

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
*кафедра процесів, обладнання та енергетичного менеджменту*



**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

на тему: Модернізація насосу для розливної машини

Здобувача Козирєва В.В.

IV курсу Групи ПМ-40а

Керівник: професор Ватренко О. В.

**Кваліфікаційна робота допускається до захисту**

Рішення кафедри від \_\_\_\_\_ 2023 р., протокол № \_\_\_\_.

Завідувач(ка) кафедри ПО та ЕМ \_\_\_\_\_ Олег Бурдо

# ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: «Низькотемпературної техніки та інженерної механіки»

Кафедра: «Процесів, обладнання та енергетичного менеджменту»

Ступінь вищої освіти: «бакалавр»

Спеціальність: 131 «Прикладна механіка»

Освітня програма: «Інженерна механіка»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Зав. кафедри

«    » . \_\_\_\_\_ р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Козирєва Вадима Володимировича

1. Тема роботи: «Модернізація насосу для розливної машини»

Затверджена наказом ОНТУ від 28.02.2023 р. наказ № 92-03

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 10.06.2023 р.

3. Вихідні дані роботи: продукт: сік томатний з м'якоттю,  
продуктивність  $M = 1,3 \text{ дм}^3/\text{с}$ .

4. Перелік питань, які потрібно розробити:

опис технологічного процесу;

критичний огляд літератури, патентних матеріалів;

технічне завдання;

розрахунки: технологічний, кінематичний, силовий, розрахунок на міцність;  
охорона праці.

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

6 аркушів А1:

1. Загальний вигляд.

2. Загальний вигляд лист 2.

3. Кривошипно-шатунний механізм, 3листа.

4. Лист деталювання.

Специфікації до відповідних креслень.

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх

Розділи	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Розділ 1-4	Проф. Ватренко О.В.		.
Розділ 5	Доц. Всеволодов О.М.		

7. Дата видачі завдання: 20.02.2023 р.

Керівник \_\_\_\_\_ Ватренко О.В.

Завдання прийняв

до виконання \_\_\_\_\_ Козирев В.В.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Збір матеріалів до проекту. Реферат та вступ. Загальний вигляд насосу	з 20.02.23 р. до 15.03.2023 р.	
2.	Опис технологічного процесу. Загальний вигляд 2-й лист. Кривошипно-шатунний механізм, 1-й лист.	з 15.03.23 р. до 20.04.23 р.	
3.	Критичний огляд літератури та патентний пошук. Кривошипно-шатунний механізм, 2 та 3-й листи	з 20.04.23 р. до 10.05.23р.	
4.	Технічне завдання, технологічний розрахунок. Деталювання	з 20.04.23 р. до 10.05.23 р.	
5.	Завершення розрахунків. Специфікації	з 10.05.23 р. до 30.05.23 р.	
6.	Оформлення роботи та рецензування	з 30.05.23 р. до 10.06.23 р.	

Здобувач-дипломник \_\_\_\_\_ Козирев В.В.

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Ватренко О.В.

*Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.*

*Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.*

Здобувач-дипломник \_\_\_\_\_ Козирев В.В.

## Зміст

Вступ.....	3
Реферат.....	4
1. Технологічний процес, вимоги до сировини, тари і готової продукції.....	5
1.1. Опис технологічного процесу.....	6
1.2. Машинне оформлення технологічного процесу.....	7
2. Критичний огляд літератури, патентних матеріалів і авторських свідоцтв.....	9
3. Технічне завдання.....	24
4. Технічний проект.....	34
4.1. Технологічний розрахунок.....	34
4.2. Кінематичний розрахунок.....	35
4.3. Силевий розрахунок.....	36
4.4. Розрахунки на міцність.....	37
5. Охорона праці.....	44
Література.....	52
Додатки.....	.....

					<i>А9-КФК 00.00.000 ПЗ</i>				
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>					
<i>Розроб.</i>	<i>Козирєв</i>				<i>Модернізація насосу для розливної машини</i>		<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Вотренко</i>						2	52	
<i>Н. Контр.</i>					<i>КРБ.ПОтаЕМ.1.463.03.2.1</i>				
<i>Затверд.</i>	<i>Бурдо</i>								

## Вступ

Насоси застосовуються у виробництві майже усіх видів харчових продуктів, особливо рідких (соки, вина, молочні продукти, напої). Механізація виробничих процесів пов'язана із застосуванням насосів для транспортування харчових продуктів у межах виробничого приміщення і на навантажувально-розвантажувальних майданчиках для перекачування продуктів з одного резервуару в інший, або для пересування продуктів через апарати в технологічних лініях їх переробки.

Розвиток харчової промисловості - збільшення випуску харчової продукції, автоматизація виробничих процесів - вимагає широкого застосування різних типів насосів. Вибір насоса, залежно від якості продукту і особливостей технологічного процесу, має велике значення для полегшення необхідних умов виробництва різних харчових продуктів.

Нерідко в процесі експлуатації насоси працюють в режимах, відмінних від технічних паспортних характеристик. У цих та інших випадках вимагається визначити продуктивність, натиск і інші параметри насосів.

Насос для перекачування густих мас марки А9-КФК продуктивністю 1,3 дм<sup>3</sup>/с призначений для перекачування густих мас (томатного соку, дитячого пюре і т. п.).

Стабільність роботи і задана продуктивність насоса досягається за рахунок: рівномірності завантаження насоса рідиною, відповідної якості, використання в умовах експлуатації тих насосів, що відповідають кліматичній умові УХЛ категорії розміщена А по ГОСТ 15150-89.

Область використання - підприємства консервної промисловості і цехи малої потужності по виробництву соків.

					<i>А9-КФК 00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Реферат

Насос для перекачування густих мас марки А9-КФК продуктивністю 1,3 дм<sup>3</sup>/с призначений для перекачування густих мас (томатного соку, дитячого пюре і т. п.).

Сталість роботи і задана продуктивність насоса досягається за рахунок: рівномірності завантаження насоса рідиною, що відповідає якості рідини, використання в умовах експлуатації що відповідають кліматичним умовам УХЛ категорії розміщення А по ГОСТ 15150-99

Область використання - підприємства консервної промисловості і цехи малої потужності з виробництва соку.

					<i>А9-КФК 00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						4
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

# 1. Технологічний процес, вимоги до сировини, тари і готової продукції

Насоси - це гідравлічні машини, призначені для переміщення рідин і наданні їм енергії. При роботі насоса механічна енергія електродвигуна, з урахуванням витрат, перетворюється на потенційну і кінетичну енергію потоку рідини.

Насоси переміщують рідину по трубопроводах, перекачують рідину з однієї місткості в іншу, у межах цеху або підприємства, нагнітають рідину під тиском апарату.

До насосів, вживаних в харчовій промисловості, пред'являють наступні вимоги:

- деталі насоса, які контактують з продуктом, мають бути виготовлені з інертних до харчових продуктів матеріалів;

- конструкція насосів повинна передбачати мінімальну механічну дію на перекачуваний продукт; рівномірну подачу; зручні і легкі приєднання до трубопроводів, гладкі внутрішні поверхні, легке і швидке розбирання і складання, мінімальні габарити і масу;

- виконання гігієнічних норм з сучасними умовами технічної естетики;

- установка насоса на підлозі приміщення має бути простою і зручною для швидкого переміщення насоса.

У кожній сфері описані тільки ті різновиди кожного типу насоса, які найширше застосовуються в ній. У масло - жировий і спиртових сферах харчової промисловості насоси не отримали широкого застосування для технічних цілей. Разом з вітчизняними насосами застосовуються і насоси зарубіжного виробництва.

					A9-KФK 00.00.000 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.1. Опис технологічного процесу

Процесу перекачування рідини в гідромеханіці часто надають ширший сенс, ніж це прийнято. У поняття «рідина» входять усі речовини, для яких властива плинність, здатність змінювати свою форму під дією незначних сил. Таким чином, в це поняття включають як самі рідини, що називаються краплинними, так і гази. Перші відрізняються тим, що під дією сил поверхневого натягнення набувають сферичної форми, а у великому обсязі - утворюють вільну поверхню розділення газів. Важливою особливістю краплинних рідин є те, що вони дуже мало змінюють свій об'єм при зміні тиску, вважаючи при цьому їх не стискуваними.

У сучасних конструкціях машин усе більш широке застосування отримують гідропередачі (гідроприводи) і гідроавтомати. Гідропередачі є пристроями для передачі механічної енергії і перетворення руху за допомогою рідини. В порівнянні з передачами інших типів гідропередачі мають наступні переваги:

- простота перетворення обертального руху в поступальний ;
- можливість плавної і швидкої зміни взаєморозташування ведучого та веденого валів.

					<i>A9-KΦK 00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6



покращення віджиму соку в шнековому екстракторі 13. Лінія забезпечена резервним екстрактором для можливості беззупинної роботи.

Екстрактори розташовані на естакаді, тому віджятий сік самоплином надходить у збірник 8 під естакадою. Збірник має поплавковий сигналізатор рівня. Сік зі збірника 8 перекачується насосом у здвоєний вакуум-підігрівач 9 з вакуум-бачком 10, де нагрівається до температури 85-90°C, а з підігрівача – в збірник 5. При температурі нижче встановленої сік знову направляється через збірник 8 на повторний підігрів у вакуум-підігрівач 9.

При гарячому розливі в тару місткістю в бутилі І-82-3000 сік зі збірника 5 подається насосом в теплообмінник 6 для нагріву до температури 97-98°C.

Витрати пари в лінії 1600 кг/год, води 30 м<sup>3</sup>/год. Встановлена потужність 36 кВт.

					<i>A9-KФK 00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

## 2. Критичний огляд літератури, патентних матеріалів і авторських свідоцтв.

Харчові насоси - це особливий клас промислових насосів, призначених для перекачування харчових рідин, таких як питна вода, молоко, соки, соняшникова олія, пиво, вино, спирт та ін. Харчові насоси - необхідна складова багатьох виробництв. Харчові насоси представляють кондитерську, косметичну, консервну, молочну, виноробну промисловість та ін.

