

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій та робототехніки
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра галузевого машинобудування та мехатроніки
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

Магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: Дослідження робочих процесів
розчинонасоса з важільним приводом

Виконав: здобувач VI курсу першого
(бакалаврського) рівня, групи 602-ММВ,
спеціальності

133 – Галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

Братешко В.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник Васильєв О.С.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Кириченко В.А.

(прізвище та ініціали)

Полтава – 2024 року

**Дослідження робочих процесів
розчинонасоса з важільним приводом**

Кваліфікаційна робота магістра

Лист затвердження

ГММ.602-ММв.023-00.00.000 КРМ - ЛУ

Розробив здобувач групи 602-ММв

 Віталій БРАТЕШКО
« 24 » 08 2024 р.

Керівник
к.т.н., доц.

 Олексій ВАСИЛЬЄВ
« 24 » 08 2024 р.

Технологічний контроль

к.т.н., доц.

 Олексій ВАСИЛЬЄВ
« 24 » 08 2024 р.

Нормативний контроль

к.т.н., доц.

 Олексій ВАСИЛЬЄВ
« 24 » 08 2024 р.

Гарант освітньо-професійної програми

к.т.н., доц.

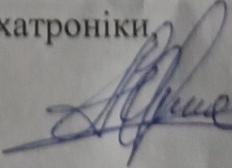
 Микола НЕСТЕРЕНКО
« 24 » 08 2024 р.

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

галузевого машинобудування та мехатроніки

к.т.н., доц.

 Олександр ОРИСЕНКО

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет, відділення Навчально-науковий інститут інформаційних
технологій та робототехніки

Кафедра, циклова комісія галузевого машинобудування та мехатроніки

Рівень вищої освіти Магістр

Напрямок підготовки _____

(шифр і назва)

Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри галузевого
машинобудування та мехатроніки, к.т.н.,
доцент

Олександр ОРИСЕНКО
«20» _____ 2024 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Братешку Віталію Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи бакалавра: Дослідження робочих процесів
розчинонасоса з важільним приводом

керівник роботи (проекту) Васильєв Олексій Сергійович, к. т.н., доцент,

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від «18» березня 2024 року
№ 309 ф,а.

2. Строк подання здобувачем кваліфікаційної роботи: «20» серпня 2024 року.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: Відкриті джерела на подібну техніку.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
розробити): Зміст. Вступ. 1. Аналіз сучасного стану питання. 2. Науковий розділ.

3. Проектний розділ. Висновки. Список літератури.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) _____

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи бакалавра

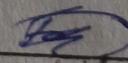
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання «18» березня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

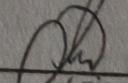
№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи (проєкту)
1	Аналіз діючого устаткування для транспортування розчинних будівельних сумішей.	20.05.2024 р.
2	Виведення теоретичних залежностей для визначення кінематичних та силових характеристик розчинонасоса з важільним приводом	22.06.2024 р.
3	Експериментальні дослідження роботи розчинонасоса з важільним приводом	20.07.2024 р.
4	Особливості конструкції розчинонасоса з важільним приводом та галузь його застосування	05.08.2024 р.
5	Оформлення роботи	15.08.2024 р.
6	Здача готової роботи	20.08.2024 р.

Здобувач вищої освіти


(підпис)

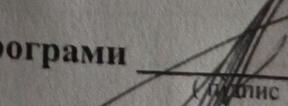
Віталій БРАТЕШКО
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Олексій ВАСИЛЬЄВ
(прізвище та ініціали)

Гарант освітньої програми


(підпис)

Микола НЕСТЕРЕНКО
(прізвище та ініціали)

Анотація

В.М. Братешко. Дослідження робочих процесів розчинонасоса з важільним приводом. – Рукопис.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр» зі спеціальності 133 “Галузеве машинобудування”, – Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава, 2024.

Кваліфікаційна робота магістра присвячена питанням покращення характеристик засобів транспортування розчинних будівельних сумішей. Дане обладнання забезпечує необхідні технічні характеристики для проведення оздоблювальних будівельних робіт.

Проведено аналіз діючого обладнання для транспортування будівельних сумішей, виконання робіт із застосуванням розчинних будівельних сумішей. Запропоновано розчинонасос, особливу увагу приділивши проектуванню привода робочих органів.

Проведено теоретичні дослідження, зокрема вивести механізм для проведення розрахунків кінематичних та силових характеристик важільного привода. Отримано залежності кінематичних характеристик привода, які дозволяють використовувати їх в подальших дослідженнях розчинонасоса. Силові дослідження важільного привода дозволяє оцінити зусилля в кінематичних парах та, як наслідок розрахувати деталі на міцність.

Проведено експериментальні дослідження розчинонасоса з важільним приводом. Отримано підтвердження характеристик розчинонасоса. Запропоновано проектні рішення для розчинонасосів даного типу.

Ключові слова: розчинонасос, продуктивність, важільний привод, розчинна будівельна суміш, об’ємний ККД.

				ГММ.602-ММв.023-00.00.000 А			
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	Анотація		
Розроб.	Братешко		<i>[підпис]</i>	04.08			
Перев.	Васильєв		<i>[підпис]</i>	04.08	Літ.	Лист	Листів
Н. контр.	Васильєв		<i>[підпис]</i>	24.08	Н	1	2
Зате.	Орисенко		<i>[підпис]</i>	24.08	Національний університет імені Юрія Кондратюка, ННІТР, 2024 р.		

Abstract

V.M. Brateshko. Study of working processes of a slurry pump with a lever drive. - Manuscript.

Qualification work for obtaining the educational and qualification level "master" in specialty 133 "Industrial mechanical engineering", National University "Poltava Polytechnic named after Yury Kondratyuk", Poltava, 2024.

The master's qualification work is devoted to the issue of improving the characteristics of means of transportation of soluble construction mixtures. This equipment provides the necessary technical characteristics for finishing construction works.

An analysis of the existing equipment for transporting construction mixtures, performance of works using soluble construction mixtures was carried out. A solution pump is proposed, paying special attention to the design of the drive of working bodies.

Theoretical studies were carried out, in particular, to derive a mechanism for calculating the kinematic and power characteristics of the lever drive. The dependences of the kinematic characteristics of the drive were obtained, which allow us to use them in further studies of the solution pump. Strength study of the lever drive allows you to estimate the effort in kinematic pairs and, as a result, calculate the strength of the parts.

Experimental studies of a slurry pump with a lever drive were carried out. The characteristics of the solution pump have been confirmed. Design solutions for slurry pumps of this type are proposed.

Key words: mortar pump, performance, lever drive, soluble construction mixture, volumetric efficiency.

					ГММ.602-ММв.023-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		2

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Кафедра галузевого машинобудування та мехатроніки

Дослідження робочих процесів
розчинонасоса з важільним приводом

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи магістра

ГММ.602-ММв.023–00.00.000ПЗ

Полтава – 2024 року

ЗМІСТ

Вступ	4
1 Аналіз сучасного стану питання	7
1.1 Принцип роботи об'ємних насосів	7
1.2 Властивості розчинів, які визначають умови роботи насосів, та методи їх кількісної оцінки.....	8
1.3 Основні конструкції насосів	13
1.4 Постановка мети і задач проектування	24
2 Науковий розділ	25
2.1 Моделювання роботи привода диференціального розчинонасоса з проточним плунжером	25
2.1.1 Вимоги які висуваються до сучасних розчинонасосів	25
2.1.2 Матеріал та результати досліджень.....	27
2.3 Методика силового дослідження важільного механізму диференціального розчинонасоса з проточним плунжером, без урахування сил тертя.....	32
2.4 Визначення об'ємного ККД диференціального розчинонасоса із вертикальним проточним плунжером.....	38
2.4.1 Описання експериментальної установки.....	38
2.4.2 Методика проведення експерименту.....	40
2.4.2.1 Підготовка розчинів	40
2.4.2.2 Визначення об'ємного ККД диференціального розчинонасоса із вертикальним проточним плунжером.....	41
2.4.2.1 Підготовка розчинів	40
2.4.2.1 Підготовка розчинів	40
3 Проектний розділ.....	45

ГММ.602-ММв.023-00.00.000 ПЗ								
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	ЗМІСТ	Літ.	Лист	Листів
Розроб.		Братешко		21.08		Н	2	
Перев.		Васильєв		24.08				
Н. контр.		Васильєв		24.08		Національний університет імені Юрія Кондратюка, ННІІТР, 2024 р.		
Затв.		Орисенко		24.08				

3.1 Проектування розчинонасоса.....	45
3.2 Розрахунок основних параметрів.....	47
Висновки.....	50
Список літератури	51
Презентаційні матеріали	54

Вступ

У будівельному технологічному циклі опоряджувальні роботи відзначаються складністю і трудомісткістю. Їхня частка у загальних трудових затратах становить 25 – 30%, а в загальній вартості будівництва – 15 – 18%.

В останні роки намітилася тенденція застосування окрім традиційної технології так званого "мокрого" процесу нанесення будівельних розчинів на стіни сухих методів оздоблення приміщень з використанням листових, рулонних, плитних синтетичних матеріалів. Але традиційна технологія, завдяки розвинутій інфраструктурі підприємств виготовлення будівельних розчинів та порівняно невисокій вартості матеріалів, домінує на об'єктах промислового та житлового будівництва при оздобленні стін, ущільненні стиків конструкцій, улаштуванні підлог, утворенні гідроізоляції. Застосування традиційних технологій, на відміну від використання синтетичних матеріалів, не погіршує вогнестійкості споруди і забезпечує достатню теплоізоляцію при менших витратах. Нові перспективи розвитку технології "мокрих" процесів відкриває приготування оздоблювальних сумішей безпосередньо на будівельному майданчику із сухих, заздалегідь віддозованих компонентів. Це дає можливість найбільш ефективно використовувати властивості суміші як будівельного матеріалу, уникнути передчасного твердіння і розшаровування, що має місце в окремих випадках при використанні готового товарного розчину. Відтак лишаються актуальними розроблення та впровадження прогресивних методів організації виробництва опоряджувальних робіт, використання ефективних машин – штукатурних станцій, штукатурно-змішувальних агрегатів та розчинонасосів.

У сучасному будівництві підвищення продуктивності та якості, зниження

				ГММ.602-ММв.023-00.00.000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лім.	Лист	Листів
Розроб.		Братешко	<i>[підпис]</i>	24.08	Н	4	2
Перев.		Васильєв	<i>[підпис]</i>	24.08			
Н. контр.		Васильєв	<i>[підпис]</i>	24.08	Вступ Національний університет імені Юрія Кондратюка, ННІТР, 2024 р.		
Затв.		Орисенко	<i>[підпис]</i>	24.08			

трудомісткості і частки ручної праці при виконанні опоряджувальних робіт досягається завдяки новим технологічним процесам – комплексно-механізованим та автоматизованим. Такими є прогресивні „сухі” індустриальні способи виконання опоряджувальних робіт замість традиційних трудомістких і дорогих „мокрих” методів, коли застосовують готові елементи заводського виготовлення для опоряджування стін, стель тощо.

Проведення робіт за традиційною технологією потребує значної кількості вапняних та цементно-піщаних будівельних розчинів різного складу і рухомості. Підвищення ефективності опоряджувальних робіт пов'язано з проведенням їх комплексної механізації. Найбільш енергоємною часткою оздоблюваних робіт, пов'язаних із використанням будівельних розчинів, є їх перекачування трубопроводами за допомогою розчинонасосів. Тому удосконалення цих машин значною мірою визначає підвищення ефективності робіт в цілому.

Транспортування будівельних розчинів трубопроводами викликає цілу низку технічних проблем, пов'язаних з особливостями перекачуваного середовища.

У розвиток теорії та практики подачі розчинів трубопроводами вагомий внесок зробили колективи науково-дослідних, проектно-конструкторських та учбових інститутів: КНТУБА, ПДАБА, ХДТУБА, МІБІ ім. В.В. Куйбишева, ПДТУ ім. Ю. Кондратюка, ВНДІ "Стройдормаш" (м. Москва), НДІ "Мосстрой" (м. Москва). Значний досвід з розробки методологічних підходів щодо вивчення властивостей будівельних розчинів, створення ефективних технологічних схем та конструкцій засобів транспортування накопичений і детально висвітлений у працях відомих вчених та інженерів: С.М. Алексеєва, Н.І. Алешина, С.С. Атаєва, В.М. Владімірова, Д.П. Волкова, М.П. Волоровича, Є.Я. Доронькіна, та ін.

Комплекс аналогічних проблем, пов'язаних із перекачуванням тампонажних розчинів при видобуванні нафти і газу, транспортуванні трубопроводами битумних і водовугільних сумішей, розглянуті при розробці рекомендацій щодо конструювання відповідної техніки – бурових та шахтних

насосів. Тому заслуговує уваги досвід передових науковців цієї галузі
С. А. Абдурашитова, Т. М. Башти, М. А. Караєва, А. С. Ніколіча,
В. Я. Скрицького, В. Д. Шевцова.

					ГММ.602-ММв.023-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		6

1 Аналіз сучасного стану питання

1.1 Принцип роботи об'ємних насосів

Найбільш широко для перекачування розчинів трубопроводами використовуються розчинонасоси об'ємної дії. Принцип роботи об'ємних насосів полягає у періодичному витискуванні в нагнітальний трубопровід об'єму рідини із замкненої порожнини насоса. За видом робочого органа і руху, який він виконує, об'ємні насоси розділяють на поршневі і ротаційні. У поршневих розчинонасосів (рис. 1.1, а) перекачування рідини відбувається під дією поршня, плунжера, мембрани під час зміни об'єму робочої камери, який обмежується клапанами кульового або тарілчастого типу. При збільшенні об'єму робочої камери тиск у ній зменшується нижче від рівня атмосферного, і рідина через всмоктувальний клапан, який відкривається, заповнює робочу камеру. Енергія потоку витрачається на подолання інерційного і гідравлічного опору у всмоктувальній системі. При зворотному русі поршень створює у камері надмірний тиск, під дією якого всмоктувальний клапан закривається і рідина витискується через нагнітальний клапан у трубопровід. Опускання клапанів починається в момент, коли дія потоку з отвору сідла на кульку внаслідок зменшення швидкості зменшується до рівня власної ваги цієї кульки [5, 8, 9]. Остаточне закриття клапана відбувається під дією зворотного потоку розчину. При цьому частина корисного об'єму перекачуваного середовища втрачається у вигляді витoku через клапанну щілину. Примусове керування роботою клапанів [18] не знайшло широкого розповсюдження, оскільки воно призводить до ускладнення конструкції розчинона-

					ГММ.602-ММв.023-00.00.000 ПЗ					
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	Аналіз сучасного стану питання			Лім.	Лист	Листів
Розроб.	Братешко		<i>[Signature]</i>	24.08				Н		7
Перев.	Васильєв		<i>[Signature]</i>	24.08						
Н. контр.	Васильєв		<i>[Signature]</i>	24.08						
Затв.	Орисенко		<i>[Signature]</i>	24.08						
								Національний університет імені Юрія Кондратюка, ННІТР, 2024 р.		

пруження зсуву. При зниженні рухомості розчину до технологічно необхідної (ОК 10...8 см [57]) ці показники набувають значень, при яких просування потоку розчину трубопроводом викликає досить значний опір. За таких умов утруднений процес наповнення розчином робочої камери під дією зниження тиску від рівня 0,1 МПа. Також погіршуються умови роботи клапанів, що призводить до запізнєння їх закриття та в окремих випадках до "зависання" у відкритому стані і суттєвому зниженні об'ємного ККД насоса.

В процесі приготування будівельного розчину до нього потрапляє повітря. У зв'язку з цим вміст повітря у вапняних розчинах може сягати до 5% по об'єму [24], а в цементних – до 7%. Залежно від розмірів пухирців, а також консистенції розчину утворена газорідинна суміш здатна утримувати повітря протягом тривалого часу. При зниженні зовнішнього тиску повітря розширюється за законом Бойля-Маріотта. Цей факт ускладнює всмоктування розчину в робочу камеру насоса і погіршує її наповнення, оскільки об'єм, який займає у камері розширене повітря, не може бути заповнений розчином. У результаті зменшуються дійсний робочий об'єм насоса і його фактична подача. До того ж, повітря може потрапляти в робочу камеру в період всмоктування через нещільності з'єднань всмоктувальної системи насоса. При перекачуванні в'язких рідин і розчинів необхідно створювати значне розрідження в робочому циліндрі при всмоктуванні для подолання опору трубопроводу, що, у свою чергу, приводить до більшого розширення об'єму повітря розчину і спричиняє неповне заповнення робочої камери розчином.

Наявність у розчині повітря зумовлює його пружність, яка разом із реологічними властивостями додатково впливає на характер взаємодії потоку з елементами гідравлічної частини насоса – поршнем і клапанами [4, 13].

