні для розбирання та чищення апаратів та їх частин без захарашення робочих проходів, основних та запасних виходів та майданчиків сходів.

Зазначені відстані не відносяться до апаратів, що представляють частину агрегату, у цьому випадку відстань між окремими апаратами агрегату визначається технологічною доцільністю та можливістю обслуговування.

Центральні чи основні проходи мають бути, як правило, прямолінійними та вільними. Мінімальні відстані для проходів встановлюються між частинами

										Лист
										106
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ХІ.А.00.00.00 ПЗ					

обладнання, що найбільш виступають, з урахуванням фундаментів, ізоляції, огорожі та інших додаткових пристроїв.

Якщо на етажерках розташована ємнісна апаратура зі зрідженими газами, ЛЗР та ГР і під технологічними апаратами є майданчик із суцільним настилом, то по всьому периметру цього майданчика має бути зроблений борт заввишки не менше 0,14 м, а в місцях виходу до сходів мають бути влаштовані пандуси.

4) Наявність аварійних ємностей. Ємнісна технологічна апаратура з ЛЗР, горючими та токсичними рідинами та зрідженими газами повинна мати пристрій для звільнення її перед ремонтом та у разі аварії та пожежі. Після використання аварійної ємності остання повинна бути звільнена від продукту і, залежно від характеру цього продукту, ємність повинна бути продута інертним газом або гострим водяною парою і, якщо потрібно, промита водою.

Випорожнення зазначеної апаратури за допомогою насосів або будь-якими іншими способами може проводитися в складські ємності проміжних і сировинних (товарних) складів, технологічні апарати (суміжних відділень, установок і цехів даного виробництва), або в окремо призначені для цієї мети аварійні або дренажні ємності. При цьому має бути забезпечене повне звільнення трубопроводів. Обсяг аварійних ємностей повинен прийматися з розрахунку один найбільший за місткістю апарат цеху.

У разі пожежі необхідно, керуючись аварійною інструкцією, перекрити надходження на встановлення горючих продуктів. Відстань від виробничих будівель до аварійних або дренажних ємностей приймається як для технологічного обладнання, розташованого поза будівлею. Відстань від апаратури зовнішніх установок до аварійних або дренажних ємностей не нормується, але останні повинні розміщуватися поза етажеркою.

5) Встановлення сигналізаторів граничного верхнього рівня на ємнісній апаратурі. Ємнісна апаратура (сепаратори, збірники) повинна забезпечуватись сигналізаторами граничного верхнього рівня незалежно від регулятора рівня, встановленого на апараті

									Лист
									107
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	XI.A.00.00.00 ПЗ				

6) Промивання та продування технологічних апаратів. Для промивання та продування технологічних апаратів з вибухонебезпечними та токсичними речовинами перед ремонтом, внутрішнім оглядом та випробуванням повинні бути передбачені штуцери для приєднання ліній води, пари або інертного газу.

7) Наявність огорожувальних пристроїв. При розміщенні устаткування (технологічних апаратів, приладів, арматури та ін.), що обслуговується, на висоті більше 1,8 м для доступу до нього повинні бути влаштовані стаціонарні сходи з поручнями і майданчики з огорожею. Ширина сходів повинна бути не менше 0,7 м, а крок щаблів - не більше 0,25 м, а ширина сходу - не менше 0,12 м. Ухил сходів повинен бути не більше 45°. Для доступу до устаткування, що рідко обслуговується (приладів, арматури), що знаходиться на висоті не більше 3 м, допускається влаштування сходів з ухилом 60°, а в окремих випадках - користування драбинами.

Верхній майданчик сходів, що ведуть на резервуар, повинен знаходитися на одному рівні з верхнім косинцем резервуара і мати перила висотою не менше 0,9 м з нижнім бортом висотою не менше 0,14 м. По краю даху резервуара на відстані не менше 1,8 м в кожен сторону від сходу повинні влаштовуватися знаходитися люк для вимірювань, вимірювальний пристрій та арматура. Якщо арматура, а також дихальні та запобіжні клапани розташовані на різних ділянках даху, до них мають вести майданчики з огорожами.

Усі рухомі та обертові частини машин і технологічних апаратів (маховики, вали, муфти, передачі та ін.), розташовані на висоті менше 2 м над рівнем підлоги або майданчика обслуговування, повинні мати суцільну або сітчасту огорожу. Знімати огороження для ремонту технологічних апаратів дозволяється лише після повної зупинки механізмів.

Пуск механізмів після ремонту, огляду, чищення тощо. дозволяється тільки після встановлення огорожі на місце та зміцнення всіх його частин. Рекомендується передбачати блокування огорожі частин, що обертаються, з роботою пускових механізмів.

					<i>XI.A.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		108

8) Механізація трудомістких, важких та небезпечних робіт. Для монтажу, демонтажу та ремонту технологічної апаратури, обладнання та арматури повинні застосовуватись підйомно – транспортні засоби та механізми. При використанні підйомно-транспортних засобів та механізмів повинні передбачатися заходи, що забезпечують їх безпечну експлуатацію у вибухонебезпечних та вибухопожежонебезпечних приміщеннях. Закручування та відгвинчування болтів кришок, днищ, люків повинні проводитися інструментами та механізмами, що відповідають вимогам для вибухонебезпечних середовищ.

Для виконання робіт з монтажу, демонтажу, чищення ємностей та технологічних апаратів, а також заміні трубних пучків теплообмінників, холодильників, конденсаторів, змійовиків, регенераторів, заміні труб у печах або окремих комунікацій та ін. повинні передбачатися відповідні засоби механізації.

9) Захист від корозії. Усі технологічні апарати, арматура та трубопроводи, що піддаються дії агресивних середовищ, повинні бути виготовлені із стійких матеріалів або захищені протикорозійними покриттями. Апарати, встановлені в приямках із засипкою, а також комунікації, що прокладаються в каналах із засипкою або в землі при безканальної прокладки повинні бути захищені від корозії. Захисне фарбування та ізоляція обладнання повинні проводитися тільки після його технічного огляду та випробування. За станом технологічної апаратури, що працює в умовах, що викликають корозію, повинен бути встановлений спеціальний нагляд шляхом періодичного огляду та визначення ремонтів товщини стінок апаратів, трубопроводів і розмірів зносу. У процесі експлуатації обладнання та трубопроводів для агресивних, вибухо- та пожежонебезпечних середовищ адміністрація підприємства зобов'язана забезпечити перевірку товщини стінок апаратів та трубопроводів (внутрішній огляд, перевірка ультразвуком тощо) з реєстрацією результатів вимірювань у цеховому ремонтному журналі. Спосіб, місце та періодичність перевірки

									Лист
									109
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата					

XI.A.00.00.00 ПЗ

товщини стін встановлює головний механік заводу в залежності від конкретних умов роботи апарату та трубопроводів.

10) Нанесення умовних позначень. На кожен технологічний апарат має бути нанесений номер, який відповідає його номеру на технологічній схемі.

На фірмову табличку мають бути нанесені:

- 1 - товарний знак чи найменування підприємства-виробника;
- 2 - найменування або позначення судин;
- 3 – порядковий номер судини за системою нумерації підприємства-виробника;
- 4 - рік виготовлення
- 5 - робочий тиск, МПа (кгс/см<sup>2</sup>);
- 6 - розрахунковий тиск, МПа (кгс/см<sup>2</sup>);
- 7 - пробний тиск, МПа (кгс/см<sup>2</sup>)
- 8 - допустима максимальна та (або) мінімальна робоча температура стінки, °С;
- 9 – маса судини, кг.

11) Порядок підготовки обладнання до огляду та ремонту та їх проведення. Робота виробничого обладнання, норми його навантаження та основні параметри процесу повинні відповідати вимогам встановленого технологічного режиму та паспортних даних. Прийом та здавання зміни повинні супроводжуватись оглядом усього обладнання з позначкою результатів огляду в журналі. Усі виявлені несправності мають бути усунені.

У кожному цеху, відділенні або на окремій установці має бути схема розташування та зв'язку апаратів та трубопроводів, виконана в умовних кольорах. Включення апаратів і трубопроводів, що містять вибухонебезпечні продукти, після зупинки та звільнення від продуктів виробництва має передувати продування інертним газом або парою.

12) Від'єднання технологічних апаратів, які використовуються під час проведення процесів. Усі технологічні апарати, трубопроводи, арматура, прилади та засоби автоматизації, що не використовуються при проведенні

					ХІ.А.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		110

процесу в результаті зміни технологічної схеми або з інших причин, повинні бути демонтовані або від'єднані від діючих після попереднього звільнення їх від продуктів та дегазації. При цьому кінці трубопроводів мають бути надійно заглушені.

