

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерної механіки

Кафедра галузевого машинобудування та агроінженерії

ДИПЛОМНА РОБОТА

ОС «Магістр»

Тема „ Реконструкція цеху з виробництва газованих напоїв на ТОВ  
«Микулинецький бровар ”

Галузь знань 13 Механічна інженерія  
Спеціальність 133 Галузеве машинобудування  
Спеціалізація Машини і апарати харчових виробництв  
Шифр ДПМАХВ 22.11.00.00.000 ПЗ

Студент гр. МАХВ<sub>м</sub>-21-1 Федорук Р.В.  
Керівник роботи к.т.н, доц. Мартинюк А.В.  
Нормоконтролер к.т.н, доц. Лук'янюк М.В.  
До захисту допускаю: д.т.н., проф. Стечишин М.С.  
Завідувач секцією МАХВ \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ 2022 р.

Хмельницький, 2022р.

## АНОТАЦІЯ

У дипломному проекті на тему: «Реконструкція цеху з виробництва газованих напоїв на ТОВ «Микулинецький browар», здійснено реконструкцію цеху з розливу газованих напоїв. В процесі реконструкції здійснено зміни в технологічній лінії. Операцію по змішуванню купажного сиропу з водою стали проводити на сатураторі. Для цього був розроблений поршневий насос подвійної дії. Це дозволило замінити розливний пристрій на більш продуктивний для розливу квасу.

Виготовлення тари для розливу тепер здійснюється на одному автоматі видуву. Усі ці заходи дозволили скоротити обслуговуючий персонал на три людини та дозволили розливати квас на лінії розливу газованої води.

Ключові слова: газовані напої, розлив квасу, змішуванню купажного сиропу

## ЗМІСТ

	Арк.
Вступ	6
1. ВИРОБНИЧО-ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА	8
1.1. Загальна характеристика підприємства	8
1.2. Техніко-економічні показники підприємства	10
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	12
2.1 Характеристика цеху з виробництва продукції	12
2.2 Аналіз технології виробництва газованих напоїв	13
2.3 Вибір технології виробництва газованого напою	17
2.4 Розрахунки кількості технологічного устаткування.	18
2.5 Транспортування сировини і готової продукції	26
2.6 Контроль якості продукції	27
2.7 Площі основного устаткування і цеху.	28

2.8	Витрати води, пари, холоду, електроенергії. Розрахунки освітлення і вентиляції	30
2.9	Витрати стисненого повітря і вуглекислого газу	42
2.10	Енерговитрати	46
	2.11 Розрахунки освітлення і вентиляції	
	2.12 Мікроклімат	
3	КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	47
3.1	Огляд конструкції сатураторів	47
3.2	Обґрунтування модернізації сатуратора ОКА2.12М2/1	59
4	ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	60
4.1	Енергетичні розрахунки	65
4.2	Розміри клапанів	65
4.3	Перевірка шпонок	67
5.	РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВАКУУМ-НАСОСА	77
5	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА	94

## ВСТУП

В Україні випускають такі безалкогольні напої: мінеральні води, газовану воду, газовані фруктові напої, сухі шипучі напої.

Газовані фруктові води представляють насичені діоксидом вуглецю водні розчини сиропів, приготовані із цукру, фруктових-ягідних соків, настоїв цитрусових плодів, ароматичних есенцій, харчових кислот та барвників.

Натуральний обсяг продажів безалкогольних напоїв на Україні в 2009-2020 рр. виріс на 2,5 млрд. л, досягнувши 9,8 млрд. л. У підсумку в 2020 р. ринок газованих напоїв продовжив свій ріст.

Ринок газованих напоїв умовно ділиться на три підвиди: питні, мінеральні води та прохолодні напої. Домінуюче положення займають прохолодні напої. Якщо мінеральних і питних вод сумарно в 2020 р. продано 4,8 млрд. л, то продажі прохолодних напоїв наблизяться до 6,4 млрд. л.

В умовах конкуренції українськими виробниками проводиться робота з розширення асортименту вітчизняних безалкогольних напоїв та мінеральних вод. Значна увага приділяється підвищенню якості та поліпшення дизайну оформлення напоїв на натуральній основі з використанням нетрадиційної сировини: вітамінізованих преміксів, біологічно активних добавок і т. ін.

Потужності на виробництві безалкогольних напоїв використовуються на 64%. мінеральним водам – на 58%. Перед пиво-безалкогольною галуззю стоять завдання по впровадженню нової ефективної техніки та технологій, проведення комплексної механізації і автоматизації виробничих процесів, впровадження заходів щодо економії енергоресурсів та води.

У галузі є внутрішні резерви для подальшого розвитку.

Мета дипломного проекту - реконструкція цеху по виробництву газованих напоїв з модернізацією сатуратора, а саме установка поршневого насоса подвійної дії.





## Рис.1.1 – Структура ТОВ «Микулинецький бровар»

В 2015 році підприємство вийшло на потужність 1 млн. безалкогольної продукції в рік.

Підприємство є спеціалізованим. Основний продукт виробництва є пиво та безалкогольні напої.

Перелік продукції досить широкий, різні сорти пива, квас хлібний, газовані напої та мінеральні води. З врахуванням попиту на підприємстві розробляються і впроваджуються нові види продукції. На даний момент перелік реалізованої продукції такий:

Пиво світле фільтроване й не фільтроване: «Наше живе преміум», «Наше пиво живе», «Наше пиво свіже».

Пиво темне фільтроване: «Чорне».

Квас: «Наш квас хлібний», «Наш квас класичний».

### **1.2. Техніко-економічні показники**

Загальний обсяг виробництва знизився, в основному за рахунок зменшення реалізації обсягів квасу і газованої води.

При аналізі отриманого доходу від реалізації за період 2015 – 2020 рр. можна відмітити динаміку росту. Якщо в 2015р. вона становила 550 тис. грн., то в 2020 р. ця цифра становить 910 тис. грн.. Прибуток збільшився в за рахунок збільшення обсягів виробництва пива та його ціни.

Дані про витрати на виробництві свідчать про те, що найбільшу питому вагу займають матеріальні витрати.

## 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1. Характеристика цеху розливу газованих напоїв

Цех розливу газованих напоїв був запущений в 2003 р. У цеху проходить розлив газованих напоїв у PET пляшки ємкістю 1,5 л. Асортимент продукції:

Мінеральна та питна вода: «Подільська», «Подільська-2» (питна вода).

Напої безалкогольні газовані: «Дюшес», Лимонад», «Крем-сода», «Аромат журавлини», «Буратіно», «Кола», «Дзвіночок».

Економічні характеристики цеху представлено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Економічні показники цеху за 2018-2020 рр.

Найменування показників	Одиниця виміру	Роки			Відсоток 2020 до 2018 року
		2018	2019	2020	
1. Обсяги виробництва	т	684	452	391	57
2. Прибуток від реалізації продукції:	тис. грн.	1550	600	590	30
4. Витрати на виробництво 1 т.	тис. грн.	1044	990	890	27
5. Прибуток від виробництва:	тис. грн.	1580	1300	1100	30

Як видно з таблиці обсяги виробництва з кожним роком зменшуються. Низький попит пов'язаний з дорогою вартістю. Дорога вартість пояснюється фізично зношеним устаткуванням і високим ступенем ручної праці.

Кількість працівників для обслуговування цеху 5 чоловік. Усюди використовується ручна праця.

Збут продукції проводиться в дрібнооптові магазини.

Термін роботи устаткування представлено в таблиці 3.

Таблиця 2.2. Терміни служби устаткування в цеху

№ п/п	Найменування устаткування	Рік випуску	Введений в експлуатацію	Експл. термін служби	Термін роботи
1	Сатуратор ОКА - 2.12М 2/1	1999	2003	10	10
2	Апарат розливу газованих, тихих рідин АРЛ-8	2003	2003	5	10
3	Закупорювальний автомат	2000	2003	5	10
4	Етикетувальний автомат	2001	2003	5	10
5	Пакувальний автомат	2001	2003	5	10

Як видно з таблиці, більшість устаткування відробила два і більше експлуатаційних терміни служби і вимагають заміни на нові машини.

## **2.2. Аналіз технології виробництва газованих напоїв**

Технологія виробництва газованих напоїв представлено на рис.2.1

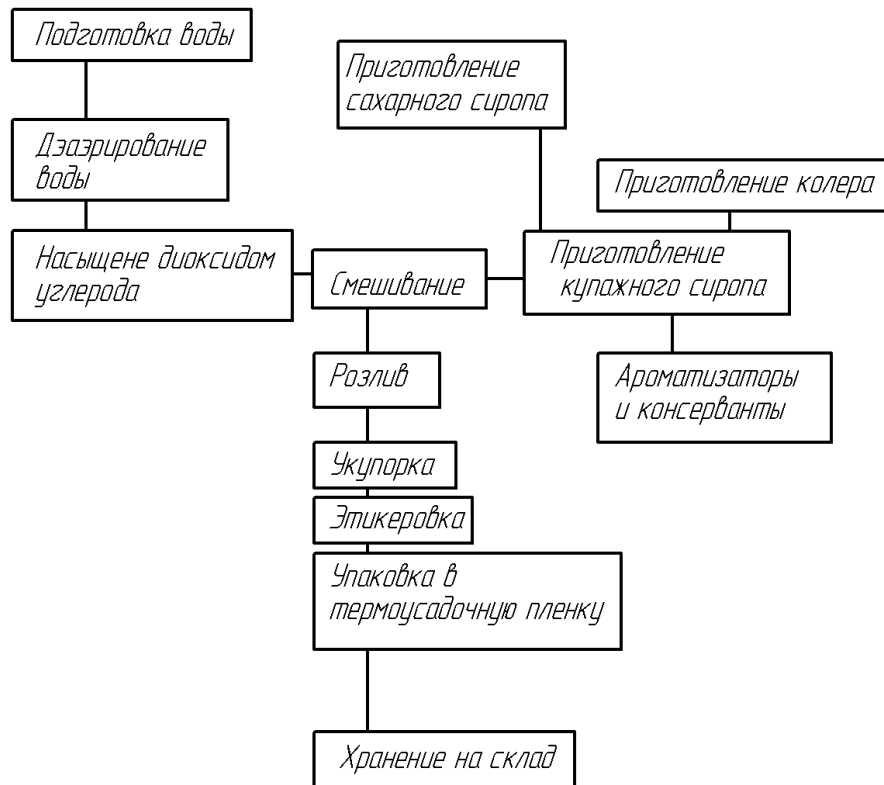


Рис.2.1. Технологія виробництва газованих напоїв

**Підготовка води.** Вода є з основним компонентом напоїв і її склад суттєво впливає на якість готового продукту. Залежно від якості води її підготовка включає ряд операцій:

- Видалення заліза проводиться фільтруванням води через піскові фільтри кварцовим піском;
- освітлення відстоюванням;
- фільтрування через піскові фільтри;
- знезаражування опроміненням ультрафіолетовими променями, або озонуванням;

Деаерація води.

**Насичення діоксидом вуглецю.** Процес насичення води і напоїв діоксидом вуглецю називаються сатурацією. Він заснований на здатності діоксида вуглецю утворювати з водою насичений водяний розчин. Насичення води відбувається в сатураторах. Робочий тиск  $\text{CO}_2$  при насиченні становить 0,3...0,7 МПа. У нашому випадку для деаерації і насичення діоксидом вуглецю води використовуються

сатуратор ОКА 2.12 М 2/2 (рис 2.2).

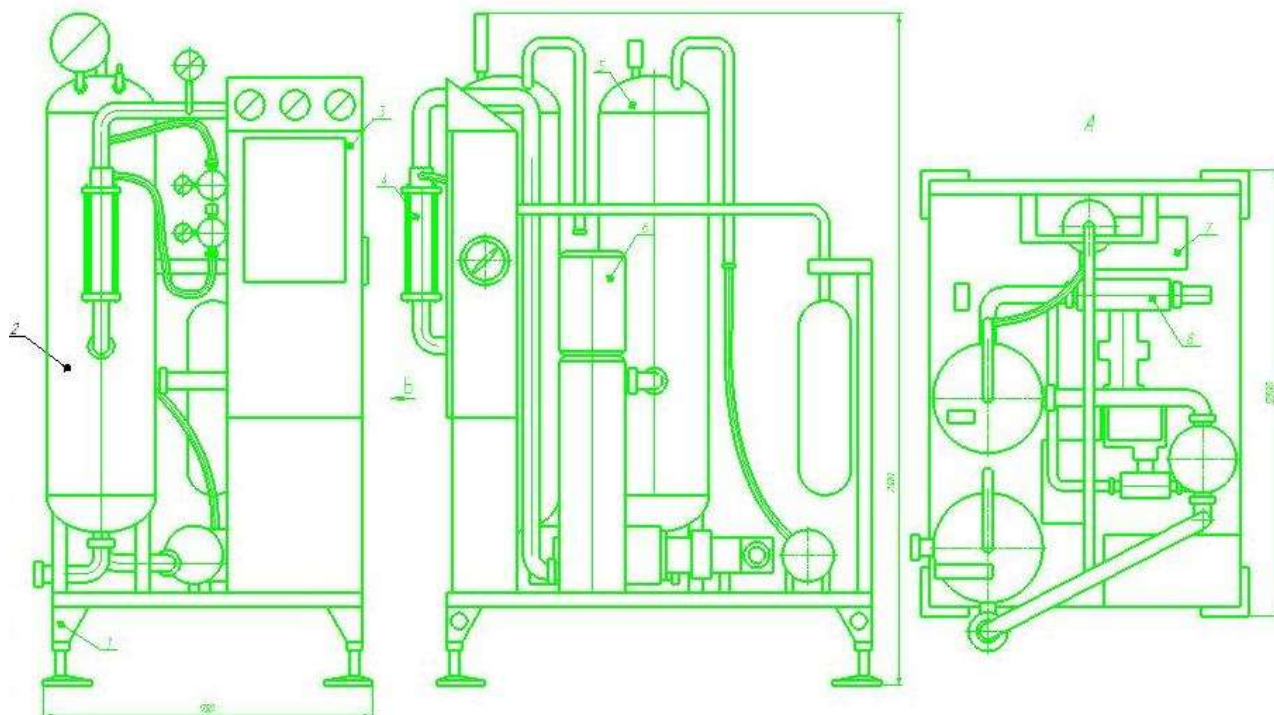


Рис.2.2. Сатуратор ОКА2.12 М 2/2: 1 – а насадка; 2 – колонка деаерації; 3 – контргайка; 4 – ніжка; 5 – опора; 6 – насос вакуумний; 7 – насос для подачі води; 8 – пульт керування; 9 – каркас; 10 - колонка насичення

**Приготування цукрового сиропу.** Для варіння сиропу використовують сироповарочні казани з мішалкою і обігрівом. Холодним способом сироп отримують розчиненням цукру у воді з фільтруванням через фільтри.