Розроблені рекомендації щодо урахування вмісту газової складової у будівельному розчині [15, 16] обмежуються необхідністю визначення величини газоутримання у розчинах. Актуальність питання щодо визначення впливу вільного і розчиненого повітря (газу) у перекачуваному середовищі на коефіцієнт наповнення об'ємних насосів розглядається в роботах [4, 5, 8]. Відсутність експериментальних даних стосовно вмісту повітря у розчині не дозволяє кількісно оціню-

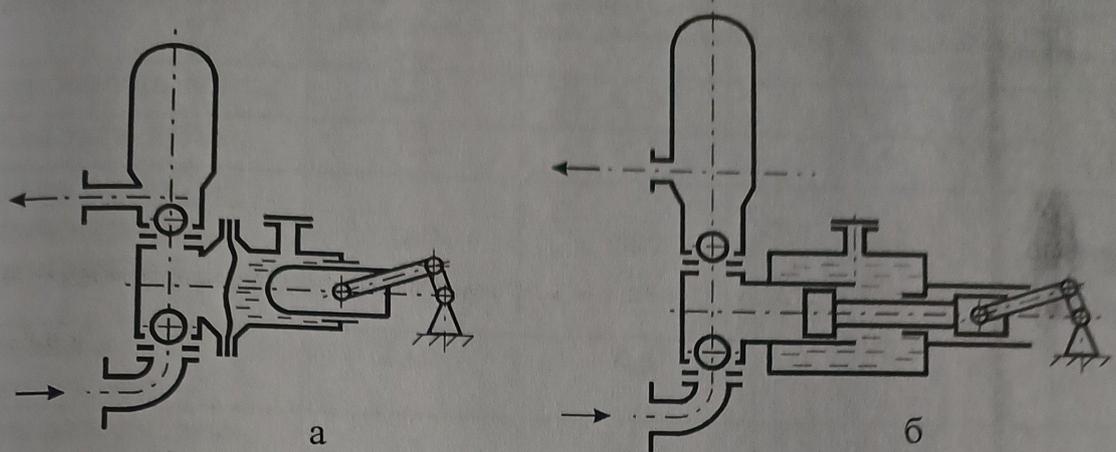
Таблиці 1.1 – Властивості будівельних розчинів, які визначають умови роботи розчинонасосів

Різновиди властивостей	Параметри	Прояв при перекачуванні насосом
<u>Реологічні властивості.</u> Структурний характер реології середовища	Густина, структурна в'язкість, граничне напруження зсуву	Опір просуванню, погіршення ритмічності роботи клапанів і їх "зависання"
<u>Пружні властивості.</u> Вміст повітря.	Коефіцієнт розчинення, об'єм розчиненого повітря	Розширення і стиснення розчину під впливом зовнішнього тиску, недозаповнення робочої камери при всмоктуванні
<u>Седиментація розчину.</u> Агрегація твердої фази	Фракційний склад розчину, час осідання твердої фази, показник розшаровуваності і водовідділення	Розшаровування, утворення відкладень, піщаних "пробок".
Абразивна і корозійна активність	Твердість частинок заповнювача, фракційний склад, водневий показник розчину.	Абразивне зношування і корозія деталей гідравлічної частини розчинонасоса

У зв'язку з цим при розробці нових зразків розчинонасосів актуальним і необхідним є аналіз методів кількісного оцінювання властивостей розчинів з метою розкриття механізмів прояву цих властивостей при перекачуванні розчинонасосом.

Реологічні характеристики розчинів визначають за допомогою в'язкометрів ротаційної дії [1, 2, 15]. Принцип дії цих приладів заснований на вивченні відносного обертального руху циліндрів, між якими знаходиться досліджуване середовище. Використання цього методу для будівельних розчинів обмежене шириною щілини між циліндрами і дієве лише при дуже рухомих розчинах. Величина структурної в'язкості і напруження зсуву залежать головним чином від швидкості потоку (інтенсивності руйнування структури). Наведені в різних джерелах дані щодо значення вказаних реологічних параметрів мають досить

сосам подібної конструкції протриматися на ринку будівельної техніки до нинішнього часу.



а – діафрагмовий, б – поршневий із безпосереднім впливом на перекачувань середовище

Рисунок 1.3 – Розчинонасоси одинарної дії

Зараз, за даними електронних каталогів, будівельникам пропонуються діафрагменні одноциліндрові насоси СО-48М, СО-49М, СО-50М та двохциліндровий насос СО-180. Технічна характеристика цих машин наведена у таблиці 1.2.

У цій таблиці описанні властиві розчинонасосам загальні недоліки, що спричинили скорочення їх виробництва, зокрема: підвищена пульсація потоку розчину, нездатність перекачування малорухомих розчинів через низьку всмоктувальну здатність, спричинену значним "шкідливим" об'ємом робочої камери, частий вихід із ладу діафрагми. Крім того, необхідність контролювання кількості води у водяній камері в зимовий час, злив її по закінченні і заливання перед початком роботи. Найбільш серйозний недолік – пульсація подачі, що спричинює втрати потужності і тиску, а також збільшення втрат розчину при нанесенні його з форсунки.

Таблиця 1.2 – Технічна характеристика діафрагмових розчинонасосів

Модель	СО-48М	СО-49М	СО-50М	СО-120
Тип розчинонасоса	діафрагмовий одноциліндровий	діафрагмовий одноциліндровий	діафрагмовий одноциліндровий	діафрагмовий двоциліндровий
Продуктивність, м ³ /год	2,25	4,25	6,0	2,5
Робочий тиск, МПа	1,5	1,5	1,5	1,5
Дальність подачі, м: – по горизонталі – по вертикалі	100 30	100 30	200 40	100 30
Встановлена потужність, кВт	2,05	4,5	7,5	3,0
Питома матеріалоем- ність, кг·год./м ³	–	63,5	66,7	–
Питома енергоемність, кВт·год./м ³	–	1,125	1,167	–
Габаритні розміри, мм	1190×500×1030	1190×500×1030	1020×890×720	1230×580×920
Маса (без комплектів), кг, не більше	190	200	400	200

Описаним вище розчинонасосам властиві загальні недоліки, що спричинили скорочення їх виробництва, зокрема: підвищена пульсація потоку розчину, нездатність перекачування малорухомих розчинів через низьку всмоктувальну здатність, спричинену значним "шкідливим" об'ємом робочої камери, частий вихід із ладу діафрагми. Крім того, необхідність контролювання кількості води у водяній камері в зимовий час, злив її по закінченні і заливання перед початком роботи. Найбільш серйозний недолік – пульсація подачі, що спричинює втрати потужності і тиску, а також збільшення втрат розчину при нанесенні його з форсунки. Енергетичні втрати при застосуванні діафрагмових насосів складають приблизно 33%.

Розвиток технології виготовлення абразивостійких матеріалів з використанням хіміко-термічних методів поверхневого зміцнення гільз, застосування зносостійких сполук гумових сумішей та нових технологічних регламентів виготовлення робочих органів, ущільнень і клапанів, промивання штокової порожнини дозволив забезпечити тривалий ресурс роботи циліндро-поршневої групи та

інших деталей гідравлічної частини розчинонасосів при безпосередньому контакті тертьових деталей з розчином.

Принцип безпосереднього впливу поршня розчинонасоса на перекачуване середовище дозволив зменшити "шкідливий" об'єм усмоктувальної камери, забезпечити незалежність подачі від тиску нагнітання і дав можливість перекачувати розчини низької рухомості – до 7 см ОК.

З метою поліпшення умов роботи деталей ущільнень робочого органа розчинонасосів цього типу застосовується видалення абразивних часток промивочною рідиною у штоковій порожнині [14]. Загальна конструктивна схема одноциліндрових розчинонасосів з безпосереднім впливом на перекачуване середовище наведені на рис. 1.4, б, а технічна характеристика провідних моделей – у табл. 1.3.

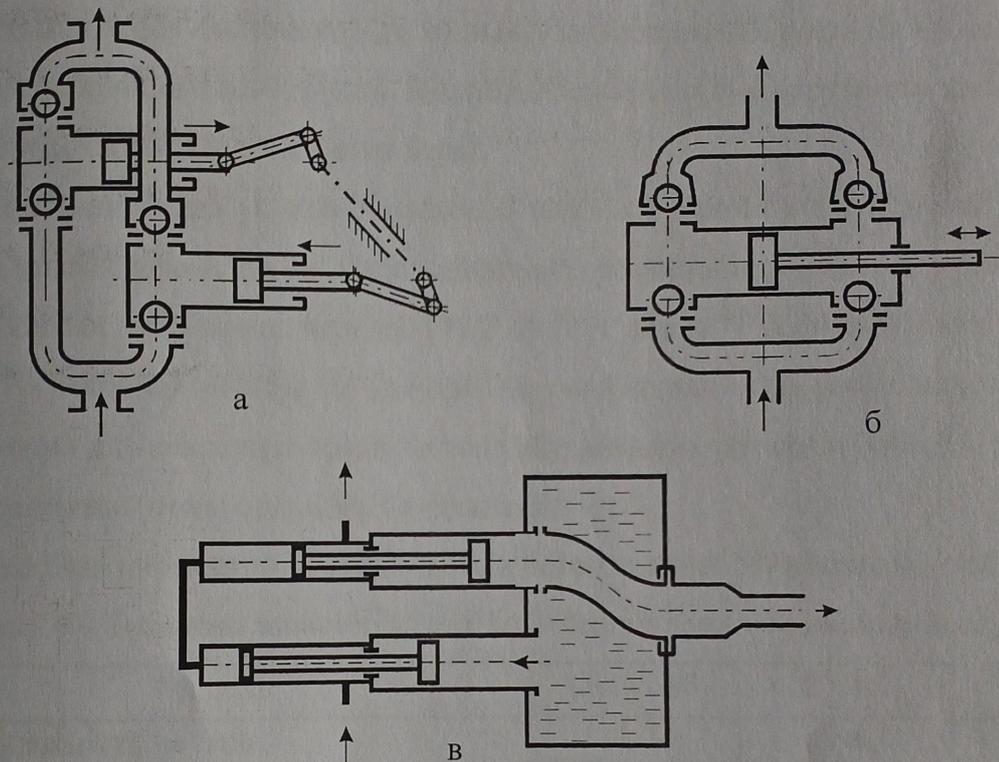
Таблиця 1.3 – Технічна характеристика однопоршневих розчинонасосів безпосередньої дії на перекачуване середовище

Модель	СО-167	СО-168	РК (Putzmister)	РТ-30 (ZREMB)	UNI-30 (Turbosol)
Продуктивність, м ³ /год	2; 4	3; 6	0,6-3,6	1-3	2-3,5
Робочий тиск, МПа	3,5	3,5; 1,75	2; 3	5,0	–
Дальність подачі, м:					
– по горизонталі	200	330; 215	150	350	150-200
– по вертикалі	60	80; 45	50	100	30-50
Встановлена потужність, кВт	7,5	7,5	5,5	10	7,5
Питома матеріалоем- ність, кг·год./м ³	–	166,6; 83,3	650-108,3	875-291	435-255
Питома енергоємність, кВт·год./м ³	3,83; 1,86	2,5; 1,25	9,33-1,52	2,66-3,33	3,75- 2,94
Габаритні розміри, мм	1635×745× 1400	1540×640× 1250	1960×1350× 1400	2500×1625× 1700	2120×1480 ×1550
Маса, кг	375	500	390	875*	870*

* Маса вказана з урахуванням колісної рами і бункера-змішувача

Ефективним кроком на шляху подолання негативного прояву пульсації при використанні поршневих розчинонасосів було забезпечення двократного режиму їх

дії протягом робочого циклу. За таким принципом за половину циклу одночасно відбувається всмоктування і нагнітання розчину, тобто подача розчину відбувається майже безперервно. Для цього розчинонасос повинен мати дві робочі і клапанні камери (рис. 1.4, а): під час, коли в одній відбувається всмоктування, в другій – нагнітання. Із машин подібних конструкцій варто виділити модель GUNI 48 фірми Turbosol продуктивністю від 2 до 7 м³/ч, призначену для перекачування і нанесення розчинів і бетонів методом торкретування.



а – GUNI 48 (Turbosol); б – РТ-60 (ZREMB); в – KSP-5 (Schwing Gmb)

Рисунок 1.4 – Конструктивні схеми розчинонасосів двократної дії

Штукатурний агрегат РТ-60 польського об'єднання ZREMB призначений для подачі вапняних і цементних розчинів. Розчинонасос у складі РТ-60 (рис. 1.4, б) усмоктує розчин із резервуара і перекачує його до нагнітальної магістралі. Насосний вузол складається з двох камер і поршня двосторонньої дії. Рух поршня здійснюється від електродвигуна за допомогою пасової та зубчастої передач, а також кулачкової системи. Збільшення кількості робочих циліндрів дало можливість зменшити частоту подвійних ходів робочих органів та клапанів, що позитивно впли-

ває на уповільнення зношування тертьових деталей циліндро-поршневої групи.

Незважаючи на певний ефект, що забезпечується подвійною дією насоса, повністю усунути пульсацію, спричинену нерівномірністю руху поршня під дією кривошипно-шатунного механізму, неможливо. Для усунення цього недоліку вдавалися до використання у складі розчинонасоса повітряних компенсаторів та компресорів (GUNI 48). Також пропонувалися багатоциліндрові насоси, які дозволили вирівняти подачу шляхом синхронізації роботи циліндрів. Збільшення кількості циліндрів призводило до збільшення габаритних розмірів і маси агрегата, ускладнення його конструкції. Багатоклапанна система керування збільшувала величину об'ємних і гідравлічних втрат.

Ефективним для усунення пульсації також виявилось використання гідравлічного і кулачкового привода двохциліндрових розчино-бетононасосів, реалізоване конструкціями зарубіжних моделей [7]. З 1969 р. фірма "Friedrich Wilhelm Schwing Gmb" (Німеччина) виготовляє двохциліндровий поршневий насос моделі KSP-5, призначений для транспортування бетонів і будівельних розчинів (рис. 1.4, в). Насос має гідравлічний привід поршнів і керування.

Технічні параметри розчинонасосів багатократної дії наведені у табл. 1.4.

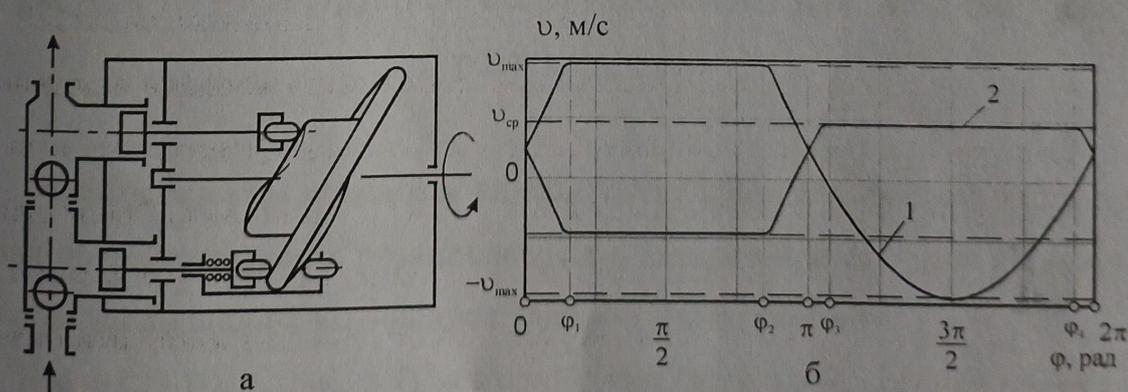
Таблиця 1.4 – Технічна характеристика багатоциліндрових розчинонасосів

Модель	GUNI 48	PT-60	KSP-5
Продуктивність, м ³ /год	2-7	4,5-6,0	0-6
Робочий тиск, МПа	3,5	3,0	10,0
Дальність подачі, м:			
– по горизонталі,	300	250	2500
– по вертикалі,	100	60	–
Встановлена потужність, кВт	9,0	8,8	13,2
Питома матеріалоемність, кг·год./м ³	–	158,9	–
Питома енергоемність, кВт·год./м ³	4,5	1,95	2,2
Габаритні розміри, мм	–	2650×2170×16 95	1635×745×140 0
Маса (без комплектів), кг	–	715	–

У 1965 році фірма Putzmeister Gmb розробила конструкцію розчинонасосів серії КА продуктивністю до $7,4 \text{ м}^3/\text{год}$ для проведення робіт у висотних будинках. Насоси цієї серії є поршневыми диференціальними насосами подвійної дії і забезпечують безпульсаційну подачу розчину при тиску нагнітання до 4-6 МПа. Привід насосів здійснюється від електричного або дизельного двигуна.

Під час нагнітального ходу головного поршня розчин з робочої камери подається в зрівняльну камеру, частина якого надходить в лінію розчину, а інша частина займає об'єм, звільнений зрівняльним поршнем. Під час всмоктувального ходу основного поршня коригувальний поршень виштовхує розчин з коригувальної камери в лінію розчину. Таким чином, насос подає однакову кількість розчину в обох напівциклах без використання повітряного компенсатора. Для усунення пульсацій потоку під час напівциклу поршень приводиться в рух з необхідною швидкістю за допомогою спеціально розробленого кулачка.

Частково зазначені вище недоліки двохциліндрових диференціальних розчинонасосів вдалося усунути в розчинонасосі СО-138 [11], серійне виробництво якого протягом тривалого часу здійснювалося на Київському заводі "Енергомеханізація" (див. табл. 1.5). Робочий і компенсаційний циліндри цього насоса розташовані у вертикальній площині (рис. 1.5, а). Це дало можливість значно зменшити довжину внутрішніх порожнин насосного вузла, які з'єднують циліндри. Проте повністю уникнути поворотів потоку розчину не вдалося.

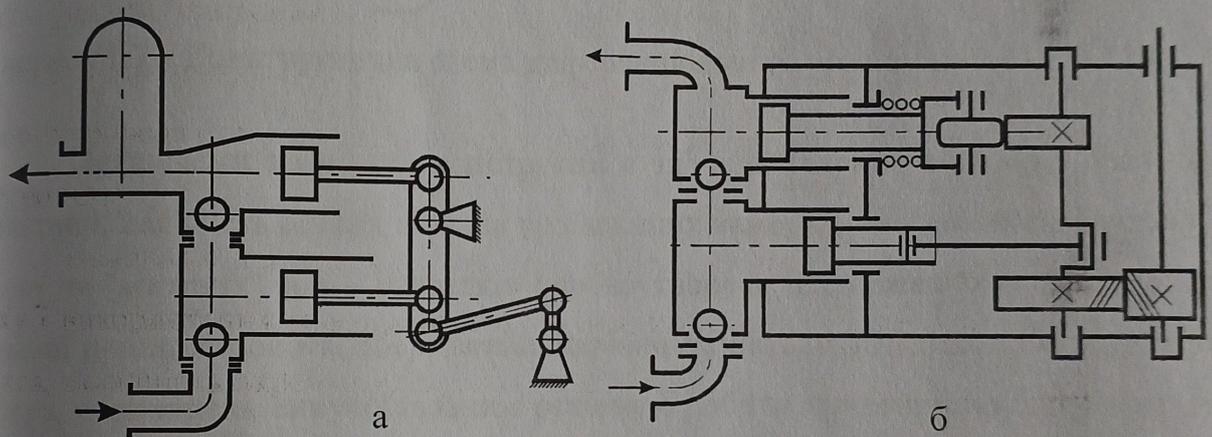


(а) характер зміни швидкості поршнів, (б) диференціальний двохциліндровий розчинонасос СО-138: 1 – швидкість основного поршня; 2 – швидкість компенсаційного поршня

Рисунок 1.5 – Конструктивна схема зміни швидкості поршнів

Рух поршнів здійснюється торцевим кулачком, який має три робочі поверхні. Це забезпечує постійну швидкість руху компенсаційного і основного поршнів протягом більшої частини періодів нагнітання, і розчин перекачується з незначною пульсацією. При всмоктуванні розчину рух основного поршня відбувається із повільним збільшенням швидкості, близьким до синусоїдального закону руху кривошипного привода (див. рис. 1.5, б), що усуває можливість порушення суцільності потоку розчину.