Харчові насоси можна розділити за типами: відцентрові, шестеренні, пластинчасті (шиберні), поршневі (плунжерні), роторні, мембранні, гвинтові (шнекові), перистальтичні, дозатори.

*Відцентровий насос* - насос, в якому рух продукту і необхідний натиск створюються за рахунок відцентрової сили, що виникає при впливі лопаток робочого колеса на продукт, що перекачується. Відцентрові насоси є найбільш універсальними насосами на сьогоднішньому ринку, рис. 2. Вони можуть використовуватися в численних аплікаціях, завдяки простим принципам роботи, компактності і надійному дизайну. Насосний ряд має широкий ряд застосувань - від перекачування води і до перекачування хімічних речовин.



Рис. 2. Відцентровий насос.

					A9-KФK 00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

*Шестеренні насоси.* Їх принцип дії полягає в використанні двох обертових шестерень, які виходять із зачеплення з боку отвору всмоктування насоса, в результаті чого утворюються порожнини, що змушують атмосферний тиск заштовхувати рідину в камеру насоса, рис. 3. Рідина транспортується в западинах між зубцями шестерень по обидва боки серповидного елемента до випускного отвору, де шестерні знову приходять в зачеплення, виштовхуючи рідину.

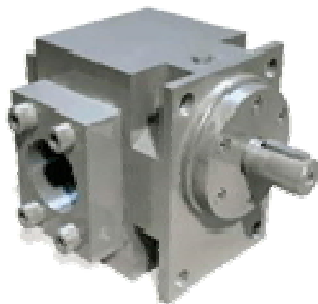


Рис. 3. Шестеренний насос.

*Пластинчастий (шиберний) насос.* Робочий орган пластинчастого (шиберного) насоса виконаний у вигляді ексцентрично розташованого ротора, що має поздовжні радіальні пази, в яких ковзають плоскі пластини (шибери), що притискаються до статора відцентровою силою, рис. 4. Так як ротор розташований ексцентрично, то при його обертанні пластини, перебуваючи безперервно в зіткненні зі стінкою корпусу, то входять в ротор, то висуваються з нього.



Рис. 4. Пластинчастий (шиберний) насос.

					<i>A9-KФK 00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

*Поршневі (плунжерні) насоси.* Принцип роботи поршневого насоса полягає в наступному. При русі поршня вправо в робочій камері насоса створюється розрідження, нижній клапан відкритий, а верхній клапан закритий, - відбувається всмоктування рідини, рис. 5. При русі в зворотному напрямку в робочій камері створюється надлишковий тиск, і вже відкрито верхній клапан, а нижній закритий, - відбувається нагнітання рідини.



Рис. 5. Поршневий насос.

*Роторні насоси.* Вони теж є насосами витискувального типу, проте захоплення і перекачування рідини забезпечуються обертальним, а не зворотно-поступальним рухом робочого органу, рис. 6. На відміну від відцентрових, в роторних насосах збільшення енергії рідини відбувається не за рахунок відцентрових сил.



Рис. 6. Роторний насос.

					<i>A9-KФK 00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

*Мембранний насос.* Об'ємний насос, робочий орган якого - гнучка пластина (діафрагми, мембрани), закріплена по краях; пластина згинається під дією важільного механізму (механічний привід) або в результаті зміни тиску повітря (пневматичний привід) або рідини, виконуючи функцію, еквівалентну функції поршня в поршневому насосі, рис.7. Стиснене повітря, що проникає за одну з мембран, змушує її стискатися і просувати рідину в отвір виходу. В цей час друга мембрана навпаки створює вакуум, всмоктуючи рідину. Після проходження імпульсу пневматичний коаксіальний обмінник змінює напрямок стисненого повітря за другу мембрану і процес повторюється з іншого боку.



Рис. 7. Мембранний насос.

*Перистальтичний насос.* Насос для перекачування рідин, які течуть по гнучким трубках, рис. 8. Принцип дії заснований на тому, що ролики передавлюють трубку з рідиною, і рухаючись вздовж трубки, проштовхують рідину вперед. Зазвичай складається з гнучкої трубки, декількох роликів, і поверхні (треку), до якої ролики притискають трубку. Зустрічаються конструкції і без опорної поверхні, в них трубка пережимается на роликах завдяки її натягу.

					<i>A9-KФK 00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

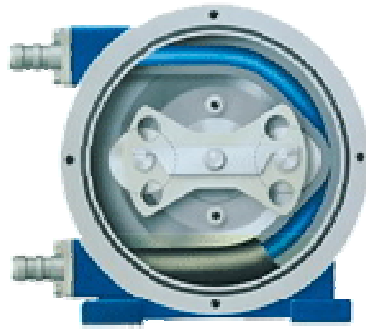


Рис. 8. Перистальтичний насос.

*Гвинтовий насос (шнековий насос.)* Насос, в якому рух продукту, що перекачується і необхідний напір створюються за рахунок витіснення продукту гвинтовим металевим ротором, що обертається усередині еластичного статора, рис 9.



Рис. 9. Гвинтовий насос.

*Насоси дозатори.* Мають багато типорозмірів і широко використовуються для дозування реагентів. Робота насосного агрегату складається з чергування процесів всмоктування і нагнітання, які реалізуються в гідроциліндрі насоса при зворотно-поступальному напрямку руху робочого органу - поршня або плунжера.

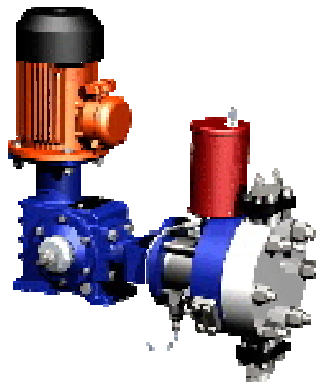


Рис. 10. Насос дозатор.



повороту плунжера виконаний у вигляді встановленої між штоком і плунжером механізму вільного ходу, внутрішня обойма якого пов'язана з плунжером; зовнішня обойма забезпечена повзуном, а гвинтовий паз вбудований в корпусі для взаємодії з повзуном.

Формула винаходу.

Насос, що має корпус з розміщеним в нім штоком, плунжером і пристосуванням для повороту плунжера навколо своєї осі в період його поступальної ходи, що включає гвинтовий паз, що відрізняється тим, що з метою підвищення довговічності насоса при роботі абразив утримуваними рідинами пристосування для повороту плунжера виконане у вигляді встановленого між штоком і плунжером обгінної муфти, внутрішня обойма якої жорстко пов'язана з плунжером, а зовнішня обойма забезпечена повзуном, гвинтовий паз, виконаний в корпусі для взаємодія з повзун.

Авторське свідоцтво № 641153.

Замовник: Спеціальне конструкторське бюро науково-виробничого об'єднання «Геотехніка».

Автор винаходу : В. В. Іванов, В. А. Разоренов, В. Н. Куковеров.

№ 2375592125-06

23.06.76 р.

Насос

					А9-КФК 00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Формула винаходу.

Насос, що містить розміщений в циліндрі ступінчастий плунжер, гідро-затвор і робоча камери, розділені за допомогою ущільнюючого елемента, перша з яких сполучена через закриваючий канал з джерелом ущільнюючого середовища, відрізняється тим, що з метою підвищення експлуатаційної надійності шляхом збільшення довговічності ущільнюючого елемента і примусового промивання камери гідро-затвора, насос додатково має гідро-канал тиску, вхід якого через зворотний клапан сполучений з камерою гідро-затвора, що управляє, а вихід з джерело ущільнюючий середовище, причому порожнина управління гідро-канал тиск сполучений з нагнітальний тракт насос.

Авторське свідоцтво №1590640 А2

Замовник: Азербайджанський науково-виробничий і проектно-конструкторський інститут нафтового машинобудування.

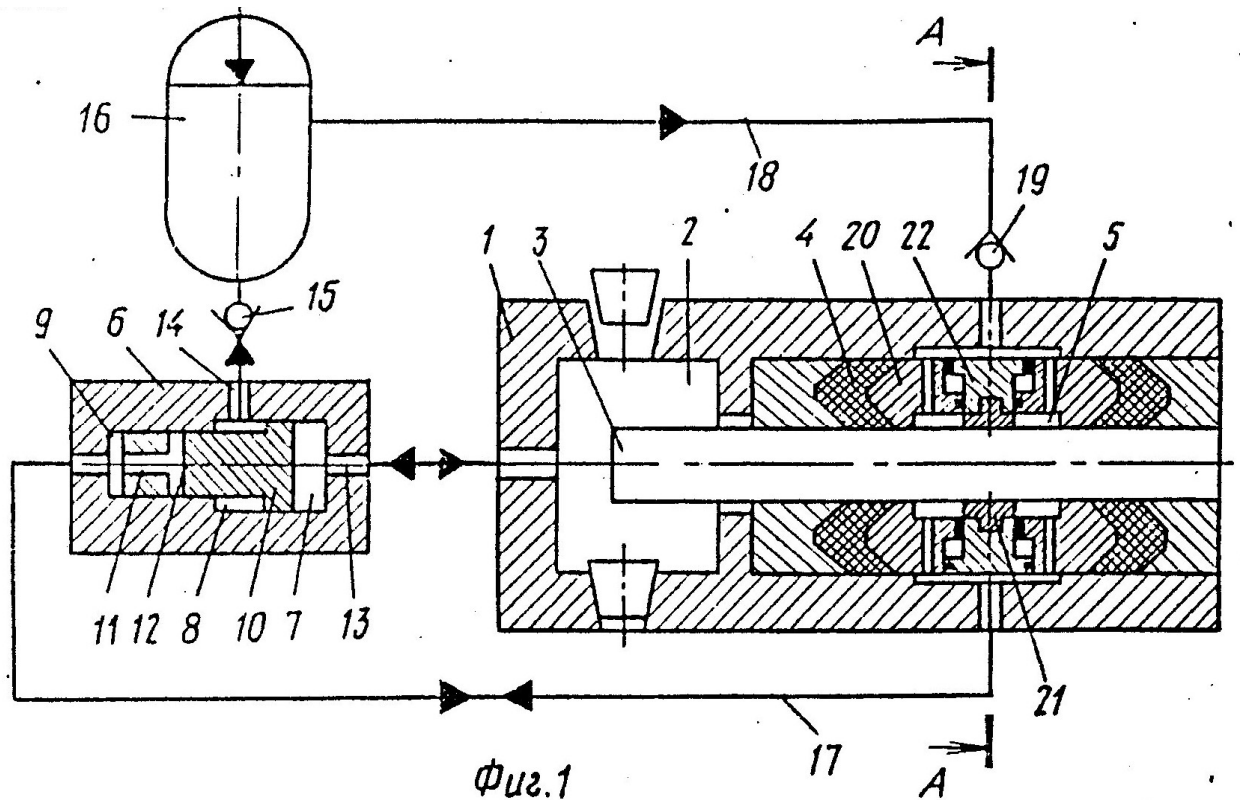
Автор винаходу : С. А. Мелкумян.