У нашому випадку використовують концентровані цукрозамінники: Аспасвіт ультра, Діетмікс 200 – ультра.

**Надання кольору.** Цукровий колір – один з найпоширеніших барвників, отримують нагріванням цукру до 180...200 °С. Для таких напоїв як «Тархун», «Аромат журавлини» використовують барвники «Понсо 4R» і «Тархун 03 311».

**Ароматизатори та консерванти.** Використовують розчин лимонної кислоти, розчин бензонату натрію. Ароматизатори: Журавлина Dela 11.01.177, лимонад Буратіно 0041677, Груша Dela, Кола BOOA25185, Лимонад FL6612,

Лимон Dela.

**Купажний сироп.** Купажний сироп отримують змішуванням усіх компонентів напою крім води. Змішування проводиться в ємності, яка має мішалку.

**Змішування і розлив.** Безалкогольні напої розливають двома способами.

1. Перший спосіб – з роздільним дозуванням у пляшку купажного сиропу та газованої води. Газована вода змішується в змішувальному бачку з негазованим купажним сиропом і напій подається на розлив;

2. Другий спосіб - деаерована та охолоджена вода змішується з купажним сиропом і отримає суміш насичується діоксидом вуглецю та надходить на розлив. Цей варіант кращий і дозволяє досягти найбільшого ступеню насичення напою діоксидом вуглецю.

У нашому випадку розлив і змішування здійснюються першим способом.

**Закупорювання, етикетування, пакування в термоусадочну плівку.** Після розливу, пляшки йдуть по транспортеру і на них в автоматичних машинах закручуються ковпачки, наклеюється етикетка і обгортаються в термоусадочну плівку в пакувальній машині АУК - 600 ПБ і йдуть на склад на зберігання. Кількість напоїв переданого на склад, за кожну зміну підраховується по автоматичних лічильниках.

### **2.3. Вибір технології виробництва газованого напою**

Розлив безалкогольних напоїв і квасу забороняється на лінії розливу пива. Тому для розливу квасу необхідно будувати окрему лінію, але на підприємстві є лінія розливу газованих напоїв, яка малопродуктивна і для розливу квасу не придатна. Тому пропонується модернізувати лінію в універсальну лінію для розливу газованої води та квасу. Технологічний процес запропонованої універсальної лінії показано на рис.2.3.

Технологічний процес модернізованої універсальної лінії відрізняється тим, що процес змішування води і купажного сиропу відбувається до деаерації та насиченням діоксином вуглецю, а розлив готового напою проводять синхронно-змішувальним

способом. Також є можливість розливати квас.

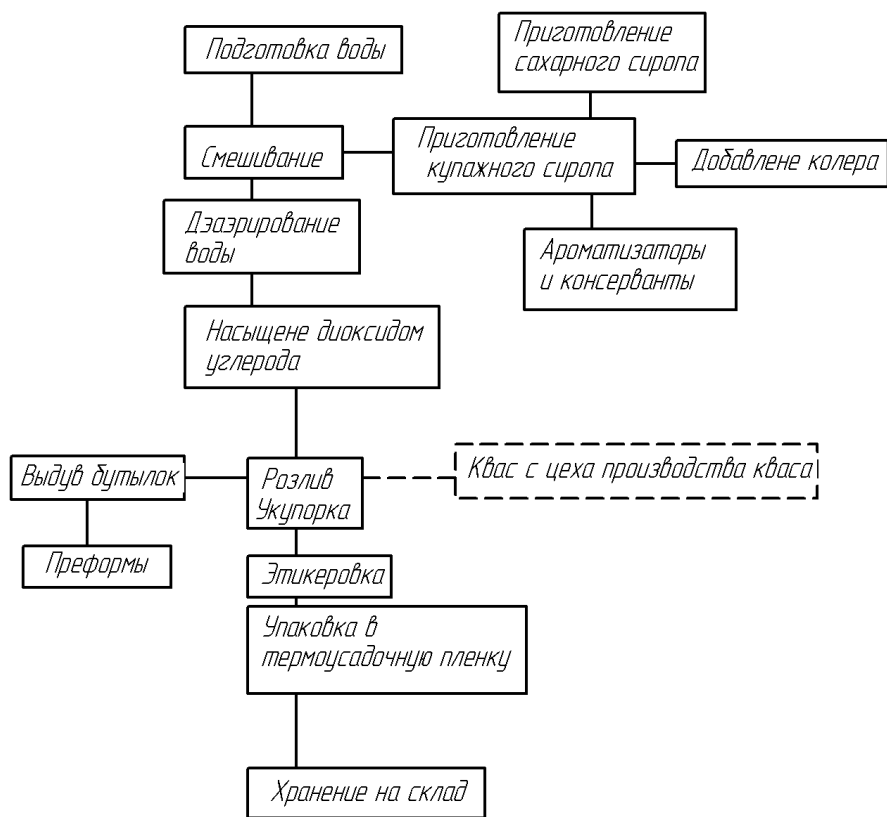


Рис.2.3. Технологічний процес розливу води на модернізованій лінії

## 2.4. Розрахунки кількості технологічного устаткування

Продуктивність цеху виробництва газованих напоїв:

$$Q_4 = \frac{Q_2}{150}, \quad (2.1)$$

де  $Q_2$  - обсяги виробництва в рік квасу і газованих напоїв, т;

150 – середня кількість днів.

$$Q_4 = \frac{Q_2}{150}$$

Необхідна кількість технологічного устаткування виходячи з необхідної потужності цеху та згідно зі схемою технологічного процесу (рис. 2.3)

#### **2.4.1 Кількість розливочно-закупорювальних триблоків PEPA 18/24/7**

Автомат розливу призначений для розливу напоїв насичених CO<sub>2</sub> у PET-пляшки і закупорки PET- пляшок гвинтовими пластмасовими пробками (рис.2 4).

Триблок складається з ополіскувача 1, що має 18 промивних головок, автомата розливу 2, з 24 вентилів розливу сифонного типу і закупорювального автомата 3, із 6 закупорювальних головок. Далі, у триблок входить блок силових приводів, устаткування для переміщення пляшок, блоки регулювання стисненого повітря, вуглекислоти, устаткування для подачі напою в ємність автомата розливу.

Для забезпечення безпеки роботи обслуговуючого персоналу триблок захищений прозорими щитами з оргскла. На пульті керування 4 є також цифровий дисплей, на якому висвічується інформація продуктивності триблоку і кількості розлитих триблоком пляшок з напоєм. Зміна продуктивності триблоку здійснюється потенціометром. Потенціометр управляє роботою перетворювача частоти обертів головного приводу автомата розливу.

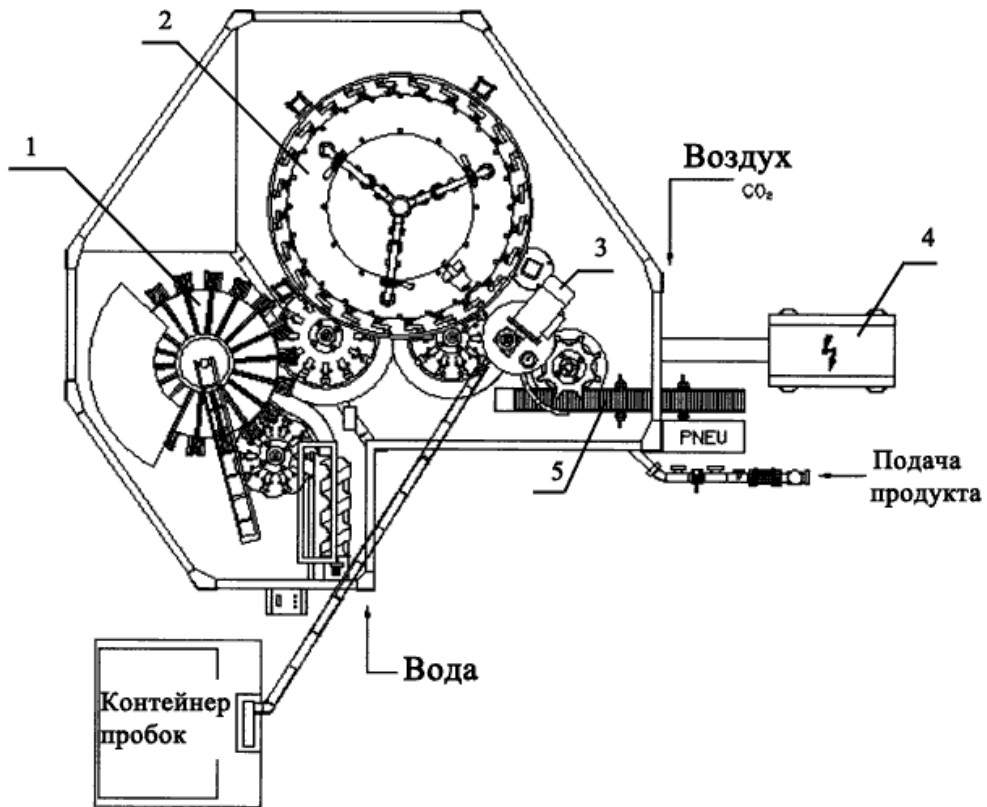


Рис.2.4. Загальний вид триблоку PERA 18/24/7:

1 – блок ополіскування пляшок; 2 – блок розливу; 3 – блок закупорки пробкою; 4 – пульт керування; 5 – транспортер

Кількість триблоків розливу і закупорки:

$$n = \frac{Q_i}{q \times 8}, \quad (2.2)$$

де  $Q$  – продуктивність триблоку, т/год;

8 – тривалість зміни, год;

Приймаємо - 1 триблок.

Кількість пляшок :

$$q = \frac{Q_u}{0,0015 \times 8}, \quad (2.3)$$

де 0,0015 - частка маси газованої води в пляшці, т;

$$q = \frac{Q_u}{0,0015 \times 8}$$

Необхідна кількість автоматів для видуву пляшок:

$$n = \frac{q}{q_a}, \quad (2.4)$$

де  $q_a$  - продуктивність автомата видуву, шт/год;

Приймаємо 1 видувний апарат.

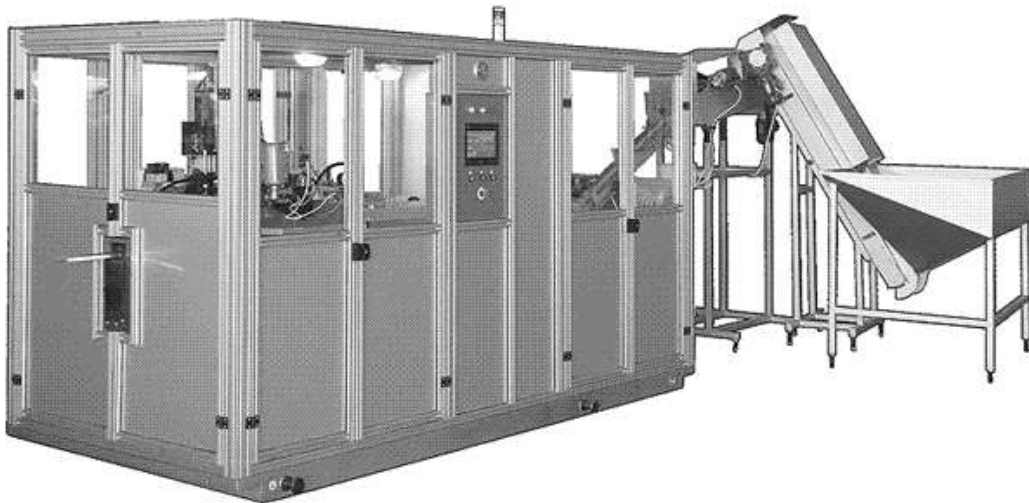


Рис.2.5. Загальний вид видувного автомата А-3000

Автомат видувний призначений для виробництва PET-пляшок з розігрітих прес-форм. На устаткуванні можна виготовити пляшки ємкістю до 2 л, загальний вид представлено на рис.2.6.

Таблиця 2.3 - Технічна характеристика видувного апарату А-3000

Показник	Значення
Продуктивність, пляш./год	до 3000
Робочий тиск, МПа	0,8....4,0
Тиск попереднього видуву, МПа	1,6
Тиск основного видуву, МПа	4,0
Тиск керування, МПа	0,8...1,0
Витрати повітря, м <sup>3</sup> /год	270
Витрати води, м <sup>3</sup> /год	1,3
Потужність, кВт	19
Габарити машини, мм	6310x2690x2200
Маса, кг	3500

Визначення необхідної кількості сатураторів ОКА 2.12М2/2 для насичення води діоксидом вуглецю :

$$n = \frac{20}{3,5 \times 8} = 0,71 ; \text{ приймаємо } 1 \text{ сатуратор.}$$

Необхідна кількість етикетувальних машин ЕТМА 312

Етикетувальна машина ЕТМА 312, рис.2.7, призначена для нанесення круглої або сегментної поліпропіленової етикетки РЕТ-пляшку.

характеристики етикетувальної машини ЕТМА 312 представлено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Технічна характеристика етикетувальної машини ЕТМА 312

Показник	Значення
Продуктивність, етикеток/год	1000...3000
Відхилення від паралельності наклеювання етикетки, мм	$\pm 2$
Відхилення по довжині етикетки, мм	$\pm 5$
Розмір етикетки, мм	
довжина	160...360
висота	35...120
Діаметр рулону плівки, мм	450
Діаметр пляшки, мм	50...120
Споживана потужність, кВт	3
Параметри пневмомережі:	
Тиск, МПа	0,6...0,8
Витрата, л/хв	50
Габарити машини, мм	3000x1350x1500
Маса, кг	360

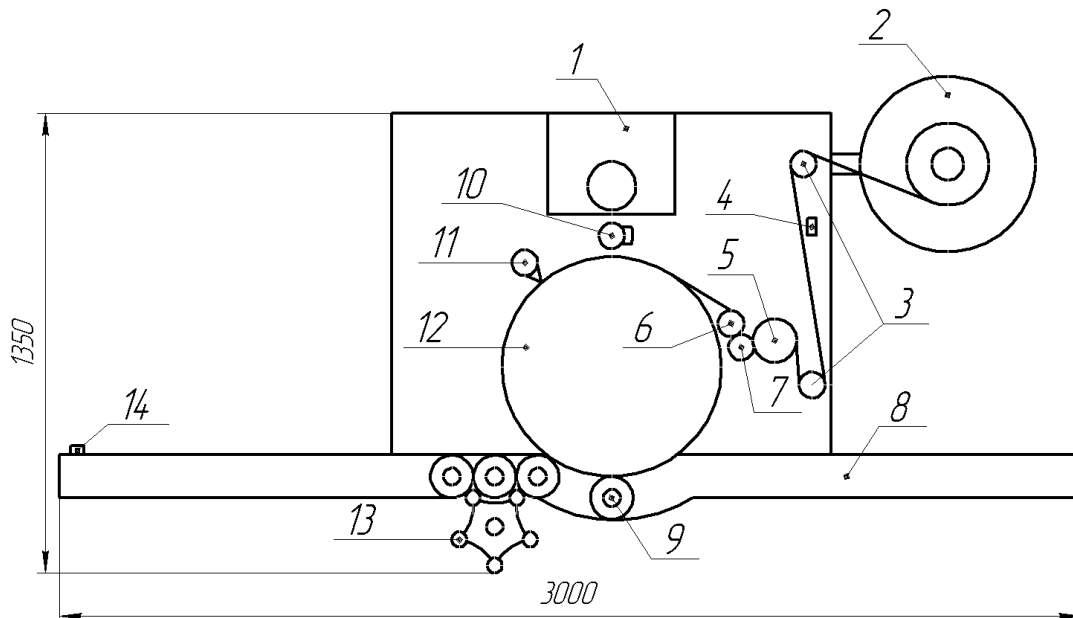


Рис.2.7. Загальний вид етикетувальної машини ЕТМА-312:

1 – вузол подачі клею; 2 – вузол кріплення рулону; 3,6 – обвідний ролик; 4 – датчик мітки; 5 – ролик протягання плівки; 7 – притискний ролик; 8 – транспортер; 9 – пляшка; 10 – вузол нанесення клею; 11 – вузол відрізного ножа; 12 – вакуумний барабан; 13 – вузол роздільника пляшок; 14 – датчик наявності пляшок

**Кількість етикетувальних машин:**

$$n = \frac{1666}{2500} = 0,66 \text{ Приймаємо 1 машину.}$$

**Кількість пакувальних машин АУК-600:**

Пакувальник, рис.2.8 призначений для обгортання блоку з продукцією в термоусадочну плівку.