Основним недоліком розглянутої моделі, що призвів до скорочення її випуску і використання при проведенні опоряджувальних робіт, є великі габарити і маса, складність окремих елементів конструкції.



(а) кривошипно-шатунний і (б) з комбінованим приводом

Рисунок 1.6 – Конструктивні схеми диференціальних двохциліндрових розчинонасосів

Отже, загальним недоліком використання кривошипно-шатунного привода у складі диференціальних розчинонасосів є нерівномірність ходу поршнів впродовж обох напівциклів і відповідна пульсація подачі розчину.

Насос СО-180.1 (рис. 1.7) має один диференціальний робочий орган і дві камери – всмоктувальну і нагнітальну, розділені між собою нагнітальним клапаном. При русі плунжера вліво розчин витискується із основної камери у нагнітальний трубопровід і частково заповнює компенсаційну камеру, яка розширюється. При всмоктуванні в основну камеру нагнітання відбувається за рахунок витисненого з

компенсаційної камери розчину. Максимальний робочий об'єм компенсаційної камери становить половину від робочого об'єму основної, тому подача розчину в нагнітальний трубопровід відбувається рівними порціями протягом обох фаз подвійного ходу. Таким чином, при зменшенні габаритів насоса зберігається подача розчину зі зниженою пульсацією. Насос цієї моделі посідає провідне місце на сучасному ринку будівельних машин Російської Федерації. Технічні показники насоса СО-180 наведені в табл. 1.6.

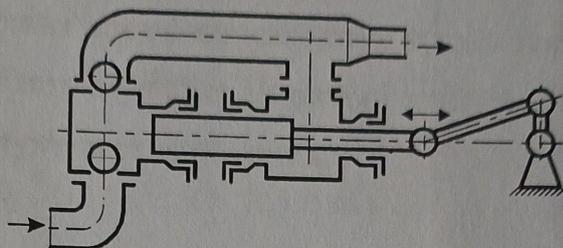


Рисунок 1.7 – Конструктивна схема диференціального розчинонасоса СО-180.1

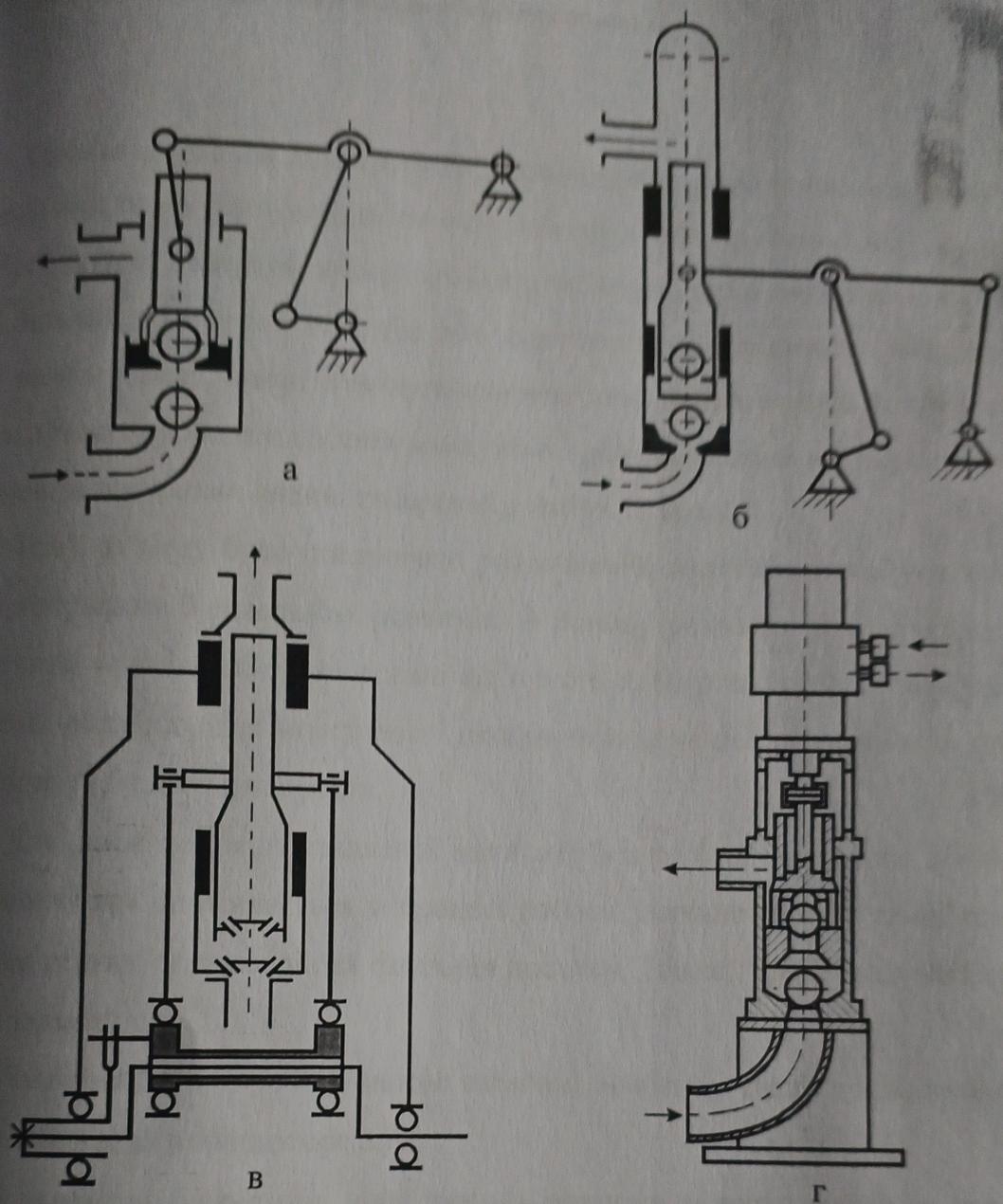
Недоліками наведеної конструкції є значний гідравлічний опір проточної частини, наявність бічних потоків у клапанних камерах, численних поворотів потоку та "мертвих" зон – осередків пробкоутворення. Незважаючи на диференціальний принцип роботи, зберігається нерівномірність подачі протягом ходу плунжера, спричинена синусоїдальним режимом роботи кривошипно-шатунного механізму.

Конструкція гідравлічної частини цих розчинонасосів зберігає принцип диференціальної роботи. Особливістю їх роботи є те, що потік розчину з основної камери в зрівняльну камеру проходить не через зовнішні труби, а через внутрішній проточний канал робочого колеса з перепускним клапаном. Цей клапан розділяє камери насоса. Всмоктувальний клапан розташований в основній камері. Завдяки параметрам конструктивних елементів співвідношення робочого об'єму основної камери до компенсаційної камери становить 2:1. Це забезпечує поділ розчину, що заповнює основну камеру під час всмоктування, на дві приблизно рівні частини. Перша частина під час спорожнення витікає безпосередньо в напірну трубу. Друга частина заповнює зрівняльну камеру під час процесу перекачування і подається в напірну лінію при наступному ході.

Основними перевагами проточних насосних колон є зменшення гідравлічного опору і «шкідливого» об'єму в основній робочій камері, зменшення «мертвих» зон, запобігання «заклинюванню» клапанів і запобігання засміченню при перекачуванні повільних розчинів. Розчинонасоси з такими колонками мають високу всмоктувальну здатність, гідравлічний ККД і об'ємний ККД [10]. Застосування проточних поршнів забезпечує оптимальні умови для роботи обох клапанів при прямому потоці розчину порівняно з поршневыми. Слід зазначити, що конструкція проточного поршня має ефект «захисту» кульки перепускного клапана від зворотного потоку, що затримує його закриття і призводить до «зависання» кульки при перекачуванні дуже густих розчинів.

Таблиця 1.6 – Технічна характеристика розчинонасосів з диференціальним робочим органом

Модель	СО-180.1	РН-2-4	РН-2-4А	РН-6	РНГ-6
Продуктивність, м ³ /год	2,5	0...4	2...4	1...6	0...6
Робочий тиск, МПа	1,5	4	4	6	6
Дальність подачі:					
– по горизонталі, м	100	250	250	300	300
– по вертикалі, м	30	60	60	80	80
Встановлена потужність, кВт	3,0	7,5	7,5	11,5	–
Габаритні розміри, мм:					
– довжина	1230	680	893	1635	300
– ширина	600	462	717	745	200
– висота	900	640	1230	1400	1500
Маса (без комплектів), кг	200	240	355	382	150



а – РН-2-4; б – РН-2-4А; в – РН-6; г – РНГ-6

Рисунок 1.8 – Конструктивні схеми диференціальних розчинонасосів з проточним робочим органом

Більш привабливою є конструкція плунжера з точки зору забезпечення зносостійкості, оскільки утворення зовнішньої твердої поверхні технологічно набагато простіше, ніж внутрішньої поверхні гільз, які застосовуються у поршневому варіанті.

2 Науковий розділ

2.1 Моделювання роботи привода диференціального розчинонасоса з проточним плунжером

2.1.1 Вимоги які висуваються до сучасних розчинонасосів

За останні роки будівельна галузь в Україні зросла таким чином, що виникла потреба в надійній, бажано вітчизняній техніці. Будівельні та оздоблювальні роботи займають особливе місце в будівельній галузі через їх особливу вагу та трудомісткість. Ці роботи характеризуються великою різноманітністю матеріалів, які необхідно транспортувати безпосередньо до місця їх використання. Використання розчинонасосів, які транспортують розчин у трубах, має низку виробничих переваг. Це означає, що крани можуть бути звільнені від роботи з транспортування розчину і можуть бути повністю перенаправлені на подачу штучних матеріалів і збірку збірних конструкцій. Розчинонасоси в основному використовуються для перекачування вапняних і цементно-піщаних розчинів, розчинів білих фарб на основі крейди та емульсійних фарб.

Аналіз попередніх досліджень показує, що проектні інститути розробили розчинонасоси різної конструкції та продуктивності. Деякі зарубіжні компанії також випускають уніфіковані стандартні групи насосів, які охоплюють необхідні діапазони подачі та тиску і можуть перекачувати всі типи рідин, що важко перекачуються, такі як будівельні розчини та бетонні суміші.

ГММ.602-ММв.023-00.00.000 ПЗ							
Науковий розділ					Лім.	Лист	Листів
					Н	25	
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	Національний університет імені Юрія Кондратюка, ННІТР, 2024 р.		
Розроб.		Братешко					
Перев.		Васильєв	<i>[підпис]</i>	24.08			
Н. контр.		Васильєв	<i>[підпис]</i>	24.08			
Затв.		Орисенко	<i>[підпис]</i>	24.08			

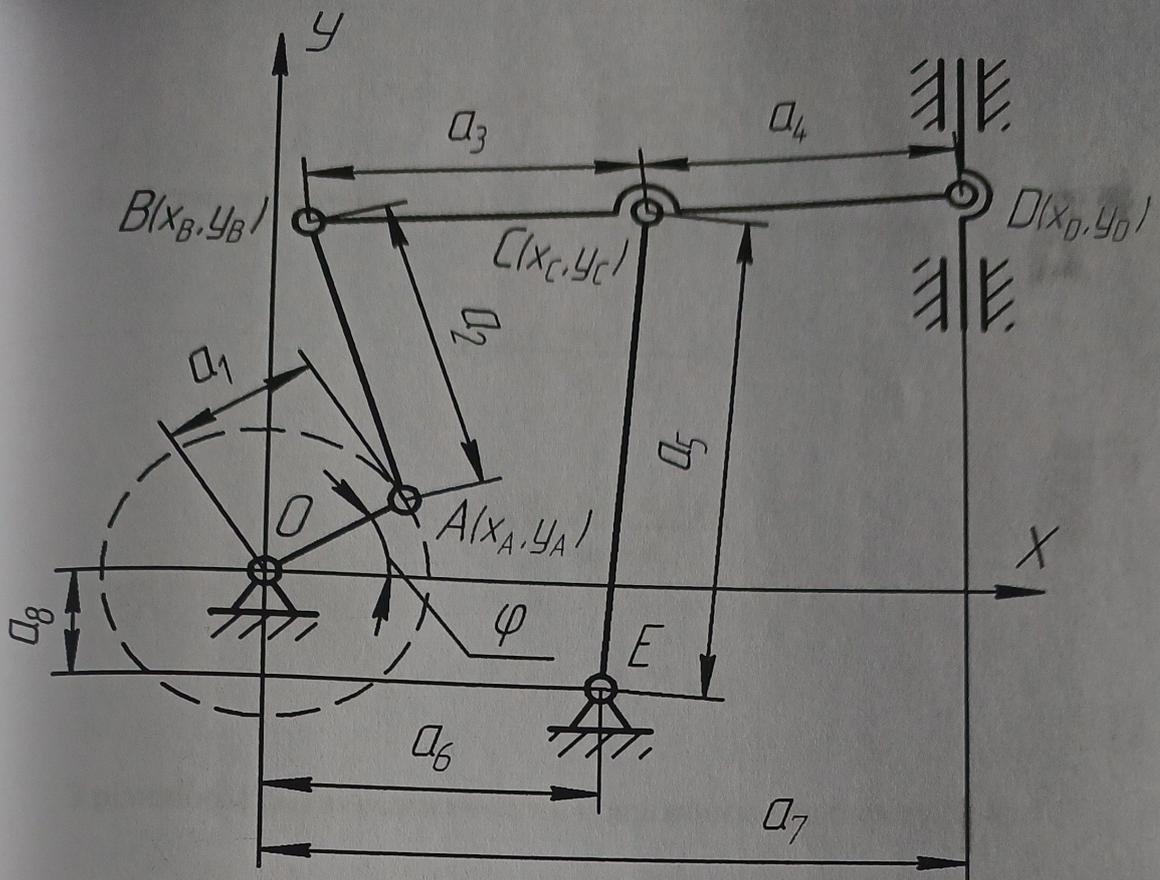


Рисунок 2.1 – Розрахункова схема розчинонасоса РНП 2-4

Таблиця 2.1 – Розміри основних ланок розчинонасоса РНП 2-4

Позначення	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8
Розмір, мм	25	270	250(195)	250(305)	335	220	490	70

Розміри в дужках наведені для продуктивності 4 м³/год.

Запишемо кінематичні рівняння зв'язків:

$$x_A = a_1 \cdot \cos \phi, \quad (2.1)$$

$$y_A = a_1 \cdot \sin \phi,$$

Запишемо довжини стержнів через координати кінців a_2 , та a_3 :

$$(x_B - a_1 \cdot \cos \phi)^2 + (y_B - a_1 \cdot \sin \phi)^2 = a_2^2, \quad (2.2)$$

$$(x_C - a_6)^2 + (y_C + a_8)^2 = a_5^2. \quad (2.3)$$

Знайдемо координати точки С, яка ділить BD у відношенні :

$$x_C = \frac{a_3 \cdot a_7 + a_4 \cdot x_B}{a_4 + a_3}, \quad (2.4)$$

$$y_C = \frac{a_3 \cdot y_B + a_4 \cdot y_D}{a_3 + a_4}, \quad (2.5)$$

$$(x_C - x_B)^2 + (y_C - y_B)^2 = a_3^2. \quad (2.6)$$

З рівняння (2.6) виражаємо x_C та прирівнюємо до виразу (2.4):

$$x_C = x_B + \sqrt{a_3^2 - (y_C - y_B)^2}, \quad (2.7)$$

$$x_B + \sqrt{a_3^2 - (y_C - y_B)^2} = \frac{a_3 \cdot a_7 + a_4 \cdot x_B}{a_4 + a_3}. \quad (2.8)$$

З рівнянь (2.8) та (2.7) шляхом математичних перетворень знаходимо x_B та x_C , які підставляємо в рівняння (3.2) та (3.3):

$$\frac{a_3 \cdot x_B}{a_4 + a_3} = \frac{a_3 \cdot a_7}{a_4 + a_3} - \sqrt{a_3^2 - (y_C - y_B)^2}; \quad (2.9)$$

$$x_B = a_7 - \frac{a_4 + a_3}{a_3} \sqrt{a_3^2 - (y_C - y_B)^2}; \quad (2.10)$$

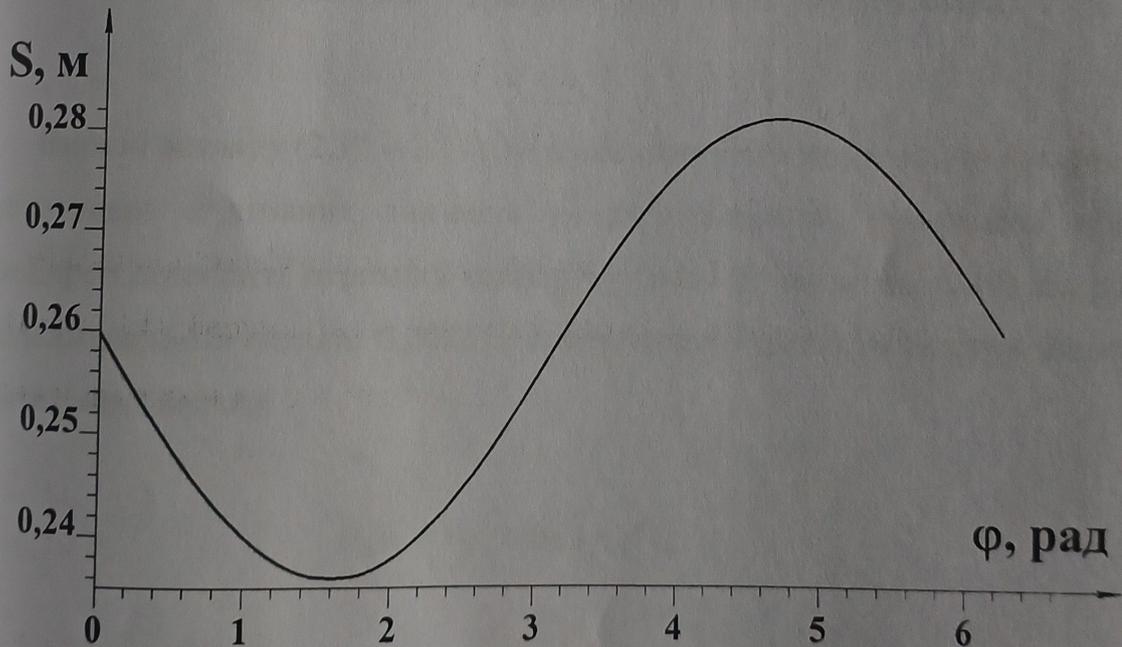
$$x_C = a_7 - \frac{a_4}{a_3} \sqrt{a_3^2 - (y_C - y_B)^2}; \quad (2.11)$$

$$y_B = \sqrt{a_2^2 - \left(a_7 - \frac{a_4 + a_3}{a_3} \sqrt{a_3^2 - (y_C - y_B)^2} - a_1 \cdot \cos \varphi\right)^2} + a_1 \cdot \sin \varphi; \quad (2.12)$$