№ 4618360/25-29

14.11.88 р.

Плунжерний насос.

					<i>А9-КФК 00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Винахід відноситься до насос будування, може бути використане переважно в плунжерних насосах для перекачування абразив містких і агресивних рідин і є спрощеним відомого винаходу за авторським свідченням № 1312245. Мета винаходу - підвищення довговічності шляхом ефективного тепловідводу від зони тертя плунжерної пари.

Авторське свідоцтво №1346851.

Замовник: Український науково-виробничий і конструкторський інститут по розробках машин і устаткування для переробки пластмас, гуми і штучної шкіри.

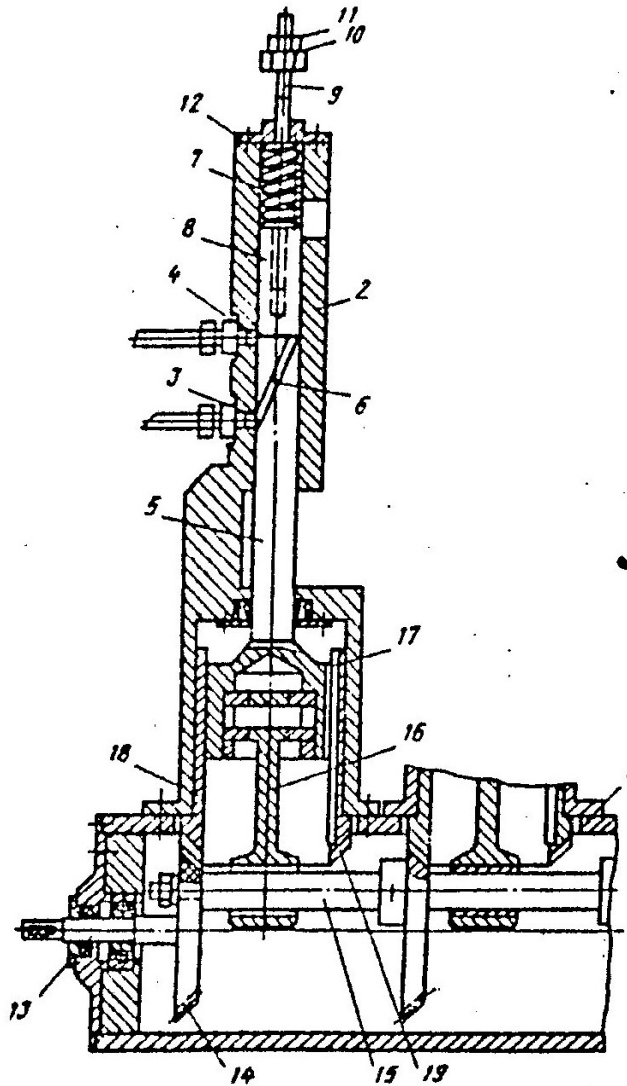
Автори винаходу : В. А. Вишнівський, Н. И. Амхзоренко, В. А. Димченко.

№ 3950400/25-06

06.09.85 р.

					А9-КФК 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

## Плунжерний насос.



Винахід дозволяє підвищити надійність насоса при роботі з рідинами, що мають високі адгезійні властивості і в'язкість.

Метою винаходу є підвищення надійності при роботі з рідинами, що мають високі адгезійні властивості і в'язкість.

Формула винаходу.

Плунжерний насос, що має корпус, робочий циліндр з клапанами підведення і відведення з утворенням робочої камери і можливістю зворотного поступального і обертального рухів за допомогою приводу плунжера, що має канал для періодичного сполучення робочої камери з

									Арк.
									19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

А9-КФК 00.00.000 ПЗ

каналами підведення і відведення циліндра і регулюючий пристрій для зміни об'ємного подання насоса, причому привід плунжера включає приводний вал з конічним зубчастим вінцем і ексцентрично розміщеною шийкою, пов'язаною з плунжером для забезпечення назад-поступальний рух і охоплює плунжер і пов'язаний з він для спільний обертання гільза з конічний зубчастий вінець, встановлений з можливість обертання і зчеплення його зубчастий вінець з конічний зубчастий вінець приводний вал і відрізняється те, що з метою підвищення надійність при робота з рідина, має високий адгезійний властивість і в'язкість, регулюючий пристрій виконаний у вигляді підпружинений золотник, встановлений в робочий камера циліндр з можливість контакт і спільний зворотно-поступальний рух з він. Канал плунжера для сполучення з каналами підведення і відведення, циліндр виконаний у вигляді паза на його зовнішній поверхні.

					<i>A9-КФК 00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

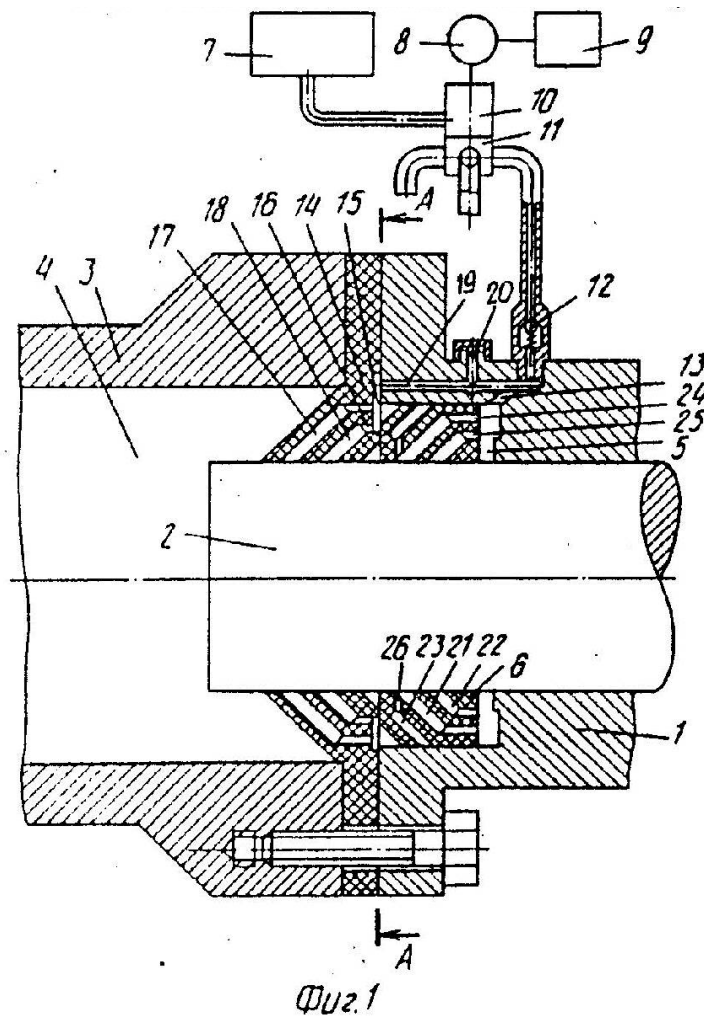
Замовник: Дніпропетровський хіміко-технологічний інститут імені Ф. Е. Дзержинського.

Автори винаходу : С. Д. Блонский, В. Е. Новіков, Л. Н. Тютюник, Н. Ф. Гетмоненко, А. М. Скоморощенко, С. В. Сутирин.