Кількість етикетувальних машин ЕТМА 312:

$$n = \frac{1666}{3500} = 0,47; \text{ приймаємо одну машину}$$

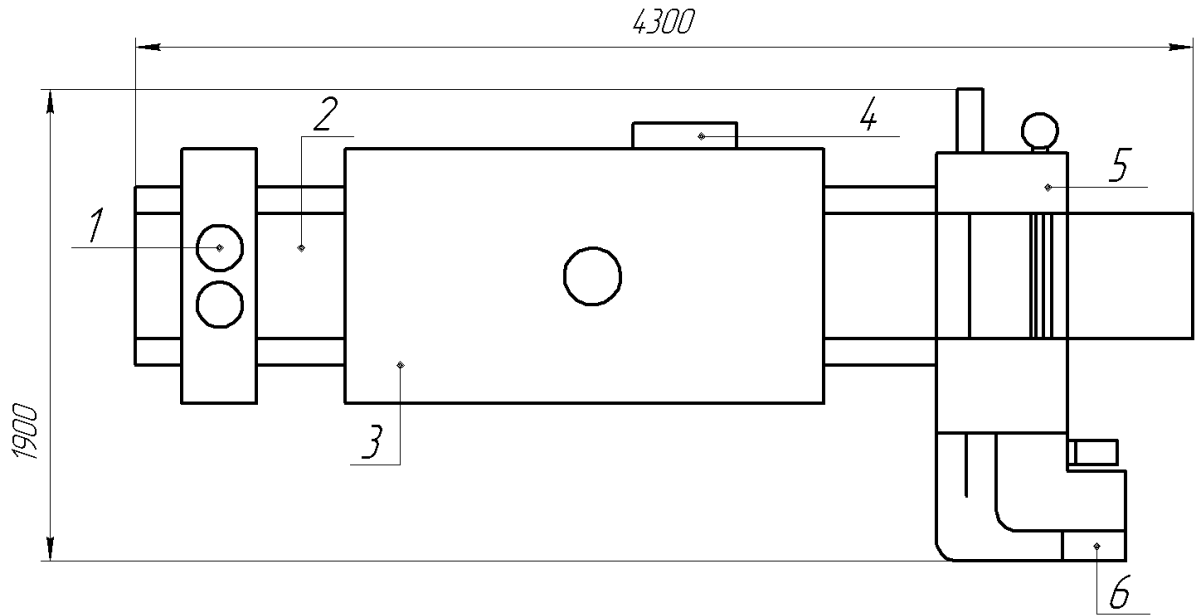


Рис.2.8 Загальний вид пакувальної машини АУК- 600: 1 – вентилятори охолодження; 2 – транспортер; 3 – термотунель; 4 – пульт керування термотунелем; 5 – пакувальний пристрій; 6 – транспортер пляшок

## 2.5. Транспортування сировини і готової продукції

Проблем з транспортуванням сировини в цеху немає. Вся сировина рідка і транспортується по трубопроводах. Готова продукція, пляшки з газованим напоєм вкладаються карою на піддони розмірами 1200x800. Покладений піддон обмотується стрейтч-плівкою в 1...2 шари і передається на склад.

## 2.6. контроль якості продукції

На заводі велика увага надається забезпеченню якості при виробництві, пакуванні та зберіганні продукції. Роботи з контролю і нагляду здійснює виробнича лабораторія.

Виробнича лабораторія має у своєму складі структурні підрозділи (рис.2.9).

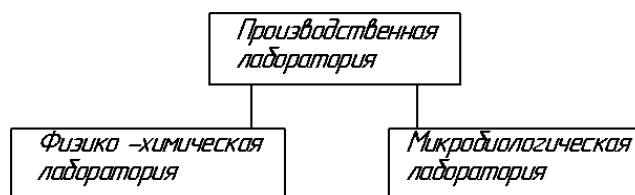


Рис.2.9. Структурна схема виробничої лабораторії

У штат виробничої лабораторії входять: інженер-хімік, інженер-мікробіолог і техніки-лаборанти. Всю роботу очолює начальник виробничої лабораторії.

Основні завдання фізико-хімічної лабораторії:

- запобігання випуску підприємством продукції, що не відповідає вимогам діючих нормативних документів;
- контроль над дотриманням санітарних правил;
- проведення науково-дослідних і експериментальних робіт.

Основні завдання мікробіологічної лабораторії:

- проведення мікробіологічних досліджень сировини, напівфабрикатів, готової продукції;
- контроль над дотриманням санітарно-гігієнічних норм і правил;
- оформлення висновку про можливість використання сировини, реалізації готової продукції;
- розведення пивних дріжджів;
- контроль забракованої продукції, сировини та подальшої їх утилізації або переробки;
- своєчасне і достовірне занесення результатів досліджень у лабораторні журнали;

– перевірка якості виконання окремих технологічних операцій умов зберігання, відвантаження і транспортування продукції.

Для проведення науково-дослідних і експериментальних робіт розроблений план робіт мікробіологічних досліджень.

## 2.7. Площі основного устаткування і цеху

Перелік і кількість технологічного устаткування із відповідною площею наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5. Перелік і кількість технологічного устаткування

Найменування	Кількість	Площа, м <sup>2</sup>
Триблок РЕРА 18.24.6	1	8,38
АУК 600	1	8,54
Видувний автомат А-3000	1	17
Етикетувальний автомат ЕТМА 312	1	2,7
Сатуратор ОКА 2.12М2/1	1	1,2
Ємкості для купажу	2	1,53
СІР мийка	1	1

Площа під устаткуванням:

$$S_{об} = (\sum S_{обі}) \times k, \quad (2.5)$$

де  $S_{обі}$  - площа, займана устаткуванням і-ої марки, м<sup>2</sup>;

$k$  - коефіцієнт, що враховує проходи; прийємомо 3...5.



## 2.8. Витрати води, пари, холоду та електроенергії. Розрахунок освітлення і вентиляції

Для забезпечення нормальної та безперебійної роботи необхідно мати певну кількість води, електроенергії, а в окремих випадках стисненого повітря і вуглекислого газу:

### 2.9.1 Витрати води

Витрати води на санітарну обробку приміщення:

– норма витрати води на мийку стін:  $q_c = 0,002 \frac{m^3}{m^2}$

Площа стін:

$$F_{ст} = P \times h, \quad (2.6)$$

де  $P$  - периметр цеху, м;

$h$  - висота, м

~~$F_{ст}$~~

Кількість води для мийки стін у рік складе:



де 50 – кількість тижнів у році.

– норма витрати води на мийку підлог:  $q_n = 0,003 \frac{m^3}{m^2}$ ;

Необхідна кількість води для мийки підлог у рік складе:



де  $F_n$  - площа підлог,  $m^2$ ;

340 – кількість днів у році.

Витрати води на зовнішню мийку устаткування представлено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 - Витрати води на зовнішню мийку

Найменування	Витрата, $m^3$
Щодня	
Триблок РЕРА 18.24.6	0,1
У санітарний день	
АУК 600Б	0,005
Видув А-3000	0,005
Етикетувальний автомат ЕТМА-312	0,005

Сатуратор ОКА 2.12М2/1	0,01
Транспортери	0,06

Кількість води для зовнішньої мийки триблоку в рік:

$$Q_m = 340 \times q_m, \quad (2.7)$$

де  $q_m$  - витрата води на зовнішню мийку триблоку, м<sup>3</sup>;



Кількість води для зовнішньої мийки іншого устаткування в санітарні дні:



(2.8)

де  $k_i$  - кількість і-го устаткування;

$q_i$  - витрата на і-е устаткування.



Витрати води на внутрішню мийку устаткування (таблиця 2.7)

Таблиця 2.7. Витрати води на внутрішню мийку устаткування

Устаткування	Витрата м <sup>3</sup>
Триблок РЕРА 18.24.6	2,5
Сатуратор ОКА 2.12М2/1	1

Внутрішня мийка устаткування проводиться щодня. Кількість води для внутрішньої мийки в рік:



Витрата води на систему охолодження печі і прес-форми видування - 1,3 м<sup>3</sup>/год.

Автомат А-3000 працює щодня в по 10 годин. Кількість води в рік для охолодження печі і прес-форми видування:

$$Q_{\text{ввл}} = 340 \times t \times q_{\text{ввл}}, \quad (2.9)$$

де  $q_{\text{ввл}}$  - витрати машини А-3000;

$t$  - середня тривалість роботи в день, год;



### **Витрата води на ополіскувач пляшок триблоку.**

Триблок РЕРА 18.24.6 працює щодня по 10 годин. Необхідна кількість води в рік для ополіскувача пляшок :

$$Q_{\text{ввл}} = 340 \times t \times q_{\text{ввл}}, \quad (2.10)$$

де  $q_{mp}$  - норма витрати води триблоком,  $0,3 \text{ м}^3/\text{год}$ ;

$t$  - середня тривалість роботи в день, год.



### **Витрати води вакуум-насосом**

Вакуум - насос працює щодня в середньому по 10 годин на добу. Кількість води в рік для змащення насоса :

$$Q_{вн} = 340 \times t \times q_{вн}, \quad (2.11)$$

де  $q_{вн}$  - норма витрати води на змащування,  $0,005 \text{ м}^3/\text{год}$ ;

$t$  - середня тривалість роботи в день, год;



### **Витрати води для газованої води**

У рік цех може виробити газованих напоїв:

$$Q_2 = 340 \times 10 \times q_2, \quad (2.12)$$

де  $q_2$  - продуктивність сатуратора.



Загальна кількість води на виробництві газованих напоїв у рік:



## 2.9. Витрати стисненого повітря і вуглекислого газу

Споживання машинами стисненого повітря і вуглекислого газу наведено в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 - Споживання машинами стисненого повітря і вуглекислого газу

Устаткування	Стиснене повітря м <sup>3</sup> /год	Вуглекислий газ м <sup>3</sup> /год
АУК 600Б	16	-
Видув А-3000	270	-
Етикетувальний автомат ЕТМА-312	3	-
Сатуратор ОКА 2.12М2/1	-	21 кг/год
Триблок РЕРА 18.24.6	-	0,02

## 2.10. Енерговитрати

Споживання електроенергії визначається тривалістю їх роботи протягом зміни. Витрати електроенергії - сума витрат для кожної машини Потужності машин зазначено в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 - Споживана потужність машинами

Устаткування	Потужність, кВт
Триблок РЕРА 18.24.6	4
Сатуратор ОКА 2.12М2/1	7
АУК 600Б	25
Автомат А-3000	16
Етикетувальний автомат ЕТМА-312	2,7

Річне споживання електроенергії:

$$Q_{\text{е}} = 340 \times t \times \sum N_i, \quad (2.13)$$

де  $N_i$  - потужність  $i$ -ого устаткування, кВт;

$t$  - час зміни;

340- кількість днів роботи в році.



## 2.11. Розрахунки освітлення і вентиляції

Знаходимо розрахункову висоту підвішування світильника над робочою поверхнею  $h$ , м:

$$h = H - h_c - h_p, \quad (2.14)$$

де  $H$  – висота приміщення, м;

$h_c$  – відстань від світильника до перекриття, м (приймається в діапазоні 0...1,5 м);

$h_p$  – висота робочої поверхні над підлогою, м;



Розподіл освітленості по освітлюваній поверхні визначається типом ламп і відношенням відстані між сусідніми світильниками:

$$\lambda = \frac{L}{h}; \quad (2.15)$$

Визначивши  $h$  згідно рекомендованими значеннями  $\lambda$  визначають діапазон можливих відстаней між світильниками і їх рядами.

Відстань від крайніх світильників або рядів світильників до стін:

$$L_x = 0,5 \times 2 = 1;$$

Число рядів світильників  $R$  і число світильників у ряді  $N_R$ :

$$R = 1 + \frac{b - 2 \cdot L_x}{L}, \quad (2.16)$$

$$N_R = 1 + \frac{a - 2 \cdot L_x}{L}, \quad (2.17)$$

де  $a$  і  $b$  – довжина і ширина приміщення, м;

$$N = \frac{P \cdot Z}{K \cdot 2} \cdot \eta$$

Загальне число світильників:

$$N = \frac{P \cdot Z}{K \cdot 2} \cdot \eta$$

При розрахунках методом коефіцієнта використання необхідного світлового потоку однієї лампи в кожному світильнику:

$$\Phi_l = \frac{E \times K_3 \times A \times Z}{N \times \eta}, \quad (2.18)$$

де  $E$  - нормоване значення освітленості, Лк (приймаємо  $E=200$ );

$K_3$  - коефіцієнт запасу. Приймаємо  $K_3=1,4$  [20, табл. 3].

