

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С.Гулого
Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування
Освітній ступінь бакалавр
Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва)
Освітня програма «Обладнання переробних і харчових виробництв»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТОКТП
проф. Мирончук В.Г.

«___» _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я **НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА**

Тищенко Владислав Вікторович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Модернізація перемішувача – кристалізатора Ш1-ПКВ з удосконаленням поверхні теплообміну

керівник проекту (роботи) Олішевський Валентин Вікторович, доц., канд. тех. наук

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «09» листопада 2020 р. № 934-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 01.02.2021р.

3. Вихідні дані до роботи 1. Технічний паспорт обладнання.

2. Альбом галузевого обладнання. 3. Навчальна та спеціальна література

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): анотація, зміст; вступ, порівняльний аналіз технічних рішень, техніко-економічне обґрунтування, характеристика вихідної сировини і готового продукту, опис запропонованого технічного рішення, принцип роботи, розрахункова частина, вибір конструкційних матеріалів, технологічний маршрут виготовлення деталі, вимоги щодо монтажу, експлуатації, ремонту, опис системи управління, заходи щодо охорони праці, екології; загальні висновки, список використаних літературних джерел, специфікація.

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

Загальний вигляд обладнання – 1 аркуші; Складальні одиниці обладнання – 3 аркуші;

Технологія машинобудування – 1 аркуш.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання: 14.09.2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Анотація, зміст</i>	30.09.2020	
2	<i>Вступ</i>	09.10.2020	
3	<i>Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі</i>	16.10.2020	
4	<i>Техніко-економічне, соціальне обґрунтування.</i>	23.10.2020	
5	<i>Характеристика вихідної сировини і готового продукту</i>	30.10.2020	
6	<i>Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи.</i>	13.11.2020	
7	<i>Вибір конструкційних матеріалів</i>	13.11.2020	
8	<i>Розрахункова частина</i>	20.11.2020	
9	<i>Технологічний маршрут виготовлення деталі</i>	30.11.2020	
10	<i>Вимоги щодо монтажу, експлуатації та ремонту</i>	11.12.2020	
11	<i>Опис системи управління</i>	18.12.2020	
12	<i>Заходи щодо охорони праці, екології</i>	18.12.2020	
13	<i>Висновки</i>	30.12.2020	
14	<i>Графічна частина: 5 аркушів формату А3</i>	15.01.2021	
	<i>Подача кваліфікаційної роботи на кафедру</i>	01.02.2021	

Здобувач _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

Тищенко В.В. _____
(прізвище та ініціали)

Олішевський В.В. _____
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

В дипломному проєкті на тему «Модернізація перемішувача-кристалізатора Ш1-ПКВ/1 з удосконаленням поверхні теплообміну». Розглянуто питання конструктивного вдосконалення перемішувального органу апарату та зміна електроприводної станції на гідравлічний привід. Конструкція модернізованих вузлів та деталей подано на 5 аркушах формату А1.

В розділах пояснювальної записки розкрито: порівняльна характеристика класу подібних машин; вимоги процесу кристалізації до обладнання; будова та принцип роботи модернізованого кристалізатора; підбір конструктивних матеріалів; розрахункова частина; монтаж, ремонт та експлуатація обладнання; охорона праці; розробка системи управління; заходи по ЦО; екологічні заходи.

Ключові слова: кристалізація, продуктове відділення, обладнання.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Олшебський В	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Тищенко В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Анотація	18-2017.ДП.11.000 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Миронюк ВГ.		<i>Інд.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/2

Summary

In the diploma project on "Modernization of the mixer-crystallizer Sh1-PKV / 1 with improvement of a surface of heat exchange". The questions of constructive improvement of the mixing body of the device and change of the electric drive station on the hydraulic drive are considered. The design of modernized units and parts is presented on 5 sheets of A1 format. The sections of the explanatory note disclose: comparative characteristics of the class of similar machines; requirements of the crystallization process to the equipment; structure and principle of operation of the modernized crystallizer; selection of structural materials; settlement part; installation, repair and operation of equipment; Occupational Health; management system development; CO measures; environmental measures.

Key words: crystallization, product department, equipment.

ЗМІСТ

	Вступ.....
1	Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі.....
2	Техніко-економічне, соціальне обґрунтування.....
3	Характеристика вихідної сировини і готового продукту.....
4	Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи.
5	Вибір конструкційних матеріалів.....
6	Розрахункова частина.....
7	Технологічний маршрут виготовлення деталі.....
8	Вимоги щодо монтажу, експлуатації та ремонту.....
9	Опис системи управління.....
10	Заходи щодо охорони праці, екології.....
	Висновки.....
	Список використаної літератури.....
	Специфікація.....

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Олшебський В	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Тищенко В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Зміст	18-2017.ДП.11.000 ПЗ		
	<i>Документ затверджено</i> Міранчук В.Г.		<i>Інд.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA
					<i>Аркуш</i> 1/1

ВСТУП

Цукрова промисловість – одна з основних галузей харчової промисловості. При цьому передбачається значно збільшити виробництво цукру з цукрового буряка, а також за рахунок нарощування виробничих потужностей, зменшивши термін переробки буряка до ста діб.

Вітчизняна цукрова промисловість повинна розвиватись в наступних напрямках: застосування нових більш ефективних передових технологій, які підвищують вихід цукру і покращують його якість (наприклад застосування глибокої хімічної очистки соків); інтенсифікація виробничих процесів і скорочення часу виробничого циклу; використання вискоелективних машин і апаратів безперервної дії; здійснення комплексної механізації всіх важких і трудомісних робіт; автоматизація виробничих процесів; скорочення витрат палива.

Все більшого поширення в галузі набуває використання вертикальних утфелеперемішувачів-кристалізаторів, що дозволяє не тільки зменшити у 1,5 - 2 рази виробничі площі, а й реалізувати процес додаткової кристалізації утфелю на рівні сучасних вимог, збільшити вихід цукру в мелясі.

Значним досягненням для цукрових заводів стало впровадження обчислювальної техніки та створених на їх базі автоматизованих систем управління виробничими процесами, і зокрема автоматизованих систем управління вакуум-апаратами та вертикальними утфелеперемішувачами-кристалізаторами.

Метою даного проекту є модернізація існуючої мішалки-кристалізатора Ш1-ПКВ/1 шляхом удосконалення конструкції теплообмінної поверхні.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Ольшевський В.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Тищенко В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Вступ	18-2017.ДП.11.000 ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> Миронюк В.Г.		<i>Інд.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/1	

1. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПОСТАВЛЕНОЇ ЗАДАЧІ

За останні роки вертикальні мішалки-кристалізатори для утфелю останнього ступеня кристалізації одержали широке поширення в країнах з високорозвиненим цукробуряковим виробництвом. Конструкції вертикальних мішалок можна розділити на дві основні групи: зі стаціонарною і рухомою поверхнею теплообміну.

До першої групи можна віднести мішалки фірм *Joury* (Франція), *DDS* (Данія), *BMA*; до другої - фірми *Selvig & Zange*, *Fletcher* (Великобританія).

Основні технічні характеристики існуючих утфелемішалок-кристалізаторів вертикального типу приведені в табл.1.1 В таблиці 1.2 наведенні показники роботи утфелемішалок.

Утфелемішалка фірми *Joury* (Франція) рис.1.1., являє собою вертикальну циліндричну колону з плоским дном, закриту зверху кришкою. У центрі колони розташований трубовал, на якому закріплені лопаті для перемішування утфеля, виконані у вигляді рамок. Вал приводиться в рух системою гідроциліндрів за допомогою фрикційної передачі, і обертається із середньою частотою обертання $0,006 \text{ с}^{-1}$. Охолоджувальні елементи виконані у вигляді стаціонарних горизонтальних трубчастих змійовиків, з'єднаних послідовно по висоті мішалки. Вхід утфеля здійснюється у верхній частині утфелемішалки через патрубок, а вихід - у нижній через патрубок. Рух охолоджувальної води здійснюється протитечійно руху утфеля.

Існує кілька типорозмірів таких мішалок-кристалізаторів (див. табл.1.1). Питома площа поверхні теплообміну їх однакова. Однак у батареї цих утфелемішалок при зустрічному русі потоків утфель - вода важко

домогтися необхідного для нормального процесу кристалізації температурного режиму.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Олшебський В	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Тищенко В.	Назва, додаткова назва Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі		18-2017.ДП.11.001 ПЗ			
	Документ затверджено Миронюк ВГ.			Інд.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/11

Таблиця 1.1

Технічна характеристика утфелемішалок-кристалізаторів
вертикального типу.

Фірма	Марка	Діаметр корпусу, м	Висота корпусу, м	Робочий об'єм, м ³	Робоча поверхня охолодження, м ²	Питома площ. поверхні охолодження, м ² /м ³	Тип поверхні охолодження	Потужність привода, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Jougu</i> (Франція)	150	4,5	10,5	150	144	0,95	Стационарна із трубчатих змійовиків	15
	175	4,5	12,5	175	173	0,97	Те ж саме	15
	225	5,5	10,5	225	220	0,98	Те ж саме	26
	300	5,5	12,5	300	292	0,97	Те ж саме	37
DDS (Дания)	A	4,0	12,9	100	480	4,8	Стационарна із вертикальних труб-рубашка	40
	B	4,0	13,4	100	250	2,5	Стационарна із вертикальних труб	40
ЧССР	-	3,0	10,0	70	117	1,67	Стационарна лискова	-
	-	4,0	10,0	120	200	1,67	Те ж саме	-
BMA	-	4,5	10,0	150	250	1,67	Стационарна із трубчатих змійовиків	-
	-	-	-	225	253	1,12	Те ж саме	-
<i>Selvig & Zange</i> S+Z (ФРГ)	78	4,5	17,0	170	300	1,76	Колівальна горизонтально, трубчата, зірчкообразна	30
S+Z	80	4,5	17,0	170	315	1,85	Колівальна вертикальна, із трубчатих шестигранників	30
BHP	-	3,0	10,4	68	-	-	Обертובה, трубчата	-
	-	3,6	10,2	100	88	0,88	Те ж саме	12,6
	-	4,2	10,4	135	-	-	Те ж саме	-
	-	4,25	11,8	168	-	-	Те ж саме	-
	-	4,75	11,8	200	-	-	Те ж саме	-

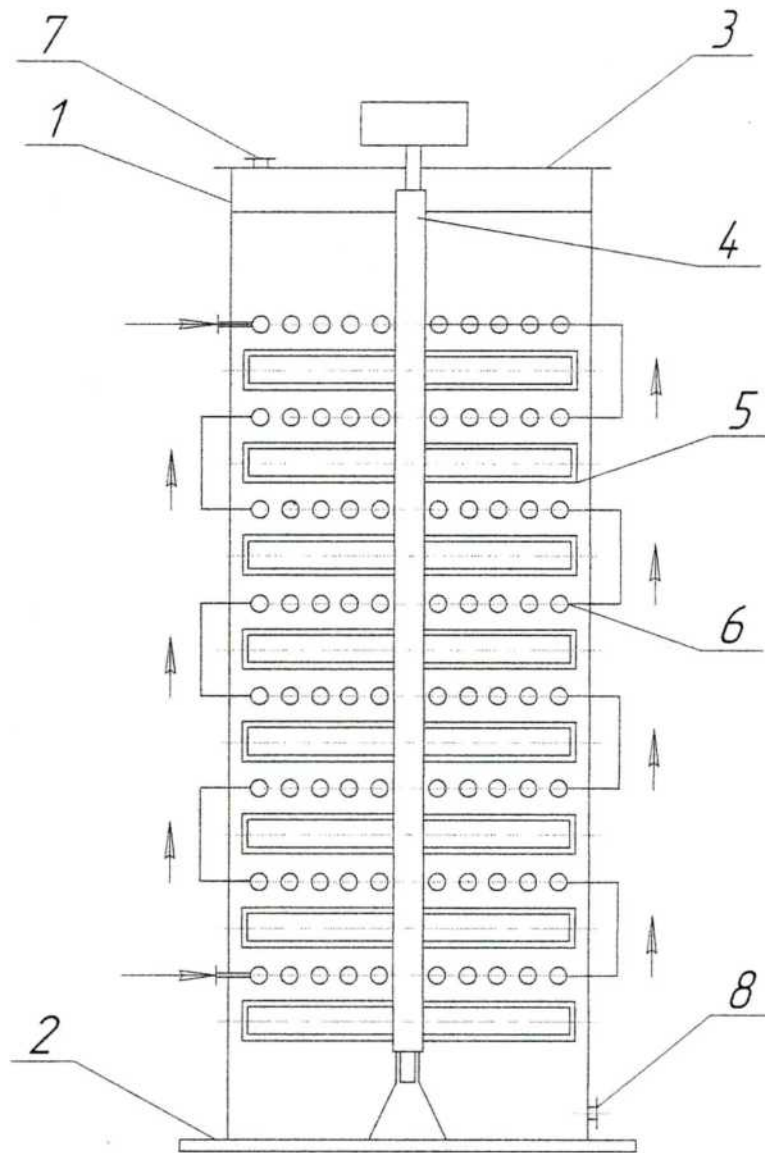


Рис. 1.1 Схема кристалізатора фірми Jougu:

1-циліндричний корпус; 2-дно; 3-кришка; 4- трубовал; 5-лопати; 6- охолоджувальні елементи; 7, 8-патрубки.