13) Заходи у вибухо- і вибухопожежонебезпечних цехах щодо попередження утворення іскор при ударах і перегрівах частин, що труться. Необхідно систематично стежити за температурою нагріву і регулярним мастилом частин устаткування, що труться. Не можна допускати:

а) ударів рухомих механізмів про нерухомі частини машин та апаратів, при прояві шуму роботу машини необхідно зупинити для виявлення її причини;

б) потрапляння в машини з механізмами, що рухаються, і в апарати з мішалками сторонніх твердих предметів (камені, частинки металу);

в) роботу машин та апаратів з відключеними та несправними магнітними уловлювачами;

г) ударів при відкриванні та закриванні кришок люків та кранів, засувок тощо, а також при ремонті.

14) Контроль за динамічними навантаженнями та температурними впливами на технологічне обладнання. При експлуатації технологічного обладнання не дозволяється різко змінювати тиск та температуру при зупинці, пуску та роботі апарату; допускати вібрацію машин, трубопроводів та споруд; залишати незахищеними від атмосферних впливів сильно нагріті частини апарату та трубопроводів.

15) Проведення випробувань на герметичність. Арматуру, прилади та засоби автоматизації на герметичність на стендах. Технологічні апарати та комунікації перевіряють на герметичність на місці при повному складанні схеми. На проведення випробувань має бути складена інструкція щодо безпечного ведення робіт, затверджена головним інженером підприємства.

Технологічні апарати, що не були в роботі, а також пройшли ретельне очищення з подальшим лабораторним аналізом середовища в апараті, можуть випробовуватись на герметичність стисненим повітрям. Решта технологічних

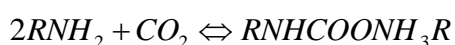
										Лист
										111
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	XI.A.00.00.00 ПЗ					

апаратів випробовуються інертним газом. У процесі випробування судин, апаратів та комунікацій повинні оглядатися та перевірятися всі з'єднання на пропуск газу мильним розчином або іншим надійним способом. При виявленні перепусток тиск повинен бути стравлений і усунути несправності.

При досягненні в випробуваному агрегаті робочого тиску подачу стисненого повітря або інертного газу припиняють, встановлюють спостереження за падінням тиску в агрегаті протягом не менше чотирьох годин при періодичній перевірці його і не менше 24 годин – для нових технологічних апаратів. Результати випробування на герметичність вважають задовільними, якщо падіння тиску за 1 годину не перевищують 0,1% при токсичних і 0,2% при вибухо-і пожежонебезпечних середовищах для технологічних апаратів, що знову встановлюються, і 0,5% - для технологічних апаратів, що піддаються повторному випробуванню. Випробування на щільність повинне проводитися з урахуванням зміни тиску в залежності від температури інертного газу всередині технологічного апарату.

### **Небезпеки та вимоги до абсорбційного апарату**

У цьому звіті проектується абсорбційний апарат, призначений для очищення газу від двоокису вуглецю  $CO_2$  та  $H_2S$ . Газ надходить у кубову частину абсорбера і піднімається у верх проходячи через два шари насадки, у протитік у верхню частину абсорбера подають МДЕА який стікаючи по насадці контактує з потоками газу, внаслідок чого відбувається хімічна реакція



насичений МЕА виводиться із кубової частини абсорбера на регенерацію.

Проектований абсорбційний апарат належить до третьої групи апаратів, тобто: апаратам, що працюють під тиском, при температурі стінки від мінус 40 до плюс  $200^{\circ}C$ , а по небезпеці – до апаратів другого класу небезпеки. Характеристика робочого середовища:

Клас небезпеки згідно з ГОСТ 121.00776

2

Категорія та група вибухонебезпечності за ГОСТ 12.1.011.78

IIА-ТЗ

									Лист
									112
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	XI.A.00.00.00 ПЗ				

Клас пожежної небезпеки 2

Група апарату з ОСТ 26-291-87 1

Внаслідок роботи абсорбційного апарату можуть виникати такі небезпеки:

- розгерметизація роз'ємних з'єднань;
- поява тріщин та свищів у зварних з'єднаннях;
- утворення накипу всередині трубок камери, що гріє і, як наслідок, розрив трубок;
- корозія стін апарату тобто. зменшення товщини стінки апарату (дійсна товщина стінки апарата менша, ніж допускається);
- відкладення солей на внутрішніх частинах апарату та внаслідок цього, порушення технологічного процесу.

Щоб запобігти виникненню цих небезпек, необхідно проводити періодичний огляд апарата в робочому та неробочому стані, періодично проводити очищення внутрішніх частин апарату, а також його ремонт. Перед пуском апарату в експлуатацію необхідно проводити внутрішній огляд, гідрота пневмовипробування апарата.

***Величина пробного тиску при гідровипробуванні сталевих судин.***

Гідравлічні випробування судин проводяться рівним тиском:

$$P_{пр} = 1,25 P (\sigma_{20}/\sigma_t) \quad (7.1)$$

$$\text{литых: } P_{пр.} = 1,5 P (\sigma_{20}/\sigma_t), \quad (7.2)$$

де  $P$  – розрахунковий тиск у посудині;

$\sigma_{20}, \sigma_t$  - напруги матеріалів при 20° С і робочій температурі.

Гідравлічні випробування судин за наявності вакууму в ізоляційному просторі виробляють тиском  $P_{пр} = 1,25 P - 0,1$  МПа. Для вертикальних судин при проведенні гідровипробувань у горизонтальному положенні необхідно враховувати висоту стовпа рідини.

***Час витримки судини під пробним гідравлічним тиском.***



Час витримки судини під пробним тиском встановлюється розробником проекту. За відсутності вказівок у проекті час витримки має бути не меншим від значень, зазначених у таблиці 7.1

Таблиця 7.1 – Час витримки судини під тиском

Товщина стінки судини, мм	<i>Час витримки, хв</i>
До 50	10
від 50 до 100	20
понад 100	30
Для литих неметалевих та багатошарових незалежно від товщини стінки	50

Ремонт апарату та його елементів під час роботи не допускається. Обслуговуючий персонал зобов'язаний суворо виконувати інструкції щодо режиму роботи апарату та безпечного його обслуговування та своєчасно перевіряти справність дії арматури, контрольно-вимірювальних приладів та запобіжних пристроїв.

Робота апарату має бути зупинена у випадках, розглянутих вище, а також передбачених інструкцією, зокрема:

а) у разі підвищення тиску в апараті вище дозволеного, незважаючи на дотримання всіх вимог, зазначених в інструкції;

б) при несправності запобіжних клапанів;

в) при виявленні в основних елементах апарату тріщин, випучин, значного витончення стінок, перепусток або потіння в зварних швах, течі в болтових з'єднаннях, розриву прокладок;

г) у разі виникнення пожежі, що безпосередньо загрожує апараті під тиском;

д) при несправності манометра та неможливості визначити тиск по інших приладах;

е) при несправності або неповній кількості кріпильних деталей кришок та люків;

ж) у разі несправності показчика рівня рідини;

з) при несправності запобіжних блокувальних пристроїв;

і) у разі несправності (відсутності) передбачених проектом контрольно-вимірювальних приладів та засобів автоматики.

У виробництві, що проектується, є такі потенційні небезпеки відповідно до ГОСТ 12.0.003 – 74:

а) небезпека отримання травматизму, а також падіння рівня продуктивності праці внаслідок неправильного вибору та висвітлення робочого місця.

Найменша освітленість робочих поверхонь у виробничих приміщеннях встановлюється залежно від характеристики зорової роботи та регламентується будівельними нормами та правилами СНП 11 – 4 – 79. Ці норми виходять із того, що основним джерелом світла є газорозрядні лампи, однак у спеціальних випадках допускається використання ламп розжарювання.

Гігієнічні вимоги до виробничого висвітлення, засновані на психофізичних особливостях сприйняття світла та його впливу на організм людини, можуть бути зведені до таких:

- Спектральний склад світла, створюваного штучними джерелами, повинен наближатися до сонячного;

- рівень освітленості має бути достатнім та відповідати гігієнічним нормам, які враховують умови зорової роботи;

- повинна бути забезпечена рівномірність і стійкість рівня освітленості в приміщенні, щоб уникнути частої переадаптації та перевтоми зору.

б) небезпека ураження електричним струмом. Джерелом впливу можуть бути всі струмопровідні частини обладнання. Небезпечний та шкідливий вплив на людей електричного струму, електричної дуги та електромагнітних полів проявляються у вигляді професійних захворювань. Проходячи через організм людини електричний струм викликає опіки, нагрівання кровеносних судин, нервів, розкладання крові, подразнення та збудження живих тканин організму, а також повне припинення діяльності органів дихання та кровообігу.

Відповідно до ГОСТ 12.1.030 – 81 пред'являються такі вимоги:

									Лист
									115
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	XI.A.00.00.00 ПЗ				

- захисного заземлення або занулення підлягають металеві частини електроустановок, доступних для дотику людини;

- матеріал, конструкція та розміри заземлюючих та нульових захисних провідників повинні забезпечувати стійкість до механічних та термічних впливів на весь період експлуатації.