$A$  - освітлювана площа, м<sup>2</sup>;

$Z$  - коефіцієнт нерівномірності (приймаємо  $Z=1,15$ );

$\eta$  - коефіцієнт використання світлового потоку, приймаємо  $\eta=0,65$  [19, табл. 3]

$$\Phi_l = \frac{E \times K_3 \times A \times Z}{N \times \eta}$$

За знайденим значенням  $\Phi_d$  по [20, таблиці П.4, П.5] вибирається лампа ЛДЦ 40-1. Технічні характеристики представлено в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 - Технічна характеристика лампи ЛДЦ 40-1

Тип лампи	Номінальні значення			Середня тривалість горіння, год
	Потужність, Вт	Світловий потік, лм	Світлова віддача, лм/Вт	
Люмінесцентні лампи (ЛЛ)				
ЛДЦ 40-1	40	2200	55,00	15000

## 2.12. Мікроклімат

Для підтримки параметрів мікроклімату приміщення в оптимальному режимі необхідно видаляти із приміщення шкідливі гази, вологу і обновлювати повітря.

Повітрообмін для дотримання норм вмісту шкідливих газів:

$$V_{CO_2} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \times P_i}{P_2 - P_1}, \quad (2.19)$$

де  $m_i$  - число джерел виділення шкідливих газів;

$P_i$  - кількість виділюваних шкідливих газів одним джерелом,  $dm^3/год$ ;

$P_2$  - припустима норма шкідливих газів у приміщенні;

$P_1$  - вміст шкідливих газів у зовнішньому повітрі;

$$V = \frac{25 \times 10^3}{20 - 10} = 2500 \text{ м}^3/\text{год}$$

Необхідний вмісту вологи :

$$V_{\text{в}} = \frac{G}{(a_2 - a_1) \rho_{\text{в}}} \quad (2.20)$$

де  $G$  - сумарні вологовиділення, г/год;

$a_2, a_1$  - вологовміст повітря приміщення, г/кг;

$\rho_{\text{в}}$  - щільність повітря, кг/м<sup>3</sup>

$$V_{\text{в}} = \frac{Q}{2.3 V_{\text{в}} \rho_{\text{в}}} \quad (2.21)$$

де  $t_{\text{в}}$  - температура повітря в приміщенні, °C ;

$P_a$  - атмосферний тиск, кПа;

$$V_{\text{в}} = \frac{Q}{2.3 V_{\text{в}} \rho_{\text{в}}}$$

Повітрообмін для видалення надлишку теплоти:

$$V = \frac{Q_{\text{п}}}{Q_{\text{т}}(t_{\text{н}} - t_{\text{в}})}, \quad (2.22)$$

де  $Q_{\text{п}}$  - тепловий потік в приміщенні, кВт;

$Q_{\text{т}}$  - тепловий потік, необхідний для нагрівання повітря яке поступає, кВт;

$t_{\text{н}}$  - температура повітря за межами приміщення, °С .

$$V = \frac{Q_{\text{п}}}{Q_{\text{т}}(t_{\text{н}} - t_{\text{в}})}$$

Кратність повітрообміну:

$$n = \frac{V}{V_n}, \quad (2.23)$$

де  $V$  - сумарний повітрообмін,  $\frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$ ;

$V_n$  - обсяг приміщення,  $\text{м}^3$ ;

$$n = \frac{1810,18}{720} = 2,51;$$

Кратність повітрообміну  $2,51 \leq 3$ , отже є природня вентиляція.

### 2.13. Графік технічного обслуговування

Для розрахунків програми ТО машин вихідними даними є:

- дані останнього ТО;
- прийнята періодичність ТО;
- очікуваний наробіток за планований рік;

Періодичність ТО і ремонту встановлюється відповідно до ДСТУ1822-93.

Кількість періодичних ТО-1:

$$K_{TO-1} = \frac{Q_i \times N_i}{B_{TO-1}} \quad (2.24)$$

де  $Q_i$  - середнє завантаження однієї машини  $i$  - вої марки;

$N_i$  - кількість машин  $i$  - вої марки;

$B_{TO-1}$  - періодичність ТО-1 певної марки;

$$K_{TO-2} = \frac{Q_i \times N_i}{B_{TO-2}}, \quad (2.25)$$

де  $B_{TO-2}$  - періодичність ТО-2;

Для автомату А-3000, триблоку РЕРА 12/18/6, сатуратора ОКА 2.12М2/1, етикетувальної машини ЕТМА-312, пакувальної машини АУК-600:

$$K_{TO-1} = 4$$

$$K_{TO-2} = 2$$

Отже, ТО-1 виконується чотири рази на рік, а ТО-2 два рази на рік.

### 3.КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

#### 3.1.Огляд конструкцій сатураторів

Сатуратор це апарат для насичення рідин вуглекислим газом. В абсорбері під надлишковим тиском проходить розчинення  $\text{CO}_2$  в охолодженій рідині. Сатуратори бувають періодичної, циклічної та безперервної дії. У сатураторах приміняють різні способи взаємодії газу з рідиною: механічне перемішування, барботування газу, розбризкування і розшарування рідини в газі.

На рис 3.1 представлена синхронно-змішувальна установка РЗ-ВНС-2.

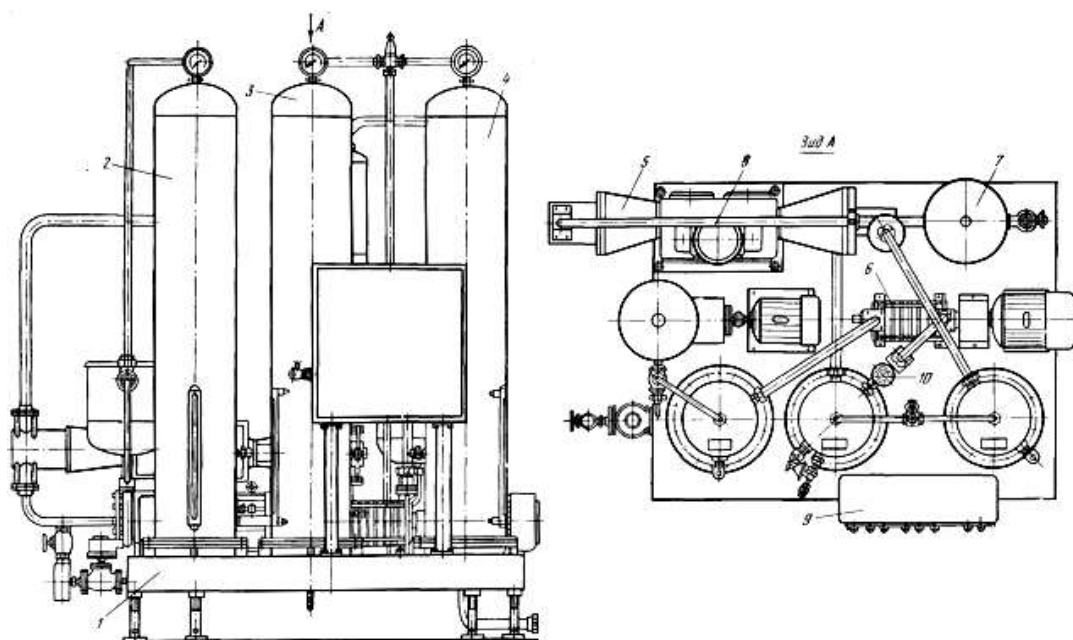


Рис.3.1. Синхронно-змішувальна установка РЗ-ВНС-2

Основні вузли установки: основа 1 - колонка деаерації, 2 - колонка насичення, 3 - накопичувальна колонка, 4 - насос-дозатор, 5 - насос подачі деаерованої води в колонку, 6 - бачок для сиропу, 7 - змішувальний бачок, 8- пульт керування, 9 – ежектор, 10 = трубопроводи

Фільтрована і охолоджена питна вода подається в колонку деаерації 2, що являє собою посудину з конічними тарілками, у днище якого вмонтований трубопровід. На початку трубопроводу встановлений магнітний вентиль. За

допомогою вихрового насосу і ежектору 10, у колонку засмоктується вода і розтікається тонким шаром по поверхні тарілок.. Повітря, що виділяється, відсмоктується ежектором.. Деаерована вода збирається в нижній частині колонки, забирається насосом 6 і подається в колонку насичення 3.

У струменевій насадці проходить насичення води діоксидом вуглецю. Насичена вода відбирається насосом-дозатором 5, що має два гідроциліндри. В один із них надходить насичена вода, а в іншій із бачка 7 — сироп. Вода і сироп насосом подаються в змішувач 8. Готовий напій надходить у накопичувальну колонку 4.

Фірма «Holstein — Kappert» (ФРН) випускає установки для безперервного приготування безалкогольних напоїв системи «Paramix». Технологічна схема установки представлено на рис.3.2.

Деаератор установки «Paramix» являє собою циліндричну посудину, верхня частина якого має конічну форму, а нижня — сферичну.

Таблиця 3.1 - Технологічна характеристика синхронно-змішувальної установки РЗ-ВНС-2

Показник	Значення
Продуктивність, л/год	3000
Вміст CO <sub>2</sub> у напої, %	0,7
Робочий тиск, МПа	
у колонку деаерації	0,08
у колонку насичення	до 0,6

у накопичувальній колонці	до 0,6
Тиск CO <sub>2</sub> , що надходить у насадку для насичення води, Мпа	0,6...0,8
Температура, °С	
води, що надходить на деаерацію	6
купажного сиропу	8
готового напою	6...8
Потужність електродвигунів, кВт	9,2
Габаритні розміри, мм	2200x1600x2500
Маса, кг	1365

Вода, що у нього надходить попадає на ударно-відбивну пластину і розбивається на дрібні краплі. Наповнення деаератора регулюється за допомогою магнітного клапана.

Деаерована вода подається до дозуючого апарату насосом. Дозування в змішувач деаерованої води і сиропу здійснюється поршневым насосом, а при змішуванні багатьох компонентів — багатокамерними поршневым насосом.

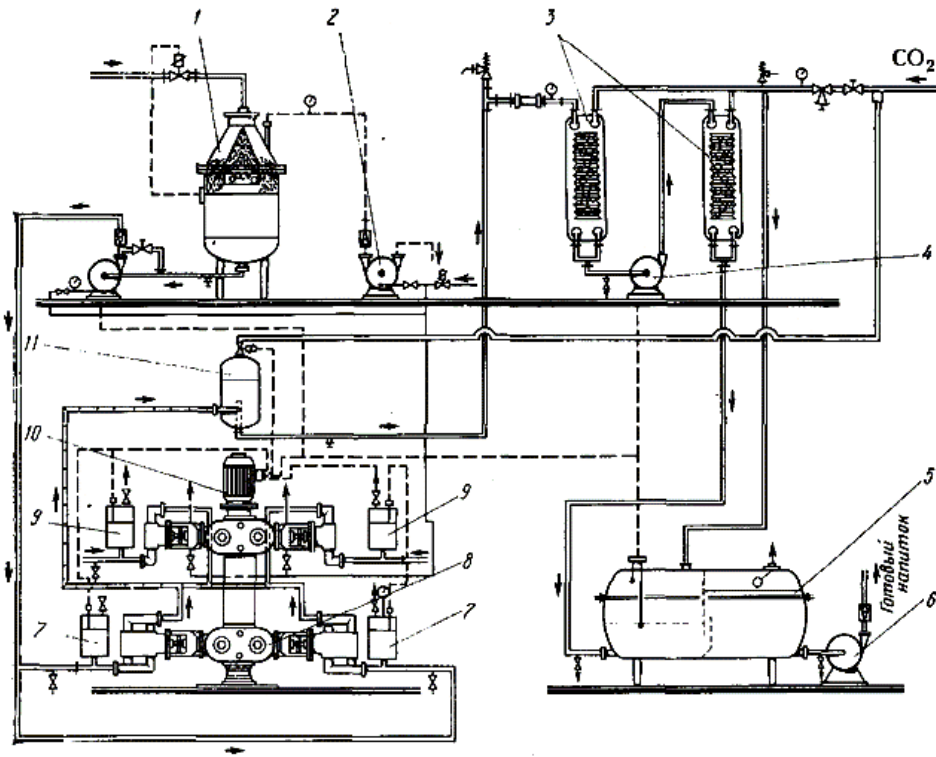


Рис.3.2. Технологічна схема установки «Paramix»: 1 - деаератор; 2 - вакуум-насос; 3 – пластинчаті карбонізатори; 4 - насос; 5 - збірник газованого напою; 6 - насос для напою; 7 - збірник деаерованої води; 8 - насос-дозатор деаерованої води; 9 - збірники напою; 10 - насос для перекачування напою; 11 - збірник-змішувач напою

В установках «Paramix» фірми «Holstein - Kappert» застосована нова конструкція дозуючого пристрою, що працює за принципом проточного дозування.

Основним елементом цього пристрою є змішувальна камера, у яку надходять вода і сироп. До змішувальної камери підключений насос.

У скляних посудинах для води і сиропу змонтовані сталеві поплавкові регулятори, які забезпечують однаковий рівень рідин у посудинах. Завдяки цьому кількість повітря над компонентами напою не змінюється.

Різниця в об'ємних масах води і сиропу компенсується установкою посудини для сиропу на 70 мм нижче, чим посудини для води.

Змішувальна камера влаштована так, що сироп у неї надходить через сифон, що запобігає холостій роботі дозатора.

Вода дозується регульованою заслонкою. У трубопроводі для сиропу також змонтована регульована заслонка. Така конструкція забезпечує точність складу напою. Як і у всіх установках «Paramix», тут передбачений автоматичний контроль над рівнем рідин у посудинах.

Насичення напою  $\text{CO}_2$  проводиться в пластинчастому карбонізаторі. Пластини його мають ребристу поверхню, що сприяє збільшенню поверхні контакту води й  $\text{CO}_2$ . У проміжні відсіки між пластинами подається під тиском діоксид вуглецю. Насичення напою може бути багатоступінчастим.

Модифікацією карбонізатора установки «Paramix» «Holstein — Kappert» є карбонізатор, що працює за принципом розпилення. Схема установки «Paramix» з таким карбонізатором наведено на рис.3.3.

Перша ступінь карбонізатора являє собою сталевий циліндр. На торцевій поверхні якого розташовані вхідні отвори для напою і  $\text{CO}_2$ .