Тому в даний час використовують додаткову поверхню теплообміну, величина якої розраховується питомій площі поверхні (м²/м): проста поверхня - 0,96; проста поверхня зі змієвиком у центрі - 1,15; і подвійна поверхня зі змієвиком у центрі - 2,30. Додаткова поверхня утвориться в результаті розміщення змієвика в утвореному трубовалом вільному просторі корпуса і розташування змієвиків у два ряди в проміжку між двома лопатями, що перемішують.

Утфелемігіалка-кристалізатор фірми DDS (Данія) рис.1.2. В двох секторах циліндричного корпусу розміщені вертикальні пучки труб висотою 10 м. і діаметром 50 мм. Весь обсяг мішалки розділений по висоті проміжними трубними ґратами на чотири секції. Перемішування утфеля забезпечується лопатями, закріпленими на валу. Лопаті розміщені у вільних секторах корпусу між пучками труб і роблять в них коливальні рухи, зміщаючись на 52° навколо осі трубовала. Уся маса утфеля в такий спосіб приводиться в рух і сковзає в міжтрубному просторі вздовж стінок корпусу. Привід вала перемішувального пристрою складається із системи гідроциліндрів. Фірма робить мішалки двох типів - (А і Б).

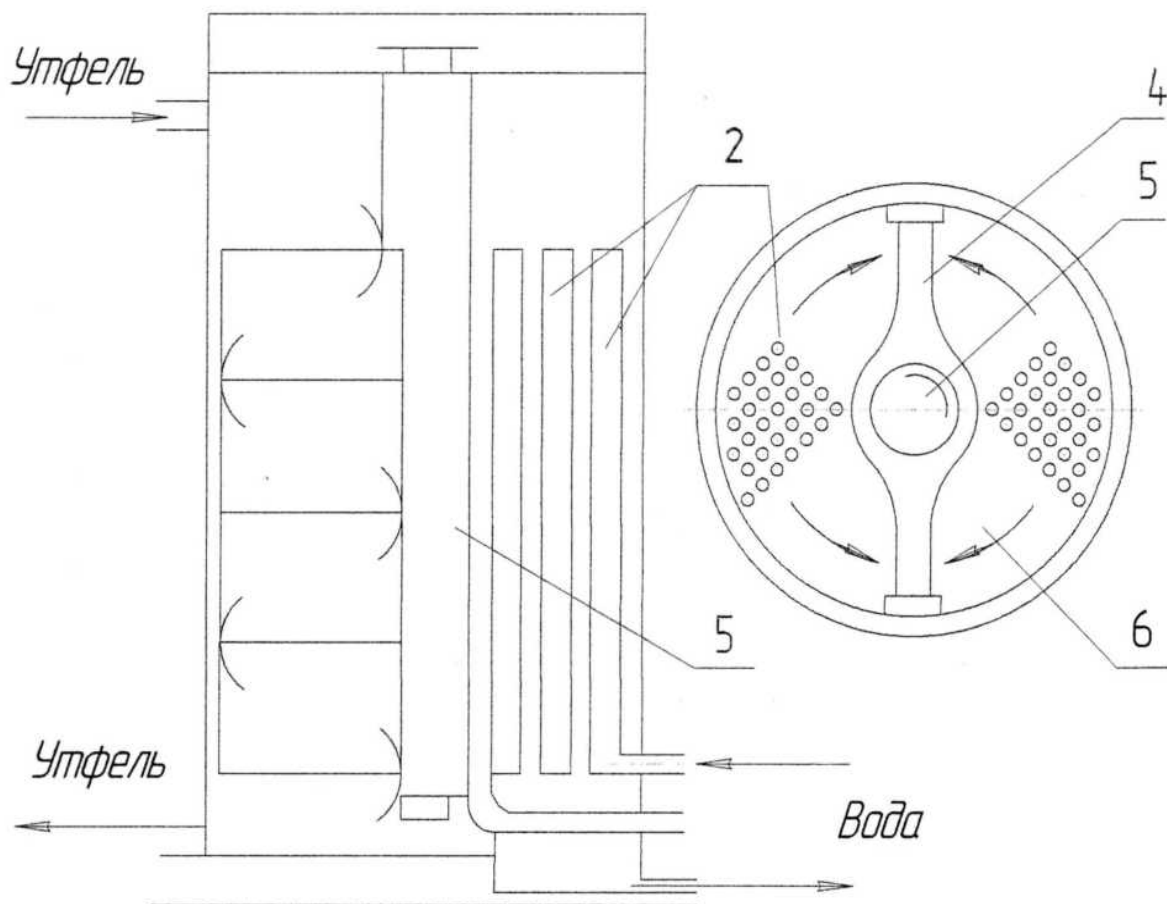


Рис. 1.2. Вертикальний утфелеперемішувач-кристалізатор фірми DDS:
1-корпус; 2-пучки труб; 3-трубні решітки; 4-лопаті; 5-вал; 6-секція.

типів - (А і Б). Тип (А) відрізняється більшою поверхнею теплообміну, одержаного за рахунок обладнання корпусу охолоджувальними камерами. Охолоджувальна вода підводиться окремо в трубу і камери. Кристалізатор типу (А) використовують на початку батареї для швидкого охолодження утфеля з 80°C до 50-60°C. Подальше охолодження (до 35-45°C) здійснюється в кристалізаторах типу-Б.

Кристалізатори фірми *DDS* відрізняються великою питомою площею поверхні теплообміну⁷, що дозволяє здійснювати швидке охолодження утфеля й одержувати гарні результати. Система перемішування виконана виходячи із прийнятої конструкції поверхні охолодження і є досить ефективною (1).

Однак очевидні і її недоліки, зв'язані з постійними знакозмінними навантаженнями і значними інерційними зусиллями. При цьому питома потужність привода більш ніж у три рази вище відповідного показника мішалки фірми *Joury*.

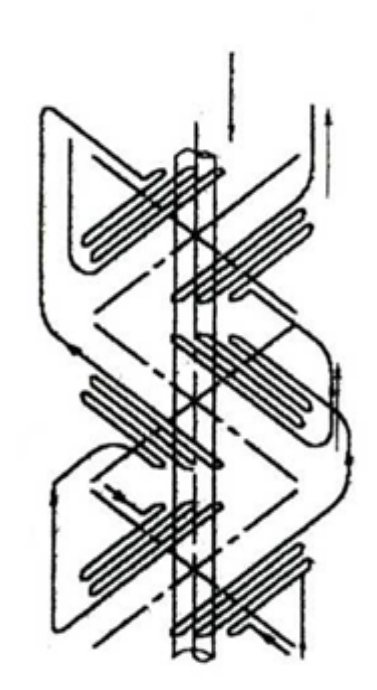


Рис. 1.3. Поверхня теплообміну утфелеперемішувача-кристалізатора фірми ВМА

Утфелемішалка-кристалізатор Фірни ВМА. Поверхня теплообміну складається зі стаціонарних горизонтальних трубчастих зміювиків рис.1.3. Але є відмінність від утфелемішалок фірни .Іоигу, теплообмінні елементи розташовані в одній площині і складаються з двох окремих частин, утворюючи два контури охолодження (напрямок руху води показано стрілками). Утфель при цьому переміщається в протилежному напрямку.

Орієнтація теплообмінних елементів здійснюється в сусідніх по висоті площинах, кожен наступний елемент при цьому повернутий навколо вертикальної осі на 90° від попереднього, що дозволяє більш рівномірно розподілити поверхню теплообміну в обсязі утфеля.

Утфелемішалка виробництва ЧССР. У ЧССР розроблена мішалка, поверхня теплообміну якої виконана у вигляді стаціонарних дисків приварених до внутрішніх стінок корпусу. Таким чином, мішалка по висоті розділена на кілька відділень. У дисках зроблені отвори для переходу утфеля з одного відділення в інше, що сприяє більш рівномірному проходженню утфеля в мішалці. По центрі корпусу проходить вал із закріпленими на ньому лопатями, що перемішують. Вал обертається з частотою $0,006 \text{ с}^{-1}$ (0,4 об./хв.). У ЧССР. розроблено два типорозміри вертикальних мішалок.

Кристалізатори фірни Seluig & Zange (ФРН). Ця фірма є ведучої у ФРН в області досліджень і розробок вертикальних утфелемішалок-кристалізаторів. Фахівці фірни вважають за необхідне глибоке охолодження утфеля (до 35°C) і тривалу кристалізацію (50 год.). Фірмою розроблені два типи мішалок: *S+D 78* і *S+D 80*, що відрізняються пристроєм поверхні охолодження і приводом.

Будова утфелемішалки *S+D 78* показано на рис. 1.4 У вертикальному корпусі знаходяться конусоподібні перегородки з нахилом, утворюючих поперемінно до центра корпусу і його периферії. Поверхня теплообміну складається з горизонтальних зіркоподібних трубчастих елементів, розташованих у вільних просторах між конічними перегородками. Елементи

прикріплені до трубовалу і роблять разом з ним коливальні рухи на 90° навколо центральної осі. Коливальні рухи здійснюються за допомогою двох пар гідроциліндрів.

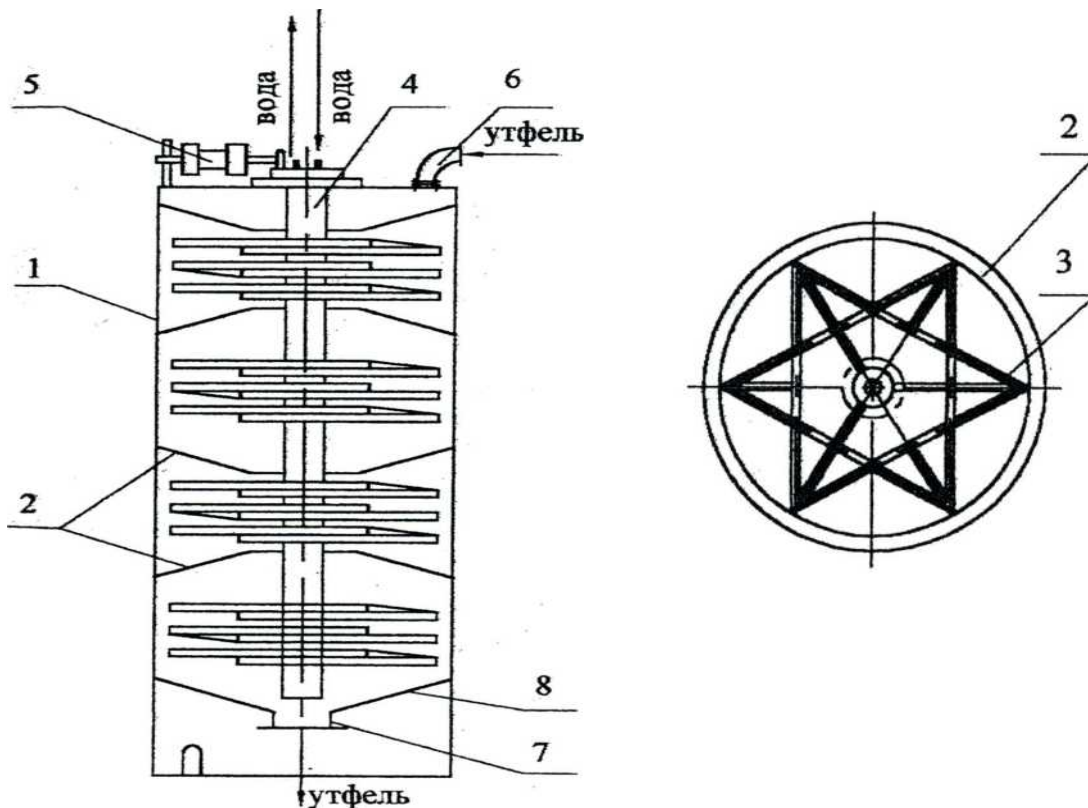


Рис. 1.4 Кристалізатор фірми Seluig & Zande.