Відповідно до ГОСТ 12.1.038 – 82 пред'являються такі вимоги:

а) напруга дотику та струми, що протікають через тіло людини при нормальному режимі роботи електроустановки не повинні перевищувати значень, зазначених у таблиці, при аварійному режимі електроустановок напругою до 1000 В не повинні перевищувати значень за час дії  $\tau=0,01\div 0,08$  с.

б) небезпека контакту з рухомими частинами виробничого устаткування.

На ділянці очищення попутного нафтового газу знаходяться насосні агрегати, які рухаються електродвигунами. Контакт із обертовими частинами даного обладнання може призвести до травм працюючими людьми.

Відповідно до ГОСТ 12.2.003 – 91 пред'являються такі вимоги:

- частини виробничого обладнання, що рухаються, повинні бути огорожені або розташовані так, щоб виключати можливість торкання до них працюючого;

- у безпосередній близькості від рухомих частин, що знаходяться поза полем видимості оператора повинні бути встановлені органи управління аварійною зупинкою (гальмуванням), або в небезпечній зоні, що створюється частинами, що рухаються, можуть знаходитися працюючі;

- конструкція виробничого обладнання повинна передбачати сигналізацію, що попереджає про пуск обладнання, а також використання сигнальних кольорів та знаків.

г) небезпека одержання термічних опіків.

Ця небезпека належить до фізичної групи. Процес регенерації МЕА відбувається за високої температури 120 °С, при дотику до зовнішньої поверхні апарату може отримати термічні опіки.

Відповідно до ГОСТ 12.1.004 – 91 висувають такі вимоги:

									Лист
									116
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ХІ.А.00.00.00 ПЗ				

- температура поверхні доступної до дотику, має перевищувати 45°C.

е) отруєння шкідливими газами.

У повітря виробничих приміщень можуть виділятися різні отруйні гази. У разі виникнення на робочому місці концентрацій отруйних газів у працюючих з'являються різні ознаки отруєння – кашель, ядуха, запаморочення, втрата свідомості, припинення дихання та серцевої діяльності.

Відповідно до ГОСТ 12.1.005 – 88 пред'являються такі вимоги:

Вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони не повинен перевищувати гранично допустимих концентрацій (ГДК), що використовуються при проектуванні виробничої будівлі, технологічного процесу, обладнання, вентиляції для контролю якості виробничого середовища.

Зміст шкідливих речовин, у повітрі робочої зони підлягає систематичному контролю попередження можливості перевищення ГДК.

Таблиця 7.2 - Гранично-допустимі концентрації CO<sub>2</sub>

З'єднання	Формула	Молекулярна маса М	Розчинність а <sup>1</sup> , г/л	ПДК <sub>Р,З</sub> мг/м <sup>3</sup>
Двуокис вуглецю	CO <sub>2</sub>	44,01	1,61 <sup>20</sup>	30000

У разі розгерметизації обладнання та прориву природного газу в навколишнє середовище у разі перевищення гранично-допустимих концентрацій, представлених у таблиці 7.3, у працівників можуть виникнути задухи, зареєстровані випадки смертельного отруєння.

Таблиця 7.3 - Гранично-допустимі концентрації алканів

З'єднання	Формула	ПДК <sub>Р,З</sub> мг/м <sup>3</sup>	НПВ	ВПВ
Етан	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	22	3,0	12,5
Пропан	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	65	2,1	9,5
Бутан	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	300	1,5	8,5
Пентан	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	300	1,4	7,8
Гексан	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	300	1,2	7,4

Таблиця 7.4 - Гранично-допустима концентрація МДЕА

З'єднання	Формула	Молекулярна маса, М	Розчинність а <sup>t</sup> , г/л	Концентрації, мг/л			
				ППК <sub>ОРЛ</sub>	ППК <sub>С.Р.</sub> В.	ППК <sub>Т</sub>	ПДК <sub>В</sub>
МДЭА	$C_{12}H_{17}N$ $O_2$	119,2	∞	1,4	5	40	1,4

Температура кипіння за нормальних умов	170,5 °С,
Температура застигання	минус 21 °С,
Щільність при 20 °С	1038 кг/м <sup>3</sup>
Температура спалаху	127 °С

Моноетаноламін не токсичний, має високу поглинальну здатність.

Провівши аналіз потенційних небезпек та шкідливостей даного виробництва, передбачені такі заходи щодо їх усунення:

а) відповідно до ГОСТ 12.1.030 – 81, для усунення небезпеки ураження електричним струмом, передбачено заземлення та занулення електроапаратури;

б) відповідно до ГОСТ 12.2.003 – 91, для запобігання небезпеці прямого контакту обслуговуючого персоналу з частинами виробничого обладнання, що рухаються, встановлені захисні огороження та захисні кожухи;

в) відповідно до ГОСТ 12.1.004 – 91, для усунення небезпеки отримання термічних опіків у проекті передбачено, щоб знизити температуру зовнішньої поверхні до 40°С;

г) відповідно до ГОСТ 12.1.005 – 88, для усунення впливу на людину отруйних сполук газу, апарати, в яких відбуваються процеси та реакції з виділенням отруйних сполук щільно закриваються кришками та люками. Організуються регулярні перевірки якості повітря у робочій зоні.

## 7.2 Методика розрахунку основного потенційно-небезпечного фактора

### *Аналіз потенційних небезпек технологічного процесу*

Технологічний процес очистки газу є складним та потенційно небезпечним. Нижче наведені можливі ризики та небезпеки, які пов'язані з цим процесом:

1. Вибухонебезпечність: Газ природній є вибухонебезпечною речовиною, тому під час очистки газу необхідно дотримуватись всіх необхідних заходів безпеки, щоб уникнути вибуху.

2. Пожежонебезпечність: Амин є горючою речовиною, тому під час очистки необхідно уникати контакту з вогнем та джерелами тепла.

3. Токсичність: Амин є токсичною речовиною, тому під час очистки необхідно дотримуватись всіх необхідних заходів безпеки для захисту працівників від отруєння.

4. Екологічні ризики: Використання аміну може мати негативний вплив на довкілля, тому необхідно вживати заходів для зменшення впливу на довкілля.

5. Ризики здоров'я: Використання аміну може мати негативний вплив на здоров'я працівників, тому необхідно дотримуватись всіх необхідних заходів безпеки для захисту здоров'я працівників.

6. Неприятливий вплив на якість продукту: Неправильне виконання технологічного процесу очистки газу може мати негативний вплив на якість продукту, що може призвести до збитків для підприємства.

Отже, при виконанні технологічного процесу абсорбційної очистки необхідно дотримуватись всіх необхідних заходів безпеки, щоб уникнути небезпек та ризиків.

### ***Заходи по забезпеченню безпеки***

1. Розробити та впровадити відповідні процедури безпеки для всіх етапів очистки газу.

					<i>Лист</i>
					119
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>XI.A.00.00.00 ПЗ</i>

2. Забезпечити належне навчання та підготовку працівників щодо безпеки під час роботи з аміном.

3. Встановити відповідну обладнання для забезпечення безпеки, таке як вентиляційні системи, пожежогасники, системи автоматичного вимикання тощо.

4. Забезпечити належне зберігання та обробку аміну, включаючи правильне маркування та позначення.

5. Встановити процедури контролю якості продукту, щоб забезпечити його відповідність стандартам та вимогам.

6. Проводити регулярну перевірку обладнання та систем безпеки, щоб забезпечити їх належне функціонування.

7. Уникати ризикованих ситуацій, таких як перевищення максимальної концентрації етанолу в повітрі, перевищення допустимих температур тощо.

8. Встановити процедури дії в надзвичайних ситуаціях, таких як пожежа, витік аміну тощо.

9. Забезпечити належне зберігання та утилізацію відходів, щоб запобігти негативному впливу на довкілля.

10. Проводити регулярну оцінку ризиків та вдосконалювати процедури безпеки відповідно до змін у технологічному процесі.

### ***Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці***

1. Розробити та впровадити процедури забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці для всіх етапів.

2. Забезпечити належну навчання та підготовку працівників щодо виробничої санітарії та гігієни праці.

3. Встановити відповідну обладнання для забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці, таке як душові кабінки, мийки для рук, системи очищення повітря тощо.

4. Забезпечити належне зберігання та обробку матеріалів, що використовуються в процесі очистки газу, включаючи правильне маркування та позначення.

					<i>XI.A.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		120

5. Встановити процедури контролю якості продукту, щоб забезпечити його відповідність стандартам та вимогам з виробничої санітарії та гігієни праці.