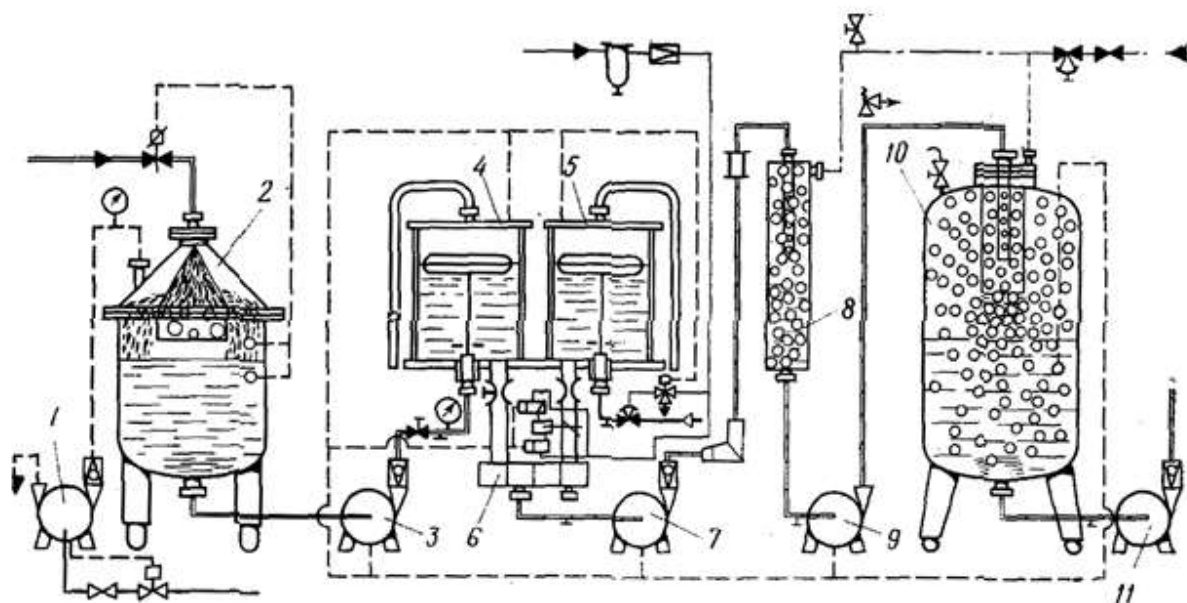


Рис.3.3. Технологічна схема установки «Paramix» з карбонізатором: 1 - вакуум-насос; 2 - деаератор; 3 - насос для деаерування води; 4 - скляна посудина для деаерованої води з поплавковим регулятором; 5 - скляна посудина для сиропу з поплавковим регулятором; 6 - змішувач; 7 - насос для

напою; 8 – перша ступінь карбонізатора; 9 - насос; 10 – друга ступінь карбонізатора; 11 - насос

Для забезпечення розпилення передбачена розподільна сталева труба із дрібними шліцами. Заданий тиск забезпечує рівномірне розпилення рідини. Напій і диоксид вуглецю подаються перпендикулярно один одному.

Газований напій виходить із нижньої торцевої сторони циліндра, де встановлений насос для розпилення напою в другій ступені апарату. Принципова конструкція другої сходинки аналогічна першій.. Друга ступінь забезпечує інтенсивний контакт CO<sub>2</sub> з розпиленими краплями напою.

Насичений CO<sub>2</sub> напій насосом подається до розливної машини.

**Сатуратор АСК-1** (рис. 3.4), складається із деаераційної колони 4, колонки насичення діоксидом вуглецю 2, насосу 10 для подачі води і шафи 9 з електропусковою апаратурою. Колонка насичення зі знімними верхнім і нижнім днищами та манометром 3. Усередині колонки встановлена центральна труба 1.. У верхній частині колонки на ґратах розташовані кільця Рашига. Верхня частина колонки обладнана порожнім ковпаком, де збирається газоповітряна суміш.

Деаераційна колона складається із трьох секцій, між якими змонтовані роздільні конуси. У кожному конусі на діафрагмі 5 розміщений похилий патрубок 6, вставлений нижнім кінцем у конічну вирву 7 з тарілкою. Верхня тарілка має отвір для вловлювання бульбашок повітря.

У верхній частині деаераційної колони розміщений ковпак для збору повітря, де розміщений поплавковий клапан. Останній по мірі накопичення повітряно-газової суміші скидає її по трубопроводу в атмосферу. У нижній частині деаераційної колони розміщений штуцер для введення води в деаератор. У верхній — патрубок для виводу деаерованої води.

. Поршневий насос оснащений трубопроводом для забору води. Вода перед вступом у колонку насичення зазнає попередньої деаерації

**Сатуратор ВСБ** (рис.3.5) складається з деаератора 2, системи підтримки розрідження із насосом 6, ежектор 5, і збірник живлення 1, багатоступінчастого насосу 7, гребінки 8 із двох струменевих насадок. накопичувальної колонки для газованої води 3 і електрошафи 4.

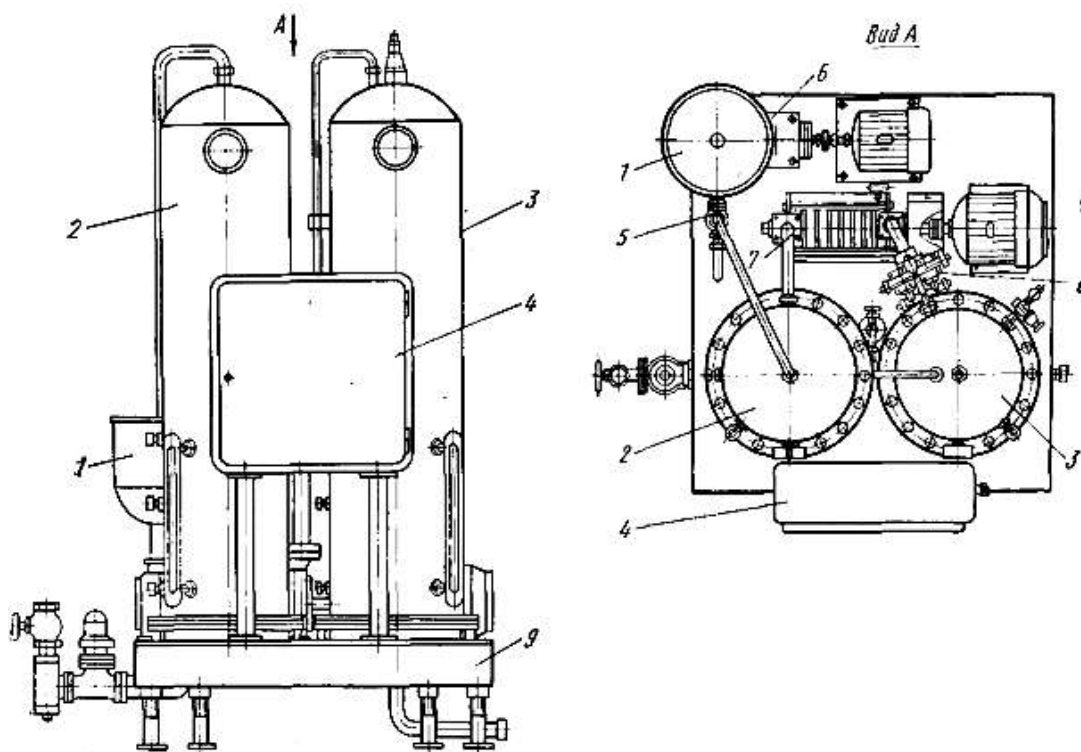


Рис.3.5. Сатуратор ВСБ

В середині деаератора розміщені конічні тарілки, по яких тонким шаром розтікається вода. Потік води регулюється електромагнітними датчиками. Деаерована вода накопичується в нижній частині деаератора і багатоступінчастим насосом направляється для насичення в струминні насадки. Далі у накопичувальну колонку, з якої витрачається на виробництво.

Вміст  $\text{CO}_2$  воді на виході із сатуратора практично становить 0,65%. Витрата  $\text{CO}_2$  16 г и а 1 л води.

Фірма «Winterwerb Streng 3» випускає автоматичні сатуратори типу «Vaioга» продуктивністю від 1000 до 15 000 л/год.

**Сатуратор «Winterwerb Streng 3»** (рис.3.6) складається з карбонізатора 1,

деаератора заповненого насадками 7, повітряних камер 8, 10 і 11, струминного ежектору 9, двоступінчастого насосу 12 з приводом 13.

Таблиця 3.2 - Технічна характеристика сатуратора ВСБ

Показник	Значення
Продуктивність, л/год	7500
Робочий тиск, МПа:	
у колонку деаерації	0,06
у колонку насичення	0,25...0,35
насос подачі води в колонку	Вихровий багатоступінчастий
Потужність електродвигуна, кВт:	
насоса подачі води в колонку	7,5
насичення	
вакуум-насоса	1,5
Частота обертання електродвигунів, хв <sup>-1</sup>	1500
Габаритні розміри, мм	1700x1430x2350
Маса, кг	700

Карбонізатор оснащений поплавковим регулятором рівня 14, системою живлення інжектора зі зворотним клапаном 15, штуцером 16 для введення CO<sub>2</sub>, розширювальним пристроєм 3, клапаном 4, для скидання газоповітряної суміші і запобіжним клапаном 5. Деаератор заповнений насадками. Клапан 6 для

скидання газоповітряної суміші. Газована вода із сатуратора подається через штуцер установлений двоступінчастого насосу 12.

Деаерування води і насичення її  $\text{CO}_2$  проводиться двічі - у струминній насадці та у карбони заторі.

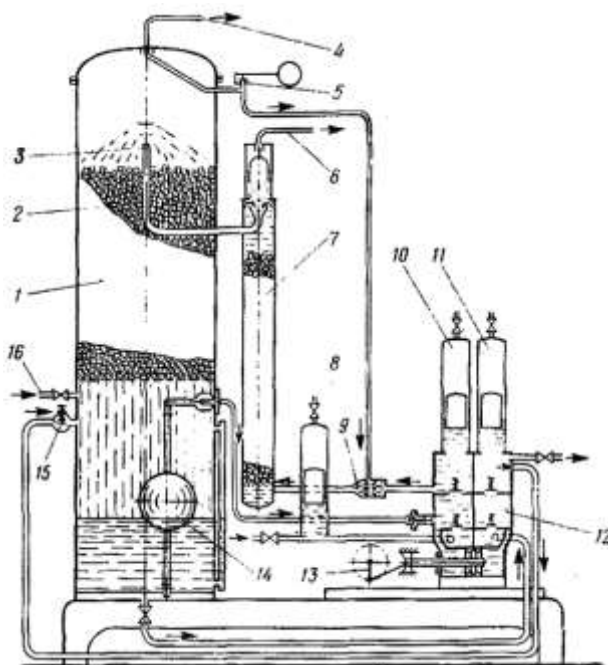


Рис.3.6. Схема сатуратора «Valora 2»

Таблиця 3.3 - Технічна характеристика сатураторів «Valora 2»

Показник	Значення
Продуктивність,	1000
Потужність електродвигунів, кВт	0,32
Габаритні розміри, мм	1140x585x1575
Маса, кг	310

### 3.2. Обґрунтування модернізації сатуратора ОКА2.12М2/2

Розлив безалкогольних напоїв і квасу забороняється на лінії розливу пива. Тому на підприємстві для розливу квасу необхідно будувати окрему лінію, але на підприємстві є лінія розливу газованих напоїв. Ця лінія малопродуктивна і для розливу квасу не придатна. Тому потрібно модернізувати лінію розливу газованої води в універсальну лінію для розливу газованої води та квасу.

Пропонується замінити діючі автомат розливу і закуповування на Триблок РЕРА 18/24/6, але триблок не має роздільного способу розливу з дозуванням у пляшку купажного сиропу та газованої води. Тому є питання модернізації сатуратора ОКА 2.12 М2/2.

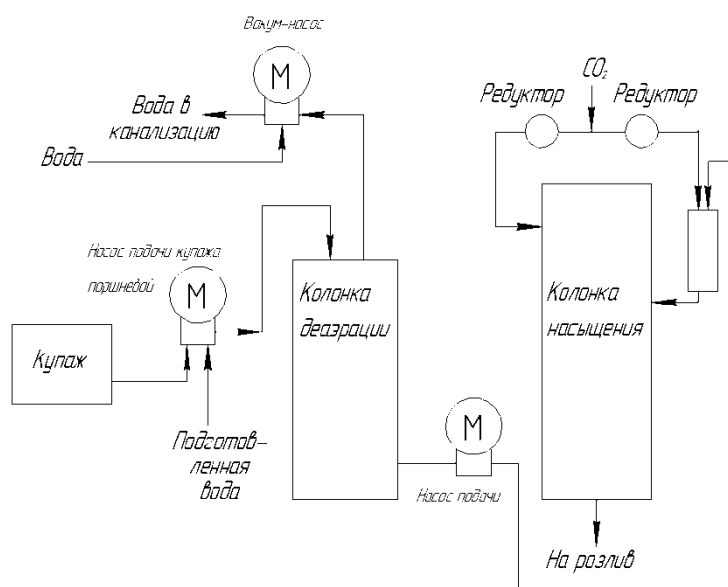


Рис.3.7. Схема процесу роботи сатуратора ОКА 2.12 М2/2 із пристроєм подачі купажу і води

Технологічна схема модернізації установки представлено на рис.3.7.

Суть модернізації полягає в установці поршневого насоса подвійної дії з різними обсягами камер. Відношення обсягів циліндрів 1:14. Перший циліндр використовується для купажу, а другий для подачі води. Приводом насоса служить мотор редуктор.. Радіус кривошипу для перекачування купажу у 2 рази менший радіуса кривошипу для перекачування води, що підтримує співвідношення води і купажу.

## 4.ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ

### 4.1.Продуктивність сепаратора

Продуктивність сатуратора залежить від продуктивності насосу. Паспортна

продуктивність сатуратора:  $Q_0 = 0,001 \frac{M^3}{c}$ ;

Відношення за обсягом кількості купажу до води:1:14. Площа і хід поршнів визначається необхідною продуктивністю та частотою обертання колінчатого валу.

Подача поршня для купажу:


$$\frac{M^3}{c}; \quad (4.1)$$

Подача поршня для води:


$$\frac{M^3}{c}; \quad (4.2)$$

Для даної подачі насоса прийемо частоту обертання **колінчатого валу**  $n_{\text{к.к.д}} = 5$ , хід поршня для води  $s_g = 0,1$  м, хід поршня для купажу  $s_k = 0,05$  м;

Діаметр поршня:

$$d = \sqrt{\frac{Q \times 4}{\pi \times s \times n_{\text{об}} \times \eta}}, \quad (4.3)$$

де  $\eta$  – К.К.Д втрати при всмоктуванні та виштовхуванні;

$S$  – хід поршня, м;

$n_{\text{дв}}$  – частота обертання електродвигуна, хв<sup>-1</sup>.