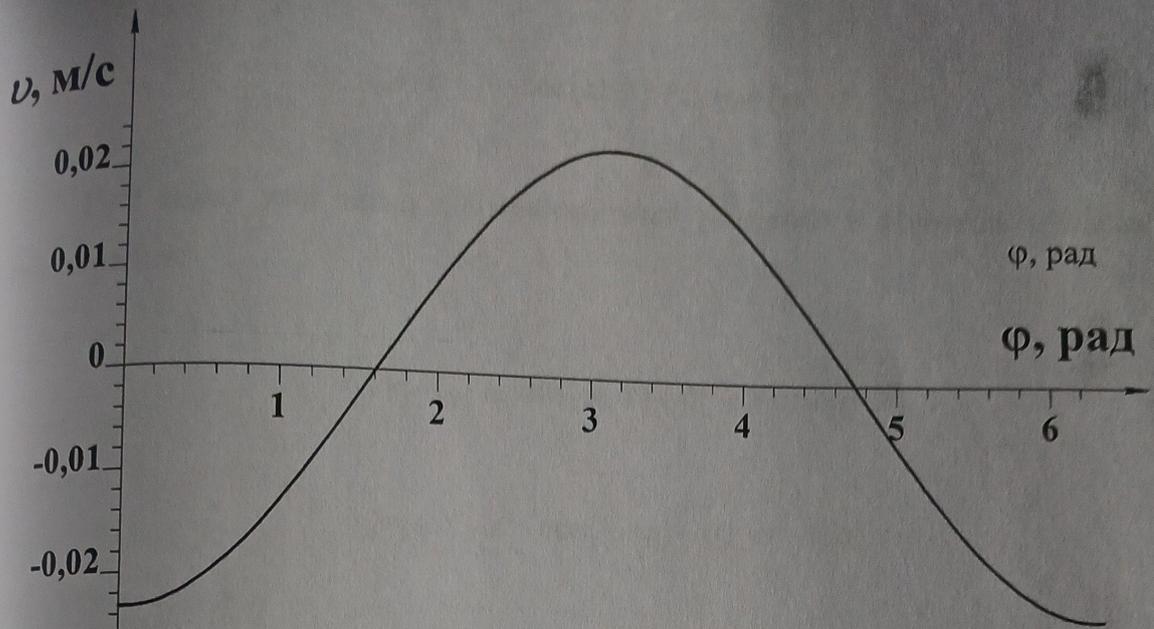
$$y_C = \sqrt{a_5^2 - \left(a_7 - \frac{a_4}{a_3} \sqrt{a_3^2 - (y_C - y_B)^2} - a_6\right)^2} - a_8; \quad (2.13)$$

$$y_D = \left(\frac{a_3 + a_4}{a_3}\right) \cdot y_C - \left(\frac{a_4}{a_3}\right) \cdot y_B. \quad (2.14)$$

Чисельно розв'язавши за допомогою програми MathCAD рівняння (2.10), (2.13) та (2.14), беручи значення з таблиці 3.1, отримаємо переміщення точки D у вигляді діаграми $y_D(\varphi)$ (рисунок 2.2):



а)



б)

а – переміщення; б – швидкості

Рисунок 2.2. – Діаграми руху точки D (плунжера).

Вирази вигляду (2.12 – 2.14), не дуже зручні для подальшого використання. Опрацювання отриманих значень y_D за допомогою прикладної програми CurveExpert дозволить отримати закон руху точки D по значенням з діаграми переміщень (похибка складає 0,0005). Із врахуванням цього закон руху точки D буде мати такий вигляд:

$$y_D = b + c \cdot \cos(x + d), \quad (2.15)$$

де $b = 0,259$, $c = 0,023$, $d = 1,537$ – сталі коефіцієнти.

Представляємо функцію рядом Фур'є [21], обмежуючись першими гармоніками, тому що коефіцієнти біля інших членів ряду суттєво малі:

Враховуючи, що $\varphi = \omega \cdot t$, вираз (2.15) запишемо:

$$y_D = b + b_1 \cdot \cos(\omega \cdot t) + c_1 \cdot \sin(\omega \cdot t). \quad (2.16)$$

Цей вираз уже легко диференціювати і отримати рівняння швидкості та прискорення:

$$\dot{y}_D = -b_1 \cdot \omega \cdot \sin(\omega \cdot t) + b_2 \cdot \omega \cdot \cos(\omega \cdot t) \quad (2.17)$$

$$\ddot{y}_D = -b_1 \cdot \omega^2 \cdot \cos(\omega \cdot t) - b_2 \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega \cdot t). \quad (2.18)$$

Адже швидкість та прискорення плунжера визначають кінематичні характеристики відносної контактної взаємодії часток абразива розчинної суміші з поверхнею гільзи. І з достатнім ступенем точності для дослідження цієї взаємодії може бути прийнято $\dot{y}_D = -v_0 \cos \alpha$, де v_0 – початкова швидкість частки піску.

Отримані математичні залежності дають можливість теоретично обґрунтувати та експериментально дослідити роботу привода розчинонасоса, а також процеси, які відбуваються в насосній частині, а саме: пульсацію тиску подачі, об'ємний ККД, та вплив цих факторів на ресурс роботи обладнання.

2.3 Методика силового дослідження важільного механізму диференціального розчинонасоса з проточним плунжером, без урахування сил тертя

Для розрахунку обраний механізм диференціального розчинонасоса з проточним плунжером (рис. 2.3, а), який є шестиланковим механізмом III класу. Крім геометричних даних механізму і параметрів ланок відомі також зовнішня сила корисного опору і закон руху і К валу ланки 1 прикладений невідомий зовнішній

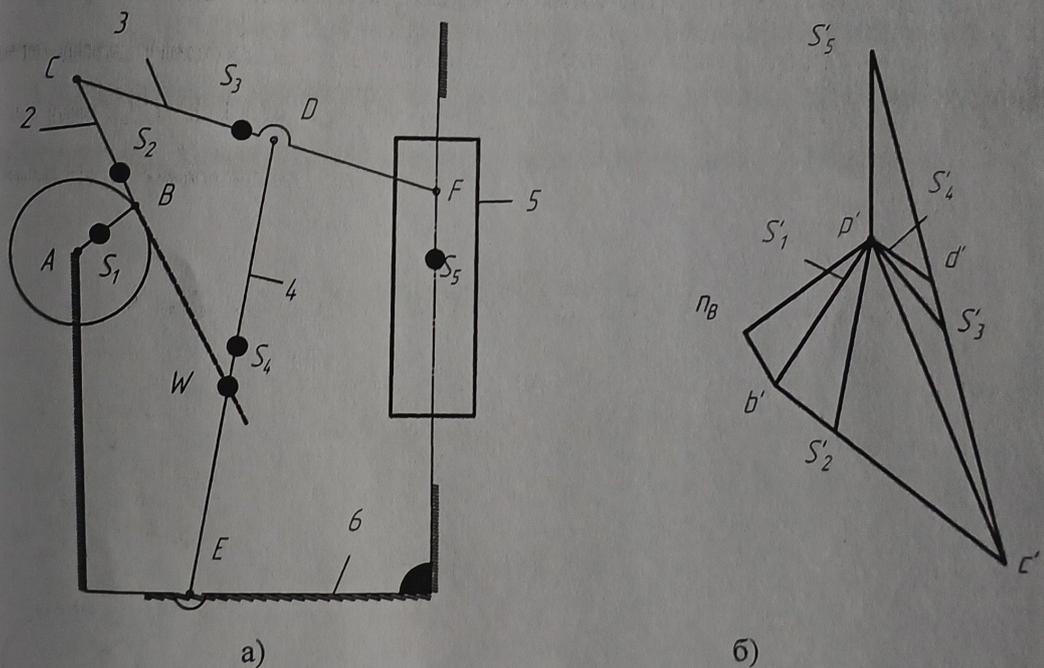
рушійний момент.

Згідно з загальною методикою розрахунку [15], механізм розкладають на трьохповодкову групу, що складається з базисної ланки 3 та повідків 2, 4, 5, і первинного механізму, що складається з кривошипа 1 і стійки 6 і навантажений невідомим зовнішнім моментом. Розрахунок необхідно почати з групи і закінчити первинним механізмом.

Методика розрахунку трьохповодкової групи з обертальними парами розібрана в [15]. Заміна однієї обертальної пари поступательною не викличе ніяких змін методики. Необхідний для розрахунку план прискорень механізму представлений на рис. 2.3, б. При розрахунку слід врахувати, що для даної групи зовнішні сили і моменти мають такі значення:

$$\bar{P}_2^* = \bar{G}_2 + \bar{O}_2; \quad \bar{P}_3^* = \bar{G}_3 + \bar{O}_3; \quad \bar{P}_4^* = \bar{G}_4 + \bar{O}_4; \quad \bar{P}_5^* = \bar{P}_{n.c5} + \bar{G}_5 + \bar{O}_5; \quad (2.20)$$

$$M_2^* = M_{o2}; \quad M_3^* = M_{o3}; \quad M_4^* = M_{o4}; \quad M_5^* = M_{o5}; \quad (2.21)$$



а – кінематична схема механізму; б – план прискорень

Рисунок 2.3 – Розрахункова схема диференціального розчинонасоса з проточним плунжером

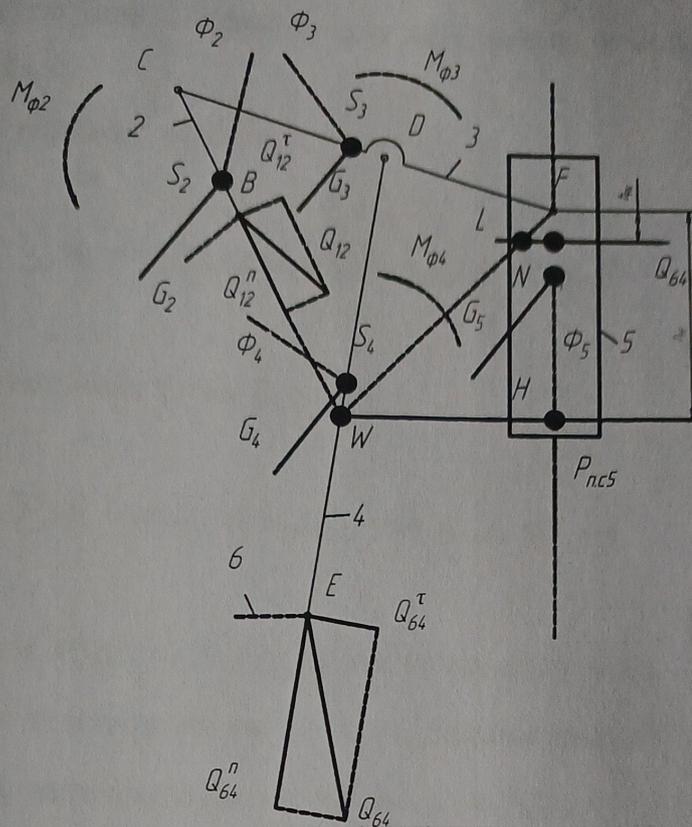


Рисунок 2.4 – Група Асура з прикладеними силами

Складені для ланок групи (рис. 2.4) рівняння сил подібні рівнянням [15] не вирішуються, тому що в кожному з них більше двох невідомих.

$$\bar{G}_2 + \bar{Q}_{12} + \bar{Q}_{32} + \bar{O}_2 = 0 \quad (2.22)$$

$$\bar{G}_3 + \bar{Q}_{23} + \bar{Q}_{43} + \bar{Q}_{53} + \bar{O}_3 = 0 \quad (2.23)$$

$$\bar{G}_4 + \bar{Q}_{34} + \bar{Q}_{64} + \bar{O}_4 = 0 \quad (2.24)$$

$$\bar{P}_{nc5} + \bar{G}_5 + \bar{Q}_{35} + \bar{Q}_{65} + \bar{O}_5 = 0 \quad (2.25)$$

Положення особливої W точки визначають перетином ліній повідків 2 і 4. Розклавши вектори сил \bar{Q}_{12} і \bar{Q}_{64} , прикладених в точках B і E на тангенціальні і

нормальні складові (по відношенням до повідків), можна скласти для обох ланок рівняння моментів сил:

для ланки 2 відносно точки С

$$\sum M_C = M_C(G_2) + M_C(Q_{12}^r) + M_C(\hat{O}_2) + M_{\hat{O}_2} = 0 \quad (2.26)$$

для ланки 4 відносно точки D

$$\sum M_D = M_D(G_4) + M_D(Q_{64}^r) + M_D(\hat{O}_4) + M_{\hat{O}_4} = 0 \quad (2.27)$$

Так як моменти $M_C(Q_{12}^n)$ і $M_D(Q_{64}^n)$ рівні нулю, а плечима моментів $M_C(Q_{12}^n)$ і $M_D(Q_{64}^n)$ є відповідно довжини ланок 2 і 4, то рішення цих рівнянь зводиться до визначення спочатку величин шуканих моментів $M_C(Q_{12}^r)$ і $M_D(Q_{64}^r)$, а потім і значень тангенціальних складових Q_{12}^r і Q_{64}^r сил взаємодії в парах В і Е.

Величина сили і розташування її лінії дії можуть бути знайдені в результаті спільного рішення двох рівнянь – одного, записаного для ланки 5 відносно точки Р:

$$\sum M_P = M_P(G_5) + M_P(Q_{65}) = 0 \quad (2.28)$$

і другого, складеного для всієї групи щодо особливої точки W:

$$\begin{aligned} \sum M_W = & M_W(P_{n.c5}) + M_W(G_2) + M_W(G_3) + M_W(G_4) + M_W(G_5) + \\ & + M_W(Q_{12}) + M_W(Q_{64}) + M_W(Q_{65}) + M_W(\hat{O}_2) + M_W(\hat{O}_3) + \\ & + M_W(\hat{O}_4) + M_W(\hat{O}_5) + M_{\hat{O}_2} + M_{\hat{O}_3} + M_{\hat{O}_4} = 0 \end{aligned} \quad (2.29)$$

З рівняння (4.28) визначають величину моменту $M_P(Q_{65})$, що дорівнює добутку сили Q_{65} і плеча h_{PN} , які невідомі. Рівняння (4.29) у свою чергу дає мож-

Ливість отримати значення моменту $M_W(Q_{65}) = Q_{65}(h_{HF} + h_{FN})$. Абсолютні значення моментів $M_F(Q_{65})$ і $M_W(Q_{65})$ при цьому прямо пропорційні довжині плечей, тобто:

$$\frac{M_W(Q_{65})}{M_F(Q_{65})} = \frac{|h_{FN}| - |h_{FN}|}{|h_{FN}|}; \quad (2.30)$$

Положення лінії дії сили Q_{65} , що проходить через точки N і L знаходять допомогою складання похідної пропорції, яка при протилежних знаках моментів $M_F(Q_{65})$ і $M_W(Q_{65})$ (рис. 3.3, б) приймає вигляд:

$$\frac{|M_W(Q_{65})| + |M_F(Q_{65})|}{|M_F(Q_{65})|} = \frac{|h_{HF}|}{|h_{FN}|} \quad (2.31)$$

Після визначення величини сили можна повернутися до рівняння (2.29) і, вирішивши його побудовою плану сил (рис. 2.5), знайти Q_{35} .

Значення нормальних складових сил Q_{12}'' і Q_{64}'' слід отримати з рівнянь моментів:

у першому випадку для ланок 2 і 3 відносно точки D

$$\sum M_D = M_D(G_2) + M_D(G_3) + M_D(Q_{12}'') + M_D(Q_{12}') + M_D(Q_{53}) + M_D(\hat{O}_2) + M_D(\hat{O}_3) + M_D(\hat{O}_4) + M_{\hat{O}_2} + M_{\hat{O}_3} = 0 \quad (2.32)$$

у другому випадку для ланок 3 і 4 відносно точки C

$$\sum M_C = M_C(G_3) + M_C(G_4) + M_C(Q_{64}'') + M_C(Q_{64}') + M_C(Q_{53}) + M_C(\hat{O}_3) + M_C(\hat{O}_4) + M_{\hat{O}_3} + M_{\hat{O}_4} = 0 \quad (2.33)$$

Силовий розрахунок групи закінчують побудовою планів сил ланок 2 і 4 по рівняннях (2.22) і (2.24) і побудовою перевірного плану сил базисного ланки 3 за рівнянням (2.23). Плани сил показані на рис. 2.5.