6. Проводити регулярну перевірку обладнання та систем виробничої санітарії та гігієни праці, щоб забезпечити їх належне функціонування.

7. Уникати ризикованих ситуацій, таких як несправна система вентиляції, недостатнє очищення повітря тощо.

8. Встановити процедури дії в надзвичайних ситуаціях, таких як витік матеріалу, порушення виробничої санітарії та гігієни праці тощо.

9. Забезпечити належне зберігання та утилізацію відходів, щоб запобігти негативному впливу на довкілля та забезпечити виробничу санітарію та гігієну праці.

10. Проводити регулярну оцінку ризиків та вдосконалювати процедури виробничої санітарії та гігієни праці відповідно до змін у технологічному процесі.

#### ***Заходи з пожежної безпеки установки***

1. Встановити систему пожежної сигналізації та автоматичного пожежогасіння.

2. Забезпечити наявність необхідних засобів пожежогасіння, таких як вогнегасники, пожежні крани тощо.

3. Встановити процедури евакуації та навчання працівників діям у надзвичайних ситуаціях.

4. Проводити регулярне перевірку та обслуговування систем пожежної безпеки, включаючи пожежні двері, вентиляційні системи тощо.

5. Забезпечити належне зберігання матеріалів та речовин, що можуть спричинити пожежу, включаючи правильне маркування та позначення.

6. Уникати ризикованих ситуацій, таких як перевантаження електричних мереж, недотримання правил експлуатації обладнання тощо.

7. Встановити процедури дії в надзвичайних ситуаціях, таких як пожежа, витік матеріалу тощо.

					<i>XI.A.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						121
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпись</i>	<i>Дата</i>		



8. Забезпечити належне зберігання та утилізацію відходів, щоб запобігти негативному впливу на довкілля та забезпечити пожежну безпеку.

9. Проводити регулярну оцінку ризиків та вдосконалювати процедури пожежної безпеки відповідно до змін у технологічному процесі.

10. Забезпечити співпрацю з місцевими пожежними службами та дотримуватись вимог законодавства щодо пожежної безпеки.

***Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях установки***

1. Встановити систему автоматичного вимикання установки у разі виникнення пожежі.

2. Забезпечити наявність необхідних засобів пожежогасіння, таких як вогнегасники, пожежні крани тощо.

3. Встановити процедури евакуації та навчання працівників діям у надзвичайних ситуаціях.

4. Проводити регулярне перевірку та обслуговування систем пожежної безпеки, включаючи пожежні двері, вентиляційні системи тощо.

5. Забезпечити належне зберігання матеріалів та речовин, що можуть спричинити пожежу, включаючи правильне маркування та позначення.

6. Уникати ризикованих ситуацій, таких як перевантаження електричних мереж, недотримання правил експлуатації обладнання тощо.

7. Встановити процедури дії в надзвичайних ситуаціях, таких як пожежа, витік матеріалу тощо.

8. Забезпечити належне зберігання та утилізацію відходів, щоб запобігти негативному впливу на довкілля та забезпечити пожежну безпеку.

9. Проводити регулярну оцінку ризиків та вдосконалювати процедури пожежної безпеки відповідно до змін у технологічному процесі.

10. Забезпечити співпрацю з місцевими пожежними службами та дотримуватись вимог законодавства щодо пожежної безпеки.

					<i>XI.A.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпись</i>	<i>Дата</i>		122

## 8 Економічна частина

### 8.1 Загальна характеристика підприємства

Чисельність обслуговуючого персоналу об'єкта УКПГ

Найменування служб та посад	Категорія персоналу	Кількість одиниць	Вахта	Зміна	Режим роботи	Група виробничих процесів
<i>Загальне керівництво</i>						
Начальник УКПГ	ІТП	1	1	1	8 годин/5 днів	1а
Зам. начальника УКПГ	ІТП	1	1	1	8 годин/5 днів	1а
Головний інженер	ІТП	1	1	1	8 годин/5 днів	1а
Головний технолог	ІТП	1	1	1	8 годин/5 днів	1а
Головний механік	ІТП	1	1	1	8 годин/5 днів	1а
Головний метролог	ІТП	1	1	1	8 годин/5 днів	1а
Головний енергетик	ІТП	1	1	1	8 годин/5 днів	1а
<b>Усього, чол:</b>		<b>6</b>				
<i>Оперативне управління виробництвом</i>						
Старший Диспетчер	ІТП	1	1	1	8 годин/5 днів	1а
Змінний інженер Диспетчер	ІТП	5	2	1	8 годин/5 днів	1а
<b>Усього, чол:</b>		<b>6</b>				
<i>Охорона праці та техніка безпеки</i>						
Начальник ВІД і ТБ	ІТП	1	1	1	8 годин/5 днів	1а
Зам. начальника ОП та ТБ	ІТП	1	1	1	8 годин/5 днів	1а
Інженер ВІД і ТБ	ІТП	2	1	1	8 годин/5 днів	1а
<b>Усього, чол:</b>		<b>4</b>				
<i>Обслуговування КВП та автоматики</i>						
Начальник з КВП	ІТП	1	1	1	8 годин/5 днів	1а
Зам. начальника з КВП	ІТП	1	1	1	8 годин/5 днів	1а
Інженер з КВП	ІТП	4	2	1	12 годин/7 днів	1а
Приладист КВП	Робочий	10	5	1	12 годин/7 днів	1б
<b>Слюсар КВП</b>	Робочий	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>12 годин/7 днів</b>	<b>1б</b>
<b>Усього, чол:</b>		<b>26</b>				
<i>Механоремонтне обслуговування</i>						
Начальник ремонтно-	ІТП	1	1	1	8 годин/5 днів	1а
Зам. начальника ремонтно-	ІТП	1	1	1	8 годин/5 днів	1а
Інженер з ремонту	ІТП	1	1	1	8 годин/5 днів	1а
Механік	ІТП	2	1	1	8 годин/5 днів	1а
Слюсар-ремонтник	Робочий	10	5	1	12 годин/7 днів	1б
Електрогазоварювальник	Робочий	2	1	1	12 годин/7 днів	1б
Токар	Робочий	2	1	1	12 годин/7 днів	1б
<b>Усього, чол:</b>		<b>19</b>				
<i>Енергетичне обслуговування та пароводопостачання</i>						
Начальник	ІТП	1	1	1	8 годин/5 днів	1а
Зам. начальника	ІТП	1	1	1	8 годин/5 днів	1а
Інженер енергетик	ІТП	8	4	3	12 годин/7 днів	1а
Електромонтер з	Робочий	20	10	5	12 годин/7 днів	1б
машиніст	Робочий	20	10	5	12 годин/7 днів	1б
<b>Усього, чол:</b>		<b>50</b>				
<i>Лабораторія</i>						
Начальник лабораторії	ІТП	1	1	1	8 годин/5 днів	1а

Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата

XI.A.00.00.00 ПЗ

Лист

123

Найменування служб та посад	Категорія персоналу	Кількість одиниць	Вахта	Зміна	Режим роботи	Група виробничих процесів
Інженер лаборант	ІТП	2	1	1	12 годин/7 днів	1а
Лаборант	Робочий	4	2	1	12 годин/7 днів	1б
Апаратник	Робочий	4	2	1	12 годин/7 днів	1б
<b>Усього, чол:</b>		<b>11</b>				
<b>Їдальня</b>						
Завідувач їдальні	ІТП	1	1	1	8 годин/5 днів	1а
Шеф повар	ІТП	2	1	1	12 годин/7 днів	1а
Кухар	Робочий	8	4	1	12 годин/7 днів	1б
Мийник посуду	Робочий	8	4	1	12 годин/7 днів	1б
<b>Усього, чол:</b>		<b>19</b>				
<b>Установка Амінової Сіроочистки</b>						
Начальник УАСО	ІТП	1	1	1	8 годин/5 днів	1а
Змінний інженер	ІТП	4	2	1	12 годин/7 днів	1а
Змінний інженер-технолог	ІТП	4	2	1	12 годин/7 днів	1а
Оператор пульта керування	Робочий	4	2	1	12 годин/7 днів	1б
Оператортехн. установок	Робочий	8	4	1	12 годин/7 днів	1б
Машиніст технологічних	Робочий	6	3	1	12 годин/7 днів	1б
<b>Усього, чол:</b>		<b>27</b>				
<b>НТС та Дожимна компресорна станція</b>						
Начальник НТС та ДКС	ІТП	1	1	1	8 годин/5 днів	1а
Змінний інженер	ІТП	4	2	1	12 годин/7 днів	1а
інженер програміст	ІТП	4	2	1	12 годин/7 днів	1а
Змінний інженер-технолог	ІТП	4	2	1	12 годин/7 днів	1а
Оператор пульта керування	Робочий	4	2	1	12 годин/7 днів	1б
Оператортехн. установок	Робочий	8	4	1	12 годин/7 днів	1б
Машиніст технологічних	Робочий	8	4	1	12 годин/7 днів	1б
<b>Усього, чол:</b>		<b>33</b>				
<b>Установка стабілізації конденсату</b>						
Начальник УСК	ІТП	1	1	1	8 годин/5 днів	1а
Змінний інженер	ІТП	4	2	1	12 годин/7 днів	1а
Оператор пульта керування	Робочий	8	4	1	12 годин/7 днів	1б
Оператортехн. установок	Робочий	8	4	1	12 годин/7 днів	1б
Машиніст технологічних	Робочий	4	2	1	12 годин/7 днів	1б
Машиніст технологічних	Робочий	4	2	1	12 годин/7 днів	1б
<b>Усього, чол:</b>		<b>29</b>				
<b>Товарний парк пропан-бутанової суміші та стабільного конденсату</b>						
Начальник товарний парк	ІТП	1	1	1	8 годин/5 днів	1а
Змінний інженер	ІТП	4	2	1	12 годин/7 днів	1а
Оператор товарний,	Робочий	8	4	1	12 годин/7 днів	1б
Оператор товарний,	Робочий	8	4	1	12 годин/7 днів	1б
Машиніст технологічних	Робочий	4	2	1	12 годин/7 днів	1б
<b>Усього, чол:</b>		<b>25</b>				
<b>Усього чол:</b>		<b>255</b>				
<b>В т.ч. ІТП</b>		<b>75</b>				
<b>В т.ч. Робочий</b>		<b>180</b>				
<b>Вахта</b>		<b>100</b>				