діаметр поршня для купажу:

$$d = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times n_{\text{дв}} \times S}} \text{ м};$$

Діаметр поршня для;

$$d = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times n_{\text{дв}} \times S}} \text{ м};$$

Діаметри всмоктувального патрубку  $d_1$  і нагнітального патрубку  $d_2$  знаходимо з рівняння витрат:

$$Q = \frac{\pi d_1^2 v_1}{4} = \frac{\pi d_2^2 v_2}{4}$$

Звідки:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times v_1}}, \quad (4.4)$$

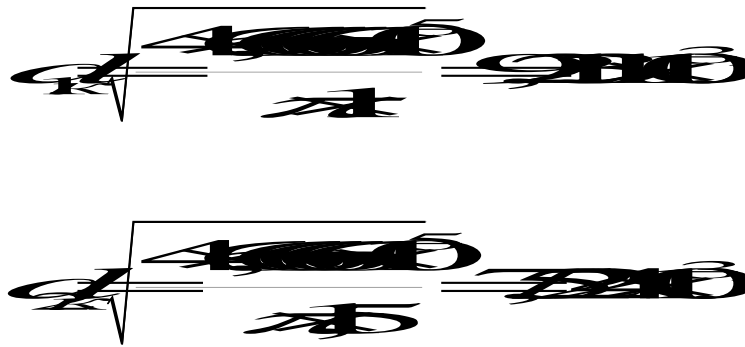
$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times v_2}}, \quad (4.5)$$

де  $v_1$  - середня швидкість рідини в усмоктувальному патрубку насоса,  $\frac{\text{м}}{\text{с}}$ ;

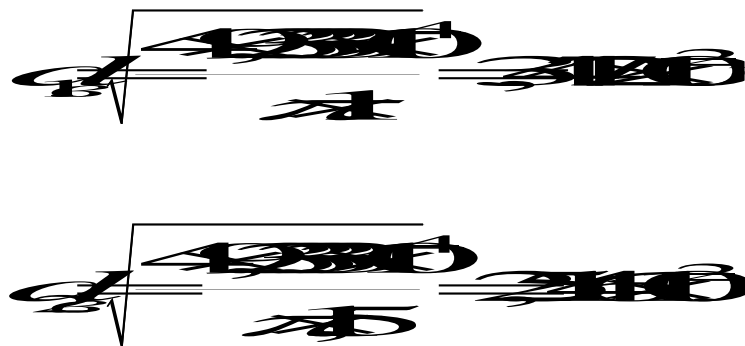
$v_2$  - середня швидкість рідини в нагнітальному патрубку насоса,  $\frac{\text{м}}{\text{с}}$ ;

Приймаємо:  $v_1 = 1 \dots 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ;  $v_2 = 1,5 \dots 2,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .

Діаметри всмоктувального патрубка  $d_{1.к}$  і нагнітального патрубка  $d_{2.к}$  для насоса, який перекачує купаж:



для насоса, який перекачує воду:



## 4.2. Розміри клапанів

Визначимо розміри клапанів для купажу і води (рис.4.1).

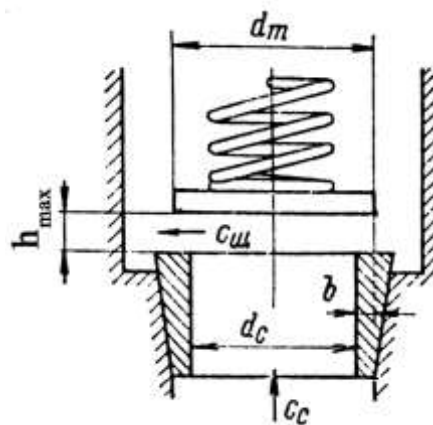


Рис.4.1.. Схема тарілчастого клапану

Максимальна висота підйому клапанів визначається із нерівност:

$$h_{\max} \times n \leq 600 \dots 650; \quad (4.6)$$

Максимальна висота підйому клапанів всмоктування і нагнітання:

$$h_{\max} = \frac{600}{300} = 2 \text{ м};$$

Діаметр тарілки:

$$d_m = \frac{F \times r \times n_{\text{ов}}}{30 \times \mu \times h_{\max} \times c_{\text{щ}}}, \quad (4.7)$$

де  $F$  - площа поршня,  $\text{м}^2$ ;

$r$  - радіус кривошипу, м;

$\mu$  - коефіцієнт витікання рідини через щілину клапана;

$c_{\text{щ}}$  - теоретична швидкість води в щілині клапана  $\frac{\text{м}}{\text{с}}$ ;

Діаметр тарілки клапанів для купажу:



Діаметр тарілки клапанів для води:



Діаметр прохідного перетину сідла:

$$d_c = d_m - 2 \times b, \quad (4.8)$$

де  $b$  - ширина опорної поверхні тарілки клапана.

Визначаємо діаметр сідла клапану частини насоса для купажу:



Визначаємо діаметр сідла клапану частини насоса для води:



### 4.3. Енергетичні розрахунки

#### 4.3.1 Потужність насоса:

$$N_n = \frac{Q \times (p_2 - p_1)}{\eta_o \times \eta_z \times \eta_m}, \quad (4.9)$$

де  $p_2, p_1$  - тиски на виході і на вході насоса;

$\eta_o$  - об'ємний ККД становить від 0,66 до 0,88;

$\eta_z$  - гідравлічний ККД складає від 0,7 до 0,9;

$\eta_m$  - механічний ККД від 0,7 до 0,99.

Приймаємо  $P_2, P_1$  по паспортному тискові необхідному для живлення сатуратора.

Розрахунки ведемо по загальній подачі насоса;



Приймаємо мотор редуктор NMRV040-10-280-B3-1,1 із частотою обертання  $n_{об} = 280 \text{ мин}^{-1}$ ; потужністю:  $N_n = 1100 \text{ Вт}$ .

#### 4.4.Перевірка шпонкового з'єднання на міцність

З'єднання навантажене обертаючим моментом;



діаметр вала:  $D = 18 \text{ мм}$ , довжина ступиці:  $l = 26 \text{ мм}$ .

По діаметру  $D$  визначаємо розмір поперечного перерізу шпонки. Для  $D = 18 \text{ мм}$  ширина шпонки  $b = 6 \text{ мм}$ , висота шпонки  $h = 6 \text{ мм}$ , глибина пазу вала  $t_1 = 3,5 \text{ мм}$ , довжина шпонки  $L_{ун} = l - (5...10) \text{ мм} = 26 - (5...10) = 21...16 \text{ мм}$ .

По стандарту приймаємо  $L_{ун} = 18 \text{ мм}$ .

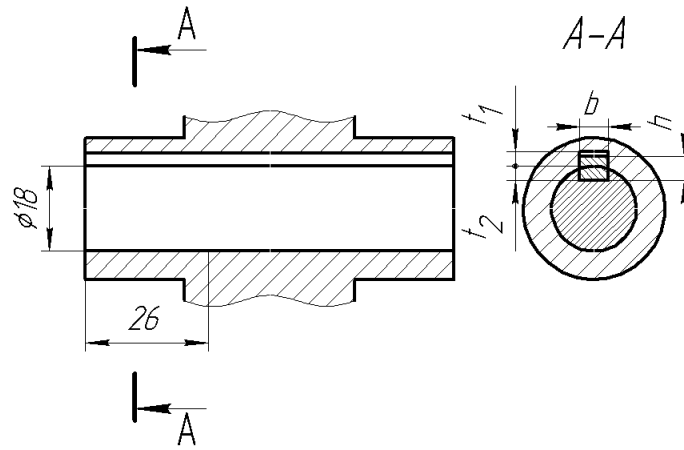


Рис. 4.2.. Шпонкове з'єднання мотор-редуктора з валом насоса

Перевірний розрахунок шпонкового з'єднання:



що менше допустимої напруги на зминання  $[\delta_{см}] = 110...190$  Мпа.

## 5. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ КРИШКИ ВАКУУМ-НАСОСА

### 5.1. План обробки деталі

План обробки деталі представлено в таблиці 5.1

Таблиця 5.1 - План обробки деталі

№ операції	Найменування операції	Устаткування	Пристосування	Різальний інструмент
005	Токарна	Токарно-гвинторізний верстат 1К62	Патрон 7103-0042 ГОСТ 3890-82	Різці підрізні, прохідні, прямі, розточувальні для глибоких отворів
010	Свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат К2М112	Лещата	Свердло Р6М5

### 5.2. Розрахунок режимів різання

Токарна операція

Перехід 1. Встановити заготовку в чотири - кулачковому патроні:  $T_B = 15 \text{ хв.}$

Перехід 2. Проточити торець 1;

Глибина різання  $t = 2 \text{ мм}$

Число проходів:

$$i = \frac{h}{t}, \quad (5.1)$$

де  $h$  - припуск, мм;

$t$  - глибина різання, мм.

Припуск  $h = 2$  мм.

$$i = \frac{2}{2} = 1 \text{ раз};$$

Період стійкості:

$$T = 30;$$

Швидкість різання:

$$v = \frac{C_v \times k_v}{T^m \times t^x \times S^y}, \quad (5.2)$$

де  $C_v$  - коефіцієнт який залежить від оброблюваного матеріалу та матеріалу різця. Приймаємо  $C_v = 420$  для сталі  $\delta_s = 750$  МПа;

$k_v$  - поправочний коефіцієнт;

$$k_{mv} k_{nv} k_{sv} k_{tv} k_{fv} k_{fv}$$

де  $k_{mv}$  - коефіцієнт, що враховує якість матеріалу;

$k_{nv}$  - коефіцієнт, що відбиває стан поверхні заготовки;

$k_{uv}$  - коефіцієнт, що враховує якість матеріалу інструменту;

$k_{\varphi v}$  - коефіцієнт, що враховує вплив кута різця в плані  $\varphi$ ;

Визначаємо коефіцієнти:

$$k_{mv} = k_p \times \left( \frac{\delta_s}{750} \right)^{nv}, \text{ де } k_p = 1 \text{ для сталі } \delta_s = 750 \text{ МПа, } nv = 1$$

$$k_{mv} = 1 \times \left( \frac{750}{750} \right)^1 = 1; k_{nv} = 0,9; k_{uv} = 0,8; k_{\varphi v} = 1 \text{ для } \varphi = 45^\circ$$

$$k_v = 1 \times 0,9 \times 0,8 \times 1 = 0,72;$$

$m, x, y$  - показники степені;

Приймаємо:  $m = 0,2; x = 0,15; y = 0,2$ ;



Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \times v}{\pi \times D}, \quad (5.2)$$

де  $D$  - найбільший діаметр від якого розпочинається обробка, мм;



Коректуємо по паспорту верстату, приймаємо:  $n=250 \text{ хв}^{-1}$

Сила різання:

$$P_z = k_{mp} \cdot C_p \cdot x \cdot y \cdot n \cdot \delta \cdot v \quad (5.3)$$

$$P_z = k_{\varphi p} \cdot k_{\gamma p} \cdot k_{\lambda p} \cdot k_{rp} \cdot C_p \cdot x \cdot y \cdot n \cdot \delta \cdot v \quad (5.4)$$

де  $k_{mp}$  - коефіцієнт який враховує вплив якості оброблюваного матеріалу;

$$k_{mp} = \left( \frac{\delta_6}{750} \right)^n, \quad (5.5)$$

де  $n$  - коефіцієнт. Приймаємо:  $n=0,35$ ;

$$k_{mp} = \left( \frac{750}{750} \right)^{0,35} = 1;$$

$k_{\varphi p}, k_{\gamma p}, k_{\lambda p}, k_{rp}$  - коефіцієнти, що враховують геометрію різця. Угол нахилу  $\lambda$  режущей кромки и радиус при вершине  $r$

Приймаєм  $k_{\varphi p} = 1; k_{\gamma p} = 1; k_{\lambda p} = 1; k_{rp} = 1;$

$$C_p = 200$$

Приймаємо:  $C_p = 200; x = 1; y = 0,75; n = 0;$

$$P_z = 200 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 0 \cdot \delta \cdot v = 0$$

Потужність різання:

$$N_p = \frac{P_z \cdot v}{60000}; \quad (5.6)$$

$$N_u = N_{эд} \times \eta,$$

Перевіряємо на достатню потужність, яка наявна на шпинделі верстату

$$N_u = N_{эд} \times \eta,$$

де  $\eta$  - ККД,  $\eta = 0,75 \dots 0,8$ ;

Повинно бути  $N_u > N_p$ ;

$$7,5 > 6,9$$

- режим різання допустимий

Основний машинний час:

$$T_0 = \frac{L \times i}{n \times S}, \quad (5.7)$$

де  $L = \frac{D}{2} \times \dots$

$D$  - діаметр оброблюваної заготовки.

Приймаємо:

$$L = \frac{D}{2} \times \dots$$

$$T_0 = \frac{L \times i}{n \times S}$$

Визначаємо допоміжний час:  $T_6 = 4 \text{ хв.}$

Визначаємо допоміжний час по формулі:

$$T_{op} = T_0 + T_6; \quad (5.8)$$



Перехід 3. Точити поверхню та розміри 2 і 3

Приймаємо: 

Визначаємо припуск:

$$h = \frac{D_1 - D_2}{2}, \quad (5.9)$$

де  $D_1, D_2$  - діаметр поверхні від якого починається різання припуску і діаметр поверхні;

Приймаємо: 

Припуск становить:

$$h = \frac{D_1 - D_2}{2}$$

Визначаємо число проходів:

$$i = \frac{70}{2} = 35 \text{ раз};$$

Швидкість різання:

Визначаємо: 

Частота обертання шпинделя:

$$v = \frac{420 \times 0,72}{30^{0,2} \times 2^{0,15} \times 0,6^{0,2}} = 152,9 \frac{m}{min}$$

Коректуємо по паспорту верстату:

$$v = \frac{420 \times 0,72}{30^{0,2} \times 2^{0,15} \times 0,6^{0,2}} = 152,9 \frac{m}{min}$$

Визначаємо силу різання:

$$\text{Приймаємо: } P_z = 2726 \text{ Н};$$

Перевіряємо на достатню потужність на шпинделі верстата:

Визначаємо  $N_{\text{ш}} = 7,5 \text{ кВт}$  і потужність різання

$$N_{\text{ш}} = \frac{P_z \times v}{1000} = 7,5 \text{ кВт}$$

$7,5 > 6,9$  - режим різання допустимий.

Основний машинний час

Визначаємо  $l = 10 \text{ м}$

$$T = \frac{l}{v} = 3,2 \text{ хв.}$$

$$T = \frac{10}{3,1} = 3,2 \text{ хв.}$$

Допоміжний час:  $T_6=0$  хв

Оперативний час:



Перехід 4. Зняти фаски в розмір 4

Приймаємо: 

Припуск:  $h = 2,5$  мм;

Число проходів:

$$i = \frac{2,5}{1,25} = 2 \text{ рази};$$

Швидкість різання:



Частота обертання шпинделя:



Сила різання:



Потужність різання



$7,5 > 1,8$  - режим різання допустимий.

Основний машинний час:

Приймаємо:  $l = 2 \text{ м}$ ,



Приймаємо:  $T_e = 0 \text{ хв.}$  заготовка не перевстановлюється.