№ 4748056/29

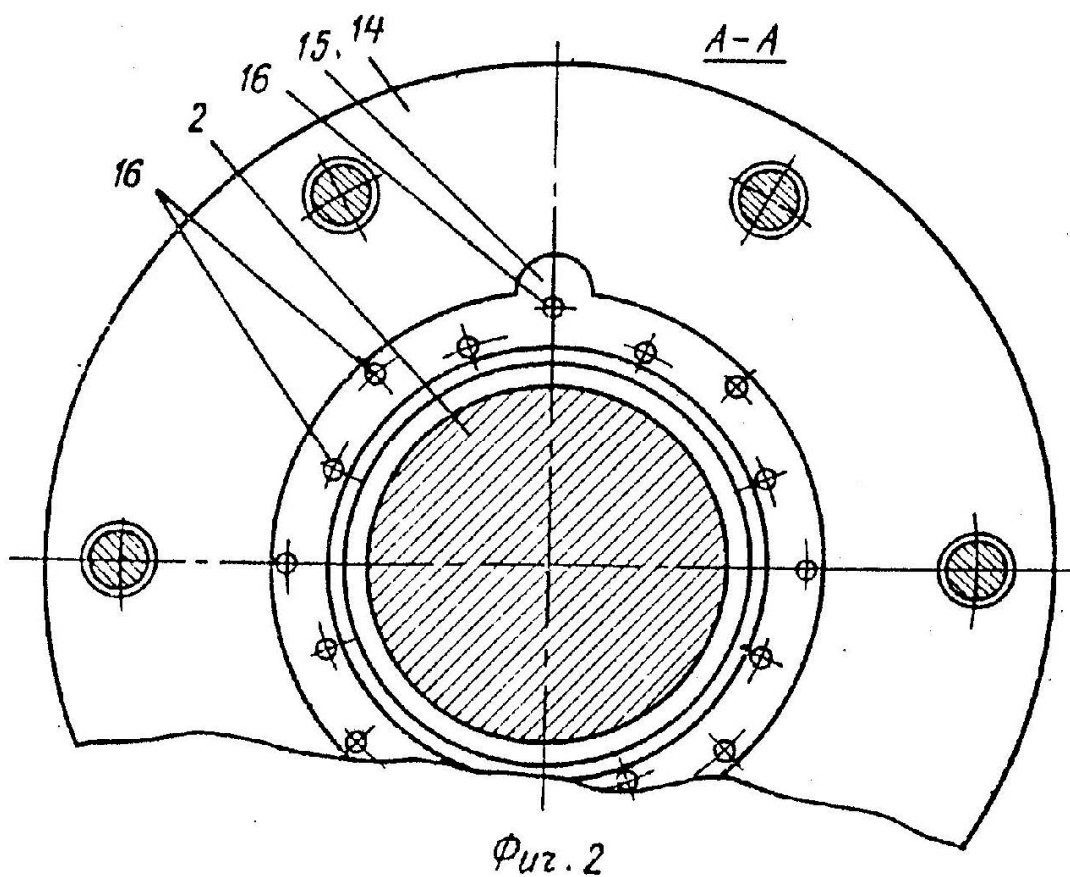
12.10.89 р.

Насос з гідравлічним обладнанням ущільнення плунжера.



Винахід відноситься до насособудування і може бути використане в насосах для перекачування абразив містких рідин.

Мета винаходу - підвищення довговічності при перекачуванні абразив містких рідин шляхом попередження попадання абразивних часток в проміжок ущільнювача.



					А9-КФК 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Формула винаходу.

Насос з гідравлічним облаштуванням ущільнення плунжера, циліндр, що має, плунжер і кришку, встановленої з освітою робочої камери, ущільнення плунжера включає розміщене в кільцевій камері циліндра і охоплює плунжерне кільце, ущільнення по стінці камери і плунжера і встановленого в ній камері з можливістю уникнення осьового переміщення і систему подаць чистої рідини ущільнювача під тиском, що перевищує тиск в робочій камері, а також всмоктування схожої на за властивостями з прокачуваною рідиною в кільцеву камеру циліндра, причому система подання має дозуючий насос з приводом камері з можливістю уникнення осьового переміщення і систему подаць чистої рідини ущільнювача під тиском, що перевищує тиск в робочій камері, а також всмоктування схожої на за властивостями з перекачуваною рідиною в кільцеву камеру циліндра, причому система подання має дозуючий насос з приводом.

					<i>A9-KФK 00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						23
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

### 3. Технічне завдання

#### Найменування і сфера застосування

Насос для густих мас марки А9 - КФК призначений для прокачування рідких харчових продуктів з динамічною в'язкістю від 0,01 до 15 Па·с і температурою від 15 до 60°C.

Сфера застосування – технологічні комплекси по виробництву консервів і гомогенних продуктів (овочеві і фруктові пюре, соки з м'якушем, дитяче харчування, соуси, повидло і інші продукти з аналогічною в'язкістю) на підприємствах консервної промисловості.

#### Основи для розробки.

Українська національна програма виробництва машин і технологічного устаткування для сільського господарства, харчової і переробної промисловості.

#### Мета і призначення розробки.

Мета розробки - підвищення продуктивності праці і забезпечення безперервності технологічного процесу на виробництві.

Призначення розробки - освоєння нового технологічного устаткування на машинобудівних підприємствах України для потреб консервної промисловості.

#### Джерела розробки.

- поршневий насос фірми "NAUKE" (Австрія);
- насос для харчової промисловості фірм "INTERSIGMA" (Чехія) і "NAUKE" (Австрія);
- каталоги насосів " Гідрома " (РФ) : трьох плунжерний кривошипний насос ПГ-50Да;

					А9-КФК 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

- насос високого тиску Аи - ЖЛУ/5.

### **Технічні вимоги.**

- склад насоса і вимоги до конструкторського пристрою;
- насос повинен відповідати вимогам ГОСТ 12052-90 і ГОСТ 26582-85;
- насос повинен складатися з наступних основних частин:
  - корпусу;
  - кривошипно-шатунного механізму;
  - гідравлічного блоку;
  - приводу;
  - манометричних пристроїв;
  - запобіжного клапана;
  - центру управління;
- конструкція насоса повинна забезпечувати технічне розбирання, а також розбирання гідравлічного блоку для санітарної обробки.

### **Призначення основних частин насосу:**

Корпус призначений для установки в ньому кривошипно-шатунного механізму, гідравлічного блоку і приводу.

Кривошипно-шатунний механізм призначений для перетворення обертального руху колінчастого валу в зворотно-поступальний рух плунжерів.

Блок гідравлічний призначений для установки всмоктувального і нагнітального клапанів, продукту, що підводить і відводить, патрубків, манометричного пристрою і запобіжного клапана.

Привід призначений для здійснення обертального руху колінчастого валу.

					<i>A9-KΦK 00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Манометричний пристрій призначений для контролю номінального тиску в продуктопроводі в процесі роботи насоса.

Запобіжний клапан призначений для контролю номінального тиску в продуктопроводі в процесі роботи насоса.

Щит управління призначений для установки в ньому пускової і захисної апаратури.

Система змащування повинна унеможливити попадання мастильних матеріалів в продукт.

Лакофарбне покриття повинне відповідати умовам експлуатації насоса в частині кліматичного використання УХЛ4 ГОСТ 15150-69 і вимогам ГОСТ 9032-99.

Взаємозамінність основних частин насоса повинна забезпечуватися уніфікацією, системою допусків і посадок по ГОСТ 8908-81, ГОСТ 11710-86, ГОСТ 14140-81 і ГОСТ 25089-81.

Вимоги по заводозахищеності і виключення перешкод, що впливають на іншу продукцію, не пред'являються, оскільки насос не є джерелом перешкод.

Насос повинен постачатися з одиничним комплектом запасних частин, що забезпечують нормальну роботу на період гарантійного терміну експлуатації.

Склад запасних частин має бути визначений на стадії розробки документації і уточнений на приймальних випробуваннях.

**Насос повинен встановлюватися на горизонтальному майданчику по рівню і кріпитися фундаментними болтами.**

					<i>A9-KΦK 00.00.000 ПЗ</i>	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	ПідписПід	Дата		26

**Габаритні розміри мають бути не більше:**

- по довжині 900 мм;
- по ширині 550 мм;
- по висоті 950 мм.

Вага - не більше 450 кг

**Показники призначення і економного використання сировини, матеріалів, палива, енергії:**

- номінальна подача 5,0 м<sup>3</sup>/год;
- встановлена потужність 3 кВт;
- діаметр циліндра плунжера 60 мм;
- число поршнів 3;
- хід поршня 60 мм;
- номінальна частота обертання колінчастого валу 180 хв<sup>-1</sup>;
- номінальний робочий тиск 2 МПа;
- займана площа не більше 0,495 м<sup>2</sup>;
- коефіцієнт автоматизації не менше 0,97;
- висота всмоктування не більше 4м;
- споживана електроенергія за годину роботи - не більше 2,8 кВт·год;
- питома потреба в електроенергії 0,56 кВт·ч/м<sup>3</sup>;
- подача на одиницю займаної площі 10,1/год·м<sup>3</sup>.

**Умови надійності.**

- середній ресурс безвідмовної роботи не менше 500 годин;
- коефіцієнт оперативної готовності за 1 годину;
- середній ресурс до капітального ремонту не менше 6300 годин;
- середній ресурс до списання 18900 годин;
- середній ресурс зберігання не менше 3 років;
- відмовою роботи є:
  1. Знос або руйнування гнізд кульових клапанів.
  2. Руйнування пружин стискування на нагнітальних клапанах насоса.

					<i>A9-KФK.00.000ПЗ</i>	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Знос манжет на поршнях.
4. Руйнування клинових пасів приводу;
5. Знос підшипникових вкладишів на шатунах насоса.

Обмежений стан для капітального ремонту розраховується:

1. Знос або руйнування підшипників кочення.
2. Знос або руйнування зубчастих коліс.
3. Знос циліндра, пари циліндр-поршень.
4. Знос втулок кілець.

Обмежений стан для списання розраховується

1. Поява в корпусі насоса тріщин.
2. Вартість планового ремонту, перевищує 60% первинної вартості насоса.

**Умови до технологічного і метрологічного забезпечення розробки,  
виробництва і експлуатації.**

**Показники технологічності :**

1. Питома вага насоса не більше 90 кг·год/м<sup>3</sup>;
2. Питома вага металу в насосі 89%.

**Виробнича технологічність насоса повинна забезпечуватися з  
розрахунку:**

1. Раціональне розчленовування на складальні одиниці, що полегшують складання і монтаж.
2. Вибір матеріалів для заготовок з мінімальним припуском.
3. Зручність складання складальних одиниць, їх регулювання і контроль.
4. Раціональне обмеження номенклатури конструкторських елементів.
5. Експлуатаційна технологічність повинна забезпечуватися за рахунок: Ремонтопридатності насоса.

					<i>A9-KΦK 00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зручності монтажу і регулювання.

Зручності обслуговування і санітарної обробки.

Для параметрів, що не регламентовані в даному технічному завданні і відповідають СТР значеннями допустимих відхилень, допустима помилка вимірів не повинна перевищувати 10 %.

Монтажна технологічність повинна забезпечити витримку вимог ГОСТ 24444-87.