1-корпус; 2- перегородки; 3-трубні елементи; 4- трубовал; 5-гідроциліндри; 6- патрубок для подачі утфеля; 7-штуцер для вихода утфеля; 8-дно.

Утфель надходить через верхню кришку мішалки і пересувається вниз, поперемінно змінюючи напрямок руху в радіальному перетині відповідно до положення конічних перегородок. Виходить утфель у центрі конічного днища Потік води спрямований протилежно руху утфеля.

Поверхня теплообміну утфелемішалки виконана з правильних трубчастих, шестикутників (павутиноподібно), згрупованих у блоки з чотирьох розташованих друг під другом рядів. Таких блоків родини, вони рівномірно розміщені по висоті корпусу. Усі теплообмінні елементи блоку кріпляться до центрального трубовалу й облямовані по периферії

циліндричними кільцями, що по висоті з'єднані направляючими стержнями. Вся установка приводиться в рух системою із шести гідроциліндрів і виконує коливальні рухи вздовж вертикальної осі (униз). Подача і відвід охолодної води здійснюються через гнучкі шланги, що компенсують рух системи охолодження. Утфель, що надходить розподіляється по всьому перетині мішалки спеціальним, повільно обертовим розподільним пристроєм, наявність якого викликано відсутністю радіального переміщення утфеля.

Фірмою *deLuig & Zange* розроблена також найбільша в даний час Утфелемішалка місткістю 400 м³. Конструктивне використання її аналогічне мішалці типу S+Z 80.

Утфелемішалка-кристалізатор виробництва ВНР. Поверхня теплообміну виконана у виді горизонтально розташованих шести елементів. Кожен елемент з'єднаний патрубками по вертикалі з розташованим під ним елементом, створюючи в такий спосіб шість окремих частин поверхні теплообміну, у нижню частину кожної з яких по трубках, розташованих всередині обертового трубовала, підведена холодна вода. Вхід і вихід охолодженої води здійснюється через розподільну коробку, розташовану на верхньому кінці трубовала. Закріплені на обертовому трубовалі, теплообмінні елементи є одночасно перемішувачами. Частота обертання може мінятися від 0,009 до 0,014 з (0,57 - 0,87 об./хв.). Для запобігання обертання утфеля на внутрішніх стінках корпусу закріплені контропаті.

Привід кристалізатора здійснюється від двох мотор-редукторів через шестерну передачу, що робить його простим в обслуговуванні і надійним в експлуатації.

Виконання поверхні теплообміну із шести окремих контурів визнано доцільним, тому що поліпшує технологічні умови кристалізації (знижує темп падіння температурної різниці між утфелем і водою).

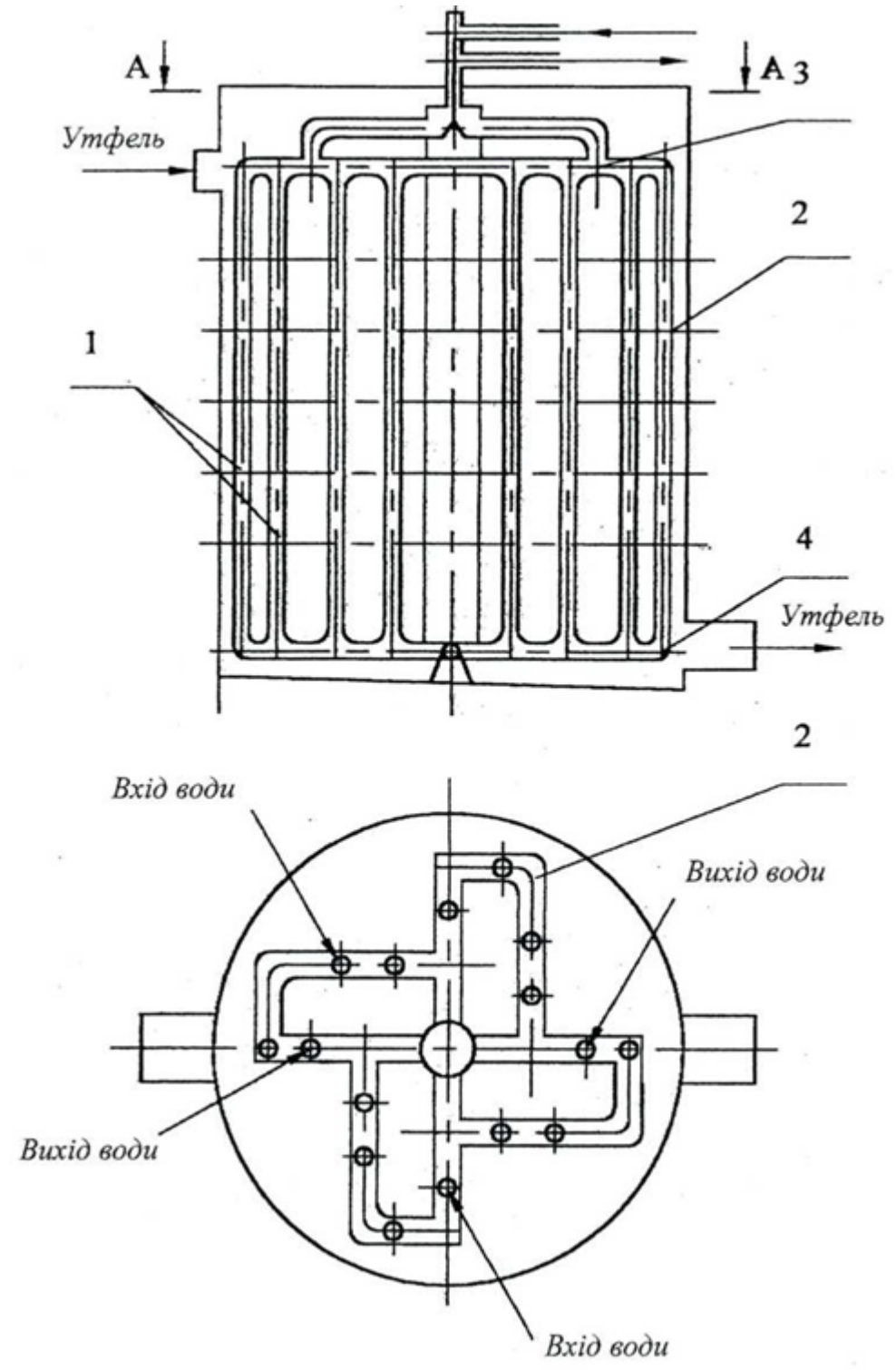


Рис. 1.5 Вертикальний утфелеперемішувач-кристалізатор фірми Fletcher.

1-труби; 2-корпус; 3, 4-верхній та нижній колектори.

Утфелемішалка-кристалізатор фірми Fletcher (Великобританія)

рис.1.5. В 1980р. фірмою *Fletcher* розроблена мішалка, поверхня теплообміну складається з пучка вертикальних труб, що проходять по усій висоті робочого обсягу корпусу. Вертикальні труби приварені до верхнього і нижнього колекторів. Система охолодження закріплена на центральному валу й обертається разом з ним, одночасно являється і перемішувачем.

Як видно з викладеного, у різних країнах розроблено свої оригінальні конструкції утфелемішалок-кристалізаторів. У розроблювачів немає однакової думки про пристрій поверхні теплообміну, а також про швидкість і тривалість охолодження. Відповідно до цього маються великі розбіжності в питомій поверхні теплообміну. Однак загальною є концепція вертикального виконання утфелемішалок. Основними перевагами вертикальних кристалізаторів є: економія виробничих площ; низька вартість одиниці об'єму мішалки; можливість установки на бетонній підставі без додаткового використання будівельних конструкцій; можливість установки поза будинком; простота обслуговування і легкість керування процесом кристалізації; високий ступінь автоматизації; поліпшення показників роботи кристалізаційного відділення.

У СРСР, починаючи з 1980 р., роботи зі створення утфелемішалок-кристалізаторів вертикального типу проводилися в НВО "Цукор".

Утфелеперемішувач-кристалізатор ШІ-ПКВ/1. Утфелемішалка-кристалізатор являє собою циліндричний вертикальний апарат з плоским дном, який встановлюється на кільцевому залізобетонному фундаменті, як правило, розміщують за межами головного корпусу заводу. В середині апарату на трьох рівнях горизонтально вмонтовані теплообмінні труби, до колекторів яких додається охолоджуюча вода.

На вертикальній осі апарату розташований перемішувачий пристрій - трубовал з лопатями, обертальний рух якому надає електродвигун (11 кВт,

750 об/хв), через мотор-редуктор типу МРЗ-500-16-6,3-Ф-1В. Трубовал встановлений

таким чином, що його перемішуючій лопаті чергуються з теплообмінними трубами.

Утфелемішалка-кристалізатор поставляється окремими царгами з поверхнями теплообміну, технологічними штуцерами та відповідними фланцями до них, трубовалу у вигляді окремих вузлів максимальної заводської готовності. У комплект поставки входять також змішувач для утфелю та електрообладнання до нього.

2. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ, СОЦІАЛЬНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Оскільки основною сировинною базою вітчизняних цукрових заводів України є цукровий буряк, то конкурентоспроможність та ефективність виробництва даного продукту є одним з найбільш важливих елементів у проблемі підтримки та збереження всього цукрового маркетингового ланцюжка. Лише коли доходи від продажу цукру на міжнародному ринку перевищать сумарні витрати на виробництво цукру, то дане виробництво в Україні буде конкурентоспроможним. Визначити відповідні світові ціни на цукор та такі фактори виробництва, як добрива чи енергія, відносно легко, крім того вони продаються на міжнародному ринку. А от вже визначити світові ціни на такий фактор виробництва, як земля, набагато складніше (майже не можливо), бо земля не продається на міжнародному ринку. У таких випадках застосовують концепцію оптимальних витрат. Оптимальною витратою щодо певного фактору виробництва є прибуток, який цей фактор може принести при найкращому можливому альтернативному використанні. Звідси, оптимальною витратою гектара землі, що використовується для виробництва цукру, є найвищий прибуток, який може принести цей гектар, якщо на ньому посадити якусь іншу культуру. Оскільки цукрова промисловість є однією зі стратегічно важливих галузей харчової промисловості України, то вона поєднує виробників елітного та фабричного насіння цукрового буряку, насінневі заводи, цукрові заводи та сервісні підприємства галузі. Так, цукрові буряки в Україні вирощуються майже в усіх областях, а саме в 19 областях. температурного режиму.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Ольшевський В	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Тищенко В.	<i>Назва, додаткова назва</i> ТЕО	18-2017.ДП.11.002 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Миронюк ВГ.		<i>Інд.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/3

Буряки відносяться до сировини яка швидко псується, втрачаючи свої якісні показники, це помітно відбивається на техніко-економічних показниках виробництва і обумовлює одну із важливих особливостей цукрової промисловості - сезонність виробництва. Протягом останніх десяти років спостерігається тенденція до погіршення технологічних показників цукрових буряків, що негативно впливає на виробничо-технічні та економічні показники цукрових заводів, які залежать від кількості та якості сировини. Зниження якості цукрових буряків істотно впливає не лише на цукристість, але й на терміни зберігання буряків та рівень втрат, що знижує ефективність використання виробничих засобів. До проблем бурякоцукрової галузі можна віднести такі (основні): 1. Загальна економічна криза та послаблення ролі держави у розвитку галузі; 2. Велика тривалість часу між витратами на виробництво та отриманням коштів від реалізованої продукції; 3. Скорочення площ посівів цукрових буряків; 4. Посилення ураженості посівів хворобами та шкідниками. Оскільки буряки швидко псуються, втрачаючи свої якісні показники, це помітно відбивається на техніко-економічних показниках виробництва і обумовлює одну із важливих особливостей цукрової промисловості -- сезонність виробництва. Головною проблемою цукрових заводів України є низький показник вилучення цукру із заготовленого буряка. Крім того, 89-91 % всіх витрат складають матеріальні ресурси. Це вимагає більш раціонального використання сировинних, паливно-енергетичних та інших матеріальних ресурсів в цукровій промисловості. Протягом останніх років спостерігається тенденція до погіршення технологічних характеристик цукрових буряків, що негативно впливає на виробничо-технічні та економічні показники цукрових заводів, які залежать від якості та кількості сировини. Зниження якості цукрових буряків впливає не лише на цукристість, але й на терміни зберігання буряків, рівень втрат, що знижує ефективність використання виробничих засобів. 5 Низький рівень енергозбереження технологічного устаткування. В даній

промисловості особливо актуальними є проблеми підвищення технічного рівня основного устаткування, зниження енергетичних та матеріальних витрат на виробництво продукції. Для виходу із ситуації, що склалася, рекомендуються такі дії: більшу увагу приділяти розробці програм реструктуризації та технічного переобладнання галузі; краще використовувати матеріальні, сировинні та паливно-енергетичні ресурси; використовувати нові методи та технології вирощування і переробки цукрових буряків. Дослідивши дане питання, переконуємося в доцільності вибраної теми кваліфікаційної роботи, адже запропонована модернізація сприятиме покращенню роботи та ефективності цілого виробничого відділення, а отже, і всього цукрового заводу.