Розрахунок ланок 1 і 6 первинного механізму виконують за методикою [15] з урахуванням, що:

$$\bar{P}_1^* = \bar{G}_1 + \bar{O}_1; \bar{P}_k^* = \bar{P}_{n,c6} + \bar{G}_6; \bar{P}_{n,c6} = -\bar{P}_{n,c5} \quad (2.34)$$

$$\sum \bar{Q}_{i1} = Q_{21}; \bar{Q}_k = \bar{Q}_{61}; \bar{P}_{ok} = \bar{P}_{o6}; \quad (2.35)$$

$$\bar{Q}_{ik} = \bar{Q}_{i6}; \sum \bar{Q}_{ik} = \bar{Q}_{46} + \bar{Q}_{56}; \quad (2.36)$$

$$M_1^* = M_{o1}; M_k^* = 0; M_1 = M_{i1} \quad (2.37)$$

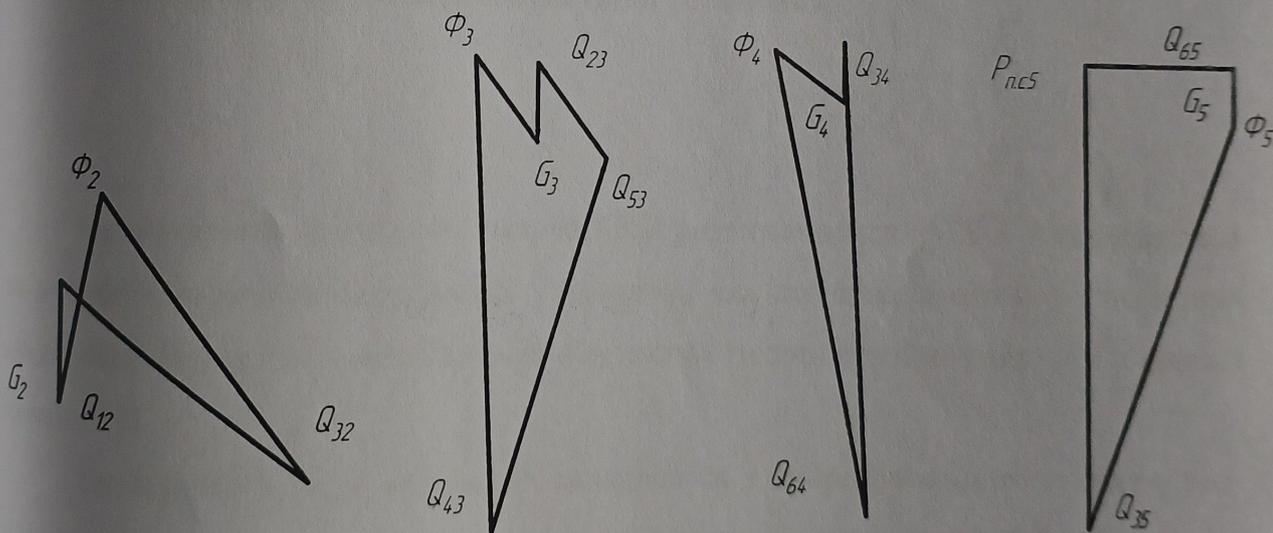


Рисунок 2.5 – Плани сил ланок

2.4 Визначення об'ємного ККД диференціального розчинонасоса із вертикальним проточним плунжером

Кожна будівельна машина характеризується певними технічними показниками, які залежать від виду обладнання та конструктивних особливостей. Так, раніше було зазначено, що одним з найважливіших технічних показників роботи розчинонасосів є об'ємний ККД. Дослідження зміни цього показника в залежності від рухомості розчину та зношення ущільнень насосної частини розчинонасоса є важливим питанням, яке заслуговає уваги. Отже, безпосередній вплив фактора зношування ущільнень та самої насосної колонки на значення об'ємного ККД розчинонасоса потребує експериментального дослідження.

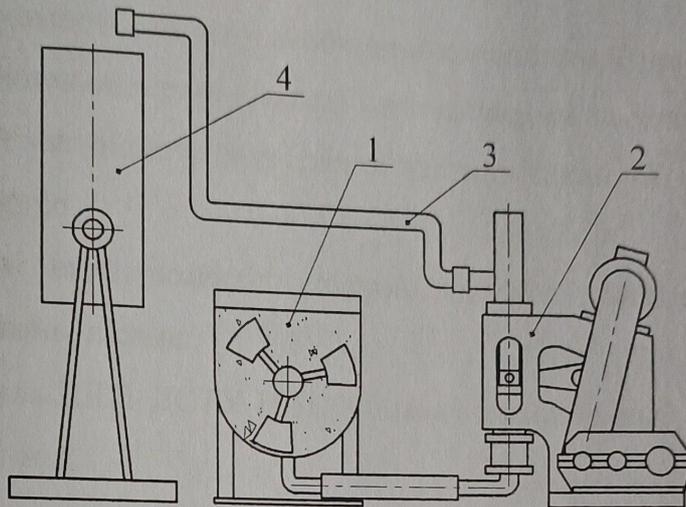
2.4.1 Описання експериментальної установки

Визначення дійсного об'ємного ККД розчинонасоса РНП 2-4 проводилось за допомогою експериментальної установки, яка дозволяє визначати час заповнення мірної ємності постійного об'єму, схема та зовнішній вигляд якої наведені на рис. 2.6.

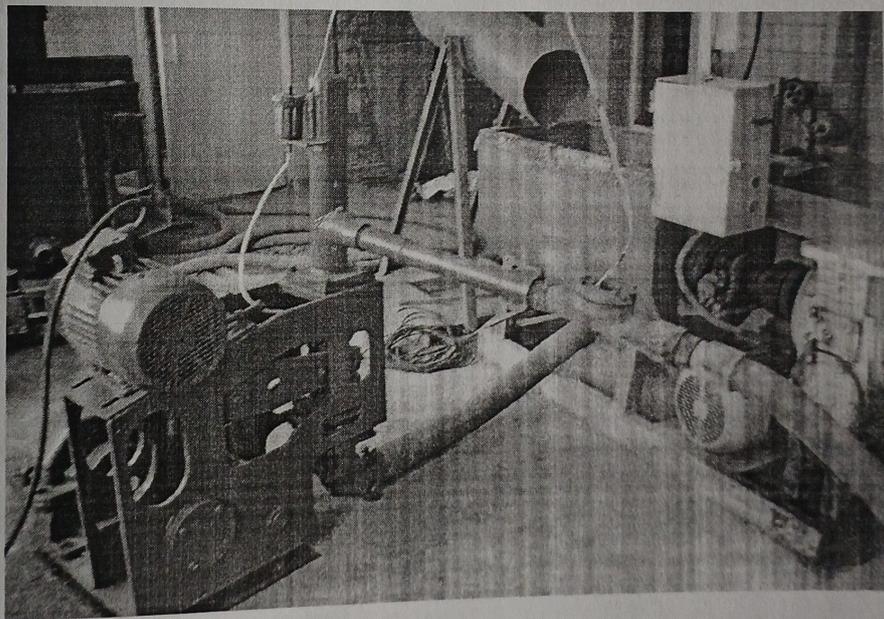
Експериментальна установка складається з випробувального стенду з розчинонасосом і гвинтовим змішувачем потужністю 1 гвинтовий змішувач з ємністю бункера 250 дм³. У шнековому змішувачі напрямок намотування стрічки відрізняється від центрального, що дозволяє більш активно перемішувати розчин. Привід змішувача здійснюється від асинхронного електродвигуна, який через клинопасову передачу передається на черв'ячний редуктор і через муфту на вал шнека. Готова розчинна суміш подається до розчинонасоса по гнучкій трубі, що з'єднує бункер змішувача з всмоктувальним бункером розчинонасоса. Гумоволо-

					ГММ.602-ММв.023-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		38

книстий розчинопровід з'єднаний з нагнітальним патрубком за допомогою швидкороз'ємної муфти. Якщо потрібне додаткове навантаження, довжину шланга можна збільшити, встановивши додаткові секції. Розчинопровід закінчується на форсунці і подає розчин в дозуючий циліндр емністю 60 дм³ до контрольної позначки.



а)



б)

1 – механічна змішувальна установка шнекового типу; 2 – розчинонасос РНП 2-4, об'ємний ККД якого визначається; 3 – розчинопровід для транспортування розчину; 4 – мірна ємність

Рисунок 2.6 – Схема експериментальної установки: а – конструктивна схема; б – загальний вигляд:

				ГММ.602-ММв.023-00.00.000 ПЗ	Лист
					39
Зм.	Лист	№ докум	Підп.	Дата	

Для збільшення точності проведення експериментів мірна ємкість виконана у вигляді високого циліндра, а її місткість до мітки встановлена шляхом заповнення ємкості водою за допомогою мірної ємкості та додатково перевірена ваговим методом шляхом заливання 60 кг води.

Визначення рухомості розчину необхідної консистенції проводилось за допомогою конуса. Очищення мірної ємкості здійснювалось за допомогою спеціального шкребка, який має діаметр закругленої частини такий же, як і внутрішній діаметр мірного циліндра.

При проведенні експериментів використовувався комплекс додаткових приладів та пристосувань, а саме:

- штангенциркуль ШЦІ ДСТУ 166:2008 межі вимірювань 0 – 125 мм, поділка шкали ноніуса 0,1 мм;
- прилад для визначення рухливості будівельних розчинів за ДСТУ 5802:2009, шкала приладу має межі 1 – 14 см;
- секундомір СД-800, ціна поділки 0,1 с.

2.4.2 Методика проведення експерименту

2.4.2.1 Підготовка розчинів

Для проведення експерименту ми використовували вапняно-пещані будівельні розчини різної рухомості, які зазвичай використовуються для проведення опоряджувальних робіт. Розчини виготовлялися із піску та вапняного тіста у співвідношенні 1:3. Для недопущення ускладнень у роботі розчинонасоса пісок та вапняна суміш проціджувалися крізь сито із розміром прохідного отвору 5 мм.

				ГММ.602-ММв.023-00.00.000 ПЗ	Лист
Вм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	40

Вихідні компоненти після зважування завантажувалися у бункер змішувача і після додавання води ретельно перемішувалися до утворення однорідної суміші. Необхідну рухомість розчину забезпечували шляхом додавання води із наступним перемішуванням. Оскільки в роботі були використані розчини різної рухомості, на першому етапі виготовлявся більш жорсткий розчин з рухомістю 8 см, а потім проводили з цим розчином експеримент, додаючи необхідну кількість води і підвищуючи його рухомість до 9 см і вище.

Заміри рухомості проводили наступним чином. Сосуд приладу заповнювали добре перемішаним розчином на 1 см нижче верхньої межі, ущільнювали розчин в ємності механічним шляхом, встановлювали посуд із розчином на площадку приладу, підводили верхню частину конуса до поверхні розчину і здійснювали перший відлік по шкалі. Після осадки конуса і витримки на протязі 1 хвилини проводили другий відлік. Глибина осадки конуса (см) визначалася як різниця між першим та другим вимірюваннями. На кожний заміс розчину проводили вимірювання осадки конуса по трьом замірам. Результат визначали як середнє арифметичне із трьох серій замірів.

2.4.2.2 Визначення об'ємного ККД диференціального розчинонасоса із вертикальним проточним плунжером

Перед підготовкою замісу розчину розчинонасос, що досліджувався, підключали до бункера змішувача за допомогою гумотканинного рукава. Для створення умов роботи насоса, наближених до виробничих, до нагнітального патрубку розчинонасоса приєднували комплект гумотканинних рукавів необхідних довжини і діаметра, які дозволяють отримати необхідний тиск на виході із насоса. Застосовувалися рукава діаметром 50 и 32 мм. Довжина рукавів обиралася з таким розрахунком, щоб тиск розчину був не нижче 0,8 МПа. При цьому для роз-

									Лист
									41
Зам.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ГММ.602-ММв.023-00.00.000 ПЗ				

чинів з рухомістю 8 см довжина рукава становила 10 м, а для розчинів з рухомістю 9 і 11 см – відповідно 16 і 80 м. Додаткове регулювання тиску подачі здійснювали за допомогою спеціального затискного пристрою. Зауважимо, що регулювання тиску затискним пристроєм рукава для запобігання утворення в місці затискання піщаної пробки проводили лише у малих межах.

Для отримання стабільних результатів розчини перед заповненням мірної посудини ретельно перемішували, відкривали вентиль подачі розчину з камери мішалки і вмикали насос для подачі розчину. Одночасно трубку подачі розчину переносили в камеру змішувача. Розчинонасос працював протягом 3-5 хвилин, потім його перемикали на нормальний режим роботи і швидко переносили зливний шланг зі змішувача в мірну посудину. Одночасно запускали секундомір. Мірну посудину заповнювали до тих пір, поки рівень розчину не досягне позначки, що відповідає об'єму 60 дм³. Як тільки рівень розчину досягав цієї позначки, секундомір вимикали, а шлангову насадку переносили в камеру змішувача. Після зливу розчину в камеру мішалки мірний стакан ретельно очищали від залишків розчину за допомогою спеціального скребка, а потім вимірювали час заповнення мірного стакану. Для кожного перенесення розчину достатньо щонайменше п'яти вимірювань.

Величину об'ємного ККД розчинонасоса визначали, з залежності дійсної подачі до теоретичної

$$\eta_{об} = \frac{Q_d}{Q_m} \cdot 100, \quad (2.38)$$

де Q_d – дійсна подача насоса, яку визначають за часом t заповнення розчином мірної ємкості, м³/год.

$$Q_d = \frac{V_u}{t} \cdot \frac{3600}{1000}, \quad (2.39)$$

де Q_m – теоретична подача насоса, м³/год;
 V_n – об'єм мірної місткості (циліндра), дм³.

$$Q_m = \frac{\pi}{4} \cdot D_n^2 \cdot H \cdot \frac{n}{60}, \quad (2.40)$$

де D_n – діаметр поршня розчинонасоса, дм;

H – величина ходу поршня, дм;

n – число подвійних ходів поршня за хвилину, хв⁻¹.

Для спрощення розрахунків підставимо значення параметрів розчинонасоса та стенда за допомогою якого проводились дослідження, тобто при $D_n = 1$ дм, $H = 0,6$ дм, $n = 152$ хв⁻¹, $V_n = 60$ дм³:

$$Q_o = \frac{60 \cdot 3600}{t \cdot 1000} = \frac{216}{t}, \text{ м}^3/\text{год};$$

$$Q_m = \frac{3,14}{4} \cdot 1^2 \cdot 0,6 \cdot \frac{152 \cdot 60}{1000} = 4,2955, \text{ м}^3/\text{год};$$

$$\eta_{об} = \frac{216}{t} \cdot \frac{100}{4,2955} = \frac{50,285}{t} \cdot 100\%,$$

Результати випробувань розчинонасоса РНП 2-4 на визначення величини об'ємного ККД при різних рухомостях розчину в залежності від часу роботи наведені у таблиці 2.2 та узагальнені у вигляді графіка (рис. 2.7).

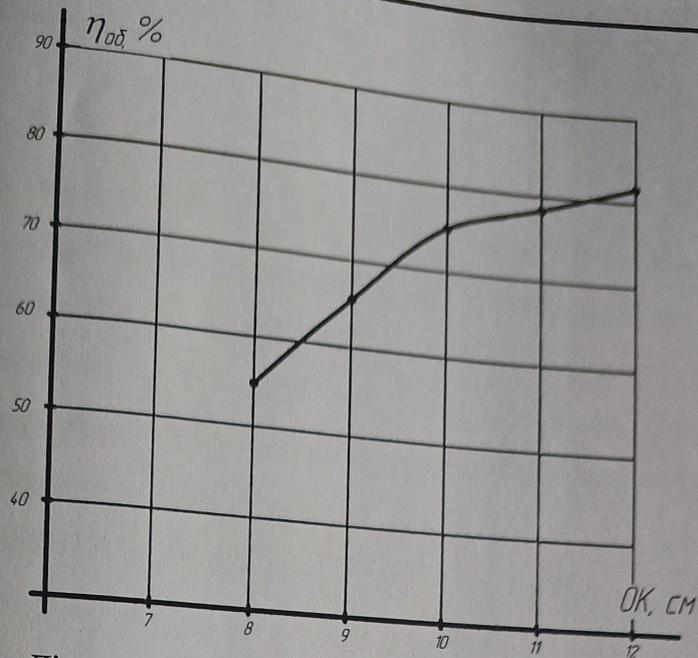


Рисунок 2.7 – Діаграма залежності об'ємного ККД розчинонасоса з проточним плунжером від рухомості розчину

Таблиця 2.2 – Результати визначення об'ємного ККД

Рухомість розчину, см	Час заповнення ємності, с	ККД, %
8	92,7; 93,6; 94,2; 94,9; 92,2	54
9	75,0; 76,5; 74,0; 76,5; 77,0	66
10	66,0; 65,4; 65,8; 66,6; 67,0	75
11	63,0; 64,0; 63,5; 65,0; 62,5	78
12	61,3; 60,2; 59,8; 60,0; 62,8	82

Отже, вочевидь стає те, що ККД розчинонасоса залежить від рухомості розчинної: чим менша рухомість, тим менші ККД.

3 Проектний розділ

Як наводилось вище, за мету було взято проектування диференціального розчинонасоса РНП 2-4 з проточним плунжером для трубопровідного транспортування будівельних розчинів з приводом робочих органів від одного електродвигуна. Тому в процесі проектування було приділено увагу питанням зменшення габаритних розмірів та загальної маси установки, для гарних умов її перевезення з одного будівельного об'єкту на інший, та особливо проектуванню приводу робочих органів.

Установка призначається для використання при будівництві невеликих об'єктів, які не потребують подачі будівельного розчину на велику висоту чи довжину і у великій кількості, то для подачі розчину по трубопроводам до місця виконуваних робіт.

3.1 Проектування розчинонасоса

Для транспортування будівельних розчинів було прийнято диференціальний розчинонасос РНП 2-4 з проточним плунжером з приводом поршня від кривошипно-шатунного механізму. Ці механізми є двох типів: аксіальні (центральні) та дезаксіальні – у яких вісь циліндра зміщена відносно осі кривошипного вала на відстань рівну ексцентриситету e . Другий тип є більш ефективним, так, як зменшує негативний вплив поперечного навантаження на тертьові деталі плунжерної групи.

На рисунку 3.1 показана схема цементного насоса, що складається з поршневого приводу з поршнем 2, коромисла 3, шатуна 4, коромисла 5, кривошипа 6, редуктора 7, електродвигуна 8, клинопасової передачі 9, компенсатора тиску це-

				ГММ.602-ММв.023-00.00.000 ПЗ			
№ док.	№ докум.	Підп.	Дат	Проектний розділ	Літ.	Лист	Листів
Розроб.	Братешко				Н	45	
Перев.	Васильєв	<i>[Signature]</i>	21.08		Національний університет імені Юрія Кондратюка, ННІТР, 2024 р.		
Контр.	Васильєв	<i>[Signature]</i>	24.08				
Затв.	Орисенко	<i>[Signature]</i>	24.08				

ментного розчину 10, рами і вертикальної колони 1. Система складається з. Про-
 точний поршень 2, що має дві циліндричні секції, верхню і нижню, встановлений
 на насосній колоні за допомогою прокладки 13. Площа поперечного перерізу ни-
 жньої частини поршня вдвічі перевищує площу поперечного перерізу верхньої
 частини. До нижньої частини поршня прикріплений нагнітальний кульовий кран
 12. У нижній частині колони встановлений всмоктувальний кульовий кран 11 і
 всмоктувальний патрубок 14. У верхній частині поршня є шип, за допомогою
 якого поршень шарнірно з'єднаний з коромислом 3. Насосна колона і привід на-
 соса змонтовані на загальній зварній рамі.