**Вимоги до рівня уніфікації і стандартизації :**

1. Коефіцієнт вживаності не менше 15%.
2. Коефіцієнт перевіряння не менше 37%.

Примітка: уточнюються після розробки робочої документації. При цьому технічне завдання зміні не підлягає.

**Вимоги безпеки і захисту природи :**

1. Насос повинен відповідати вимогам ГОСТ 12.2.124-9 і вказаним нижче вимогам.
2. Номінальна потужність ланцюгів управління має бути не більше 42 В змінного струму.
3. Міра захисту оболонок щита управління має бути не нижче IP54 відносно ГОСТ 14254-90, а апаратів управління, встановлених на насосах, - відповідно до ГОСТ27487- 87.
4. Рівні шуму, що виникають від насоса, повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.1.003-83.
5. Рівні вібрації, що виникають від насоса, повинні відповідати вимогам загальної вібрації категорії по ГОСТ 12.1.012-90.
6. Спеціальні вимоги до насоса в розділі захисту природи не пред'являються, оскільки вони не є джерелом шкідливих дій на довкілля.
7. На гідравлічному блоці має бути встановлений запобіжний клапан, налаштований на тиск спрацьовування  $2,2 \pm 0,05$  МПа.

**Естетичні і ергономічні вимоги.**

					<i>A9-KФK 00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

1. Форма, покриття і кольорове рішення насоса і його складових частин мають бути раціональними, функціонально вираженими і відповідати сучасним принципам індустріального дизайну.

2. Зовнішні поверхні насоса виготовляються з корозійностійких матеріалів і повинні мати лакофарбне покриття ГОСТ 9032-74 і ГОСТ 9.104-79. Колір покриття насоса - ясно кремовий. Клас покриття :

III - для зовнішніх поверхонь щита управління;

IV - для зовнішніх поверхонь насоса і внутрішніх поверхонь щита управління;

V - для внутрішніх поверхонь насоса.

3. Двигун насоса, що має покриття, яке не відповідає естетичним вимогам, має бути перефарбований в колір головного виробу.

4. Форма насоса повинна відповідати естетичним нормам відповідно ГОСТ 12.2.049-80 і ГОСТ 12.2.033-78.

#### **Вимоги до патентної чистоти.**

Насос повинен мати патентну чистоту у відношенні до України.

#### **Вимоги до складових частин насоса, сировини і експлуатаційних матеріалів .**

- поверхня деталей перед покриттям повинна відповідати ГОСТ 9301-86;

- деталі насоса, дотичні в процесі роботи з продуктом, повинні виготовлятися з матеріалів, дозволених до контакту з харчовими продуктами;

- деталі клапанів гідравлічного блоку, ущільнюючі пристрої поршнів мають бути виготовлені з матеріалів, що забезпечують корозійну стійкість тих, що зберігають механічні властивості в середовищі харчових кислот;

- система змащування повинна забезпечувати гарантовану подачу мастила на поверхні робочих органів, що труться;

- система ущільнень "поршень-циліндр" повинна виключати протікання продукту з гідравлічного блоку;

					<i>А9-КФК 00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- насос повинен встановлюватися в приміщенні, відповідним нормам СНи 172.0902-85 категорій "Д".

**Умови експлуатації, вимоги до технічного обслуговування і ремонту.**

- вид кліматичного виконання УХЛ4 ГОСТ 15150-89;
- насос повинен знаходитися під періодичним оглядом оператора IV розряду; чисельність обслуговуючого персоналу 0,2 чол.;
- живлення насоса повинне вироблятися від мережі трифазного змінного струму частотою 50 Гц і напругою 380/220 В; допустимі відхилення частоти і напруги по ГОСТ 13109-87;
- санітарна обробка повинна здійснюватися відповідно до інструкції по санітарній обробці устаткування плодоовочевих консервних підприємств;
- час підготовки насоса до використання після транспортування не обмежений;
- освітленість на місці установки насоса повинна відповідати СНи 1717-4-79 #004
- електроустаткування повинні обслуговувати кваліфіковані фахівці, атестовані на право самостійної роботи з електроустановками напругою 1000 В;
- щит управління має бути встановлений в зручному для обслуговування місці, де не здійснюють миття водяним струменем з шланга;
- в процесі експлуатації насос повинен підлягати технічному обслуговуванню, поточному, середньому і капітальному ремонтам з наступною періодичністю, :

1. Технічне обслуговування (ТЕ)	175 годин;
2. Поточний ремонт (ТР)	1050 годин;
3. Середній ремонт (СР)	2100 годин;
4. Капітальний ремонт (КР)	6300 годин.

Структура ремонтного циклу насоса : КР - 5ТО ТР - 5ТО СР - 5ТО - ТР - 5ТО - СР - 5ТО - ТР - 5ТО - КР.

					<i>А9-КФК 00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

## **Вимоги до комплектності, маркування і упаковки.**

У комплект постачання повинні входити:

- насос в зібраному виді;
- щит управління;
- комплект запасних частин;
- експлуатаційна документація: паспорт (включає технічний опис і інструкцію з експлуатації), відомість ЗИП;
  - на насосі і щиті управління мають бути укріплені таблички, виготовлені відповідно до ГОСТ 12969-87 і ГОСТ 12972-87, зміст маркування табличок для насосів по ГОСТ 26582-85, для щита управління по ГОСТ 27487-87. Якість маркування по ГОСТ 26828-86;
  - написи на табличках повинні виконуватися фотохімічним способом. Змінні дані повинні наноситися ударним способом;
  - маркування запасних частин виконується на картонних бірках емаллю ПФ- 115 по ГОСТ 6465-96. Зміст маркування повинен відповідати позначенню по головному конструкторському документу;
  - транспортне маркування вантажу повинно відповідати вимогам ГОСТ 14192-97 і містити наступні маніпуляційні знаки:
    - "Місце "строповки", "Центр тяжіння", "Верх", "Штабелювати забороняється".
  - транспортне маркування вантажу має бути нанесене на одну з бічних сторін ящика фарбою по трафарету емаллю ПФ- 115 чорного кольору по ГОСТ 6465-96;
  - перед упаковкою на пофарбовані металеві поверхні збірних частин насоса (за винятком деталей, виконаних з корозійностійких матеріалів) і таблички з написами мають бути законсервовані для умов збереження по ГОСТ 15150-99, насос по групі виготовлення II - 2, запасні частини по групі I - 2, варіант захисту 133-1, варіант внутрішньої упаковки і щита управління ВУ-О, запасних частин ВУ- 1 по ГОСТ 9017-98;

					<i>А9-КФК 00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- внутрішні поверхні кожного ящика мають бути оббиті двошаровим водонепроникним папером марки ДБ ГОСТ 8828-89, або руберойдом марки РПП-300А ГОСТ 10923-92;

- категорія упаковки насоса і запасних частин в розділі захисту від кліматичних чинників зовнішнього середовища згідно КУ1- 1 ГОСТ 23170-78;

- експлуатаційна документація має бути упакована відповідно до ГОСТ 23170-98.

### **Вимоги до транспортування і зберігання :**

- насос в запакованому виді може транспортуватися залізничним і автомобільним транспортом;

Транспортування залізничним транспортом повинно здійснюватися відповідно до діючих правил перевезення вантажів МПС СНГ і України і технічним вимогам завантаження і кріплення вантажів.

Транспортування автомобільним транспортом відповідно до правил перевезення вантажів автомобільним транспортом в Україні;

- вантаження і установка насоса повинно виконуватися відповідно до вимог, вказаних на транспортній тарі;

- консервація і упаковка насоса і запасних частин повинні забезпечити збереження при транспортуванні на термін не менш 2-х років з дня відвантаження на підприємство - споживач;

- умови транспортування насоса в частині дії кліматичних чинників зовнішнього середовища по групі умов зберігання 8 по ГОСТ 15150-89, а в частині впливу механічних чинників за умовами СПО ГОСТ 23170-98.

Умови зберігання насоса в частині дії кліматичних чинників по групі 2 ГОСТ 15150-99.

Штабелювання не допускається.

					<i>А9-КФК 00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4. Технічний проект

Розрахунки, що підтверджують працездатність і надійність машини.

### 4.1. Технологічний розрахунок.

Визначаємо продуктивність насоса по формулі

$$Q = \frac{2F_n s n}{60 \cdot 1000} \eta_{\text{обц}}, \text{ дм}^3/\text{с},$$

де  $z$  - кількість плунжерів,  $z = 3$ ;

$F_n$  - площа перерізу плунжера,  $\text{см}^2$ ;

$n$  - частота обертання колінчастого валу, об/хв;

$\eta_{\text{обц}} = 0,88$  - загальний ККД насоса;

$Q$  - продуктивність насоса,  $\text{дм}^3/\text{с}$ ;

$s$  - хід плунжера, см

Визначаємо площу перерізу поршня після модернізації

$$F_n = \frac{\pi d^2}{4}.$$

де  $d$  - діаметр плунжера.

До модернізації  $d = 50$  мм, а після модернізації  $d = 60$  мм. Отже

$$F_n = \frac{\pi 6^2}{4} = 8,26 \text{ см}^2.$$

Задана продуктивність насоса після модернізації складає  $Q = 1,3 \text{ дм}^3/\text{с}$ .