3. ХАРАКТЕРИСТИКА ВИХІДНОЇ СИРОВИНИ І ГОТОВОГО ПРОДУКТУ

Одним із завдань цукрового виробництва є отримання високоякісного цукру в процесі кристалізації в вакуум-апаратах. В реальних умовах процес уварювання цукрових утфелів залежить від багатьох впливових факторів, що мають як постійні, так і змінні характеристики. Про це свідчать побудовані І.Г. Бажалом масові графіки уварювання цукрових утфелів, і накопичений експериментальний матеріал в області промислової кристалізації цукру.

Утфель - маса, що складається з кристалів сахарози і міжкристального розчину. Утфель I кристалізації - утфель першої стадії послідовної кристалізації сахарози, призначений для отримання білого цукру, цукру-піску. Утфель II кристалізації або III кристалізації - утфель другий або третій стадії послідовної кристалізації, призначений для отримання цукру II або III кристалізації.

Різниця доброякісності міжкристального розчину при спуску і після кристалізації охолодженням повинна становити не менше 3 - 5 од. (В залежності від доброякісності утфелю і ступеня його уварювання).

Темп охолодження утфелю повинен поєднуватися зі швидкістю кристалізації, що дозволить виключити виділення в утфелі вторинних кристалів - "муки".

Температуру утфелю, що виходить з останнього охолоджуемого кристалізатора, регулюють збільшенням або зменшенням кількості охолоджувальної води. Кількість води, що подається змінюють поступово, щоб уникнути різкого охолодження утфелю.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Олещевський В.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Тищенко В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Характеристика вихідної сировини і готового продукту		18-2017.ДП.11.003 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Мирончук В.Г.						

Для підтримки постійного температурного режиму охолодження утфелю в процесі безперервної кристалізації необхідно усунути причини, які можуть його порушити (спуск поспіль утфелей з двох апаратів, форсування роботи центрифуг при достатній їх потужності).

При недостатній потужності кристалізаційних установок необхідно протягом всього процесу підтримувати максимально високий відсоток кристалів, що дозволяє прискорити масове зростання кристалів і отримати при скороченій тривалості процесу відповідний ефект кристалізації. Допускається робота з проміжним центрифугуванням утфелю останньої кристалізації.

Сталий стан утфелю характеризується оптимальними значеннями показників: рН - 7,5 - 8,0; в'язкість міжкристального розчину утфелю - 0,120 - 0,150 Па · с; вміст кристалів в утфелі - 50 ... 55%; нестійке - при відхиленні від цих оптимальних значень.

4. ОПИС ЗАПРОПОНОВАНОГО ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ. БУДОВА ТА ПРИНЦИП РОБОТИ

У бурякоцукровому виробництві існує ряд методів, спрямованих на інтенсифікацію безперервної кристалізації цукрових утфелів останнього продукту в мішалках-кристалізаторах. Вони в основному зводяться до двох напрямків - удосконалення технології кристалізації та кристалізаційного обладнання.

Технологія кристалізації цукрових утфелів останнього продукту удосконалювалась переважно проміжним центрифугуванням та різними варіантами розбавлення та теплової обробки утфелів. Ці заходи застосовуються з метою уникнення вторинного кристалоутворення, зменшення в'язкості й підтримання оптимального перенасичення міжкристального розчину.

Прийнятий режим охолодження в існуючих станціях кристалізації становить 28...32 години. Цього часу за існуючого обладнання недостатньо для ведення кристалізації охолодженням без негативного впливу вторинного кристалоутворення.

Як свідчать дослідні дані, температурні перепади між хладоагентом і утфелем при його кристалізації в горизонтальних кристалізаторах досягають понад 15 - 20°C. Це призводить до значних перенасиченостей в окремих зонах і, як наслідок, до вторинного кристалоутворення, що збільшує втрати цукру в мелясі.

Останнім часом у практиці цукрового виробництва все ширше застосовується безперервна кристалізація утфелів останнього продукту у вертикальних кристалізаторах місткістю від 100 до 300 м³.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Ольшевський В.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Тищенко В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи.		18-2017.ДП.11.004 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Мирончук ВГ.						

Це дає змогу у 2...3 рази збільшити потужність станції кристалізації охолодженням, тривалість перебування у них утфелю. Існуючі конструкції вертикальних кристалізаторів з нерухомими поверхнями теплообміну створюють сприятливі умови для утворення на них інкрустованого шару цукру, товщина якого може досягати 10 мм, що значно зменшує інтенсивність теплообміну і, як наслідок, процесу кристалізації. Крім того, існуючі перемішувальні пристрої у таких кристалізаторах не дають змоги використовувати значну частину корисного об'єму для розміщення поверхонь теплообміну. Кількість цих недоліків частково зменшилась в існуючих кристалізаторах з рухомою поверхнею нагрівання, але і в них об'єм утфелю, що перетинається рухомою поверхнею теплообміну, за один оберт не перевищує 50% від корисного. Мною розроблено нову конструкцію кристалізатора, яка значною мірою враховує згадані недоліки.

Її особливість у тому, що поверхню теплообміну виконано у вигляді трубчастих лопатей, які між собою послідовно з'єднані та закріплені на трубовалі. А також стаціонарні трубчаті змійовики, які розміщені в одній площині контуру охолодження. Кожна наступна теплообмінна поверхня у вигляді горизонтальних тарілок паралельна відносно попередньої, що дозволяє рівномірно розподілити поверхню теплообміну в об'ємі утфелю, інтенсифікувати і скоротити процес кристалізації. Приведення в рух валу утфелеперемішувача-кристалізатора здійснюється з допомогою гідроприводу, який забезпечує плавність обертання валу утфелеперемішувача-кристалізатора, безшумність і надійність роботи, простоту в обслуговуванні.

Використання цього вертикального утфелеперемішувача-кристалізатора дозволяє збільшити секцій кристалізації до 7-8 одиниць, в порівнянні з 4...5 од. за існуючих конструкцій. Що дозволяє забезпечувати ритмічність роботи продуктового відділення, а також неперервність процесу

кристалізації і повністю його автоматизувати, що значно спрощує обслуговування утфелеперемішувачів.

Важливим елементом конструкції є те, що кристалізатор виконаний з трьох функціонально закінчених модулів. Змінюючи кількість проміжних модулів, можна змінювати й місткість кристалізаторів, чітко узгоджуючи її з потужністю підприємства. Це дозволяє отримати питоме співвідношення поверхні теплообміну до об'єму утфелю, в кристалізаційній тарі в межах 1,6-1,8 м²/м³. При існуючому 1,2-1,5 м²/м³.

Будова та принцип роботи модернізованого кристалізатора

При модернізації базового зразка вертикальної утфелемішалки-кристалізатора враховувалася та обставина, що мішалка повинна задовольняти вимогам цукрових заводів великої потужності (6,0 тис.т і більш переробки буряків на добу), і в той же час її можна було б використовувати при реконструкції заводів для збільшення продуктивності варочно-кристалізаційних відділень, або замість застарілих горизонтальних мішалок на заводах продуктивністю 1,5...4 тис. т переробки буряка на добу.

Важливою задачею, було створення конструкції з високими експлуатаційними характеристиками, що відрізняється простотою у виготовленні і надійністю в роботі. При цьому враховувалося, що сполучення функцій поверхні теплообміну і пристрою, що перемішує, в одному елементі значно ускладнює конструкцію через необхідність установки ущільнювальних пристроїв, а також знижує надійність самих поверхонь теплообміну перед стаціонарними з застосуванням лопатей, що перемішують. Дослідженнями встановлено, що коефіцієнт теплопередачі стаціонарних трубчастих змішувачів досить високий, він у 2...2,5 рази перевершує аналогічний показник горизонтальних мішалок з обертовими дисковими поверхнями охолодження. Труби діаметром 57 мм із погляду теплопередачі краще, ніж труби діаметром 76 мм.

Утфелемішалка-кристалізатор, являє собою циліндричний вертикальний апарат 1 з плоским дном, корпус якого складається із трьох окремих царг, в кожній з яких розміщено охолоджувальні трубки діаметром 57 мм, які складаються з 5 горизонтальних змійовиків, горизонтально розташованих по висоті на відстані 750 мм. У кожній наступній царги теплообмінні елементи орієнтовані перпендикулярно попереднім. Таке їхнє розташування в горизонтальних площинах і постійний крок (750 мм) по висоті, дозволяють рівномірно розмістити поверхню теплообміну в робочому об'ємі корпусу. Підвід води в елементи теплообміну і її відвід здійснюється через фланці приварених до труби діаметром 57 мм, і привареної до корпусу. Прийнята конструкція поверхні охолодження дозволяє здійснити роздільне підведення води в секції, що складаються з теплообмінних елементів. У такий спосіб утворюється кілька зон охолодження, що сприяє ефективному методу ведення кристалізації з перемінною швидкістю охолодження. Лопаті 3, що перемішують, виконані з обох сторін з труб діаметром 108 мм, і приварені до окремих царг трубовалу 2, послідовно з обох кінців з'єднують трубою діаметром 108 мм, створюючи поверхню теплообміну у вигляді змійовика. У кожній площині перемішування маються чотири лопаті, розташованих хрестоподібно, по лопатям проходить вода. Лопаті обертаються над і під кожним горизонтальним рядом теплообмінних труб на відстані 50 мм від нього. Трубовал виконаний із труби діаметром 800 мм, складається із трьох частин, з'єднаних одна з одною фланцевими з'єднаннями.

Дві царги діаметром 360 мм, для кріплення підшипників кочення в корпусі, кріпляться до корпусу апарата. Ці дві царги з'єднують з царгами трубовала фланцями. Між сполучними фланцями знаходиться ущільнювальна прокладка, що забезпечує герметичність трубовала. Верхній кінець трубовала закріплений у радіально-опорному підшипнику, та в роликотпідшипнику радіально-сферичного двухрядного, таким чином, що вся

система перемішування знаходиться в підвішеному стані. Нижній кінець вала закріплений у радіально-опорному підшипнику. У заповненому утфелем кристалізаторі сила виштовхування, що діє на трубовал і та, що перемішує лопаті, врівноважує силу ваги системи перемішування (з урахуванням маси гідроприводу закріпленого на валу) і зводить у такий спосіб до мінімуму навантаження на підшипник. Трубовал зверху і знизу заглушений, так щоб охолоджувальна вода проходила по лопатям (у вигляді зміювиків), а не по трубовалу. Це дозволяє швидше, інтенсивніше та рівномірно (за рахунок обертання трубовалу) охолоджувати утфель.

Привод, що приводить вал в рух, складається з двох гідроприводів 27 та шестерні 5 з трьома пальцями 7 розмічених між собою на кут 120°. Такий привод дає можливість безперервного обертання пристрою, що перемішує, і оберігає його від перевантажень при можливій високій в'язкості утфеля, а також дозволяє уникати великих пускових моментів, як в електродвигунах. У корпусі розміщені люки для виконання монтажних і ремонтних робіт, у ньому вмонтовані також термометри і крани для добору проб по висоті кристалізатора.