Оперативний час:



Перехід 5. Розсвердлити отвір у розмір 5 і 6

Період встановлювання свердла:  $T=5ХВ$ ;

Подача:  $S = 0,26 \frac{мм}{об}$ ;

Швидкість свердління:

$$v = \frac{C_v \times D^g \times k_v}{T^m \times S^y}, \quad (5.9)$$

де  $D$  - діаметр свердла, мм;

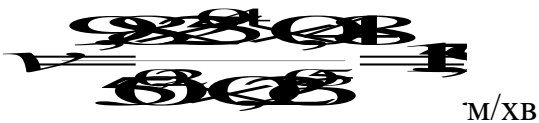
$$k_v = k_{mv} \times k_{uv} \times k_{lv};$$

де  $k_{lv}$  - коефіцієнт глибини свердління  $l$ ;

Приймаємо:



Приймаємо:  $k_{lv} = 1,0$



Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{41}{100} \text{ хв}^{-1}$$

Момент сили при свердлінні:

$$M = C_m \cdot n^x \cdot y \cdot K_p \cdot S$$

(5.10)

Приймаємо:  $C_m = 0,0345$ ;  $x = 2$ ;  $y = 0,8$ ;  $K_p = 1$ ;

$$M = 0,0345 \cdot 41^2 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot S$$

Основний машинний час:

$$T_0 = \frac{L}{n \times S} \tag{5.11}$$

$$L = l + 0,4 \times D + l_2 \tag{5.12}$$

$$L = 41 + 0,4 \times 100 + 41$$

Отримуємо:  $T_0 = \frac{41 + 0,4 \times 100 + 41}{41 \times S} \text{ хв}^{-1}$

Приймаємо:  $T_0 = 4 \text{ хв}$ .

Оперативний час:



## 6.ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА

1. Середня вартість базової комплектації машин: 3 напівавтомати видуву, розливна дозувальна машина АЕРЛ, базовий сатуратор, закупорювальна машина

~~Б-2500~~ грн

2. Ціна нової комплектації машин ~~Б-4000~~ грн.

3. Розміри експлуатаційних витрат по кожній з порівнюваних комплектацій машин:

$$I_e = Z + A + P + E \quad (6.1)$$

де  $Z$  - витрати на заробітну плату робітників, грн;

$A$  - амортизаційні відрахування, грн;

$P$  - відрахування на ремонт і техобслуговування, грн;

$E$  - витрати на електроенергію, грн;

4. Витрати на заробітну плату працівників:

$$Z = D \cdot t \cdot n \cdot L \cdot C_m \quad (6.2)$$

де  $D$  - кількість днів роботи машини в році;

$t$  - змінна тривалість роботи, в годинах;

$n$  - число змін у день;

$L$  - кількість робітників, чол.

$C_m$  - годинна тарифна ставка з додатковими нарахуваннями і відрахуваннями на соціальні потреби.

~~\_\_\_\_\_~~ грн

~~\_\_\_\_\_~~ грн

5. Амортизація машин:

$$A = \frac{B \cdot H_a}{100} \quad (6.3)$$

де  $H_a$  - норма щорічних амортизаційних відрахуван:

$$A_{\text{ІІІ}} = \frac{246000 \cdot 11}{100} = 27060$$

$$A_{\text{ІІІІ}} = \frac{446000 \cdot 11}{100} = 49060$$

6. Витрати на ремонт і технічне обслуговування машин:

$$P = \frac{B \cdot H_p}{100} \quad (6.4)$$

де  $H_p$  - норма щорічних відрахувань на ремонт і технічне обслуговування;

$$P_{\text{ІІІ}} = \frac{246000 \cdot 10}{100} = 24600$$

$$P_{\text{ІІІІ}} = \frac{446000 \cdot 10}{100} = 44600$$

7. Витрати на електроенергію:

$$E = P \times T \times D \times c \quad (6.5)$$

де  $P$  - загальна потужність устаткування, кВт;

$t$  - час роботи зміни, год;

$D$  - кількість днів у році;

$c$  - вартість електроенергії, кВт/год;

$$E_{icx} = P \times T \times D \times c = 30 \times 290 \times 10 \times 4 = 348\,000 \text{ грн}$$

$$E_{np} = P \times T \times D \times c = 31 \times 145 \times 10 \times 4 = 179\,800 \text{ грн}$$

8. Загальна сума річних експлуатаційних витрат:

$$I_e^{icx} = 625500 + 271950 + 343000 + 348000 = 1615450 \text{ грн}$$

$$I_e^{np} = 130500 + 491730 + 310100 + 179800 = 1111630 \text{ грн}$$

9. Річний економічний ефект по експлуатаційних витратах:

$$E_{\phi} = I_e^{np} - I_e^{icx} \quad (6.6)$$

Отримуємо:

$$E_{\phi} = I_e^{np} - I_e^{icx} = 1615450 - 1111630 = 503820 \text{ грн}$$

10. Термін окупності:

$$T = \frac{I_e^{np}}{I_e^{icx} - I_e^{np}}$$

(6.7)

Отримуємо:

$$T = \frac{I_e^{np}}{I_e^{icx} - I_e^{np}} = \frac{1111630}{503820} = 2,2 \text{ роки}$$

## ВИСНОВКИ

У проекті стояло завдання реконструкції цеху виробництва газованих напоїв з модернізацією сатуратора. У процесі реконструкції модернізована технологічна лінія по виробництву газованих напоїв. Змішування купажного сиропу з водою стали проводити на сатураторі. Розроблено поршневий насос подвійної дії. Це дозволило замінити розливний пристрій на більш продуктивний. Для виготовлення тари замінили 3 ручні апарати видуву на 1 автоматичний. Проведені заходи дозволили скоротити обслуговуючий персонал на 3 людини.

Проведено аналіз господарської діяльності підприємства, представлений опис сатуратора ОКА 2.12М2/1, розрахунки основного технологічного устаткування, розрахунки площ основного устаткування. Виконані розрахунки витрат води, стислого, вуглекислого газу та електроенергії. Проведені розрахунки освітлення і вентиляції.

Виконаний огляд аналогів машин і апаратів для сатурації.

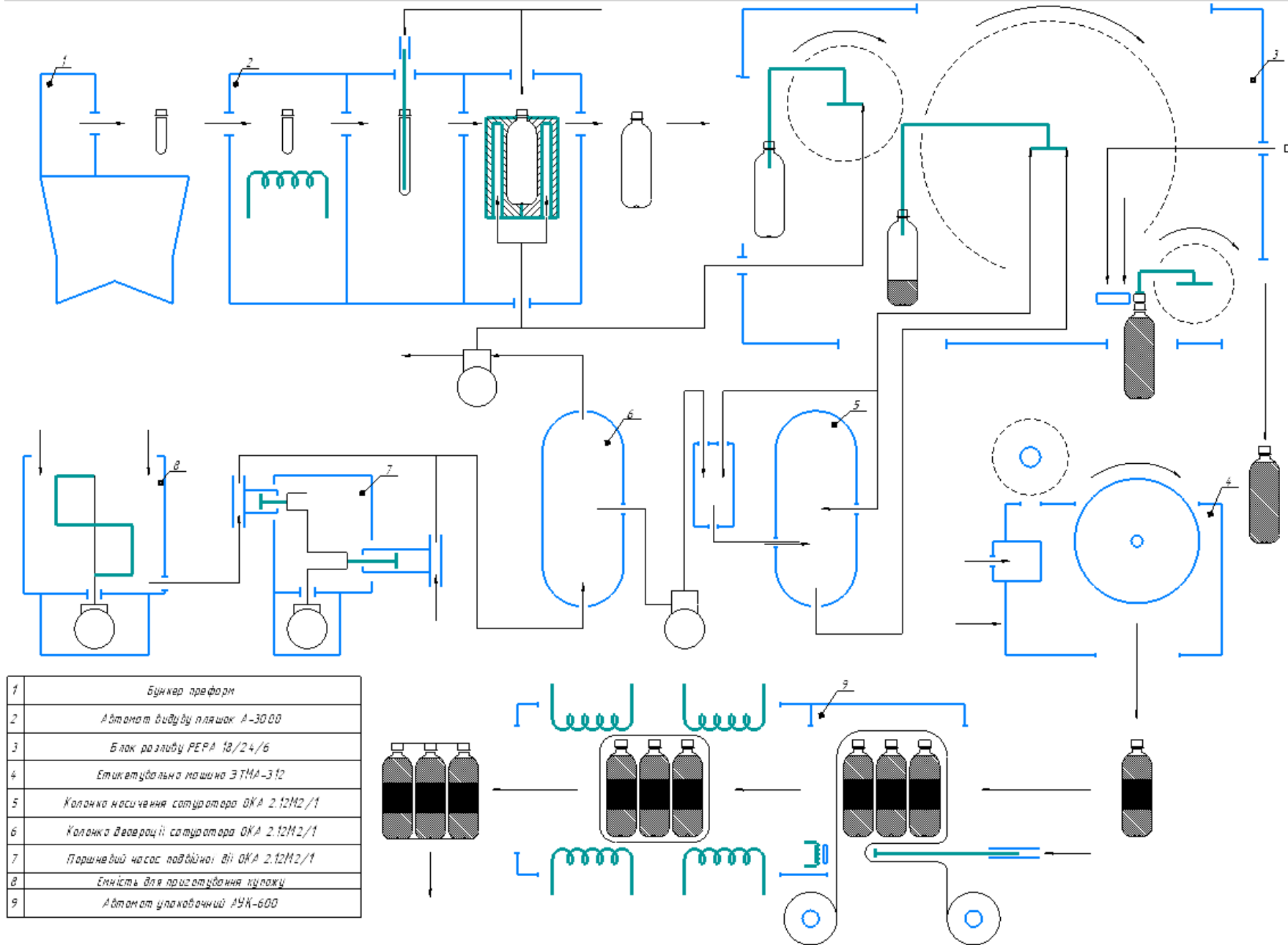
У конструкторській частині проведені технологічні, енергетичні та розрахунки на міцність поршневого насосу.

У результаті модернізації сатуратора і заміни устаткування на більш продуктивне одержання економічну ефективність в розмірі 503 830 грн на рік. Термін окупності витрат на модернізацію сатуратора становить 2,2 року.

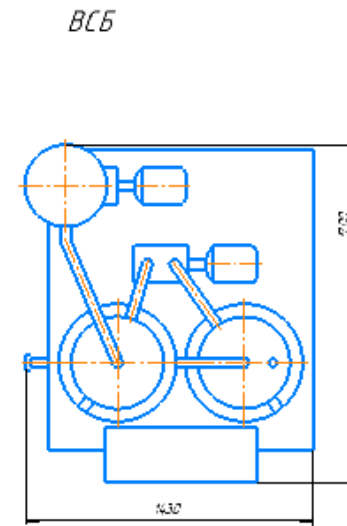
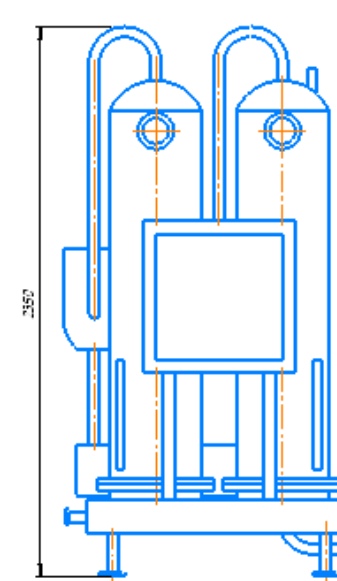
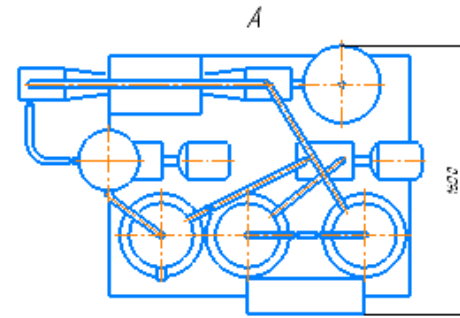
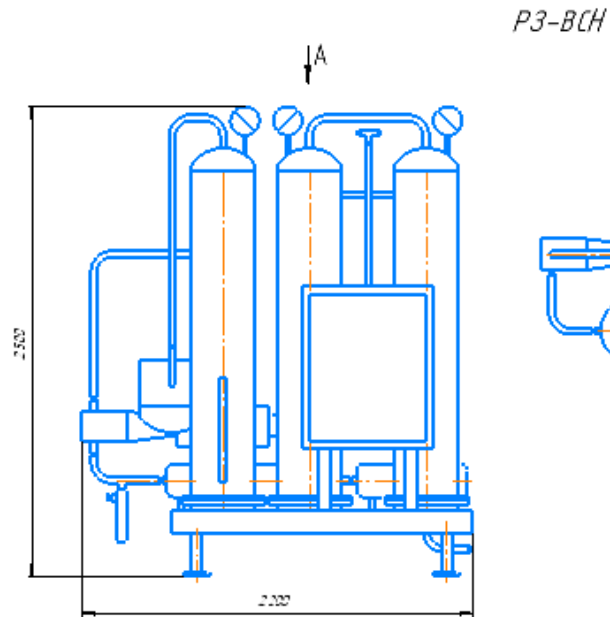
## ЛІТЕРАТУРА

1. Артемьева, Т.В. Гидравлика, гидромашины и гидропневмопривод: учеб. пособие для студ. высш. учеб. Заведений / Т.В. Артемьева, Т.М. Лысенко, А.Н. Румянцева, С.П. Стесин - М: Издательский центр «Академия», 2006. - 336 с.
2. Дунаев, П. Ф. Конструирование узлов и деталей машин: Учеб.пособие для студ. техн. спец. вузов / П. Ф. Дунаев, О.П. Леликов. - М.: Издательский центр «Академия», 2004. - 496 с.
3. Забиров, И. М. Монтаж эксплуатация и ремонт технологического оборудования: Учебник / И. М. Забиров, Г. С. Юнусов. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т., 2003. - 72 с.
4. Ермолаева, Г. А. Технология и оборудование производства пива и безалкогольных напитков: Учеб. для нач. проф. Образования / Г. А Ермолаева, Р. А. Колчева. - М.: ИРПО; Изд. центр «Академия», 2000. - 416 с.
5. Курочкин, А. А.Дипломное проектирование по механизации переработки сельскохозяйственной продукции / А.А. Курочкин, И.А. Спицын, В.М. Зимняков и др. - К.: Колос, 2006. - 424 с.