## 8.2 Система контролю якості на підприємстві

Система контролю якості продукції — це сукупність методів і засобів контролю та регулювання компонентів зовнішнього середовища, що визначають рівень якості продукції на стадіях стратегічного маркетингу, НДДКР і виробництва, а також технічного контролю на всіх стадіях виробничого процесу.

Компонентами зовнішнього середовища системи контролю якості продукції для рівня підприємства є результати маркетингових досліджень НДДКР, сировина, матеріали, з яких виготовляють вироби, параметри організаційно-технічного рівня виробництва і системи менеджменту підприємства.

Однією з умов підвищення ефективності контролю є регулярне функціонування системи менеджменту. Облік має бути організований за виконанням усіх планів, програм, завдань за такими параметрами, як кількість, якість, витрати, виконавці і строки. Облік витрат ресурсів бажано організовувати за всіма видами ресурсів, товарів, що випускаються, стадіями їхнього життєвого циклу і підрозділами фірми. Для складної техніки необхідно вести автоматизований облік відмов, витрат на експлуатацію, технічне обслуговування і ремонт. Мають виконуватися такі вимоги щодо обліку:

— забезпечення повноти, тобто ведення обліку за всіма підсистемами системи менеджменту, показниками якості, кількості і ресурсомісткості товарів, підрозділами фірми, товарними ринками та ін.;

— забезпечення динамічності, тобто облік показників у динаміці і використання результатів обліку для аналізу;

— забезпечення системності, тобто облік показників системи менеджменту та її зовнішнього середовища (макросередовище, інфраструктура регіону, мікросередовище фірми);

— автоматизація обліку на основі комп'ютерної техніки;

— забезпечення наступності, застосовності і перспективності обліку;

— використання результатів обліку для стимулювання якісної праці.

					XI.A.00.00.00 ПЗ	Лист
						125
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Якщо в основному здійснюється облік кількісних показників і його результатів, то контрольна функція менеджменту дещо розширюється. Контроль, по-перше, може охоплювати кількісні показники та якісні вимоги, документи, інші предмети праці, по-друге, він може здійснюватися в різні періоди.

Контроль можна класифікувати за такими ознаками:

— стадіями життєвого циклу об'єкта — контроль на стадії стратегічного маркетингу, НДДКР, ОТПВ, виробництва, підготовки об'єкта до функціонування, експлуатації, технічного обслуговування і ремонту;

— об'єктами контролю — предмет праці, засоби виробництва, технологія, організація процесів, умови праці, праця, навколишнє середовище, параметри інфраструктури регіону, документи, інформація;

— виконавцями — самоконтроль, контроль з боку менеджера, контрольного майстра, відділу технічного контролю, інспекційний контроль, державний і міжнародний контроль;

— можливостями подальшого використання об'єкта контролю — контроль що руйнує об'єкт і контроль, що не руйнує об'єкт контролю;

— прийнятими рішеннями — активний (попереджувачий) і пасивний (за відхиленнями) контроль;

— ступенем охоплення контролем — суцільний і вибіркового контролю;

— режимом контролю — посилений (прискорений) і нормальний контроль;

— ступенем механізації — ручний, механізований, автоматизований і автоматичний контроль;

— часом контролю — попередній, поточний і заключний контроль;

— способом отримання й обробки інформації — розрахунково-аналітичний, статистичний і реєстраційний контроль;

— періодичністю виконання контрольних операцій — безперервний і періодичний контроль.

Порушення вимог, висунутих до якості виготовленої продукції, призводить до збільшення витрат виробництва і споживання. Тому своєчасне

									Лист
									126
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ХІ.А.00.00.00 ПЗ				

попередження можливого порушення вимог до якості є обов'язковою передумовою забезпечення заданого рівня якості продукції за мінімальних витрат на її виробництво. Це завдання вирішується на підприємствах за допомогою технічного контролю.

Технічним контролем називається перевірка дотримання технічних вимог до якості продукції на всіх стадіях її виготовлення, а також виробничих умов і чинників, що забезпечують необхідну якість. Об'єктами технічного контролю є матеріали і напівфабрикати, що надходять на підприємство зі сторони, продукція підприємства як у готовому вигляді, так і на всіх стадіях її виробництва, технологічні процеси, знаряддя праці, технологічна дисципліна і загальна культура виробництва. Технічний контроль має забезпечувати випуск продукції, що відповідає вимогам конструкторсько-технологічної документації, сприяти виготовленню продукції з найменшими витратами часу і засобів, надавати вихідні дані і матеріали, що можуть бути використані з метою розробки заходів щодо підвищення якості продукції та скорочення витрат.

Технічний контроль — це комплекс взаємозалежних і проведених відповідно до встановленого порядку контрольних операцій, більшість з яких є невід'ємною й обов'язковою частиною виробничого процесу і тому покладається на робітників, що виконують відповідну виробничу операцію. Разом з тим з метою забезпечення випуску продукції належної якості і попередження втрат у виробництві багато контрольних операцій виконується бригадами, майстрами і спеціальним персоналом — працівниками заводського відділу технічного контролю (ВТК).

Загальні принципи раціональної організації технічного контролю полягають у такому:

— технічний контроль має охоплювати всі елементи і стадії виробничого процесу;

— техніка, методи й організаційні форми контролю повинні цілком відповідати особливостям техніки, технології й організації виробництва;

— ефективність раціональної організації технічного контролю в цілому й окремих її елементів має бути обґрунтована належними економічними розрахунками;

— система контролю має забезпечувати чіткий і обґрунтований розподіл обов'язків і відповідальності між окремими виконавцями та різними підрозділами підприємства;

— система контролю має використовувати ефективні методи статистичного контролю мотивації.

Залежно від конкретних завдань, технічного контролю виокремлюють такі основні його види; профілактичний, приймальний, комплексний і спеціальний.

Профілактичний контроль має на меті попередження появи браку в процесі виробництва продукції.

Приймальний контроль здійснюється з метою виявлення й ізоляції браку.

Комплексний контроль вирішує обидва завдання: і профілактики, і приймання.

Спеціальний контроль вирішує специфічні завдання, наприклад інспекційний контроль, контроль експлуатації продукції та ін.

Використовують такі методи контролю якості, як контроль налагодження; побіжний контроль; статистичні методи контролю; вибіркового або суцільного контролю; статистичний аналіз технологічного процесу, устаткування, якості продукції.

Залежно від особливостей контрольованих параметрів використовують класифікацію контрольних операцій за такими ознаками:

— контроль геометричних форм і розмірів;

— контроль зовнішнього вигляду продукції і документації;

— контроль фізико-механічних, хімічних та інших властивостей матеріалів і напівфабрикатів;

— контроль внутрішнього браку продукції (раковини, тріщини та ін.);

— контроль технологічних властивостей матеріалів;

										Лист
										128
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	XI.A.00.00.00 ПЗ					

- контрольно-здавальні випробування;
- дотримання технологічної дисципліни.

Залежно від стадії виробництва виокремлюють попередній (вхідний), проміжний та остаточний контроль.

Залежно від ступеня охоплення контролем виробничих операцій розрізняють: поопераційний та груповий контроль, виконуваний після декількох виробничих операцій.

За місцем виконання є стаціонарні та ковзні контрольні операції, виконувани безпосередньо на робочих місцях.