Використовуючи формулу продуктивності насосу, знаходимо частоту обертання колінчастого валу після модернізації:

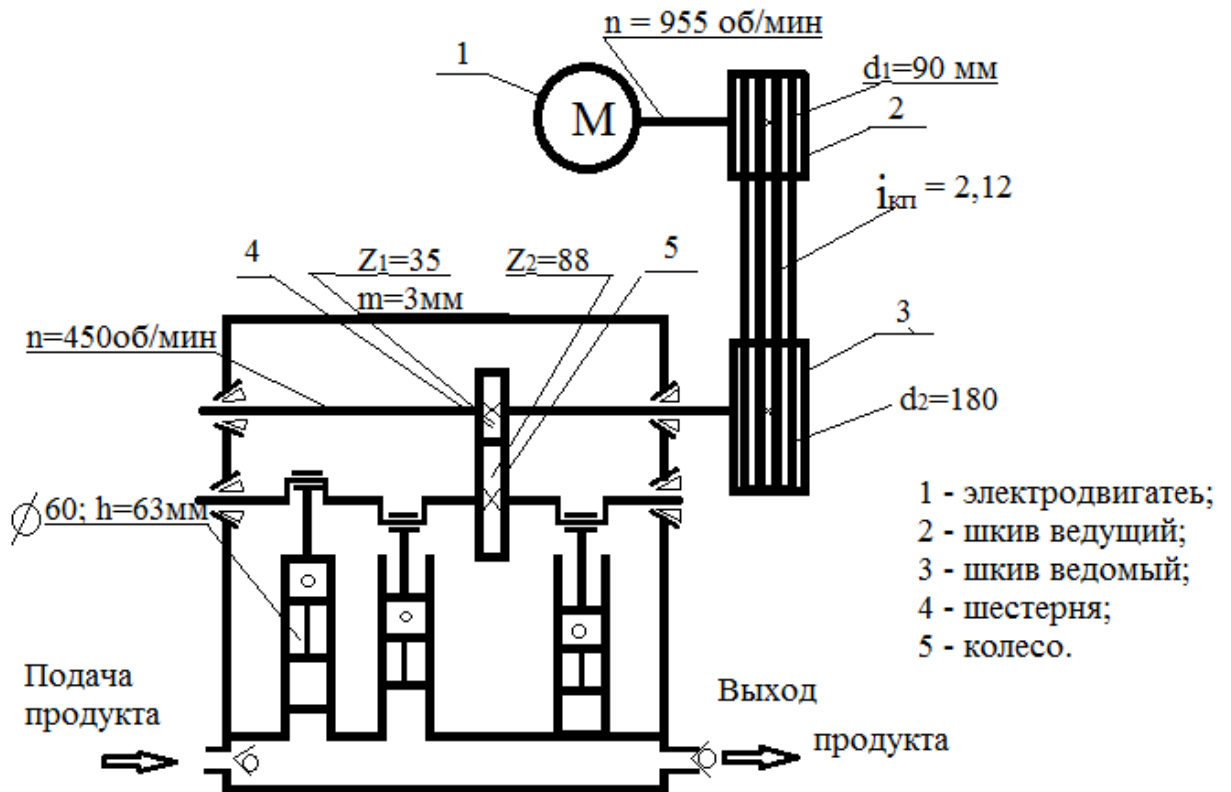
$$n = \frac{60 \cdot 1000 Q}{z F_n s \eta_{\text{обц}}} = \frac{60 \cdot 1000 \cdot 1,3}{3 \cdot 8,26 \cdot 6,3 \cdot 0,88} = 167 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n = 175$  об/хв.

					<i>A9-KФK 00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4.2. Кінематичний розрахунок

На малюнку представлені кінематична схема приводу насоса.



Знаходимо загальне передатне число приводу насоса

$$u = \frac{n_d}{n} = \frac{955}{175} = 5,3.$$

Оскільки передатне число зубчастої пари рівне (враховуємо, що число зубів шестерні  $z_{ш} = 35$ , а колеса  $z_k = 88$ )

$$u_{zn} = \frac{z_k}{z_{ш}} = \frac{88}{35} = 2,5;$$

то передатне відношення клинопасової передачі буде рівне

$$u_{кл} = \frac{u}{u_{zn}} = \frac{5,3}{2,5} = 2,12.$$

					А9-КФК 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

### 4.3. Силовий розрахунок.

Ефективну потужність, необхідну для перекачування продукту знаходимо за формулою

$$N_{ef} = \frac{Qp}{1000}, \text{ кВт}$$

де:  $Q$  - продуктивність насоса, м<sup>3</sup>/с;

$p$  - тиск, створюваний насосом, Па.

У даному випадку  $p = 2,0$  мПа. Тоді

$$N_{ef} = \frac{0,013 \cdot 2 \cdot 10^6}{1000} = 2,6 \text{ кВт.}$$

Приймаємо загальний ККД насоса  $\eta_{заг} = 0,88$  і знаходимо необхідну потужність двигуна

$$N = \frac{N_{ef}}{\eta_{заг}} = \frac{2,6}{0,88} = 2,98, \text{ кВт.}$$

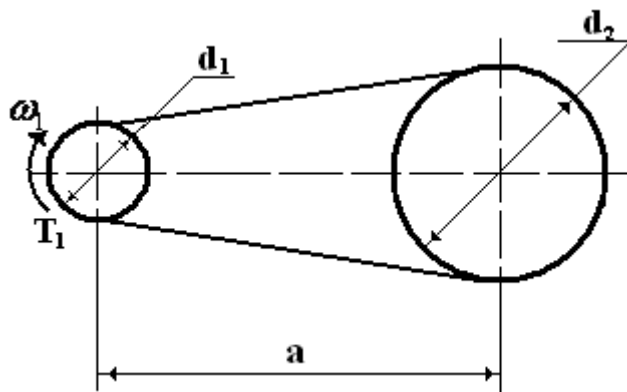
З каталогу вибираємо електродвигун АИР112М потужністю  $N_d = 3$  кВт і частотою обертання ротора  $n_d = 955$  об/хв.

					<i>A9-KΦK 00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

## 4.4. Розрахунки на міцність.

### Розрахунок клинопасової передачі.

Розрахунок ведемо по алгоритму розрахунку, наведеному в [1].



Знаходимо момент, що крутить, на провідному шківі

$$T_1 = \frac{N_{\text{дв.}}}{\omega_{\text{д}}} = \frac{5,5 \cdot 10^6}{100} = 55 \cdot 10^3 \text{ Нмм},$$

$$\text{де: } \omega_{\text{д}} = \frac{\pi n_{\text{д}}}{30} = \frac{\pi \cdot 955}{30} = 100 \text{ рад/с.}$$

- по номограмі рис. 7.3 [1] вибираємо тип пасу А;
- знаходимо діаметр малого шківі по формулі (7.25)

$$d_1 = (3 \dots 4) \sqrt[3]{T_1 \cdot 10^3} = (3 \dots 4) \sqrt[3]{55 \cdot 10^3} = 114 \dots 152 \text{ мм.}$$

З конструктивних міркувань набуваємо стандартного значення, рівного  $d_1 = 90 \text{ мм}$ .

діаметр більшого шківі

$$d_2 = d_1 u_1 (1 - \varepsilon) = 90 \cdot 2,12 \cdot (1 - 0,01) = 186,9 \text{ мм};$$

де:  $\varepsilon = 0,01$ -коефіцієнт ковзання; прийmemo по ГОСТ 20892-75  $d_2 = 180$

мм;

- приймаємо міжосьову відстань  $a = 230 \text{ мм}$ ;
- розрахункова довжина пасу

$$L = 2a + 0,5\pi(d_1 + d_2) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a} = 2 \cdot 230 + \frac{\pi}{2}(90 + 180) + \frac{(180 - 90)^2}{4 \cdot 230} = 963 \text{ мм}$$

- приймаємо стандартну довжину пасу  $L_p = 1000 \text{ мм}$  (табл. 7.7);
- уточнюємо міжосьову відстань по формулі (7.27).

					<i>A9-KΦK 00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

$$a = 0,25\{(L_p - w) + \sqrt{(L_p - w)^2 - 2y}\} =$$

$$= 0,25\{(1000 - 424) + \sqrt{(1000 - 424)^2 - 2 \cdot 8100}\} \approx 234 \text{ мм};$$

де:  $w = 0,5\pi(d_2 + d_1) = 0,5\pi(90 + 180) = 424 \text{ мм};$

$$y = (d_2 - d_1)^2 = (180 - 90)^2 = 8100 \text{ мм};$$

кут обхвату пасом малого шківа

$$\alpha_1 = 180^\circ - 57^\circ \frac{d_2 - d_1}{a} = 180^\circ - 57^\circ \frac{180 - 90}{234} = 158^\circ;$$

знаходимо компоненти формули (7.29) [1]:

$$N_0 = 1,06 \text{ кВт по табл. 7.8}; C_L = 0,9 \text{ по табл. 7.9}; C_p = 1,1 \text{ по табл. 7.10};$$

$$C_\alpha = 0,95 \text{ і } C_z = 0,9 \text{ в поясненні до формули (7.29);}$$

знаходимо число пасів в передачі за формулою (7.29)

$$z = \frac{N_{\text{дв}} C_p}{N_0 C_\alpha C_L C_z} = \frac{3 \cdot 1,1}{1,06 \cdot 0,95 \cdot 0,9 \cdot 0,9} = 4,05.$$

Приймаємо  $z = 5$  ;

знаходимо колову швидкість пасу

$$v = \frac{\omega_1 d_1}{2 \cdot 1000} = \frac{100 \cdot 90}{2 \cdot 1000} = 4,5 \text{ м/с.}$$

визначаємо число пробігів пасу за секунду

$$m = \frac{v}{L} = \frac{4500}{1000} = 4,5 < [m] = 10 \text{ с}^{-1}.$$

Оскільки знайдене  $m \leq [m] = 10 \frac{1}{\text{с}}$  то номінальна довговічність пасу забезпечується.

					<i>A9-KФК 00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

## Розрахунок циліндричної косозубої передачі приводу насоса

Початкові дані:

- число зубів шестерні  $z_u = z_1 = 35$ ;
- число зубів колеса  $z_k = z_2 = 88$ ;
- нормальний модуль зачеплення  $m_n = 3$  мм.