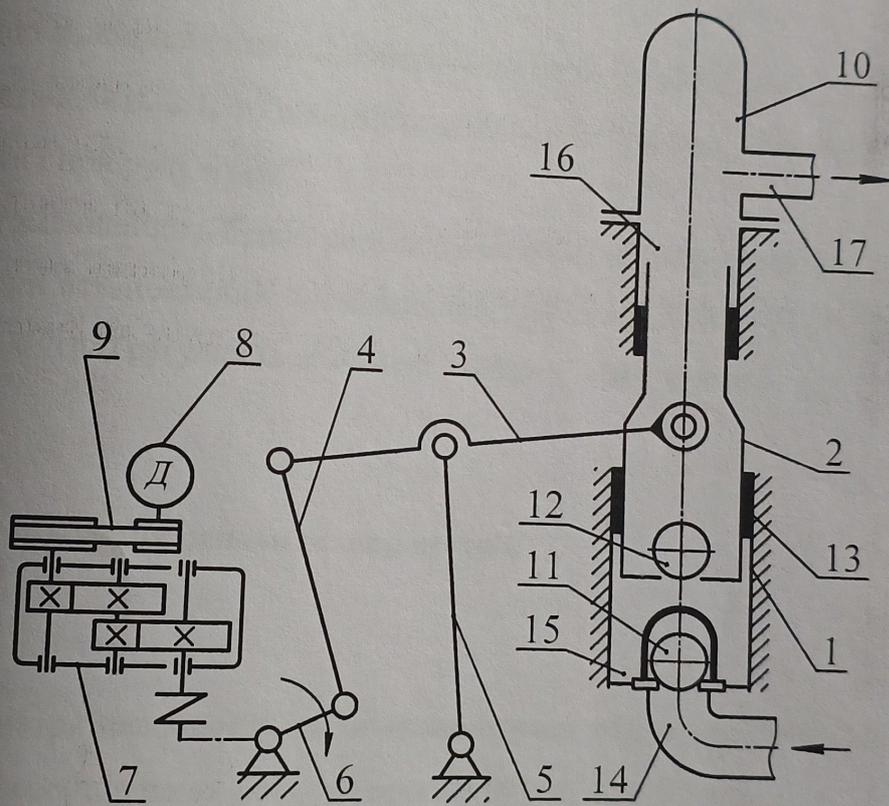


Рисунок 3.1 – Схема диференціального розчинонасоса з проточним плунжером РНП 2-4

Розчинонасос працює наступним чином. Обертальний рух від електродви-
 гуна і редуктора перетворюється в зворотно-поступальний рух поршня 2 за до-
 помогою кривошипно-шатунного механізму і коромисла. При русі поршня вгору
 відкривається всмоктувальний кульовий кран 11 і розчин надходить із всмоктува-

льного патрубку в нижню частину всмоктувальної камери 15. Швидкість впорядкування розчину визначається різницею площі поперечного перерізу між верхньою і нижньою частинами поршня і швидкістю його переміщення.

При русі поршня вниз всмоктуючий кульовий кран 11 закривається і розчин, що знаходиться в нижній частині колони, перетікає через відкритий нагнітальний кульовий кран 12 в нагнітальну камеру у верхній частині колони.

Коли всмоктувальний клапан 11 закривається і внутрішній об'єм всмоктувальної камери 15 зменшується при русі поршня вниз, оскільки поршень частково занурений в колонку, розчин, що залишився, проштовхується через колонку в нагнітальну трубу.

Якщо відношення площі поперечного перерізу нижньої частини поршня до верхньої становить 2:1, то швидкість потоку розчину при русі поршня вниз буде такою ж, як і при русі вгору.

Для зменшення вібрації розчину, що подається в трубопровід, у верхній частині колони встановлений пневматичний стабілізатор вібрації 10. Витрата розчину (2...4 м³/год) регулюється зміною довжини плеча куліси 3.

3.2 Розрахунок основних параметрів

Параметри насосної частини визначаються згідно з рекомендаціями проектування диференціальних робочих органів плунжерного типу.

Діаметри D , d гільз плунжера, (мм), визначаються за величиною заданої теоретичної продуктивності Q_m , (м³/с),

$$D = \sqrt{\frac{Q_m}{15 \cdot \pi \cdot H \cdot n}}, \quad d = \frac{D}{\sqrt{2}}, \quad (3.1)$$

де H – хід плунжера, м;

n – частота подвійних ходів плунжера, хв^{-1} .
 Діаметри всмоктуючого d_a та нагнітального d_n патрубків визначаються з умови нерозривності потоку, ($\text{м}^3/\text{с}$),

$$Q_\phi = \frac{\pi \cdot d_a^2}{4} \cdot v_a = \frac{\pi \cdot d_n^2}{4} \cdot v_n, \quad (3.2)$$

де v_a, v_n – середні швидкості руху розчину відповідно у всмоктувальному та нагнітальному патрубках, ($\text{м}/\text{с}$);

δ – товщина білястінного шару розчину, м .

З рівняння (4.2) отримуємо

$$d_a = \sqrt{4 \cdot Q_\phi / (\pi \cdot v_a)} + \delta, \quad (3.3)$$

$$d_n = \sqrt{4 \cdot Q_\phi / (\pi \cdot v_n)} + \delta, \quad (3.4)$$

Основна вимога до роботи клапанів – спокійна робота та відсутність стука виконується, якщо

$$h_{\max} \cdot n_k \leq \frac{1,02 \dots 1,05}{\sqrt{\kappa_p}} \cdot \sqrt[3]{c} \quad (3.5)$$

де h_{\max} – максимальна висота підйому клапана, мм ;

n_k – частота обертання кривошипа, с^{-1} ;

κ_p – рухомість розчина по стандартному конуса, см ;

c – коефіцієнт, що залежить від складу розчину.

Потужність привода розчинонасоса N_ϕ (кВт) визначається за формулою, яка з урахуванням розмірностей величин тиску P (МПа) і продуктивності Q ($\text{м}^3/\text{год}$) має вигляд

$$N_{\delta} = \frac{P \cdot Q_m}{3,6 \cdot \eta_{\delta l}} \quad (3.6)$$

Оскільки даний розчинонасос має плавні повороти перекачуваного потоку, їх мінімальну кількість і низькій рівень пульсації тиску, вважаємо, що його загальний ККД визначається рівнем об'ємних $\eta_{об}$ і механічних $\eta_{мех}$ втрат.

Останні значною мірою визначаються ККД клинопасової передачі, редуктора і з'єднувальної муфти. Таким чином, при $\eta_{мех} = 0,90$, та $\eta_{об} = 0,85$ маємо

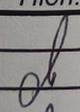
$$N_{\delta} = \frac{4 \cdot 4}{3,6 \cdot 0,90 \cdot 0,85} = 5,80 \quad (3.7)$$

Тобто для забезпечення роботи створеного розчинонасоса можна використовувати асинхронний двигун потужністю 5,5 кВт з допустимим перевантаженням 5,5%.

ВИСНОВКИ

В даній магістерській роботі було зроблено:

1. Проведено аналіз діючого обладнання для транспортування будівельних сумішей, виконання робіт із застосуванням розчинних будівельних сумішей.
2. Запропоновано розчинонасос, особливу увагу приділивши проектуванню привода робочих органів.
3. Проведено теоретичні дослідження, зокрема вивести механізм для проведення розрахунків кінематичних та силових характеристик важільного привода. Отримано залежності кінематичних характеристик привода, які дозволяють використовувати їх в подальших дослідженнях розчинонасоса. Силове дослідження важільного привода дозволяє оцінити зусилля в кінематичних парах та, як наслідок розрахувати деталі на міцність.
4. Проведено експериментальні дослідження розчинонасоса з важільним приводом. Отримано підтвердження характеристик розчинонасоса
5. Запропоновано проектні рішення для розчинонасосів даного типу.

				ГММ.602-ММв.023-00.00.000 ПЗ		
№ Лист	№ докум.	Підп.	Дат	Літ.	Лист	Листів
розроб.	Братешко			Н	50	
перев.	Васильєв		24.08	ВИСНОВКИ Національний університет імені Юрія Кондратюка, ННІТР, 2024 р.		
н. контр.	Васильєв		24.08			
дата.	Орисенко		24.08			

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Гайдамака А. В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків : навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей усіх форм навчання / А. В. Гайдамака. – Харків : НТУ «ХПІ», 2020. – 275 с.
- 2 Жигулін О. А., Махмудов І. І., Жигуліна Н. О. Підйомно-транспортні машини: Навчальний посібник. Ніжин, 2020. 150 с.
- 3 Онищенко О.Г. Будівельна техніка: Навч. посібник. — Полтава: ПДТУ, 2000. - 207с.
- 4 Сукач М.К. Будівельні машини і обладнання: підручник. К.: Видавництво Ліра-К, 2016. 390 с.
- 5 Лівінський О.М., Пшінко О.М., Савицький М.В., Курок О.І., Єсипенко А.Д., Бабиченко В.Я., Коваленко В.М. Пелевін Л.Є., Смірнов В.М., Волянчук В.О. Будівельні машини та обладнання. Підручник.-К.: Українська академія наук; «МП Леся», 2015,—612с.
- 6 Будівельні і меліоративні машини / В. Л. Баладінський, В. С. Зінь, С. В. Кравець та ін. – Рівне: РДТУ, 1998. –404 с.
- 7 Емельянова И.А. Многоцелевые двухпоршневые растворобетононасосы для работы в условиях строительной площадки / Емельянова И.А., Меленцов Н.А., Непорожнев А.С. // Международный журнал “ Мир техники и технологий” -Харьковск. обл, г. Чугуев: Редакция МТТ, 2013 – С.32-34.
- 8 Будівельна техніка: підручник. – 2-ге вид., перероб. і доп. / О.Г. Онищенко, В.О. Онищенко, С.Л. Литвиненко, Б.О. Коробко / За ред. В.О. Онищенка та С.Л. Литвиненка. - К. : Кондор-Видавництво, 2017. – 424 с. Баранов А.Н. Теоретические основы рабочих процессов машин набрызга строительных смесей: дис. доктора технич. наук: 05.05.02 / Баранов Андрей Николаевич.- Харьков, 2000 -318 с.

ГММ.602-ММв.023-00.00.000 ПЗ

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ		
Розроб.		Братешко			Літ.	Лист	Листів
Перев.		Васильєв	<i>[Signature]</i>	24.08	№	51	
Н. контр.		Васильєв	<i>[Signature]</i>	24.08	Національний університет імені Юрія Кондратюка, ННІТР, 2024 р.		
Зам.		Орисенко	<i>[Signature]</i>	24.08			

- 9 Назаренко І. І. Машини для виробництва будівельних матеріалів: Підручник. – К.: КНУБА, 1999. – 488 с.
- 10 Сівко В. Й. Механічне устаткування підприємств будівельних виробів: Підручник. – К.: ІСДО, 1994. – 360 с.
- 11 Баладінський В. Л., Назаренко І. І., Онищенко О. Г. Будівельна техніка: Підручник. – Київ-Полтава: КНУБА - ПНТУ, 2002. – 463 с., іл.
- 12 Яцун, М.А. Електричні машини: навч. посібник/ М.А.Яцун. Видавництво Національного університету „Львівська політехніка”, 2004. – 400 с.
- 13 Виробництво залізобетонних конструкцій і виробів: довідник / Н. О. Амеліна, В. П. Азутов, О. Ю. Бердник та ін.; під загальною редакцією В. І. Гоца. – Київ : Основа, 2019. – 464 с.
- 14 Механічні процеси і обладнання виробництва полімерних та будівельних матеріалів і виробів. Підготовка сировинних матеріалів і устаткування для змішування та формування [Електронний ресурс]: навч. посіб. для підготовки студентів, які навчаються за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: В. Ю. Щербина, В. І. Сівецький, О.В. Гондляр; – Електронні текстові дані (1 файл: 18,7 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 131 с.
- 15 Назаренко І. І., Туманська О. В. Машини і устаткування підприємств будівельних матеріалів: Підручник. К.: Вища шк., 2004. 590 с.
- 16 Сівко В. И., Поляченко В. А. Обладнання підприємств промисловості будівельних матеріалів і виробів: Підручник. К.: ТОВ «АВЕГА», 2004. 280 с.
- 17 Взаємозамінність, стандартизація, технічні вимірювання та сертифікація транспорт-них засобів / В.В. Малишев, В.А. Косенко, С.В. Кадомський . - К.: Університет "Україна", 2017. - 292 с.
- 18 Основи взаємозамінності, стандартизації та технічних вимірювань / А.О. Железна, В.А. Кирилович . - К.: Кондор, 2009. - 796 с.
- 19 Деталі машин: Навчальний посібник/Мерхель І.І.–К.:Альтера, 2005.– 368с.

- 20 Власенко М. В. Технологія ремонту будівельних та дорожніх машин. – К.: Кіровоград, 2000. – 288 с.
- 21 Онищенко О. Г., Васильєв А. В., Коробко Б. О. Визначення реологічних характеристик розчинів, перекачуваних розчинонасосами // Зб. наук. праць (галузеве машинобудування, будівництво) / ПДТУ. – Вип. 6. – Полтава: ПДТУ, 2000. – С. 6-11.
- 22 ДСТУ Б В.2.7-137:2008 Будівельні матеріали.
- 23 <http://www.putzmeister.ua/catalog/39/40/m740dh/>
- 24 <http://www.putzmeister.ua/catalog/39/40/m760dh/>
- 25 <http://www.stroy-fasad.ua/catalog/rastvoronasos.php>
- 26 <http://mashkomplekt.com/catalogue/popump-rf/>
- 27 <http://www.mpssm.ua/fmtec11ssb02.php>
- 28 <http://nalimpex.ua/oborudovanie/building/torkret/150-aliva-263>
- 29 http://budmash.ua/oborudovanie_dlja_transportirovki_rastvora/
- 30 <http://www.crantal.ua/rnp.php/>
- 31 <http://masterstroy.net/flotti.php>
- 32 <https://probud.in.ua/tehnologiya-virobnitstva-pinobetonu-retsept-otrimannya-yakisnogo-produktu.html>
- 33 <http://penoblok.com.ua/catalog/smesiteli-do-500-l/>
- 34 <https://uk.blog-oremonte.ua/budivnitstvo/pinobetonozmishuvach-turbulentnii-pristrii-dlia-zmishuvannia.html>
- 35 <https://www.ibeton.ua/product/smesiteli-penobetona/kavitatsionnye/>
- 36 <http://ntb.org.ua/ntb/machinery/building/pbeton/sb350/>