Утфель подається у верхню частину апарату, а вивантажується з нижньої частини кристалізатора. Забезпечує якісне охолодження утфелю, завдяки тому, що утфель рухається зверху вниз, а вода навпаки знизу верх. Утфель перемішується лопатями, які закріплені на трубовалу. Трубовал приводиться в рух за допомогою двох гідроциліндрів, які штовхають шестерню послідовно, один за одним (безперервно). Шестерня кріпиться до трубовала шпонковим з'єднанням (призматична шпонка).

Кристалізатор монтується на кільцеподібній залізобетонній підставі і кріпиться до нього анкерними гвинтами.

Технологічна схема роботи утфелемішалки-кристалізатора передбачає наступні процеси:

- спуск утфеля III кристалізації в приймальну утфелемішалку;

- перекачування насосом утфеля із приймальної утфелемішалки в змішувач;
- розведення утфеля в змішувачі водою чи відтоком і спуск його в утфелемішалку;
- кристалізація цукру шляхом охолодження утфеля;
- охолодження води в циркуляційних контурах теплообміну;
- подача утфелю на центрифугування.

Змішувач, призначений для швидкого безупинного змішування утфеля з водою, або мелясою перед надходженням у кристалізатор, являє собою жолобоподібну посудину, усередині якої розташовані два шнеки, що обертаються в протилежних напрямках. У торцевій стінці корпусу змонтований шибер, призначений для виходу утфеля зі змішувача. Шибер укомплектований регулятором рівня для підтримки заданої кількості утфеля в змішувачі.

Для перекачування утфеля застосовується насос типу РН-18, укомплектований електродвигуном постійного струму, що дозволяє регулювати його продуктивність.

Необхідна для нормальної роботи цукрового заводу кількість вертикальних кристалізаторів залежить від його потужності та розраховується, виходячи з оптимального часу перебування в них утфелю (28-36 годин).

Технологічний регламент допускає різноманітні варіанти компоновки кристалізаторів залежно від конкретних умов кожного цукрового заводу, проте оптимальним слід вважати такий, коли два вертикальні кристалізатори з'єднані по утфелю послідовно, при цьому у першому кристалізаторі утфель рухається згори вниз, а в другому - знизу вгору, послідовно проходячи через зони охолодження з регульованими температурами охолоджуючої води в поверхнях теплообміну та зону підігріву в верхній частині другого кристалізатора.

При охолодженні утфелю в процесі кристалізації важливо створити безперервний рівномірний його потік через кристалізатори, що висуває певні вимоги до роботи насосів, які подають утфель від приймальної утфелемішалки до змішувача. Їх продуктивність має бути відрегульована таким чином, щоб приймальна Утфелемішалка спорожнявалась до моменту вивезення чергової варі утфелю з вакуум-апарату. Цього можна досягти завдяки застосуванню частотно-регульованих електроприводів утфельних насосів відповідної потужності у сполученні з контуром автоматичної стабілізації потоку утфелю. На жаль, ротаційні насоси типів РН та Д4-ПНР не відповідають цим вимогам та відзначаються низькою експлуатаційною надійністю. Тому для подачі утфелю у вертикальні кристалізатори краще застосовувати утфельні насоси марок СС-300-К. виробництва Чехії або 125RJ-Польщі. Найкраще ж зарекомендували себе утфельні насоси типу DRI 6/353 фірми Alfa Lavale.

Застосування вертикальних кристалізаторів для додаткової кристалізації утфелю шляхом охолодження його до 35...40°C з подальшим підігрівом перед центрифугуванням на 5...7°C дозволяє стабільно отримувати додатковий ефект кристалізації на рівні 6...8 одиниць. Це забезпечує максимальне виснаження міжкристального розчину, центрифугування утфелю без затруднень та отримання меляси з мінімальним вмістом в ній цукру.

5. ВИБІР КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Вибір матеріалів, які застосовуються в харчовому машинобудуванні, при виготовленні вертикальних утфелепереміщувачів-кристалізаторів зокрема, зумовлений наступними основними факторами:

- 1) допустимістю контакту з харчовими продуктами;
- 2) економічною доцільністю застосування;
- 3) вимогами до надійності та довговічності устаткування.

При проектуванні машин та апаратів харчового машинобудування, ці завдання вирішуються шляхом застосування конструкційних матеріалів, дозволених для контакту з харчовими продуктами (матеріали, які використовуються в апараті приведені в табл.5.1, використання найбільш дешевих матеріалів, що забезпечує найменше з можливого зношування поверхонь тертя.

Довговічність апарату визначається головним чином зносостійкістю деталей, тому одним із основних шляхів збільшення терміну служби та надійності роботи апарату є підвищення зносостійкості поверхонь тертя деталей.

По мірі зношування деталей в порах тертя збільшуються зазори. Порушується нормальна робота апарату, виникає вібрація, що спричиняє ударні впливи на поверхні деталей.

Зношування деталей може призвести до їх руйнування, бо внаслідок зношування поступово збільшуються змінні напруги. Що спромагаються перевищити межу втомлюваності.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Олшебський В	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Тищенко В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Вибір конструкційних матеріалів		18-2017.ДП.11.005 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Мирончук В.Г.			<i>Інд.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/3

Вихід деталей з ладу внаслідок зношування може призвести до простою устаткування, що порушує ритм виробництва на цукровому заводі. В даному випадку питання надійності устаткування набуває особливого значення, бо від роботи утфелеперемішувача-кристалізатора залежить робота всього іншого устаткування.

До того ж, якщо зносостійкість технологічного обладнання буде недостатньо висока, частинки від зношування можуть потрапити в утфель та далі в кінцевий продукт та побічні продукти, що є не допустимим, та може призвести до неможливості їх застосування, як для продовольчих так і кормових цілей.

Внутрішні частини утфелеперемішувача-кристалізатора знаходяться в постійному контакті з утфелем, який по складу є 94, 1% СР, утфель містить в своєму складі кристали цукру.

До складу утфелеперемішувача-кристалізатора Ш1-ПКВ/1 входять складальні одиниці: циліндричний корпус, трубчаті зміювики, трубовал з лопатями та корпуси підшипників кочення, відповідно верхній та нижній.

Корпус являє собою зварну циліндричну конструкцію, яка складається з трьох царг із сталі 3 ДСТУ 2651:2005.

Робочий орган являє собою зварну конструкцію трубовалу і лопатей, які виготовлені з труби діаметром 108 мм. Трубовал складається з 5 царг та виготовлений з сталі 10, яка має: границю міцності при розтягу, МПа-350; границю текучості, МПа-210 ДСТУ 7809:2015.

Царги трубовалу з'єднані болтами М24 ДСТУ 7805:2008.

Трубовал приводиться в рух за допомогою привода, який складається з двох гідроциліндрів, шестерні, яка виготовлена з сталі 40 ДСТУ 7809:2015 та трьох пальців виготовлених з сталі 45 ДСТУ 7809:2015.

Корпус підшипників виготовлений з сталі Зкп, втулки виготовлені з сталі 35 ДСТУ 7809:2015, стакани та кришки виготовлені з сплаву мідно-

цинкових металів (латуні), оброблювані тиском, ливарних марок Л63, Л68, Л80 ДСТУ 15527:2005.

Частини корпусних та вузлових деталей утфелемішалки Ш1-ПКВ/1 з'єднані між собою за допомогою болтів: М12, М14, М16, М20, М24, М30 ДСТУ 7805:2008; гайок М24; М30 ДСТУ 5915:2008, шайб ДСТУ 22355:2008.

За результатами розрахунків були вибрані наступні радіально-упорні сферичні підшипники серії 146172 ДСТУ 520:2014 та роликотпідшипник радіально сферичний дворядний серії 3003172 ДСТУ 520:2014.

Таблиця 5.1

Перелік матеріалів, використаних в утфелемішалці-кристалізаторі Ш1-ПКВ/1 та дозволених органами держогляду

Найменування матеріалу, марка	ДСТУ	Номер та дата дозволу МОЗ України
Сталь вуглецева звичайної якості, марок: Ст3 Ст 3кп, ВСт 3кп Ст 4кп, Ст 3	ДСТУ 2651:2005	126-14/1040-3, 30Л 1.79 126- 11/660-3, 15.05.72 126- 14/1154-3, 17.05.71
Сталь вуглецева якісна конструкційна, марок: 10, 40 45	ДСТУ 7809:2015	123-12/328-7, 07.08.79 08с/5-7- 450, 05.04.62
Сплави мідно-цинкові (латуні), оброблювані тиском, і ливарні марок Л63, Л68, Л80	ДСТУ 15527:2005	123-5/537-7, 28.05.75

6. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

6.1 Розрахунок привода

Враховуючи, що після заміни привода технологія не змінилася, то відповідно такі показники як швидкість перемішування вала і крутний момент на ньому будуть для нашого розрахунку вихідними даними.

$$V = 0,5 \dots 0,6 \text{ об / хв} = 0,0017 \text{ м / с};$$

$$M_{кр} = 277590 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Хід поршня $H = 1 \text{ м}$, а плече кривошипа $I = 0,5 \text{ м}$;

Внутрішній діаметр циліндра $D = 150 \text{ мм}$;

Визначимо робочу площу поршня:

$$F = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,15^2}{4} = 0,0176 \text{ м}^2;$$

Зусилля що діє на шток:

$$P = \frac{M}{L} = \frac{277590}{0,5} = 555180 \text{ Н}.$$

Так як величина зусилля обчислена без врахування витрат від тертя рухомих частин, то їх врахування $P_{факт.}$ визначимо за формулою:

$$P_{факт.} = \frac{P}{\eta_{мех}};$$

Де $\eta_{мех}$ - механічний коефіцієнт корисної дії силового циліндра в залежності від різних факторів, $\eta_{мех} = 0,85 \dots 0,97$.

Приймаємо $\eta_{мех} = 0,95$, тоді:

$$P_{факт.} = \frac{555180}{0,95} = 584400 \text{ Н}.$$

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Олещевський В	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Тищенко В.	Назва, додаткова назва Розрахункова частина	18-2017.ДП.11.006 ПЗ			
	Документ затверджено Миронюк В.Г.		Інд.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/13

Повна потужність:

$$N_{\Pi} = P_{\text{факт.}} \cdot V_{\text{штока}} = 584400 \cdot 0,017 = 9,9 \text{ кВт.}$$

Для визначення потужності, що підводиться, користуємося розрахунковим методом.

Розрахункова подача рідини:

$$Q_T = V \cdot F = 0,017 \cdot 0,0176 = 3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 / \text{с};$$

$P_{\text{факт.}}$ - зусилля на штокові;

$V_{\text{штока}}$ - швидкість переміщення штока.

Фактична подача:

$$Q_{\text{факт.}} = Q_m + Q_{\text{ут}};$$

$$Q_{\text{ут}} = K_{\text{ут}} \cdot F \cdot P_{\text{факт.}};$$

де $K_{\text{ут}} = 0,001 \text{ см}^2 / (\text{Н} \cdot \text{хв}) = 1,7 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 / \text{Н} \cdot \text{с}$ - коефіцієнт перетікання через ущільнення поршня.

$$P_{\text{факт.}} = \frac{P + P_{\text{тр}}}{F};$$

Де $P_{\text{тр}}$ - сила тертя в рухомих складових (для даного типу циліндра $P_{\text{тр}} = 1200 \text{ Н}$)

$$P_{\text{факт.}} = \frac{555180 + 1200}{0,0176} = 31,6 \cdot 10^6 \text{ Н.}$$

Витікання рідини:

$$Q_{\text{ут}} = 1,7 \cdot 10^{-11} \cdot 0,0176 \cdot 31,6 \cdot 10^6 = 0,945 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 = 0,0945 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3;$$

Фактична подача рідини в циліндр:

$$Q_{\text{факт.}} = Q_m + Q_{\text{ут}} = 3 \cdot 10^{-4} + 0,0945 \cdot 10^{-4} = 3,0945 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3;$$

Підведена до циліндра потужність:

$$N = P_{\text{факт.}} \cdot Q_{\text{факт.}} = 31,6 \cdot 10^6 \cdot 3,0945 \cdot 10^{-4} = 97,8 \cdot 10^2 \text{ Вт} = 9,78 \text{ кВт.}$$

Як видно з приведених розрахунків необхідна потужність в обох випадках практично рівна, що підтверджує правильність вибраних конструктивних параметрів.

6.2 Вибір підшипника

В якості опорного приймаємо кульковий упорний підшипник, який сприймає осьові навантаження. Для цього типу підшипника динамічне еквівалентне навантаження:

$$P = F_a \cdot K_b \cdot K_f;$$

Виходячи з умов для даного підшипника:

$$P = F_a; P_0 = F_a;$$

де F_a - осьове навантаження на підшипник.