Приймаємо кут нахилу зубів  $\beta = 10^\circ$ . Тоді міжосьова відстань даної косозубої передачі буде рівна

$$a_w = 0,5m(z_1 + z_2) = 0,5 \cdot 3 \cdot (35 + 88) = 187,34 \text{ мм.}$$

Діаметри ділільних кіл

- шестерні

$$d_1 = \frac{m_n}{\cos \beta} z_1 = \frac{3}{\cos 10^\circ} \cdot 35 = 106,6 \text{ мм;}$$

- колеса

$$d_2 = \frac{m_n}{\cos \beta} z_2 = \frac{3}{\cos 10^\circ} \cdot 88 = 268,1 \text{ мм.}$$

Перевіряємо дотримання рівності

$$a_w = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{106,6 + 268,1}{2} = 187,3 \text{ мм}$$

тобто розрахунки виконані вірно.

Знаходимо ширину колеса і ширину шестерні

$$b_2 = \psi_{ba} a_w = 0,27 \cdot 187,3 = 50 \text{ мм і } b_1 = b_2 + 5 \text{ мм} = 50 + 5 = 55 \text{ мм;}$$

де  $\psi_{ba} = \frac{b_2}{a_w}$  - коефіцієнт ширини колеса по міжосьовій відстані; згідно

ГОСТ 2185 - 96  $\psi_{ba} = 0,25 \dots 0,63$ . Приймаємо  $\psi_{ba} = 0,27$ .

					<i>A9-KФK 00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

## Перевірочний розрахунок косозубої циліндричної передачі на вигин і контактну витривалість

Знайдемо кутову швидкість валу шестерні

$$\omega_{ш} = \omega_1 = \frac{\pi n_{дв}}{30 u_{кр}} = \frac{\pi \cdot 955}{30 \cdot 2,12} \approx 47,15 c^{-1}.$$

Кутова швидкість валу колеса

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{u_{зн}} = \frac{47,15}{2,5} = 18,86 c^{-1}.$$

Моменти, що крутять, на валах шестерні і колеса

$$T_1 = \frac{N_1}{\omega_1} 10^3 = \frac{3}{47,15} \cdot 10^3 = 63,6 \text{ Нм};$$

$$T_2 = T_1 u_{зн} = 63,6 \cdot 2,5 = 159 \text{ Нм}.$$

Для виготовлення зубчастих коліс використовуємо сталь 40Х. Призначаємо для шестерні термообробку поліпшення з поверхневим загартуванням до HRC45, а для колеса до HRC40.

Контактна напруга, що допускається, для зубців

- шестерні

$$[\sigma_H]_1 = \frac{(17HRC_1 + 200) K_{HL}}{[S_H]} = \frac{(17 \cdot 45 + 200) \cdot 1}{1,3} = 742 \text{ Н/мм}^2;$$

- колеса

$$[\sigma_H]_2 = \frac{(17HRC_2 + 200) K_{HL}}{[S_H]} = \frac{(17 \cdot 40 + 200) \cdot 1}{1,3} = 676 \text{ Н/мм}^2.$$

де:  $K_{HL}$  - коефіцієнт довговічності; для тривало працюючої передачі приймають  $K_{HL} = 1$ ;  $[S_H]$  - коефіцієнт безпеки, прийемо  $[S_H] = 1,3$ .

					<i>A9-KΦK 00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для косозубих передач контактну напругу, що допускається, визначають за формулою

$$[\sigma_H] = 0,45 \{ [\sigma_H]_1 + [\sigma_H]_2 \} = 0,45 \{ 742 + 676 \} = 638 \text{ Н/мм}^2.$$

Перевірку контактної витривалості зубів проводимо за формулою (3.6)  
[1]

$$\sigma_H = \frac{270}{a_w} \sqrt{\frac{T_2 K_H (u+1)^3}{b_2 u}} \leq [\sigma_H]$$

де:  $K_H$  - коефіцієнт навантаження, що визначається за формулою

$$K_H = K_{H\alpha} K_{H\beta} K_{H\nu}.$$

$K_{H\alpha}$  - коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу навантаження між парами зубів, що одночасно зачіпляються. Приймаючи 8-у міру точності, призначаємо  $K_{H\alpha} = 1,08$  (табл. 3.4);

$K_{H\beta} = 1,12$  – коефіцієнт концентрації навантаження (табл. 3.5);

$K_{H\nu} = 1,0$  динамічний коефіцієнт (табл. 3.6).

Отже,  $K_H = 1,12 \cdot 1,08 \cdot 1 = 1,21$  і

$$\sigma_H = \frac{270}{184,34} \sqrt{\frac{159 \cdot 10^3 \cdot 1,21 (2,5+1)^3}{50 \cdot 2,5^2}} = 258 \text{ Н/мм}^2 \leq [\sigma_H]$$

Отже, контактна витривалість зубців забезпечується.

Перевіряємо зубці на витривалість по нарузі вигину.

Визначимо сили, що діють в зачепленні :

- окружна

$$F_t = \frac{2T_1}{d_1} = \frac{2 \cdot 63,6 \cdot 10^3}{106,62} = 1193 \text{ Н};$$

					A9-KФК 00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- радіальна

$$F_r = F_t \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta} = 1193 \frac{\operatorname{tg} 20^\circ}{\cos 10^\circ} = 441 \text{ Н};$$

- осьова

$$F_a = F_t \operatorname{tg} \beta = 1193 \cdot \operatorname{tg} 10^\circ = 210 \text{ Н}.$$

Напруга вигину по формулі(3.25)

$$\sigma_F = \frac{F_t K_F Y_F Y_\beta K_{F\alpha}}{b m_n} \leq [\sigma_F],$$

де  $[\sigma_F] = \frac{\sigma_{F\text{limb}}}{[S_F]}$ ,  $\sigma_{F\text{limb}} = 500 \text{ Н/мм}^2$  - межа витривалості на вигин при HRC45,55;  $[S_F] = 1,8$  - коефіцієнт безпеки.

Напруга вигину, що тоді допускається, для шестерні і колеса рівна

$$[\sigma_F]_1 = [\sigma_F]_2 = \frac{500}{1,8} = 278 \text{ Н/мм}^2$$

$K_F = K_{F\beta} K_{Fv}$  - коефіцієнт навантаження :  $K_{F\beta} = 1,05$ ,  $K_{Fv} = 1,2$  і  $K_F = 1,05 \cdot 1,2 = 1,26$ .

$Y_{F1}$  і  $Y_{F2}$  - коефіцієнти форми зуба, залежать від еквівалентного числа зубців

$$\text{шестерні } z_{v1} = \frac{z_1}{\cos^3 \beta} = \frac{35}{\cos^3 10^\circ} = 37; Y_{F1} = 3,7;$$

$$\text{колеса } z_{v2} = \frac{z_2}{\cos^3 \beta} = \frac{88}{\cos^3 10^\circ} = 92; Y_{F2} = 3,6.$$

Знаходимо відношення

					<i>A9-KФK 00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

- для шестерні  $\frac{[\sigma_F]_1}{Y_{F1}} = \frac{278}{3,7} = 75 \text{ Н/мм}^2$ ;

- для колеса  $\frac{[\sigma_F]_2}{Y_{F2}} = \frac{278}{3,6} = 77 \text{ Н/мм}^2$ .

Розрахунок ведемо по зубцях шестерні і уточнюємо  $Y_\beta$

$$Y_\beta = 1 - \frac{10}{140} = 0,93.$$

$$K_{F\alpha} = \frac{4(\varepsilon_\alpha - 1)(n - 5)}{4\varepsilon_\alpha} \quad \text{- коефіцієнт, що враховує нерівномірність}$$

розподілу навантаження між парами зубців.

Коефіцієнт осьового перекриття

$$\varepsilon_\beta = \frac{btg\beta}{\pi m_t} = \frac{50 \cdot tg10^\circ}{\pi \cdot 3,047} = 0,93$$

Якщо  $\varepsilon_\beta < 1$ , то  $K_{F\alpha} = 1$ .

Напруження вигину :

$$\sigma_{F1} = \frac{1193 \cdot 1,26 \cdot 3,7 \cdot 1 \cdot 1}{50 \cdot 3} = 37,08 \text{ Н/мм}^2 < [\sigma_F]_1 = 75 \text{ Н/мм}^2.$$

					<i>A9-KΦK 00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

## 5. Охорона праці

Основні заходи безпеки до насосу для перекачування густих мас.

*Характерні небезпечні і шкідливі виробничі фактори.*

У дипломному проекті представлений насос для густих мас А9-КФК. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів (НШВФ) проведений відповідно до ГОСТ 12.0.003-94, стосовно до даної машини, в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1.

Небезпечні й шкідливі фактори	Місце виникнення	Причина виникнення	Можливі травми і профзахворювання
1	2	3	4
Фізичні рухомі частини виробничого обладнання	Вали механізмів, клинопасова передача, кривошипно-шатунний механізм	Відсутність захисних кожухів на клинопасовій передачі, зубчастій передачі	Травми кистей і рук, травми інших частин тіла
конструкції, що руйнуються	вали механізмів	Зношеність механізмів, передач, відсутність мастила	різні травми організму
Підвищений рівень шуму на робочому місці	Електродвигун, зубчаста передача, кривошипно-шатунний механізм	Ослаблення паса передачі, вихід з ладу підшипників кочення на валах та ковзання на колінчастому валу	зниження слухової чутливості
Підвищений рівень вібрації	Електродвигун, кривошипно-шатунний механізм	Ослаблення кріплення двигуна на рамі, зношеність підшипників	Захворювання нервової системи
Підвищена напруга в електричному	Корпус електродвигуна і ланцюга напруги	Дотик до струмоведучих частин	електричний удар

ланцюзі	380В і 220В, електричне освітлення	електродвигуна і не струмоведучих частин машини, що потрапили під напругу	
Недостатня освітленість робочої зони	Зона обслуговування машини	Відсутність необхідного числа світильників, забруднення скла вікон, старіння ламп	Погіршення зору, загальна втома

Насос з усіх боків укладений в кожух, що повністю виключає виробничий травматизм при його експлуатації. Машина забезпечена системою автоматичного відключення при зміні якого-якого технологічного параметра. Перед пуском насосу слід перевірити наявність і рівень масла в масляній ванні, справність манометра. Потім пускають воду на охолодження плунжерів. Тиск у нагнітальної камері насосу не повинен перевищувати межу, встановлену паспортом (червона риска на манометрі вказує гранично допустимий робочий тиск). Насос зупиняють, якщо стрілка манометра робить різкі скачки або показує тиск вище допустимого рівня. До повної зупинки насосу забороняється розкривати головку, ущільнювати сальники плунжерів і виконувати будь-який ремонт машини або комунікацій.