**Дослідження робочих процесів
розчинонасоса з важільним приводом**

Презентаційні матеріали

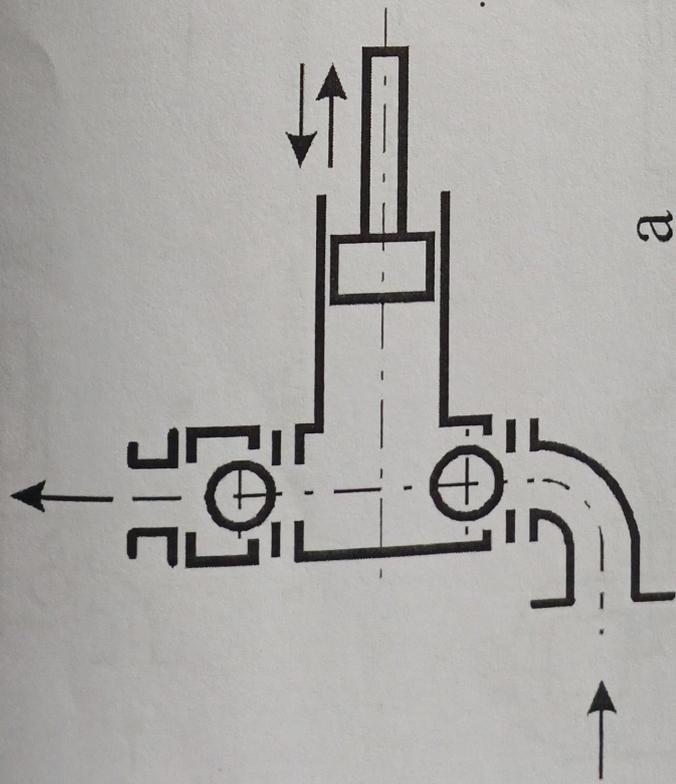
ГММ.602-ММв.023-00.00.000ПМ

Дослідження робочих процесів розчинонасоса з важільним приводом

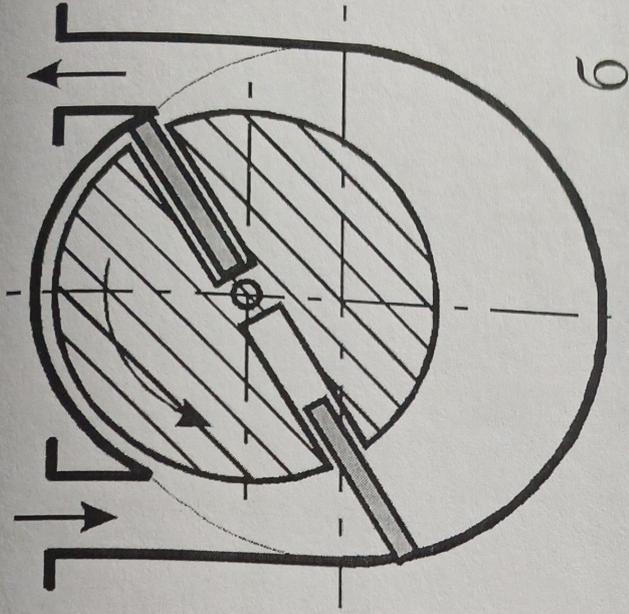
Кваліфікаційна робота магістра

Розробив студент групи 602-ММВ
В.М. Братешко

Керівник к.т.н., доц.
О.С. Васильєв

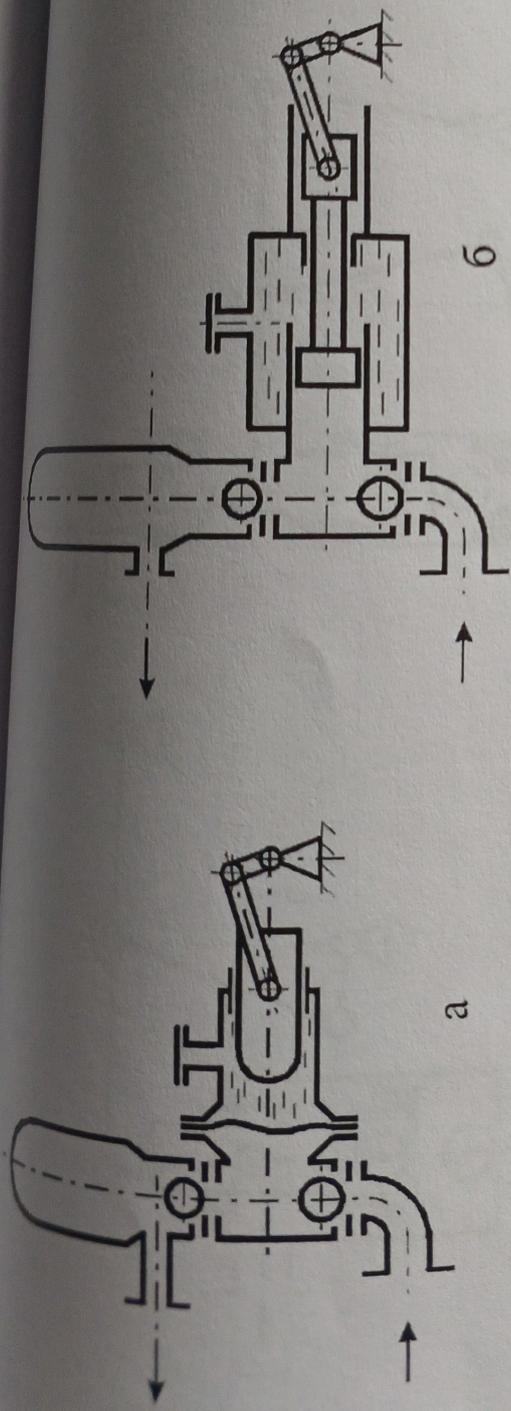


а



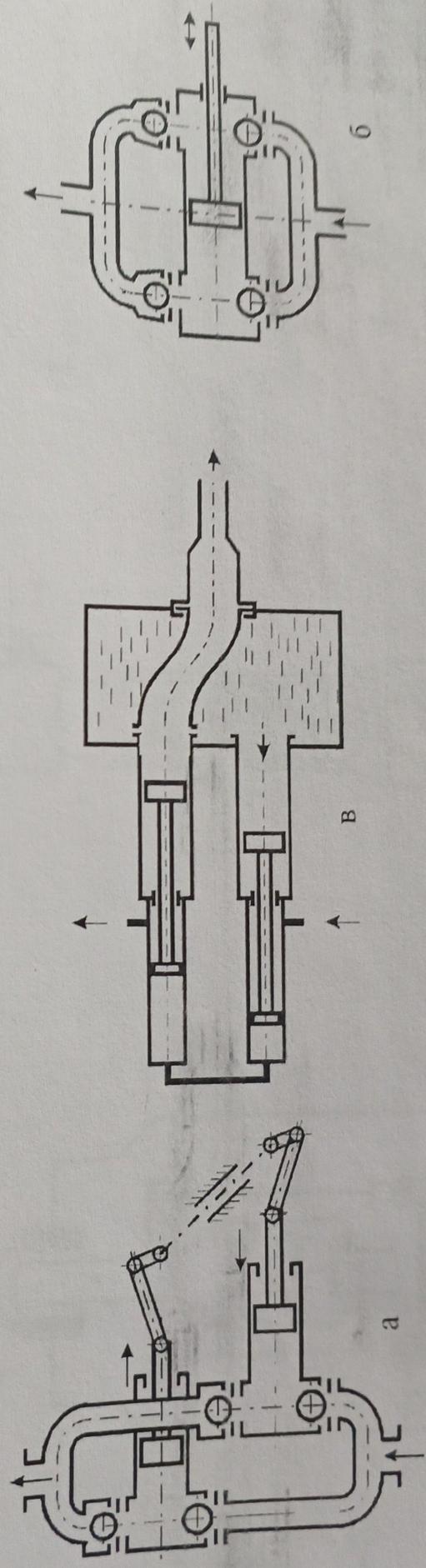
б

а – поршневого; б – ротаційного
 Рисунок 1 – Принципова схема насосів об'ємної дії:

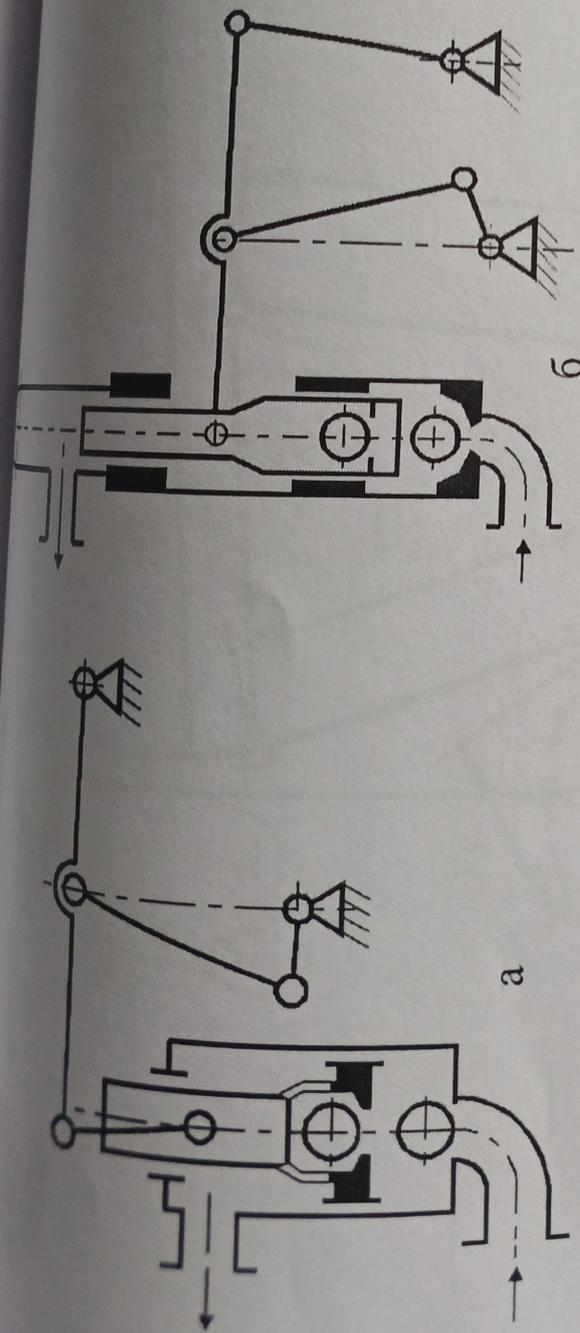


а – діафрагмовий, б – поршневий із безпосереднім впливом на перекачувань середовище

Рисунок 2 – Розчинонасоси одинарної дії



а – GUNI 48 (Turbosol); б – PT-60 (ZREMB); в – KSP-5 (Schwing Gmb)
Рисунок 3 – Конструктивні схеми розчинонасосів двократної дії

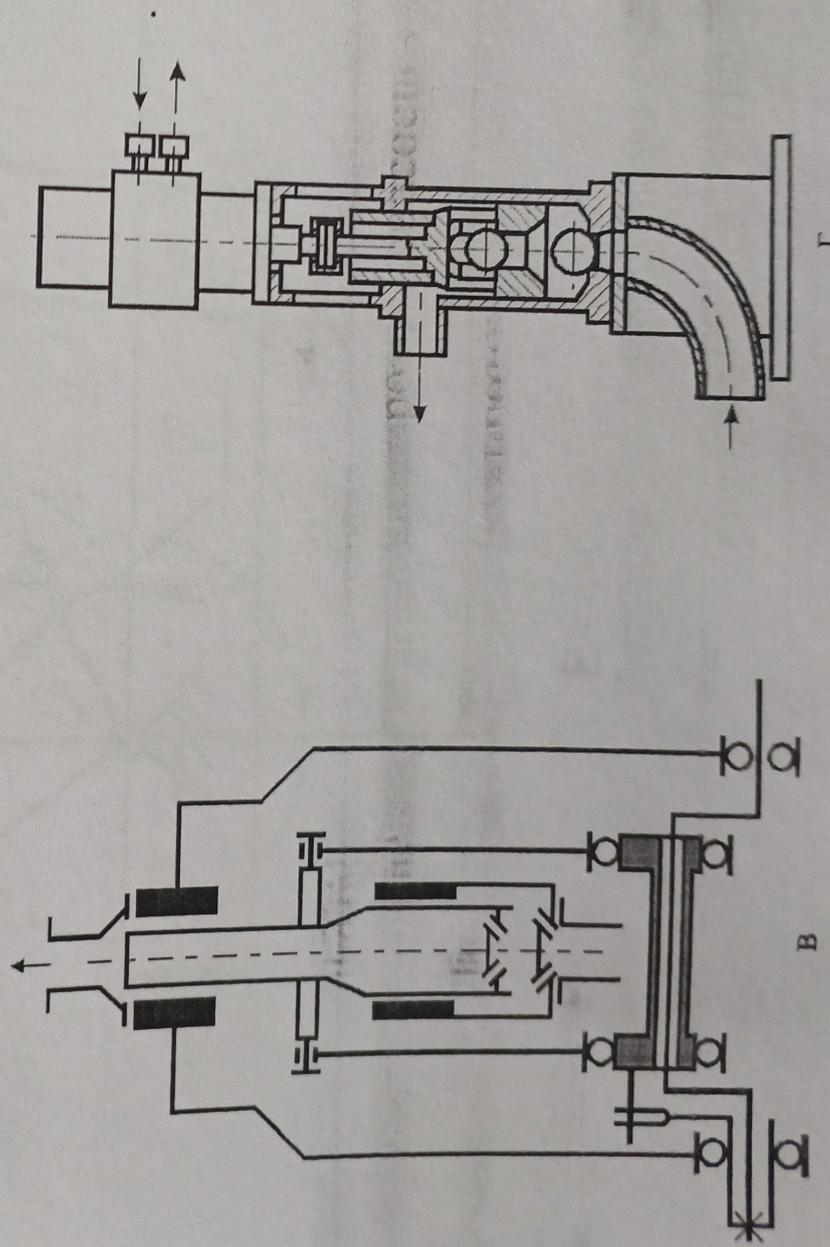


а – РН-2-4; б – РН-2-4А; в

– РН-6; г – РНГ-6

Рисунок 4 –

Конструктивні схеми
диференціальних
розчинонасосів з
проточним робочим
органом



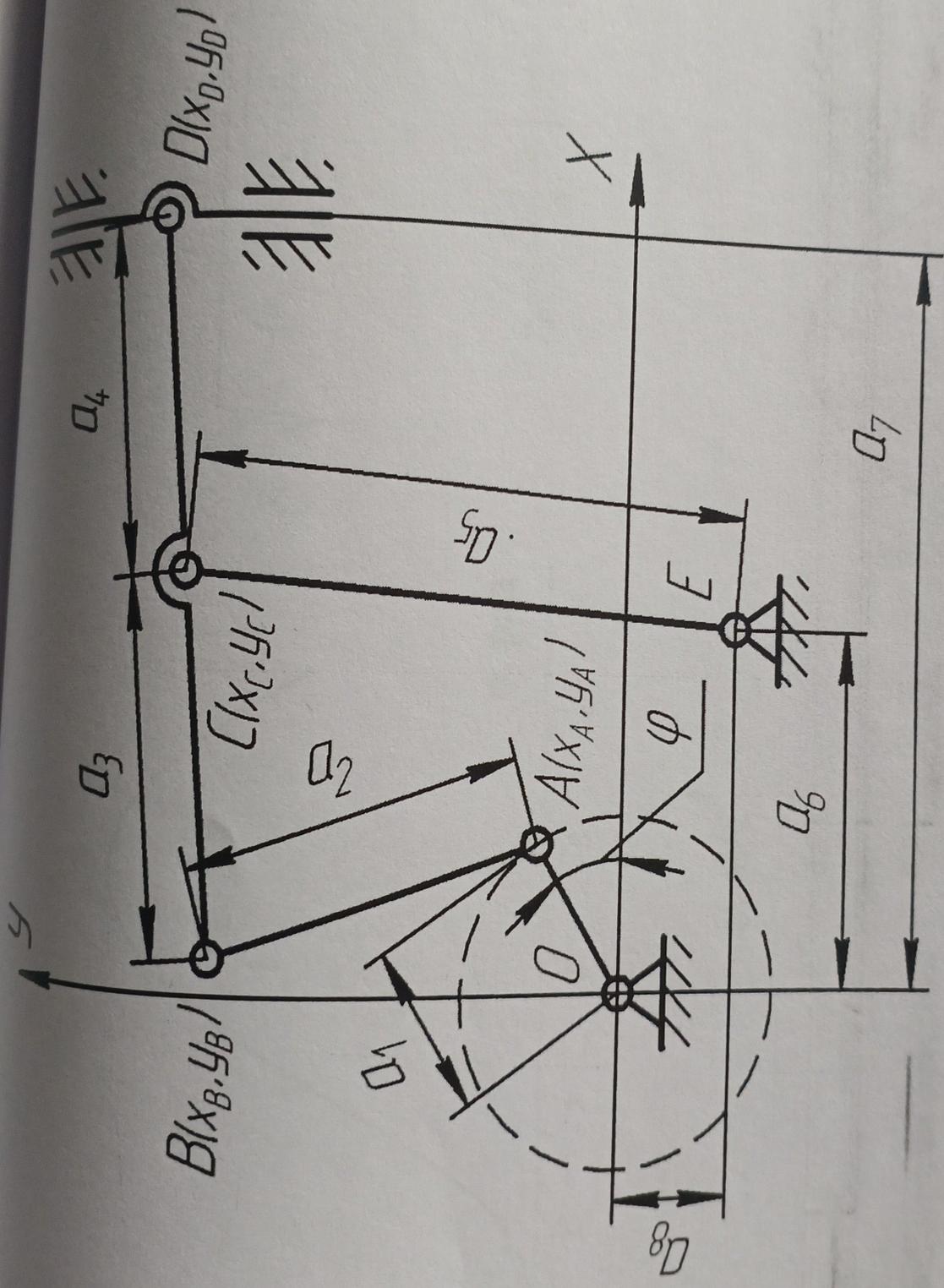


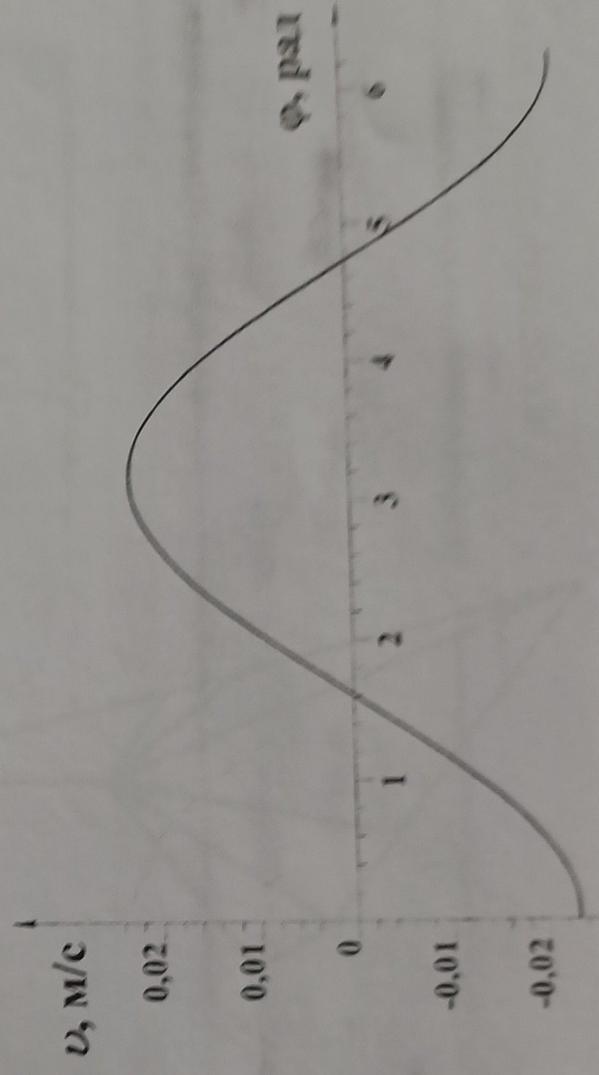
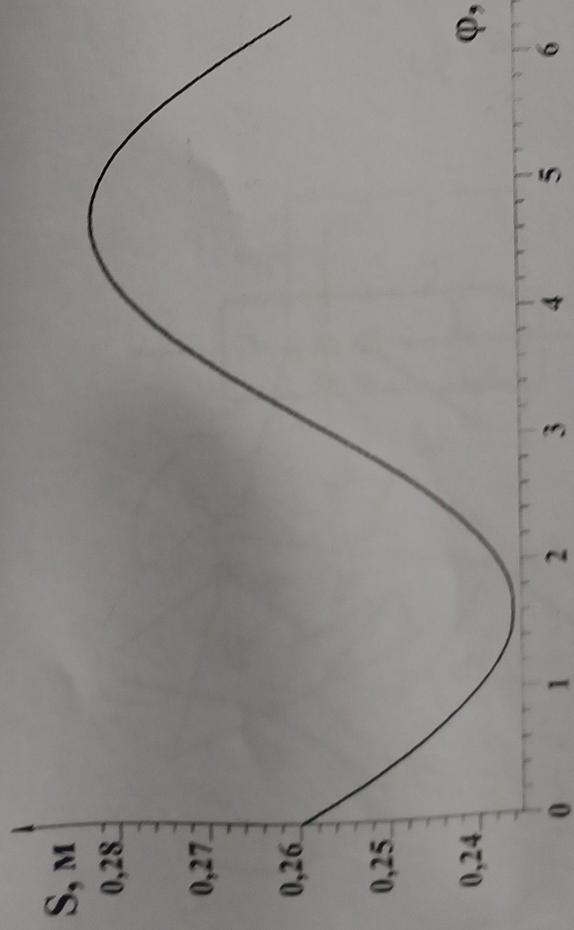
Рисунок 5 – Розрахункова схема розчинонососа РНП 2-4

$$y_B = \sqrt{a_2^2 - (a_1 - \frac{a_4 + a_3}{a_5} \sqrt{a_3^2 - (y_C - y_B)^2} - a_1 \cdot \cos \varphi)^2} + a_1 \cdot \sin \varphi$$

(плунжера).