### **8.3 Методика розрахунку собівартості апарату.**

#### **8.3.1 Розрахунок собівартості та ціни абсорбера**

Економічна частина - важливий розділ дипломного проекту. У ньому наводиться результат ухвалених у проекті рішень. З економічних даних доводиться доцільність здійснення дипломного проекту.

Техніко-економічні показники роботи проектованого апарату визначаються виходячи з всіх експлуатаційних розділів, повної собівартості апарату, у разі установки випарних апаратів.

Підвищення економічної ефективності нової техніки та технології є важливою частиною проблеми підвищення економічного ефекту суспільного виробництва.

Розраховуємо порівняльно-економічні показники установки очистки газу при використанні розчину МДЕА та МЕА за двома варіантами:

- а) при використанні розчину МДЕА;
- б) при використанні розчину МЕА;

##### **8.3.1.1 Витрати основні матеріали**

$$M_o = \sum_{i=1}^n C_i N_i, \text{ грн.} \quad (8.1)$$

де  $N_i$  - норма витрати на одиницю виробу, кг;

$C_i$  - оптова ціна виду матеріалу, грн.;

					<i>XI.A.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
						129
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		



n – кількість видів матеріалів.

$$a) M = 46846 * 26 = 1\,218\,000 \text{ грн.}$$

$$б) M = 54650 * 26 = 1\,420\,900 \text{ грн.}$$

8.3.1.2 Визначимо заробітну плату виробничих робітників:

$$Z_o = Z_k + Z_m + Z_{сл} + Z_{св} + Z_{кот} + Z_{мал} + Z_p, \text{ грн.} \quad (8.2)$$

де  $Z_k$  – заробітна плата конструкторів

$$Z_k = Z_{к.в} + Z_k + Z_{и.к}, \text{ грн.} \quad (8.3)$$

де  $Z_{к.в}$  – заробітна плата провідних конструкторів:

$$Z_{к.в(n)} = \frac{Z_m}{\Phi_k} \times k \times \tau, \text{ грн.} \quad (8.4)$$

$$Z_{к.в} = 18\,500 / 166,3 * 3 * 838,5 = 279\,836,14 \text{ грн.}$$

де  $Z_m = 18\,500$  - місячна заробітна плата, грн;

$\Phi = 166,3$  – середній місячний бюджет робочого дня, год/місяць;

$k=3$  – кількість осіб;

$\tau=838,5$  – кількість годин, які витрачені на цю роботу, год.

$Z_k$  - заробітна плата конструктора першої категорії:

$$Z_k = 16\,000 / 166,3 * 2 * 352 = 67\,733,01 \text{ грн.}$$

$Z_{и}$  - заробітна плата інженера-конструктора:

$$Z_{и} = 14\,000 / 166,3 * 2 * 350 = 58\,929,65 \text{ грн.}$$

Тоді:

$$Z_k = 279\,836,14 + 67\,733,01 + 58\,929,65 = 406\,498,8 \text{ грн.}$$

$Z_t$  – заробітна плата токарів (п'ять токарів 3 розряду та три токарів 4 розряду):

$$Z_t = 20\,000 / 166,3 * 5 * 513 + 25\,000 / 166,3 * 3 * 513 = 539\,837,64 \text{ грн}$$

$Z_{сл}$  - заробітна плата слюсарів (п'ять слюсарів 3 розряду та три слюсаря 4 розряду):

$$Z_{сл} = 19\,000 / 166,3 * 5 * 200 + 21\,000 / 166,3 * 3 * 200 = 190\,018,4 \text{ грн}$$

										Лист
										130
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	XI.A.00.00.00 ПЗ					

Ззв – заробітна плата зварювальників (чотири зварювальника 3 розряду та чотири зварювальника 4 розряду):

$$Ззв=23\ 000/166,3*4*200+27\ 000/166,3*4*200=240\ 529,16\ \text{грн}$$

Зкот – заробітна плата котельників (три котельника 3 розряду та три котельника 5 розряду):

$$Зкот=16\ 000/166,3*3*250+19\ 000/166,3*3*250=157\ 847,26\ \text{грн}$$

Змал - заробітна плата малярів (два маляра 3 розряду):

$$Змал= 15\ 000/166,3*2*72=12\ 988,57\ \text{грн}$$

Зр - заробітна плата розмітників (два розмітника 2 розряди та два розмітника 3 розряду):

$$Зр= 15\ 500/166,3*2*72+18\ 500/166,3*2*72=29\ 440,77\ \text{грн}$$

Підставимо значення у формулу (8.2):

$$З_о=406498,8+539837,64+190018,4+240529,16+157847,26+12988,57+29440,77=1\ 361\ 160,6\ \text{грн.}$$

8.3.1.3 Додаткова заробітна плата виробничих робітників:

$$З_{доп} = З_о \times K_{доп} \text{ грн.} \quad (8.5)$$

де  $K_{доп} = 0,17$  - коефіцієнт враховує розмір додаткової заробітної плати.

$$З_{доп}=1\ 361\ 160,6 * 0,17=231\ 397,3\ \text{грн.}$$

8.3.1.4 Відрахування до фондів на соціальні потреби:

$$О_{соц} = (З_о + З_{доп}) \times K_{соц} \text{ грн.} \quad (8.6)$$

де  $K_{соц}=0,375$  - коефіцієнт враховує розміри відрахувань на соціальні потреби.

$$О_{соц}=(1\ 361\ 160,6+231\ 397,3)*0,375=597\ 209,21\ \text{грн.}$$

					<i>XI.A.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
						131
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		

8.3.1.5 Витрати на зношування інструменту:

$$P_{и} = Z_o \times K_{и}, \text{ грн.} \quad (8.7)$$

де  $K_{и} = 0,30$  - коефіцієнт враховує розміри витрат на спецпристосування та інструмент.

$$P_{и} = 1\,361\,160,6 * 0,30 = 408\,348,18 \text{ грн}$$

8.3.1.6 Витрати на утримання та експлуатацію обладнання:

$$P_{сзо} = Z_o \times K_{сзо}, \text{ грн.} \quad (8.8)$$

де  $K_{сзо} = 2,47$  - коефіцієнт враховує розміри витрат на утримання та експлуатацію обладнання.

$$P_{сзо} = 1\,361\,160,6 * 2,47 = 3\,362\,066,68 \text{ грн.}$$

8.3.1.7 Загальновиробничі витрати:

$$P_{зв} = Z_o \times K_{зв}, \text{ грн.} \quad (8.9)$$

де  $K_{оп} = 1,45$  - коефіцієнт враховує витрати на загальновиробничі витрати.

$$P_{зв} = 1\,361\,160,6 * 1,45 = 1\,973\,682,87 \text{ грн.}$$

8.3.1.8 Загальногосподарські витрати (цехові):

$$P_{зг} = Z_o \times K_{зг}, \text{ грн.} \quad (8.10)$$

де  $K_{зг} = 3,15$  - коефіцієнт враховує витрати на загальногосподарські витрати.

$$P_{зг} = 1\,361\,160,6 * 3,15 = 4\,287\,655,89 \text{ грн.}$$

8.3.1.9 Інші виробничі витрати

$$P_{ін} = C'_{ін} \times K_{ін}, \text{ грн.} \quad (8.11)$$

де  $K_{ін} = 0,028$  - коефіцієнт враховує інші виробничі витрати;

$C_{ін}$  - Виробнича собівартість без урахування інших виробничих витрат.

									Лист
									132
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	XI.A.00.00.00 ПЗ				

$$C'_{ін} = M_o + Z_o + Z_{дон} + O_{соц} + P_{и} + P_{сво} + P_{зс} + P_{зс}. \text{ грн.} \quad (8.12)$$

а)  $C'_{ін} = 1\,218\,000 + 1\,361\,160,6 + 231\,397,3 + 597\,209,21 + 408\,348,18 + 3\,362\,066,68 + 1\,973\,682,87 + 4\,287\,655,89 = 13\,439\,520,73 \text{ грн.}$

б)  $C'_{ін} = 1\,420\,900 + 1\,361\,160,6 + 231\,397,3 + 597\,209,21 + 408\,348,18 + 3\,362\,066,68 + 1\,973\,682,87 + 4\,287\,655,89 = 13\,642\,420,73 \text{ грн.}$

Тоді виробничі витрати становитимуть:

а)  $P_{ін} = 13\,439\,520,73 * 0,028 = 376\,306,58 \text{ грн.}$

б)  $P_{ін} = 13\,642\,420,73 * 0,028 = 381\,987,78 \text{ грн.}$

#### 8.3.1.10 Виробнича собівартість

$$C_{вр} = C'_{ін} + P_{ін}, \text{ грн.} \quad (8.13)$$

а)  $C_{вр} = 13\,439\,520,73 + 376\,306,58 = 13\,815\,827,31 \text{ грн.}$

б)  $C_{вр} = 13\,642\,420,73 + 381\,987,78 = 14\,024\,408,51 \text{ грн.}$

#### 8.3.1.11 Позавиробничі витрати

$$P_{пс} = C_{вр} \times K_{пв}, \text{ грн.} \quad (8.14)$$

де  $K_{пв} = 0,012$  - коефіцієнт враховує витрати на позавиробничі витрати.