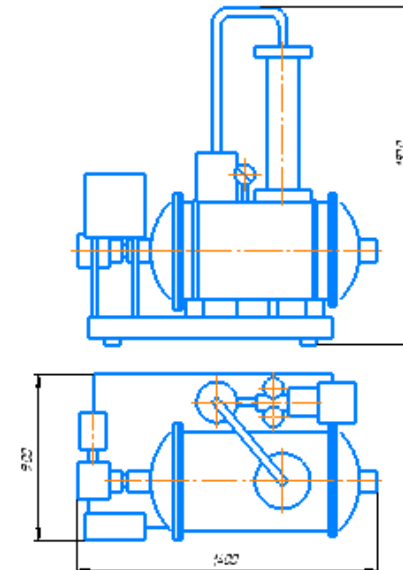
# МАШИННО-АПАРАТУРНА СХЕМА



# ПАТЕНТНИЙ ПОШУК

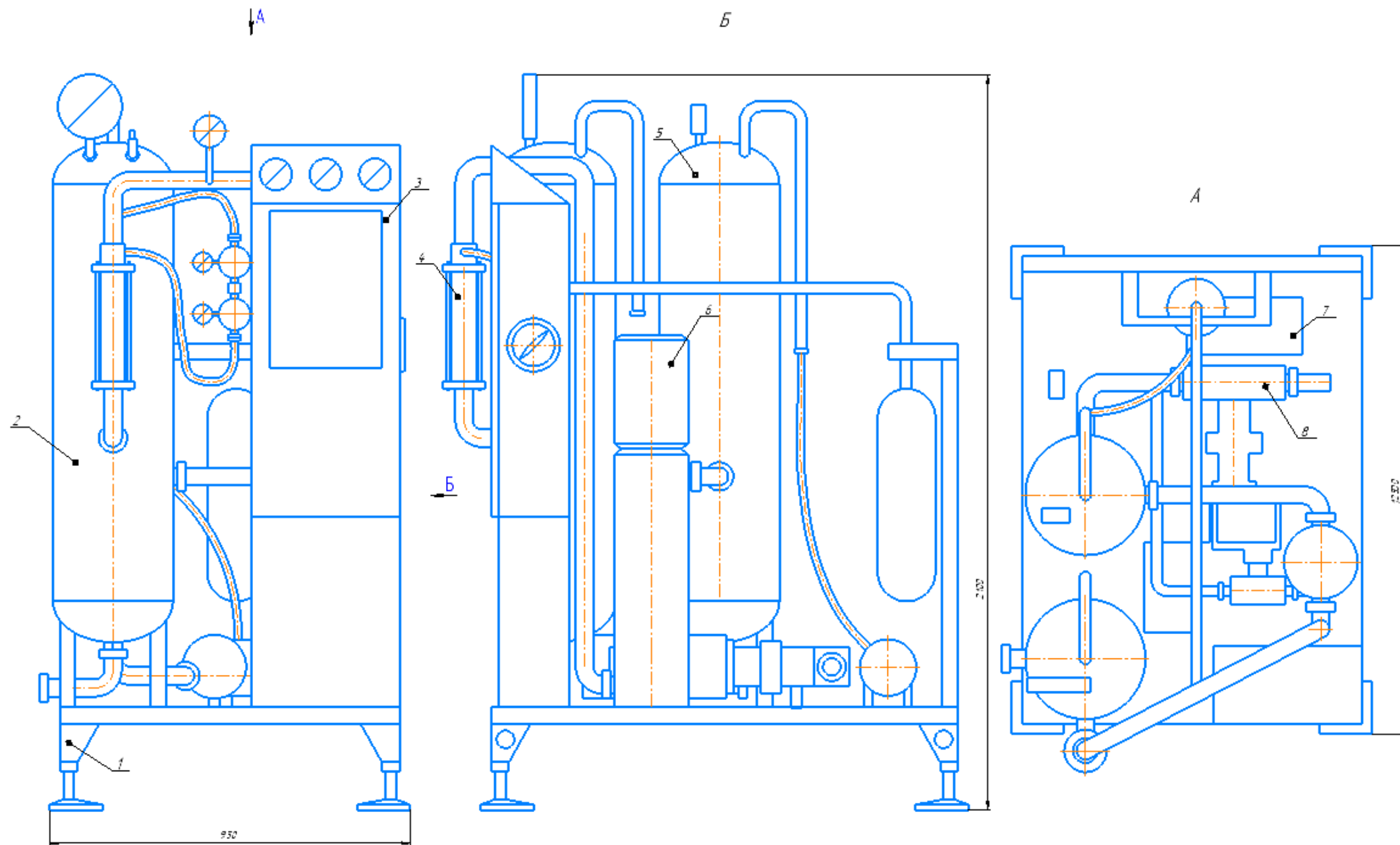


*C-30M*

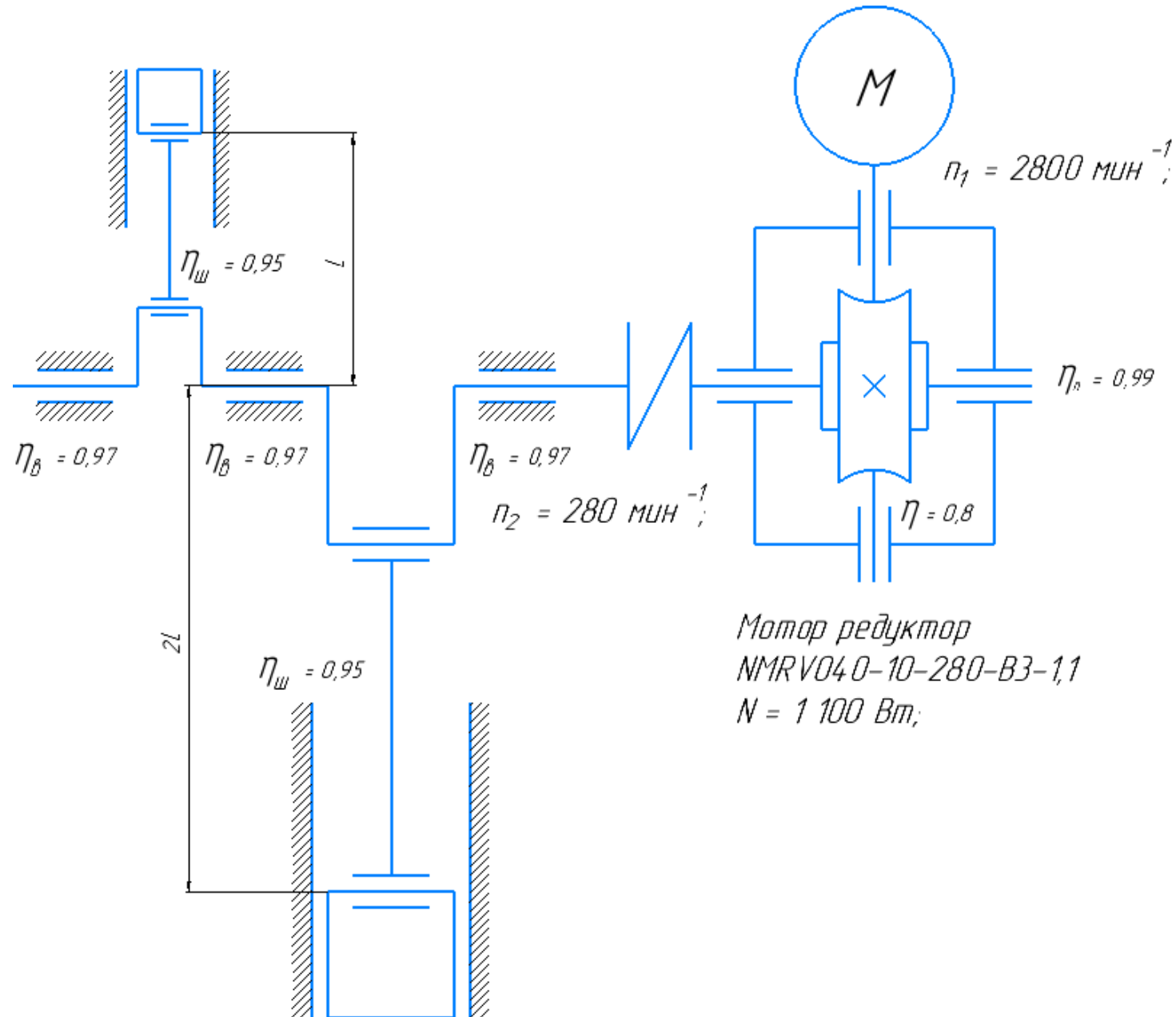


<i>Показник</i>	<i>Показник</i>		
	<i>P3-BCN</i>	<i>BC6</i>	<i>C-30M</i>
<i>Марка сатуратора</i>	<i>P3-BCN</i>	<i>BC6</i>	<i>C-30M</i>
<i>Продуктивність, л/год</i>	<i>3000</i>	<i>7500</i>	<i>1500</i>
<i>Вміст CO<sub>2</sub> в напої, %</i>	<i>0,7</i>	<i>0,7</i>	<i>0,7</i>
<i>Робочий тиск, МПа</i>			
<i>в колонці деаерації</i>	<i>0,08</i>	<i>0,06</i>	<i>-</i>
<i>в колонке насичення</i>	<i>до 0,6</i>	<i>0,25..0,35</i>	<i>0,5</i>
<i>в накопичувальній колонці</i>	<i>до 0,6</i>	<i>-</i>	<i>0,5</i>
<i>Тиск CO<sub>2</sub>, який надходить в насадку для насичення води, МПа</i>	<i>0,6..0,8</i>	<i>0,6..0,8</i>	<i>0,6..0,8</i>
<i>Температура, °C</i>			
<i>води, яка потрапляє на деаерацію</i>	<i>6</i>	<i>6</i>	<i>6</i>
<i>купажного сиропу</i>	<i>8</i>	<i>8</i>	<i>8</i>
<i>готового напою</i>	<i>6..8</i>	<i>6..8</i>	<i>6..8</i>
<i>Потужність електродвигунів, кВт</i>	<i>9,2</i>	<i>9</i>	<i>3,5</i>
<i>Габаритні розміри, мм</i>	<i>2200x1600x2500</i>	<i>1700x1430x2350</i>	<i>1400x900x1500</i>
<i>Маса, кг</i>	<i>1365</i>	<i>700</i>	<i>350</i>

# САТУРАТОР (Вигляд загальний)



# САТУРАТОР (Кінематична схема)

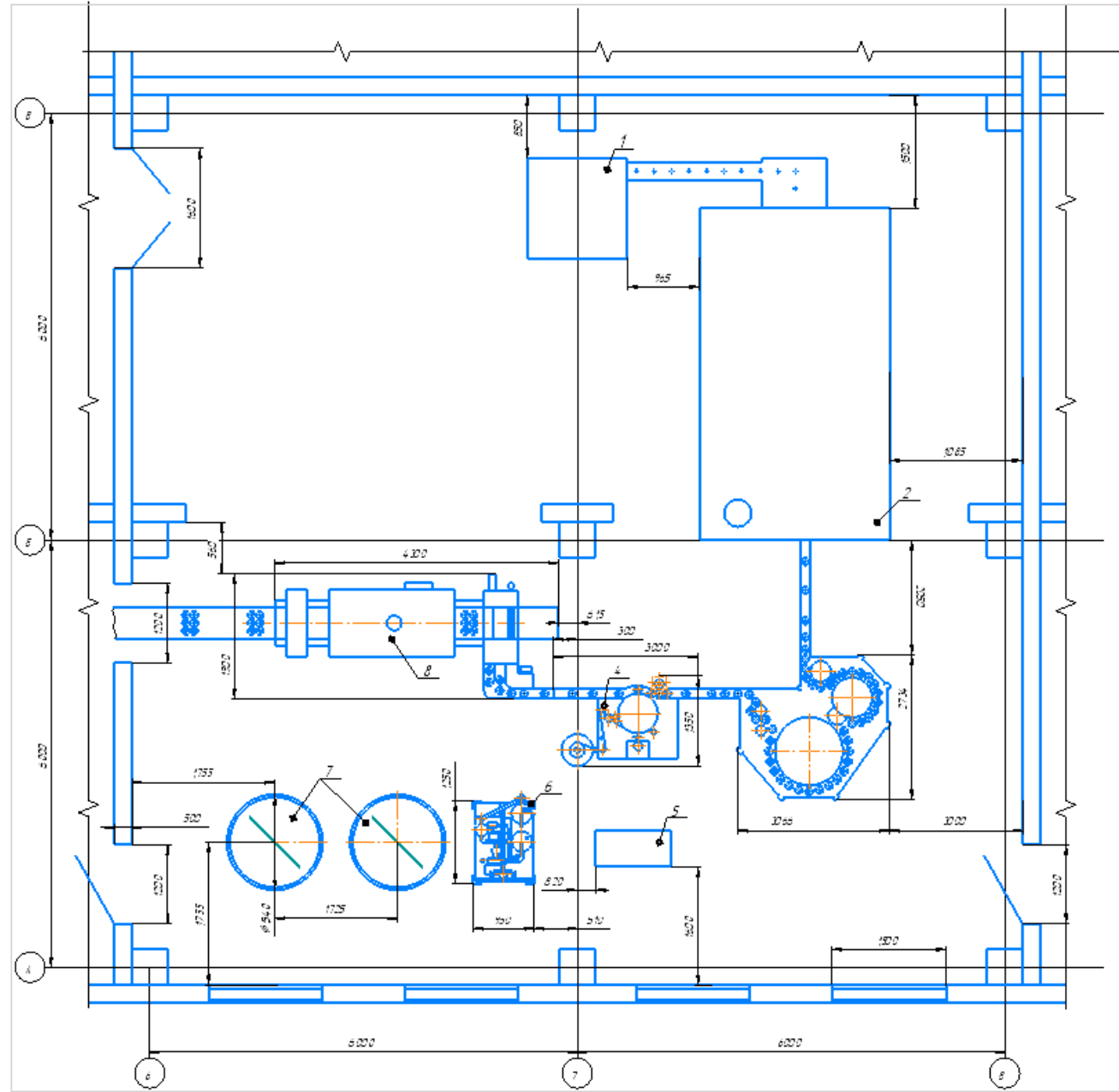








# ПЛАН ЦЕХУ (Виготовлення газованих напоїв)



## Висновки

У проекті стояло завдання реконструкції цеху виробництва газованих напоїв на ТОВ «Микулинецький browар» з модернізацією сатуратора. У процесі реконструкції відбулися зміни в технологічній лінії по виробництві газованих напоїв. Операцію по змішуванню купажного сиропу з водою стали проводити на сатураторі. Для цього був розроблений поршневий насос подвійної дії. Це дозволило замінити разливний пристрій на більш продуктивний для розливу квасу. Для виготовлення тари замінили три ручні апарати видуву на один автоматичний. Усі ці заходи дозволили скоротити обслуговуючий персонал на три людини.

У даному дипломному проекті був проведений аналіз господарської діяльності підприємства, представлений опис проектованої машини сатуратора ОКА 2.12М2/1, розрахунки та добір основного технологічного устаткування, розрахунки площ основного устаткування та площі цеху.

Представлений опис цеху підприємства, зроблені розрахунки витрати води, стислого і вуглекислого газу та електроенергії. Розрахунки освітлення і вентиляції.

Виконаний огляд аналогів існуючих машин і апаратів для сатурації.

У конструкторській частині проекту проведені технологічні, енергетичні та розрахунки на міцність поршневого насоса подвійної дії, їх опис і робота.

У результаті модернізації сатуратора, і заміни устаткування на більш продуктивні передбачається одержання економічної ефективності в розмірі 503 820 грн на рік. Термін окупності витрат на реконструкцію і модернізацію сатуратора складе 2,2 року.