Для визначення F_a необхідно визначити вагу трубовалу з поверхнею охолодження. Чиста вага трубовалу 4017кг. Маса одного погонного метра поверхні охолодження – 4,88кг.

Маса поверхні охолодження:

$$665,6 \cdot 4,88 = 3261,4 \text{ кг.}$$

Навантаження на підшипник $P = 77800 \text{ Н.}$

Для діаметра 360мм приймаємо кульковий упорний підшипник 146172 ДСТУ 520:2014 (рис.6.1) для нижньої опори, та роликпідшипник радіально- сферичний двухрядний серії 3003172 ДСТУ 520-2011 (рис.6.2) для верхньої опори.

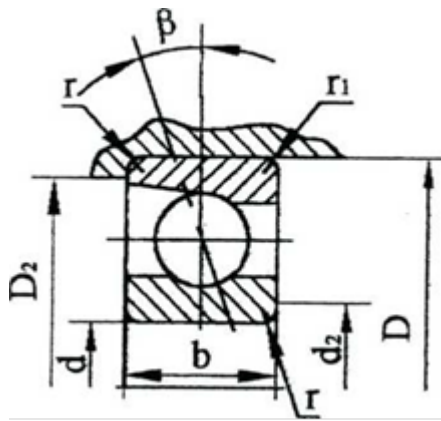


Рис. 6.1 Кульковий упорний радіально-підшипник

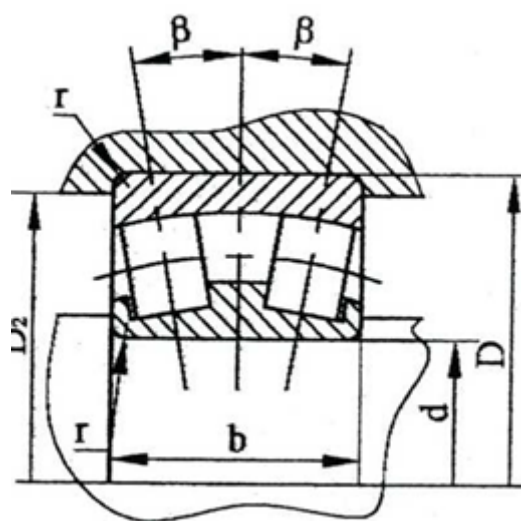


Рис. 6.2 Роликopідшипник сферичний двухрядний

Динамічна вантажопід'ємність:

$$C = 81,1 \cdot 22^{2/3} \cdot 23,02^{1,8} = 1766526,34;$$

Номінальна довговічність підшипника в мільйонах обертів:

$$L = \left(\frac{C}{P} \right)^P ;$$

де P - степеневий показник, $P = 3$.

$$L = \left(\frac{1766526}{77800} \right)^3 = 11,7;$$

$$P = F_a = 77800H.$$

Номинальна довговічність:

$$L_{II} = 10^6 \div 60 \cdot n \cdot \left(\frac{C}{P} \right)^3; \quad n = 10xv^{-1}$$

$$L_{II} = 10^6 \div 60 \cdot 10 \cdot \left(\frac{1766526}{77860} \right)^3 = 192592год.$$

Виходячи з строку служби апарата – 10 років, визначимо кількість робочих годин при 80 добах роботи на рік.

$$L_p = 10 \cdot 24 \cdot 80 = 1920.$$

Даний підшипник задовольняє вимоги довговічності.

6.3 Розрахунок вала перемішувального пристрою

Вал що виходить з гідроприводу, має діаметр 160мм. Вал розрахований з умов динамічної міцності, може не забезпечити нормальної роботи підшипників, якщо буде деформуватися. Тому перевіримо вал на жорсткість.

По куту закручення визначимо переміщення при крученні вала:

$$\varphi = \frac{T \cdot L}{G \cdot I_p};$$

де T – крутний момент;

G – модуль пружності при зсуві;

L – довжина вала закрученого;

$$I_p = \frac{\pi \cdot d^4}{32} - \text{полярний момент інерції.}$$

$$\varphi = \frac{3 \cdot 10^{610}}{8,1 \cdot 10^5 \cdot \left(\frac{3,14 \cdot 0,176^4}{32} \right)} = 0,122 \text{ на 1 метр довжини вала.}$$

$$\varphi \epsilon[\varphi] = 0,25 < 0,5 \text{ на 1 метр довжини вала.}$$

Діаметр 160мм задовольняє умови жорсткості. Перевіряємо коефіцієнт запасу міцності σ для вала.

Матеріал вала сталь 40Х, нормалізована, з характеристикою: тимчасовий опір розливу.

$\sigma_B = 100 \text{ МПа}$, межа витривалості при симетричному циклі навантажень згину.

$G_{-1} = 450 \text{ МПа}$, межа витривалості при симетричному циклі навантажень кручення.

$T_{-1} = 250 \text{ МПа}$, коефіцієнт чутливості матеріалу до асиметрії циклу напружень відповідно при згині і крученні $K_\sigma = 0,15$ та $K_\tau = 0,1$.

Сумарний згинаючий момент $M_{\text{сум}} = 578 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}$;

Крутний момент, який передає вал:

$$T = \frac{N \cdot 9550}{n} = \frac{9,78 \cdot 9550}{51} = 1832 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм};$$

Вал працює в неперервному режимі.

Допустимий запас витривалості $[n] = 1,8$.

Перевіримо запас міцності по граничній витривалості в перерізі. Знаходимо ефективні коефіцієнти концентрації напружень при згині і крученні від шпонкового паза.

По таблиці для вала з сталі, який має $\sigma_B = 1000 \text{ МПа}$, $K_\sigma = 2,27$, $K_\tau = 2,17$.

Масштабний коефіцієнт при згині і крученні для вала з сталі 40Х діаметром $d = 800 \text{ мм}$, $E_\sigma = 0,7$, $E_\tau = 0,6$.

Коефіцієнт стану поверхні при шорсткості поверхні $R_a = 2,5\text{мм}$,
 $K_\tau = 1,18$.

Ефективні коефіцієнти концентрації напружень для перерізу вала при згині і крученні в разі відсутності технологічного ущільнення:

$$K_{\sigma 0} = \frac{K_\sigma + K_\sigma^0 - 1}{E_\sigma} = \frac{2,27 + 1,18 - 1}{0,7} = 3,5;$$

$$K_{\tau 0} = \frac{K_\tau + K_{\sigma-1}^0 - 1}{E_\tau} = \frac{2,17 + 1,118 - 1}{0,6} = 3,9.$$

Визначимо ефективні коефіцієнти концентрації напружень при згині і крученні вала, обумовлені маточиною колеса, насадженого на вал по посадці Н7/к6.

По таблиці при $\sigma_B = 1000\text{МПа}$, $d = 800\text{мм}$, $K_{\sigma 0} = 3,7$, та $K_{\tau 0} = 2,63$.

Оскільки в перевірочному розрізі два концентратори напруг, то при розрахунку враховуємо один з них. той, для якого $K_{\sigma 0}$, та $K_{\tau 0}$ найбільші.

Приймаємо $K_{\sigma 0} = 3,7$, та $K_{\tau 0} = 3$.

Визначаємо запас міцності для нормальних напружень.

$$\eta_\sigma = \frac{\sigma - 1}{K_{\sigma 0} \cdot \sigma_a + \psi_\sigma \cdot \sigma_m} = \frac{450}{3,7 \cdot 13,76} = 9,48;$$

де амплітуда номінальних напружень згину:

$$\sigma_a = \sigma = \frac{M_N}{W_0} = \frac{578 \cdot 10^3}{42000} = 13,76\text{МПа};$$

тут осьовий момент опору при $d = 800\text{мм}$, $W_0 = 42000\text{м}^3$.

Знаходимо запас міцності для дотичних напружень. Попередньо визначаємо полярний момент опору при $d = 800\text{мм}$, $W_0 = 89100\text{м}^3$, напруження кручення:

$$\tau = \frac{T}{W_p} = \frac{1832 \cdot 10^3}{89100} = 20,56\text{МПа};$$

Обчислюємо амплітуду і середнє значення номінальних напружень кручення:

$$\tau_a = \tau_m \cdot \frac{\tau}{2} = \frac{20,56}{2} = 10,28 \text{ МПа};$$

Запас міцності для дотичних напружень:

$$\eta_\tau = \frac{\tau - 1}{K_{\tau 0} \cdot \tau_a + \psi_\tau \cdot \tau_m} = \frac{250}{3 \cdot 10,28 + 0,1 \cdot 10,28} = 8,1;$$

Загальний запас міцності:

$$\eta = \frac{\eta_\sigma \cdot \eta_\tau}{\sqrt{\eta_\sigma^2 + \eta_\tau^2}} = \frac{9,48 \cdot 8,1}{\sqrt{9,48^2 + 8,1^2}} = 6,16 > [n] = 1,8.$$

6.4 Розрахунок на міцність корпусу утфелеперемішувача – кристалізатора

Розрахунок товщини стінки корпусу:

$$S = \frac{\eta_1 \cdot \gamma \cdot h_1 \cdot r}{m \cdot R^{38}};$$

де $\eta_1 = 1,1$ - коефіцієнт перевантаження;

$j = 1450 \text{ кг} / \text{м}^3$ - питома вага утфеля;

$h_1 = 11 \text{ м}$ - відстань від вищого рівня речовини до дна;

$r = 2250 \text{ мм}$ - внутрішній радіус обичайки;

$m = 0,8$ - коефіцієнт умов роботи стінки корпусу;

R^{38} - розрахунковий опір зварного шва розтягу при ручному зварюванні,

$R^{38} = 0,85 \cdot R$;

R - розрахунковий опір сталі;

$R = 1600 \text{ кгс} / \text{см}^2 = 1600 \cdot 10^5 \text{ Н} / \text{м}^2$.

$$S = \frac{1,1 \cdot 1,450 \cdot 10^{-3} \cdot 1100 \cdot 225}{0,8 \cdot 0,85 \cdot 1600} = 0,36 \text{ см};$$

Приймаємо товщину $S = 8 \text{ мм}$.

6.5 Розрахунок продуктивності вертикальних кристалізаторів

$$A = \frac{120 \cdot 24 \cdot V \cdot \varphi \cdot \rho}{g \cdot \tau};$$

де V - об'єм апарата, м^3 ;

$\varphi = 0,9$ - коефіцієнт заповнення;

ρ - густина утфеля, $\text{кг}/\text{м}^3$;

τ - час перебування утфелю в апараті, год;

g - маса утфелю до маси необроблених буряків, за умовою, $g = 13,38\%$.

$$A = \frac{120 \cdot 24 \cdot 150 \cdot 0,9 \cdot 1,5}{12,2 \cdot 32} = 1494 \text{ т / добу}.$$

6.6 Розрахунок води на охолодження утфелю

Витрати води на охолодження утфелю в утфелеперемішувачах-кристалізаторах останнього продукту визначається за формулою:

$$W = a \cdot \frac{(T_1 - T_2) \cdot C}{t_2 - t_1} \% \text{ до маси буряків};$$

t_1 - температура холодної води, $^{\circ}\text{C}$;

t_2 - середня температура відпрацьованої охолодженої води, $^{\circ}\text{C}$;

T_1 - початкова температура охолоджувального утфеля в кристалізаторах, $^{\circ}\text{C}$;

T_2 - кінцева температура, до якої утфелю охолоджується в кристалізаторах, $^{\circ}\text{C}$;

$C = 0,48 \text{ ккал} / (\text{кг} \cdot \text{град} \cdot \text{с})$ - теплоємність утфеля.

Розраховуємо витрату води для кожної з трьох секцій, з яких складається апарат:

$$W^0 = 13,38 \cdot \frac{(77 - 56) \cdot 0,48 \cdot 4,19}{58 - 43} = 37,7\% \text{ до маси буряків;}$$

$$W^I = 13,38 \cdot \frac{(56 - 46) \cdot 0,48 \cdot 4,19}{43 - 33} = 29,9\% \text{ до маси буряків;}$$

$$W^{II} = 13,38 \cdot \frac{(46 - 41) \cdot 0,48 \cdot 4,19}{38 - 28} = 13,45\% \text{ до маси буряків.}$$

Загальна витрата води на охолодження утфелю в одному утфелеперемішувачі-кристалізаторі:

$$W = W^0 + W^I + W^{II} = 37,2 + 29,9 + 13,45 = 81,1\% \text{ до маси буряків.}$$

6.7 Розрахунок шпонки

Визначимо небезпечну деформацію для шпонки і паза: небезпечна деформація для шпонок і пазів є зменшення та крутний момент.