а)  $P_{пс} = 13\,815\,827,31 * 0,012 = 165\,789,92 \text{ грн.}$

б)  $P_{пс} = 14\,024\,408,51 * 0,012 = 168\,292,9 \text{ грн.}$

#### 8.3.1.12 Повна собівартість

$$C = C_{вр} + P_{пс}, \text{ грн.} \quad (8.15)$$

а)  $C = 13\,815\,827,31 + 165\,789,92 = 13\,981\,617,23 \text{ грн.}$

б)  $C = 14\,024\,408,51 + 168\,292,9 = 14\,192\,701,4 \text{ грн.}$

					<i>XI.A.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
						133
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		

### 8.3.1.13 Планові накопичення

$$П = C \times K_{пл}, \text{ грн.} \quad (8.16)$$

де  $K_{пл} = 0,25$  - коефіцієнт враховує планові накопичення.

а)  $П = 13\,981\,617,23 \times 0,25 = 3\,495\,404,31$  грн.

б)  $П = 14\,192\,701,4 \times 0,25 = 3\,548\,175,35$  грн.

### 8.3.1.14 Розрахунок оптової ціни апарату

$$Ц_{оп} = C + П, \text{ грн.} \quad (8.17)$$

а)  $Ц_{оп} = 13\,981\,617,23 + 3\,495\,404,31 = 17\,477\,021,54$  грн.

б)  $Ц_{оп} = 14\,192\,701,4 + 3\,548\,175,35 = 17\,740\,876,75$  грн.

### 8.3.1.15 Розрахунок ціни апарату з ПДВ

$$Ц = Ц_{оп} + 20\%Ц_{оп}, \text{ грн.} \quad (8.18)$$

а)  $Ц = 17\,477\,021,54 + (17\,477\,021,54 \times 0,2) = 20\,972\,425,85$  грн.

б)  $Ц = 17\,740\,876,75 + (17\,740\,876,75 \times 0,2) = 21\,289\,052,10$  грн.

## 8.3.2 Розрахунок окупності установки

### 8.3.2.1 Визначення капітальних витрат

До капітальних витрат відносяться:

- вартість апарату;
- витрати на будівельно-монтажні роботи (10...25% від вартості апарату);
- витрати на пуско-налагоджувальні роботи (10 ... 12% від ціни апарату);

$$З_{кат} = Ц + З_{б.мр} + З_{п.н}, \text{ грн.} \quad (8.19)$$

### 8.3.2.2 Витрати на будівельно-монтажні роботи

$$З_{б.мр} = Ц \times K_{б.мр}, \text{ грн.} \quad (8.20)$$

					<i>XI.A.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		134

де  $K_{\text{б.мр}}=0,25$  - коефіцієнт враховує витрати на будівельно-монтажні роботи.

$$\text{а) } Z_{\text{б.мр}} = 20\,972\,425,85 * 0,25 = 5\,243\,106,46 \text{ грн.}$$

$$\text{б) } Z_{\text{б.мр}} = 21\,289\,052,10 * 0,25 = 5\,322\,263 \text{ грн.}$$

#### 8.3.2.3 Витрати на пуско-налагоджувальні роботи

$$Z_{\text{п.н}} = Ц \times K_{\text{п.н}}, \text{ грн.} \quad (8.21)$$

де  $K_{\text{пн}}=0,12$  - коефіцієнт враховує витрати на пуско-налагоджувальні роботи.

$$\text{а) } Z_{\text{п.н}} = 20\,972\,425,85 * 0,12 = 2\,516\,691,10 \text{ грн.}$$

$$\text{б) } Z_{\text{п.н}} = 21\,289\,052,10 * 0,12 = 2\,554\,686,25 \text{ грн.}$$

Тоді капітальні витрати становитимуть:

$$\text{а) } Z_{\text{кап}} = 20\,972\,425,85 + 5\,243\,106,46 + 2\,516\,691,10 = 28\,732\,223,41 \text{ грн.}$$

$$\text{б) } Z_{\text{кап}} = 21\,289\,052,10 + 5\,322\,263 + 2\,554\,686,25 = 29\,166\,001,35 \text{ грн.}$$

#### 8.3.2.4 Визначення поточних витрат

*До поточних витрат відносяться експлуатаційні витрати установки на сировину, заробітну плату обслуговуючого персоналу, амортизація тощо.*

					<i>XI.A.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		135

### 8.3.2.4.1 Заробітна плата обслуговуючого персоналу

Найменування служб та посад	Категорія персоналу	Кількість одиниць	Заробітна плата в місяць, грн.	Заробітна плата в рік, грн.
<i>Установка стабілізації конденсату</i>				
Начальник УСК	ІТП	1	55 000	660 000
Змінний інженер	ІТП	2	35 000	840 000
Оператор пульта керування	Робочий	4	25 000	1 200 000
Оператортехн. установок	Робочий	4	20 000	960 000
Машиніст технологічних насосів	Робочий	2	18 000	432 000
Машиніст технологічних компресорів	Робочий	2	24 000	576 000
<b>Зк.о, грн./рік</b>				<b>4 668 000</b>

8.3.2.4.2 Додаткова заробітна плата обслуговуючого персоналу складає 17% від основної заробітної плати обслуговуючого персоналу та визначається за формулою (7.5):

$$Зк.доп=4\ 668\ 000*0,17=793\ 560\ \text{грн.}$$

### 8.3.2.4.3 Витрати на газ, для підігріву теплоносія на УКПГ(в рік)

$$Z_g = G_g \times C_g, \text{ грн.} \quad (8.23)$$

де  $G_g$  - кількість паливного газу, що використовується за рік експлуатації установки.

Витрата газу для проекту становить:

а)  $2305 \text{ н.м}^3/\text{год}$  (згідно з технологічним розрахунком)  $\times 24 \times 365 \times 0,95 = 19\ 182\ 210 \text{ м}^3/\text{рік}$ .

б)  $3563 \text{ н.м}^3/\text{год}$  (згідно з технологічним розрахунком)  $\times 24 \times 365 \times 0,95 = 29\ 651\ 286 \text{ м}^3/\text{рік}$ .

$C_g$  - вартість газу дорівнює  $25 \text{ грн./м}^3$ .

а)  $Z_g = 19\ 182\ 210 * 25 = 479\ 555\ 250 \text{ грн.}$

б)  $Z_g = 29\ 651\ 286 * 25 = 741\ 282\ 150 \text{ грн.}$

#### 8.3.2.4.4 Витрати електроенергії на УКПГ (в рік)

$$Z_{ел} = G_{ел} \times C_{ел}, \text{ грн.} \quad (8.24)$$

де  $G_{ел}$  – кількість електроенергії витраченої протягом року експлуатації установки, дорівнює:

а)  $670 \text{ кВт/год} \times 24 \times 365 \times 0,95 = 5\,575\,740 \text{ кВт/рік};$

б)  $930 \text{ кВт/год} \times 24 \times 365 \times 0,95 = 7\,739\,460 \text{ кВт/рік};$

$C_{ел}$  – вартість електроенергії, 7 грн./кВт.

а)  $Z_{ел} = 5\,575\,740 \times 7 = 39\,030\,180 \text{ грн.}$

б)  $Z_{ел} = 7\,739\,460 \times 7 = 54\,176\,220 \text{ грн.}$

#### 8.3.2.4.5 Амортизація

$$A = \frac{Z_{кап}}{T}, \text{ грн.} \quad (8.25)$$

де  $T = 25$  років - термін експлуатації установки.