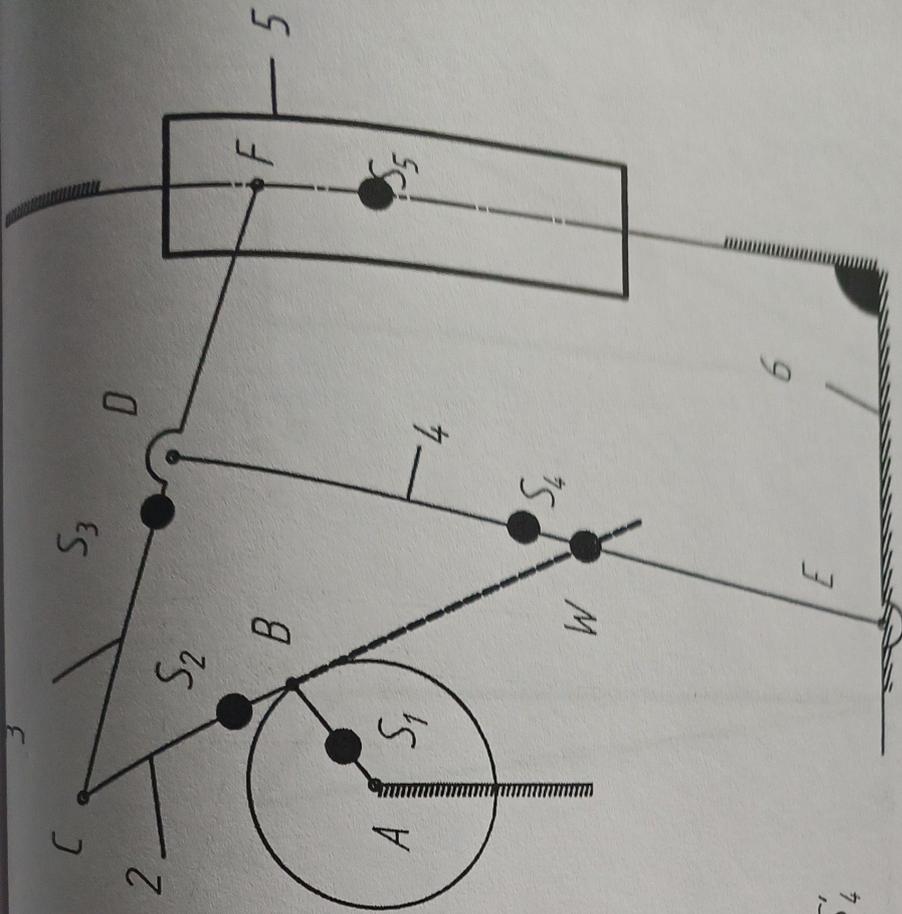
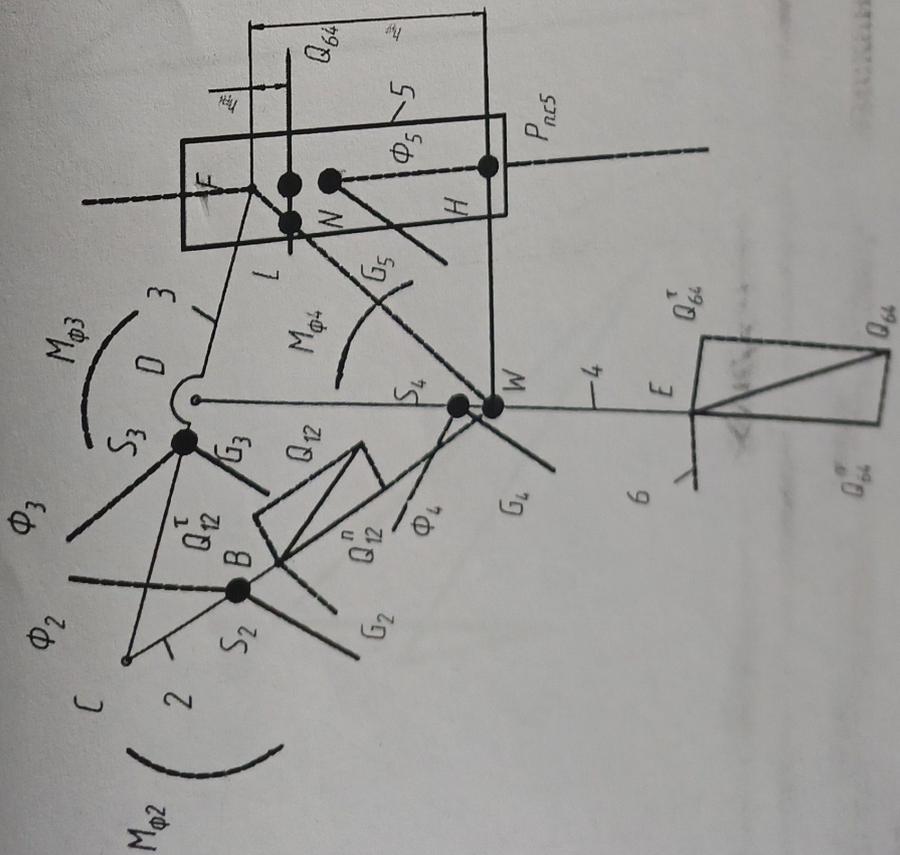
$$y_C = \sqrt{a_3^2 - (a_1 - \frac{a_4}{a_5} \sqrt{a_3^2 - (y_C - y_B)^2} - a_1)^2} - a_3$$

$$y_D = \left(\frac{a_5 + a_4}{a_5} \right) \cdot y_C - \left(\frac{a_4}{a_5} \right) \cdot y_B$$



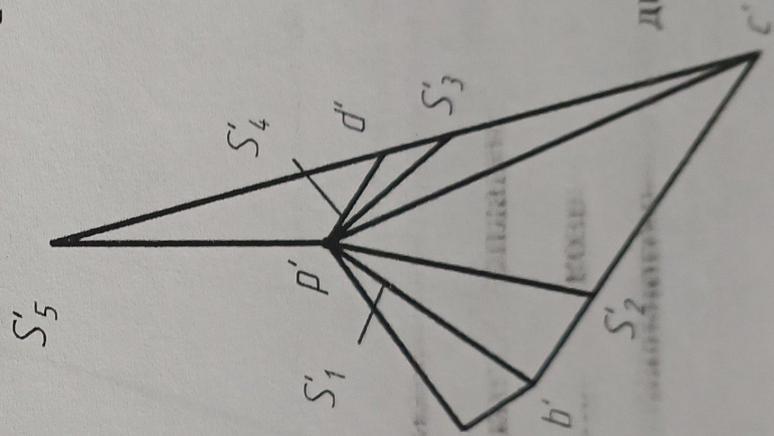
а – переміщення;
 б – швидкості
 Рисунок 6 – Діаграми руху
 (плунжера).

Рисунок 7 – Груша Асура з прикладеними силами



а – кінематична схема механізму; б – план прискорень

Рисунок 8 – Розрахункова схема диференціального розчиноноса з проточним плунжером



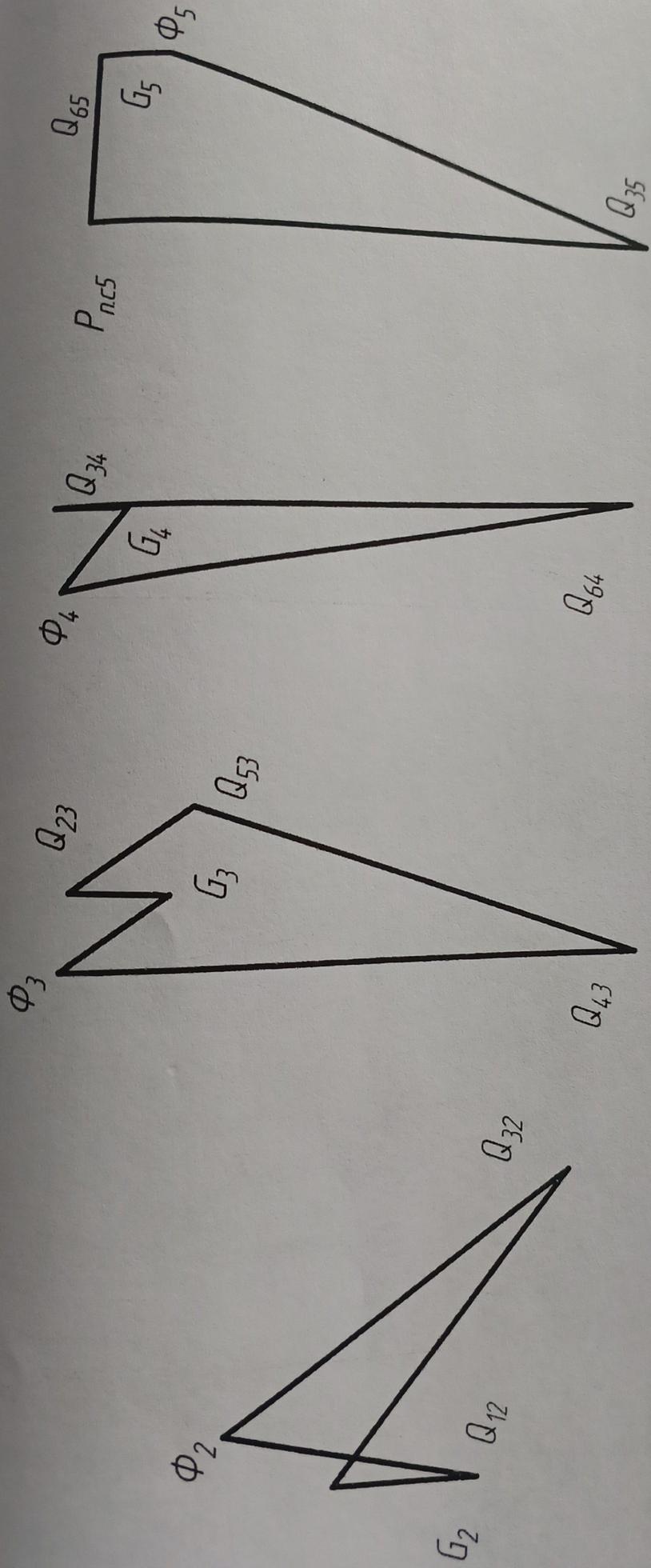
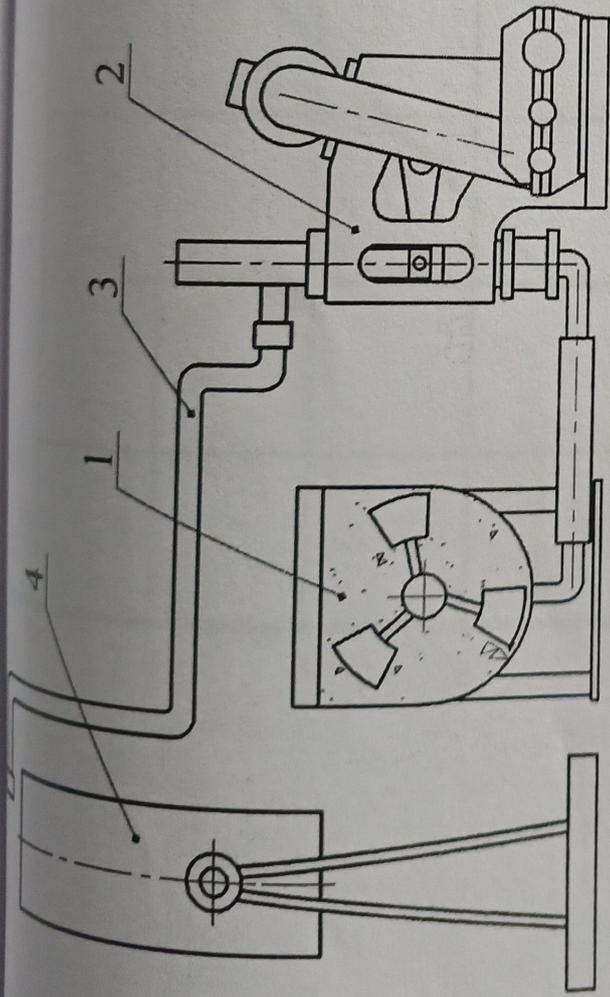


Рисунок 9 – Плани сил ланок



- 1 – механічна змішувальна установка шнекового типу;
- 2 – розчинонасос РНП 2-4, об'ємний ККД якого визначається;
- 3 – розчинопровід для

транспортування розчину;

- 4 – мірна ємність

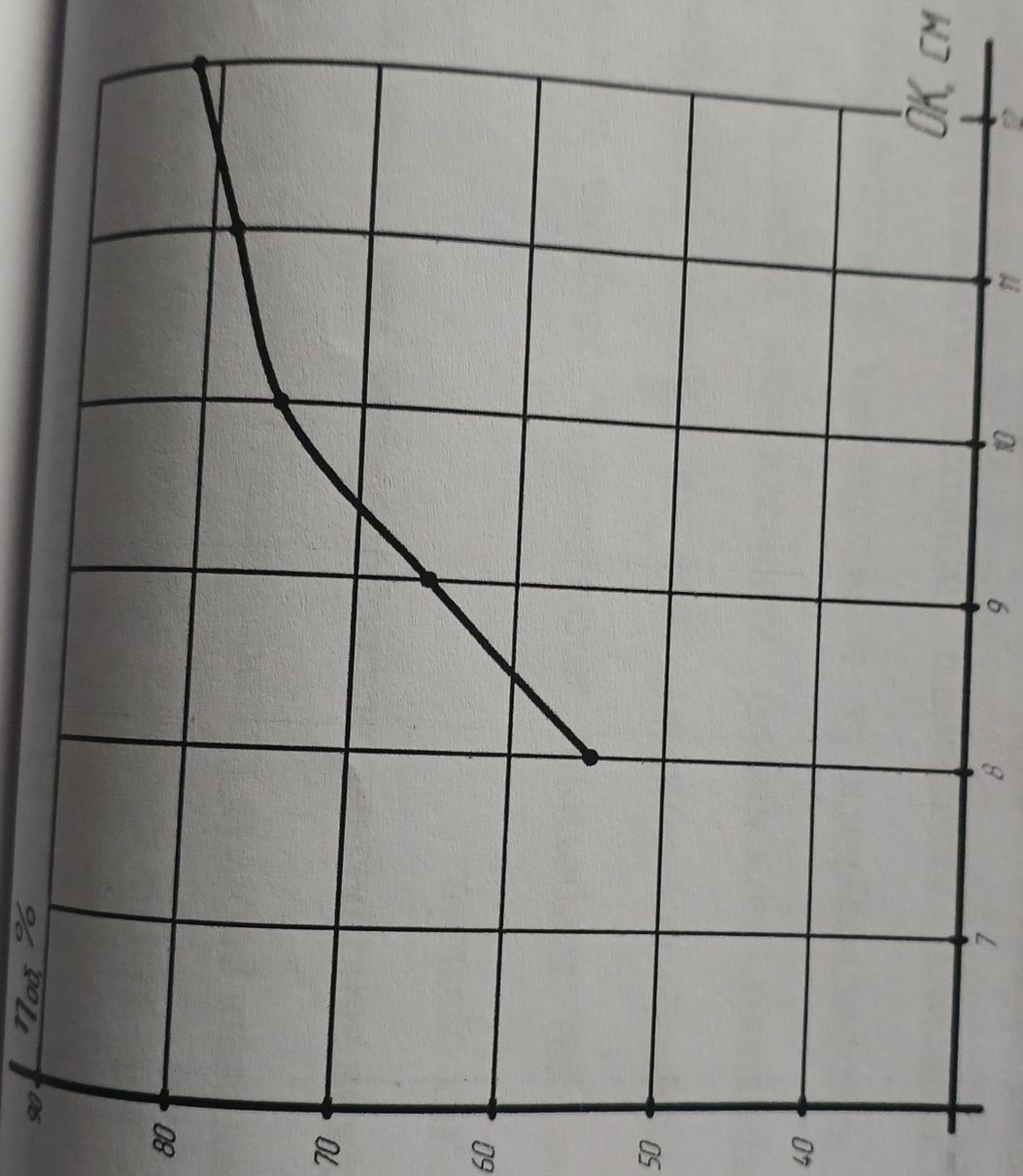
• Рисунок 10 – Схема

експериментальної установки: а –

конструктивна схема; б –

загальний вигляд:





• Рисунок 11 – Діаграма залежності об'ємного ККД розчиннонасоса з проточним плунжером від рухомості розчину

ВИСНОВКИ

- 1. Проведено аналіз діючого обладнання для транспортування будівельних сумішей, виконання робіт із застосуванням розчинних розчинних будівельних сумішей.
- 2. Запропоновано розчинонасос, особливу увагу приділивши проектуванню привода робочих органів.
- 3. Проведено теоретичні дослідження, зокрема вивести механізм для проведення розрахунків кінематичних та силових характеристик важільного привода. Отримано залежності кінематичних характеристик привода, які дозволяють використовувати їх в подальших дослідженнях розчинонасоса. Силове дослідження важільного привода дозволяє оцінити зусилля в кінематичних парах та, як наслідок розрахувати деталі на міцність.
- 4. Проведено експериментальні дослідження розчинонасоса з важільним приводом. Отримано підтвердження характеристик розчинонасоса
- 5. Запропоновано проектні рішення для розчинонасосів даного типу.