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot T}{d \cdot l_p \cdot (h - t_1)} \approx \frac{4 \cdot T}{d \cdot l_p \cdot h} \leq [\sigma_{зм}];$$

тоді:

$$l_p \geq \frac{2 \cdot T}{d \cdot (h - t_1) \cdot [\sigma_{зм}]} \approx \frac{4 \cdot T}{d \cdot h \cdot [\sigma_{зм}]} = \frac{4 \cdot 277590}{320 \cdot 42 \cdot 50} = 3,856 \text{ мм;}$$

де l_p - робоча довжина шпонки.

З таблиці 6.19 (Кіркач-Баласанян) вибираємо розміри шпонки для діаметра вала 180 мм:

$$\text{висота шпонки} \quad h = 24 \text{ мм;}$$

$$\text{ширина шпонки} \quad b = 42 \text{ мм;}$$

$$\text{довжина шпонки} \quad l = 90 - 360 \text{ мм.}$$

$$\text{Глибина шпоночного паза: } t_1 = 11 \text{ мм; } t_2 = 7,4 \text{ мм.}$$

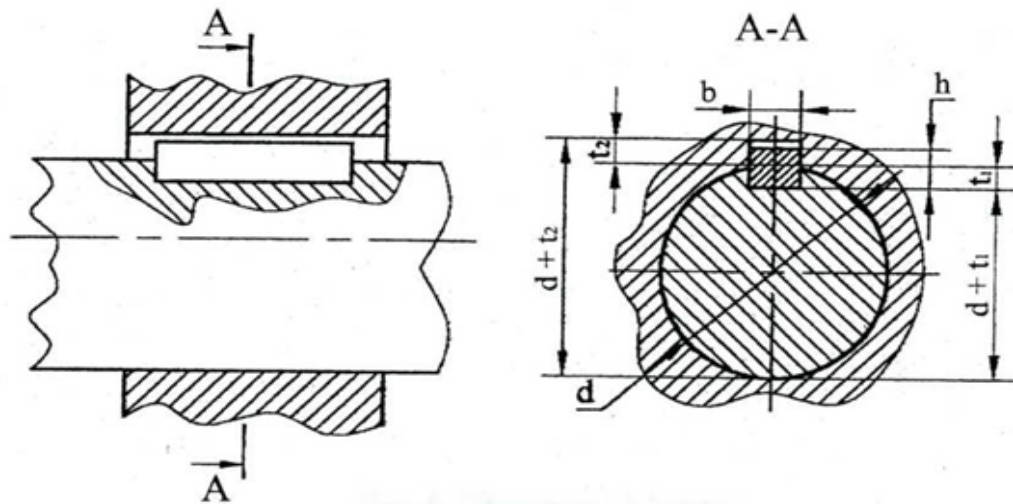


Рис. 6.3 Шпонкове з'єднання.

Для шпонки із сталі 45 при неперервному використанні роботи апарата з повною загрузкою приймають $[\sigma_{зм}] = 50 - 70 \text{ МПа}$.

У шпонок використання А (використання 1 за ДСТУ 24071:2005):

$$l_p = l - d = 200 - 42 = 158 \text{ мм.}$$

Підставивши ці значення у формулу отримаємо:

$$\sigma_{зм} = \frac{4 \cdot 277590}{320 \cdot 158 \cdot 24} = 0,915 \text{ МПа} \leq [\sigma_{зм}] = 50 \text{ МПа.}$$

Як видно з розрахунку, розміри шпонки вибрано вірно, тому, що виконується умова нерівності:

$$\sigma_{зм} \leq [\sigma_{зм}];$$

$$0,915 \text{ МПа} \leq 50 \text{ МПа.}$$

6.8 Розрахунок діаметра пальців привода

Вибираємо матеріал для розрахунку діаметра пальців:

тимчасовий опір розриву

$$\sigma_B = 610 \text{ МПа};$$

границя витривалості при

симетричному циклу напруги

$$[\tau] = 95 \text{ МПа};$$

границя витривалості при згині

$$[\tau_{32}] = 55 \text{ МПа}.$$

Визначимо реакції опор:

$$R_A \cdot 0,2 - F \cdot 0,1 = 0;$$

$$R_A = \frac{F \cdot 0,1}{0,2} = \frac{277590 \cdot 0,1}{0,2} = 138795 \text{ Н};$$

$$R_B \cdot 0,2 - F \cdot 0,1 = 0;$$

$$R_B = \frac{F \cdot 0,1}{0,2} = \frac{277590 \cdot 0,1}{0,2} = 138795 \text{ Н}.$$

Перевіряємо правильність визначення реакційних опор:

$$R_A - F + R_B = 0;$$

$$138795 - 277590 + 138795 = 0;$$

Реакції опор визначені вірно.

Визначимо загальний момент:

$$\sum M_A = \sum M_B = 0;$$

$$M_A = R_A \cdot 0 = 138795 \cdot 0 = 0;$$

$$M_{32} = F \cdot 0,1 = 277950 \cdot 0,1 = 27795;$$

Визначимо мінімальний діаметр пальця:

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{M_{32}}{0,1 \cdot [\tau_1]_{32}}} = \sqrt[3]{\frac{277950 \cdot 10^{-3}}{0,1 \cdot 55 \cdot 10^6}} = 0,0172;$$

Приймаємо мінімальний діаметр вала $d = 30 \text{ мм}$; $d_1 = 40 \text{ мм}$.

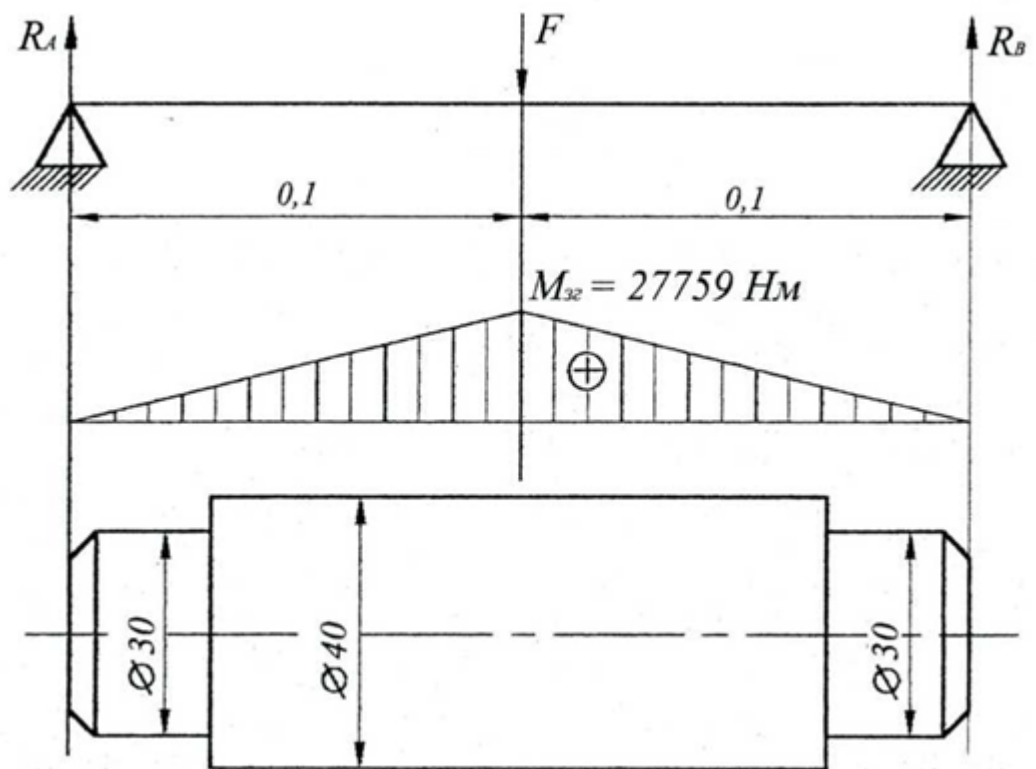


Рис. 6.4 Епюра згинального моменту.

7. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ МАРШРУТ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Інтенсивний розвиток виробництва у машинобудуванні нерозривно пов'язаний з технічним переоснащенням і модернізацією засобів виробництва на базі застосування найновіших досягнень науки і техніки.

На даному етапі постають досить відповідальні задачі: підвищення якості машин, зниження їх матеріалоємності, трудомісткості і собівартості виготовлення, нормалізація і уніфікація цих елементів, засвоєння потокових методів виробництва, його механізація і автоматизація, а також зменшення строків підготовки виробництва нових об'єктів. Розв'язок вказаних задач забезпечується поліпшенням конструкції машин, удосконаленням технології їх виготовлення, застосуванням прогресивних засобів і методів виробництва. Велике значення в удосконаленні виробництва машин мають різного роду пристосування.

В загальному об'ємі засобів технічного оснащення приблизно 50 % складають пристосування верстатів. Їх застосування розширює використання універсальних верстатів; знижує собівартість продукції, проте в кожному конкретному випадку доцільність застосування пристосування повинна підтримуватись економічними розрахунками.

Застосування швидкодіючих і автоматизованих пристосувань разом з керуючими і транспортуючими засобами є одним з ефективних напрямів застосування універсального технологічного обладнання, що сприяє застосуванню багатостатного обслуговування.

При розробці пристосувань є широкі можливості для виявлення творчої ініціативи по створенню конструкцій, що забезпечують найбільшу ефективність і рентабельність виробництва, зниження вартості пристосувань і скорочення строків їх виготовлення.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Олшєвський В	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Тищенко В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Технологічний маршрут виготовлення деталей		18-2017.ДП.11.007 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Миронюк ВГ.			<i>Інд</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/16

Пристосування повинні бути зручними і безпечними у роботі, швидкодіючими, досить жорсткими для забезпечення заданої точності обробки, зручними для швидкого встановлення на верстат, що особливо важко при періодичній зміні пристосувань у серійному виробництві, простими і дешевими у виготовленні, доступними для ремонту і заміни зношених деталей.

Деталі машин підрозділяються на класи за ознакою схожості технологічних процесів і першим етапом типізації технологічних процесів є класифікація деталей машин. Деталі можуть бути розділені на класи по спільності технологічних задач, що виникають при їхньому виготовленні (вали, втулки, диски, важелі, плити, стійки, косинці, зубчасті колеса, корпуси, станини, шпинделі, ходові гвинти тощо). У найбільш прийнятному методі, за основу приймається вид, кількість і чергування технологічних баз при обробці деталей заданої форми і розмірів. За цією методикою технологічна класифікація включає 5 класів і передбачає застосування цілком визначених баз залежно від виду і конфігурації деталі. При цьому обробка всіх поверхонь, що розташовуються навколо однієї вісі симетрії, повинна здійснюватися з однієї установки.

Перший клас - це деталі тіл обертання з відношенням $I/d = 2 - 20$.

Другий клас - втулки, диски з поверхнями обертання, що мають наскрізні отвори за віссю симетрії.

Третій клас - деталі з рівнобіжними площинами, що мають, як мінімум, по два отвори з рівнобіжними осями (шатуни, кришки, плоскі важелі).

Четвертий клас - деталі коробчатого типу (картери, корпуси редукторів, коробки передач, корпуси фартухів тощо).

П'ятий клас - складні деталі, що мають кілька осей симетрії (хрестовини сателітів, вилки зовнішніх з'єднань тощо).

7.1 Службове призначення і технологічна характеристика деталі

Кришка підшипника - це деталь тіло обертання. Конструкція деталі є взаємне перетинання циліндричних і конічних поверхонь, Є шість отворів діаметром 16 мм, які призначені для кріплення кришки до корпусу опори верньої. Центрування деталі відбувається по циліндричній поверхні діаметром 360 мм і торцевою.

Звідси можна сказати, що кришка виконує роль опори при обертанні інших деталей у складальному вузлі.

Матеріал заготовки – сталь 45Л ДСТУ 7809:2015.

Призначення станини, зубчасті колеса і вінці, гальмівні диски, муфти, кожухи, опорні катки, зірочки та інші деталі, до яких пред'являються вимоги підвищеної міцності і високого опору зносу і працюють під дією статичних і динамічних навантажень.