а)  $A = 28\,732\,223,41 / 25 = 1\,149\,288,94 \text{ грн};$

б)  $A = 29\,166\,001,35 / 25 = 1\,166\,640,054 \text{ грн.}$

#### 8.3.2.4.6 Поточні витрати

$$Z_n = Z_{к.о} + Z_{к.дон} + Z_c + Z_{ел} + A, \text{ грн.} \quad (8.26)$$

а)  $Z_n = 4\,668\,000 + 793\,560 + 479\,555\,250 + 39\,030\,180 + 1\,149\,288,94 = 525\,196\,278,94 \text{ грн.}$

а)  $Z_n = 4\,668\,000 + 793\,560 + 741\,282\,150 + 54\,176\,220 + 1\,166\,640,054 = 802\,086\,570,05 \text{ грн.}$

#### 8.3.2.5 Наведені витрати

$$Z_{нав} = Z_{кап} + \sum \frac{Z_n}{(1+P)^T} + \sum \frac{Z_{к.р}}{(1+P)^T}, \text{ грн.} \quad (8.27)$$

де  $Z_{к.р.}$  - витрати на капітальний ремонт, приймаються 12% від ціни апарату, відповідно рівні

а)  $Z_{п.н.} = 2\,516\,691,10 \text{ грн.};$

б)  $Z_{п.н.} = 2\,554\,686,25 \text{ грн.};$

					<i>XI.A.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
						137
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		



$P = 0,5$  - ставка НБУ.

$$\begin{aligned} \text{а) } Z_{\text{нав}} &= 28\,732\,223,41 + \frac{525\,196\,278,94}{(1+0,5)^1} + \frac{525\,196\,278,94}{(1+0,5)^2} + \frac{525\,196\,278,94}{(1+0,5)^3} + \dots \\ &+ \frac{525\,196\,278,94}{(1+0,5)^{25}} + \frac{2\,516\,691,1}{(1+0,5)^1} + \frac{2\,516\,691,1}{(1+0,5)^2} + \frac{2\,516\,691,1}{(1+0,5)^3} + \dots \\ &+ \frac{2\,516\,691,1}{(1+0,5)^{25}} = 380\,540\,870,1 \text{ грн.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{б) } Z_{\text{нав}} &= 29\,166\,001,35 + \frac{802\,086\,570,05}{(1+0,5)^1} + \frac{802\,086\,570,05}{(1+0,5)^2} + \frac{802\,086\,570,05}{(1+0,5)^3} + \dots \\ &+ \frac{802\,086\,570,05}{(1+0,5)^{25}} + \frac{2\,554\,686,25}{(1+0,5)^1} + \frac{2\,554\,686,25}{(1+0,5)^2} + \frac{2\,554\,686,25}{(1+0,5)^3} + \dots \\ &+ \frac{2\,554\,686,25}{(1+0,5)^{25}} = 565\,593\,505,6 \text{ грн.} \end{aligned}$$

### 8.3.2.6 Розрахунок економічного ефекту

Економічний ефект дорівнює:

$$E = (565\,593\,505,6 - 380\,540\,870,1) / 25 = 185\,052\,635,4 / 25 = 7\,402\,105 \text{ грн.}$$

### 8.3.2.7 Розрахунок терміну окупності

Термін окупності капітальних витрат визначається

$$O = Z_{\text{кап}} / E, \text{ років}$$

$$O = 28\,732\,223,41 / 7\,402\,105 = 3,9 \text{ роки.}$$

Зведемо основні техніко-економічні показники за проектом у таблицю

8.1

					<i>XI.A.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		138

Таблиця 8.1 - Техніко-економічні показники установки очищення газу

№ п/п	Найменування показників, одиниці виміру	Розмірність	Показник	
			МЕА	МДЕА
1.	Продуктивність по газу	н.м <sup>3</sup> /год		
2.	Споживання паливного газу	н.м <sup>3</sup> /год	5763	2305
3.	Споживання електроенергії	кВт/год	930	670
4.	Оптова ціна апарату	грн.	17 740 876,75	17 477 021,54
5.	Капітальні витрати споживача, в тому числі:	грн.	<b>29 166 001,35</b>	<b>28 732 223,41</b>
	– вартість апарату;		21 289 052,1	20 972 425,85
	– витрати на будівельно-монтажні роботи;		5 332 263	5 243 106,46
	– витрати на пуско-налагоджувальні роботи.		2 554 686,25	2 516 691,10
6.	Питомі поточні витрати за рік, в тому числі:	грн./рік	<b>802 086 570,05</b>	<b>525 196 278,94</b>
	– зарплата обслуговуючого персоналу;		4 668 000,00	4 668 000,00
	– додаткова зарплата обслуговуючого персоналу;		793 560,00	793 560,00
	– витрати на газ, для підігріву теплоносія;		741 282 150,00	479 555 250,00
	– витрати на електроенергію;		54 176 220,00	39 030 180,00
	– амортизація.		1 166 640,05	1 149 288,94
7.	Наведені витрати	грн.	<b>565 593 505,6</b>	<b>380 540 870,1</b>
8.	Економічний ефект		<b>7 402 105</b>	
9.	Окупність капітальних витрат	роки	<b>3,9</b>	

В даній роботі були виконані розрахунки собівартості та ціни обладнання, а саме абсорбера для очищення природного газу. Також були визначені капітальні витрати на будівництво. На базі цих розрахунків ми змогли умовно вирахувати «наведені витрати» за 25 років експлуатації УОГ.

Також ми провели розрахунок прибутку від продажу продукції, яку отримали на УОГ. Після цього ми вираховували умовний термін окупності капітальних витрат, який склав **3,9 роки**.

На основі отриманих даних моделювання і властивостей МЕА та МДЕА, а також з економічного погляду найдоцільніше використовувати для процесу сіркоочищення природного газу 40 % ний розчин МДЕА.

## Висновок

Розглянута в данній роботі технологія Установки очищення газу (УОГ) має практичне застосування для газоконденсатного родовища Мингбулак в Республіці Узбекистан. УОГ є однією з багатьох об'єктів Установки комплексної підготовки газу, яка призначена для підготовки 1,5 млн.м<sup>3</sup>/сут природного газу, а саме очистки його від сірководню та діоксиду вуглецю та підготовці точці роси природного газу во вугливодням та воді.

В данній роботі виконаний практичний розрахунок абсорбера, який призначений для вилучення сірководню та діоксиду вуглецю за допомогою розчину МДЕА.

Виконаний техніко-економічний аналіз з метою дослідження процесу очищення газу від кислих компонентів з використанням методів амінового очищення, а також чинників, що впливають на його ефективність, погіршення яких може призвести до експлуатаційних проблем, що потребують негайного вирішення.

Виконані розрахунки на міцність обладнання з підтвердженням працездатності його під тиском в робочих умовах при вказаних конструктивних параметрах та матеріальному виконанні.

При виконанні роботи були задіяні програмні комплекси:

- Aspen Hysys для розрахунку матеріально-теплого балансу технологічної схеми УОГ, а також для розрахунку балансу абсорбера та конструктивних параметрів;

Описана система автоматичного керування технологічним процесом УОГ в цілому, система вищого рівня автоматизації та контролю.

Згідно з нормативами було виконано та описано компоувальні рішення основного та допоміжного обладнання. Також розглянуто монтаж та ремонт обладнання.

Виконані розрахунки собівартості та ціни обладнання, а саме абсорбера. Також були визначені капітальні витрати на будівництво та введення в експлуатацію. На базі цих розрахунків ми змогли умовно вирахувати «наведені

									Лист
									140
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	XI.A.00.00.00 ПЗ				

витрати» за 20 років експлуатації УОГ та отримали економічний ефект за рахунок зміни розчину МДЕА на МЕА, що дозволило зменшити массогабаритні розміри абсорбера, а також зменшити експлуатаційні витрати.

					<i>XI.A.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпись</i>	<i>Дата</i>		141

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Голуб'ятніков В.А., Шувалов В.В. Автоматизація виробничих процесів у хімічній промисловості: Навч. Для технікумів. - 2-ге вид., перераб. та дод. - М.: Хімія, 1985.-352 с.
2. ГОСТ 12.2.003-91 «Устаткування виробниче. Загальні вимоги безпеки».
3. ГОСТ 12.2.061-81 «Устаткування виробниче. Загальні вимоги до робочих місць».
4. . Промислові прилади та засоби автоматизації: Довідник / В. Я. Баранов та ін. За редакцією В. В. Черенкова. - Л.: Машинобудування, 1987. - 847 с.
5. Т.А. Семенова, І.А. Лейтес "Очищення технологічних газів". Москва.: "Хімія", 177р., 448стор.
6. . Д.М. Кемпбел "Очищення та переробка природних газів". Москва.: "Надра", 1977р., 349стор.
7. ГОСТ 12.1.005-88 "Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони".
8. ГОСТ 12.1.00-76 «Шкідливі речовини. Класифікація та загальні вимоги безпеки».
9. ГОСТ 12.1.010-76 «Вибухобезпека. Загальні вимоги».
10. ГОСТ 12.2.085-82 «Судини, які працюють під тиском. Клапани запобіжні. Вимоги безпеки».
11. ГОСТ 12.4.160-90 «Засоби індивідуального захисту органів дихання, що фільтрують».
12. Фарамазов С.А. «Ремонт та монтаж обладнання хімічних та нафтопереробних заводів».
13. Економіка підприємства: Підручник / За заг. ред. д.е.н., проф. Л.Г. Мельника. – Суми: ВТД „Університетська книга”, 2004. – 648 с.
14. ГОСТ 12.0.003-74 «Небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Класифікація».

										Лист
										142
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ХІ.А.00.00.00 ПЗ					