При технічному обслуговуванні та ремонті слід користуватися спеціальним інструментом і пристосуваннями. Забороняється використання випадкових підручних засобів.

З електробезпеки насос повністю відповідає вимогам ГОСТ 12.2.007-95. Захисний кожух машини повністю виключає ураження людини електричним струмом. При переході на металеві частини насосу передбачено занулення і автоматичне відключення машини. Наш час характеризується тим, що практично кожна людина пов'язаний з використанням електричної

					<i>A9-KФK 00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						45
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

енергії. Крім цього небезпека ураження електричним струмом серед інших небезпек відрізняється тим, що людина не може виявити без спеціальних приладів напруга на відстані. Воно виявляється тільки тоді, коли людина стосується струмоведучих частин. Тому велике значення набувають питання захисту обслуговуючого персоналу від ураження електричним струмом. Для забезпечення електробезпеки на підприємствах консервної промисловості використовують такі технічні засоби і способи захисту:

- Захисне заземлення;
- Занулення;
- Застосування малих напруг;
- Контроль ізоляції обмоток;
- засоби індивідуального захисту;
- Запобіжні пристосування.

Насос є відносно нешкідливою з точки зору охорони праці, машиною. У ньому не використовується такі потенційні небезпечні речовини, як газ, пара і т.д., не відбувається викиду в атмосферу будь-яких шкідливих речовин.

Можливість аварії при порушенні правил пуску обладнання. При пуску холодного обладнання насоса клапан повинен бути відкритий і тиск має дорівнювати 0. В іншому випадку при пуску рідини в насос можливе виникнення гідравлічного удару, в цьому випадку можуть бути зруйновані нагнітальні клапани насоса. Плунжерний насос повинен мати запобіжний клапан, розрахований на максимальний тиск і манометр для реєстрації тиску. Крім того проєктований насос управляється дистанційно, в ньому передбачено ряд автоматичних блокувань у разі порушення будь-якого

					<i>A9-KΦK 00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

технологічного параметра (тиск продукту, тиск масла, зміна сили струму в мережі живлення). Інтерес представляє лише шум, створюваний частинами машини, що труться і рухомої рідини.

### 5.1 Виробнича санітарія

Виробнича санітарія включає в себе: оздоровлення повітряного середовища і нормалізацію параметрів мікроклімату робочої зони, захист працюючих від шуму, вібрації, забезпечення необхідних нормативів природного та штучного освітлення, підтримка відповідно до санітарних вимог території підприємства, основних виробничих і допоміжних приміщень.

### 5.2 Шум

Шум не повинен перевищувати гранично-допустимі значення рівня звукового шуму. Що наведені в таблиці 5.2

Таблиця 5.2 - Гранично-допустимі значення рівня звукового шуму

Середньогомеотричні частоти, Гц.	3	25	50	100	200	500	1000	2000
Рівень звукового тиску L, Дб.	1	1	4	7	2	4	6	0
Допустимі рівні звукового тиску, Дб. ГОСТ 12.1.003-93"ССБТ"	9	2	6	3	0	8	6	4

Електродвигун, насос і пускова апаратура повинні бути ретельно заземлені; необхідно систематично перевіряти стан заземлюючих пристроїв.

Під час експлуатації у приводів повинні бути захисні кожухи. Забороняється проводити ремонт, змащення, чищення і миття на ходу машини. Справність запобіжного клапана та його регулювання на максимально допустимий робочий тиск треба обов'язково перевіряти кожен раз перед роботою. Робочий тиск в нагнітальній камері не повинен перевищувати паспортного значення.

Після роботи плунжерний блок промивають на ходу машини, пропускаючи через нього спочатку теплу, потім гарячу воду до тих пір, поки вода не буде виходити чистою. Потім розбирають плунжерний блок і добре промивають в гарячій воді, сушать і збирають блок.

### **5.3 Охорона навколишнього середовища**

Навколишнє середовище є невід'ємною складовою частиною життєдіяльності людини, як з точки зору прогресу, так і шкідливих його наслідків. Несприятливі зміни таких дефіцитних ресурсів планети, як повітря, вода, родючі ґрунти, природні джерела харчування досягли загрозливого рівня.

Державна охорона санітарного нагляду та охорони природного середовища повинні здійснювати постійний контроль за дотриманням діючих гранично допустимих концентрацій шкідливих викидів з боку підприємства.

Виробництво консервної промисловості може мати різноманітні джерела забруднення атмосфери: викиду систем вентиляції, газоподібні викиди від технологічного обладнання, викиди автотранспорту та інше..

Викиди в атмосферу підприємством консервної промисловості можна розділити на наступні групи:

					<i>A9-KФK 00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		48

- Викиди, які утворюються при виробництві енергії і в результаті використання транспортних засобів;
- Викиди, супутні основним технологічним процесам;
- Викиди допоміжних цехів і виробництв.

На підприємстві джерелами викидів є транспортні засоби (транспортують сировину і готову продукцію) і власна котельня.

Для зменшення загазованості повітря, площі вільні від будівель упорядковуються і озеленяються, причому породи дерев обрані хвойні, які мають яскраво вираженою здатністю до газопоглинання і пило затримання. Крім поглинання шкідливих газів і парів зелені насадження знижують рівень шуму, а також насичують повітря киснем. Для функціонування котельні вибрано найбільш екологічно чисте паливо - газ. При спалюванні цього палива до складу викидів входять тільки окис вуглецю та окису азоту, тоді як при використанні твердого палива і мазуту у викидах присутні також тверді частинки (зола, сажа) та сірчистий ангідрид.

Підприємства консервної промисловості витрачають чисту воду, яка в процесі її використання забруднюється різними домішками, у тому числі і органічними. Органічні речовини є гарним живильним середовищем для різного роду бактерій. Тому для підтримки доброго санітарного стану приміщень і територій підприємства відходи та стічні води негайно видаляються з підприємства, а також через систему каналізації за межі населеного пункту. Залежно від походження, виду і якісної характеристики стічні води підприємств консервної промисловості можна підрозділити на виробничі (промислові), господарсько-фекальні і зливові (атмосферні) стічні води. За ступенем забруднення стічні води поділяють на забруднені, умовно-чисті води

					<i>A9-KФK 00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		49

На підприємстві при митті обладнання та виробничих приміщень використовуються миючі засоби, які частково розчиняють змиті забруднення. Стічні води підприємства надходять у міську каналізацію і тільки після попереднього очищення (механічної, біологічної), потрапляють у водойми. Якість і безпека харчової продукції та здатність її задовольняти фізіологічні потреби людини визначаються відповідністю її гігієнічним нормативам, установленим санітарними правилами і нормами.

Вимоги, якими повинні відповідати органолептичні властивості харчової продукції, встановлюються у нормативній і технічній документації на її виробництво. Безпека продовольчої сировини і харчових продуктів в епідемічному й радіаційному відношенні, а також за вмістом хімічних забруднювачів визначається їх відповідністю гігієнічним нормативам.

Гігієнічні нормативи включають потенційно небезпечні хімічні сполуки і біологічні об'єкти, присутність яких в харчовій продукції не повинно перевищувати допустимий рівнів їх вмісту в заданій масі (обсяг) досліджуваної продукції. У продовольчій сировині і харчових продуктах регламентується вміст основних хімічних забруднювачів, небезпечних для здоров'я людини. Гігієнічні вимоги до допустимого рівня вмісту токсичних елементів пред'являються до всіх видів продовольчої сировини і харчових продуктів. У всіх видах продовольчої сировини і харчових продуктів нормується як глобальні забруднювачі пестициди - генсахлорціклоіогексан ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - ізомери) і ДДТ і його метаболіти.

З метою обмеження внутрішнього опромінення встановлені гігієнічні нормативи вмісту радіонуклідів. Радіаційна безпека харчової продукції визначається її відповідністю допустимим рівнем питомої активності радіонуклідів цезій - 737 і стронцій - 90. Існують гігієнічні норми якості і безпеки, яким повинні відповідати всі харчові продукти і продовольча

					<i>A9-KФK 00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

сировина. За цими показниками щомісяця випробування продукції проводять співробітники лабораторії Обласної СЕС.

					<i>А9-КФК 00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		51

## Список літератури

1. Чернавский С. А. та ін. Курсове проектування деталей машин: Навчань. Посібник .- М. : Машинобудування, 19867. - 416с.
2. Зайчик Ц.Р. Технологическое оборудование винодельческих предприятий.- М.: Агроприздат, 1988.-531с.: ил.-(Учебник и учеб. Пособия для высших учебных заведений).
3. Общая технология пищевых производств/[Н. И. Назаров, А.С. Гинзбург, С.М. Гребенюк и др.]; под ред. Н.И. Назарова.-М.:Легкая и пищевая пром-сть, 1981.-360 с.
4. Кретов И.Т., Антипов С.Т., Шахов С.В. Инженерные расчеты технологического оборудования предприятий бродильной промышленности.- М.: КолосС, 2004.-391 с.: ил.-(Учебники и учеб. Пособия для студентов высших учебных заведений).
5. Сегеда Д.Г., Дашевский В.И. Охрана труда в пищевой промышленности.-М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1983.-344с.
6. Дикис М.Я., Мальский А.Н. Технологическое оборудование консервных заводов. М.: 1973.

					<i>A9-KФK.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		