Хімічний склад сталі 45Л

Таблиця 7.1

Хімічний елемент	%
Кремній (Si)	0.20-0.52
Марганець (Mn)	0.40-0.90
Мідь (Cu), не більше	0.30
Нікель (Ni), не більше	0.30
Сірка (S), не більше	0.045
Вуглець (C)	0.42-0.50
Фосфор (P), не більше	0.04
Хром (Cr), не більше	0.30

7.2 Аналіз робочого креслення деталі

"Кришка підшипника" є тілом обертання, при експлуатації дана деталь відчуває постійні навантаження, деталь також відчуває коливальні навантаження (вібрація).

Габаритні розміри деталі – Ø630мм, довжина 45 мм

Всі фаски підрізають під кутом 45°.

Деталі після відливання піддають відпалу, для зняття внутрішніх напрузі і вирівняти структуру металу.

Основні технологічні завдання включають вимоги щодо забезпечення: точності розмірів (циліндрична поверхня Ø360H7, Ø540h6);

паралельність торцевих поверхонь 0,01 мм;

якості поверхневого шару (шорсткість поверхні циліндричної Ra = 1,6 мкм, внутрішнього діаметра Ra = 1,6 мкм, отвори Ra = 6,3; для інших Ra = 6,3 ... 10мкм).

Технологічний процес обробки даної деталі будується на основі типового технологічного процесу обробки деталі "Кришка"

Основні етапи обробки

чорнова обробка поверхонь;

чистова обробка поверхонь

оздоблювальні операції.

Деталь технологічна, так як має невеликі габаритні розміри. Співвідношення розмірів деталі оптимально для застосування найбільш раціональних і економічно вигідних методів обробки.

7.3 Розрахунки та вибір режимів обробки

Операція 20.1 Токарна

Вихідні дані:

Назва деталі – кришка.

Матеріал – сталь 45Л, $\sigma_B=98$ кг/мм².

Заготовка – вилівка.

Пристрій – патрон трьохкулачковий.

Інструмент – різець прохідний упорний правий T15K6

Верстат – токарно-гвинторізний 16К20

Перехід 1. Обточити поверхню 1 витримавши розмір Ø630

Точити поверхню 1 до Ø540 начорно, $l = 4$ мм.

Глибина різання при цьому $t=2$ мм.

Обираємо різець прохідний упорний правий Т15К6 та вимірювальний пристрій ШЦ1.

Вибираємо подачу. Для різців з перетином різця 40x60 мм при обробленні сталей діаметром

до 600 мм з глибиною різання до 5 мм $S = 1,8 - 1,4$ мм/об (табл. 17).

Приймаємо $S = 1,4$ мм/об.

З табл. 20 вибираємо залежність для визначення швидкості різання і визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,45}} = \frac{340}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,45}};$$

де T — стійкість різця. Приймаємо $T = 90$ хв.

Тоді:

$$V = \frac{340}{90^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 1,4^{0,45}} = 114,7 \text{ м / хв.}$$

Потрібна частота обертів шпинделя верстата:

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_s} = \frac{1000 \cdot 114,7}{3,14 \cdot 540} = 67,64 \text{ об / хв.}$$

Із ряду обертів шпинделя верстата 16К20 вибираємо ближче менше значення — $n_B = 100$ об/хв.

(ряд: ...100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 730, 800, 1000, 1250, 1600 об/хв)

Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 540 \cdot 100}{1000} = 169,56 \text{ м / хв.}$$

Сили різання:

$$P_{z1} = C_p \cdot t \cdot S^{0,75} = 200 \cdot 2 \cdot 1,4^{0,75} = 400$$

$C_p = 200$ кг/мм²- сталь

$t = 2$ мм - глибина різання

$S = 1,4$ мм – подача

$$N_{e1} = \frac{P_{z1} \cdot V_D}{60 \cdot 102} < N_{ДВ}, \text{ де } N_{ДВ} = 11 \text{ кВт} - \text{потужність двигуна верстата}$$

16К20

$$N_{e1} = \frac{400 \cdot 114,7}{60 \cdot 102} = 7,49 \text{ кВт} < 11 \text{ кВт}.$$

Основний час виконання переходу:

$$T_{o1} = \frac{Lp_i}{nS}$$

де L_p – розрахункова довжина обробки;

$$Lp_1 = l_1 + l_{bp} + l_n$$

де l_1 - довжина обробки, мм

$$l_1 = \frac{d_{\text{свд}}}{2} = \frac{544}{2} = 272 \text{ мм}$$

l_{bp} - довжина врізання, мм

$$l_{bp} = 2 \text{ мм табл. 270 (2)}$$

l_n - довжина пробігу, мм

$$l_n = 25 \text{ мм табл. 270 (2)}$$

$$Lp_1 = 272 + 2 + 25 = 299 \text{ мм}$$

$$\dot{O}_{i1} = \frac{299}{0,25 \cdot 500} = 2,4 \text{ хв.}$$

Оперативний час для переходу 1:

$$T_{on1} = T_{o1} + T_{\text{дон1}}$$

$T_{\text{дон1}}$ - допоміжний час

Допоміжний час складається:

1. Час, зв'язаний з переходом – 0,11 хв.,
2. Час на зміну напрямку подачі – 0,06 хв.,
3. Час на поворот різцетримача– 0,07 хв.,
4. Час на контрольні виміри – 0,08 хв.,

$$T_{\text{доп}} = 0,11 + 0,06 + 0,07 + 0,08 = 0,32 \text{ хв.}$$

Перехід 20.2

Точити поверхню 2 до $\varnothing 360$ начорно, $l = 33$ мм.

Глибина різання при цьому $t=2$ мм.

Обираємо різець прохідний упорний правий Т15К6 та вимірювальний пристрій ШЦ1.

Вибираємо подачу. Для різців з перетином різця 40х60 мм при обробленні сталених деталей діаметром

до 600 мм з глибиною різання до 5 мм $S = 1,8 - 1,4$ мм/об.

Приймаємо $S = 1,4$ мм/об.

З *табл.* вибираємо залежність для визначення швидкості різання і визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,45}} = \frac{340}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,45}};$$

де T — стійкість різця. Приймаємо $T = 90$ хв.

Тоді:

$$V = \frac{340}{90^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 1,4^{0,45}} = 114,7 \text{ м / хв.}$$

Потрібна частота обертів шпинделя верстата:

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_s} = \frac{1000 \cdot 114,7}{3,14 \cdot 360} = 101,4 \text{ об / хв.}$$

Із ряду обертів шпинделя верстата 16К20 вибираємо ближче менше значення — $n_B = 100$ об/хв.

(ряд: ...100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 730, 800, 1000, 1250, 1600
об/хв)

Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 360 \cdot 100}{1000} = 113 \text{ м / хв.}$$

Основний час виконання переходу:

$$\dot{O}_{i1} = \frac{180}{0,25 \cdot 500} = 1,44 \text{ хв.}$$

Допоміжний час складається:

1. Час, зв'язаний з переходом – 0,11 хв.,
2. Час на контрольні виміри – 0,08 хв.,

$$T_{\text{донз}} = 0,11 + 0,08 = 0,19 \text{ хв.}$$

Оперативний час:

$$\dot{O}_{i3} = 1,44 + 0,19 = 1,63 \text{ хв.}$$

Перехід 20.3

Точити поверхню 3 до $\varnothing 440$ начорно, $l = 33$ мм.

Глибина різання при цьому $t=2$ мм.

Обираємо різець прохідний упорний правий Т15К6 та вимірювальний пристрій ШЦ1.

Вибираємо подачу. Для різців з перетином різця 40х60 мм при обробленні сталевих деталей діаметром

до 600 мм з глибиною різання до 5 мм $S = 1,8 - 1,4$ мм/об.

Приймаємо $S = 1,4$ мм/об.

З *табл.* вибираємо залежність для визначення швидкості різання і визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,45}} = \frac{340}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,45}};$$

де T — стійкість різця. Приймаємо $T = 90$ хв.

Тоді:

$$V = \frac{340}{90^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 1,4^{0,45}} = 114,7 \text{ м / хв.}$$

Потрібна частота обертів шпинделя верстата:

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_s} = \frac{1000 \cdot 114,7}{3,14 \cdot 440} = 82,7 \text{ об / хв.}$$

Із ряду обертів шпинделя верстата 16К20 вибираємо ближче менше значення — $n_B = 100$ об/хв.

(ряд: ...100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 730, 800, 1000, 1250, 1600 об/хв)

Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 440 \cdot 100}{1000} = 138,16 \text{ м / хв.}$$

Основний час виконання переходу:

$$\dot{O}_{i1} = \frac{272}{0,25 \cdot 500} = 2,17 \text{ хв.}$$

Допоміжний час складається:

1. Час, зв'язаний з переходом – 0,11 хв.,
2. Час на контрольні виміри – 0,08 хв.,

$$T_{\text{донз}} = 0,11 + 0,08 = 0,19 \text{ хв.}$$

Оперативний час

$$\dot{O}_{i3} = 2,17 + 0,19 = 2,36 \text{ хв.}$$

Перехід 20.4

Точити поверхню 3 до $\varnothing 440$ начорно, $l = 2$ мм.

Глибина різання при цьому $t=2$ мм.

Обираємо різець прохідний упорний правий Т15К6 та вимірювальний пристрій ШЦ1.

Вибираємо подачу. Для різців з перетином різця 40х60 мм при обробленні сталевих деталей діаметром

до 600 мм з глибиною різання до 5 мм $S = 1,8 - 1,4$ мм/об (табл. 17).

Приймаємо $S = 1,4$ мм/об.

З табл. 20 вибираємо залежність для визначення швидкості різання і визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,45}} = \frac{340}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,45}};$$

де T — стійкість різця. Приймаємо $T = 90$ хв.

Тоді:

$$V = \frac{340}{90^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 1,4^{0,45}} = 114,7 \text{ м / хв.}$$

Потрібна частота обертів шпинделя верстата:

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 114,7}{3,14 \cdot 440} = 82,7 \text{ об / хв.}$$

Із ряду обертів шпинделя верстата 16К20 вибираємо ближче менше значення — $n_B = 100$ об/хв.

(ряд: ...100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 730, 800, 1000, 1250, 1600 об/хв)

Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 440 \cdot 100}{1000} = 138,16 \text{ м / хв.}$$

$$l_1 = \frac{d_{\text{зад}}}{2} = \frac{490}{2} = 245 \text{ мм}$$

$$l_{bp} = 2$$

$$l_n = 25$$

$$Lp_2 = 245 + 2 + 25 = 272 \text{ мм}$$

Основний час виконання переходу:

$$\dot{O}_{i1} = \frac{272}{0,25 \cdot 500} = 2,17 \text{ хв.}$$

Допоміжний час складається:

1. Час, зв'язаний з переходом — 0,11 хв.,
2. Час на контрольні виміри — 0,08 хв.,

$$T_{\text{донз}} = 0,11 + 0,08 = 0,19 \text{ хв.}$$

Оперативний час

$$\dot{O}_{i3} = 2,17 + 0,19 = 2,36 \text{ хв.}$$

Перехід 20.5

Для торцювання поверхні 1 використовуємо токарно-гвинторізний верстат 16К20, 3-х кулачковий патрон. Різець прямий прохідний відігнутий правий 5, $\phi=45^\circ$, Т5К10, ШЦ1.

Торцюємо поверхню 5 в розмір 45мм, $\text{Ø} 540\text{мм}$.

Приймаємо глибину різання $t=2$ мм.

Подача табл. №17 $S=1,8\dots 1,4$ мм/об. Звіряємо з паспортними даними верстата і приймаємо $S=1,4$ мм/об.

Визначаємо швидкість різання табл. №20

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,4}} = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 1,4^{0,45}} = 124,4 \text{ м/хв}$$

Потрібна частота обертів шпинделя верстата

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 124,4}{3,14 \cdot 540} = 73,3 \text{ об/хв}$$

Приймаємо більшу ближчу частоту обертів шпинделя верстата $n_B=100$ об/хв. Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя

$$V_D = \frac{\pi \cdot d \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 540 \cdot 100}{1000} = 169,56 \text{ м/хв}$$

Основний час виконання переходу:

$$\dot{O}_{i1} = \frac{297}{0,25 \cdot 500} = 2,37 \text{ хв.}$$

Допоміжний час складається:

1. Час, зв'язаний з переходом – 0,11 хв.,
2. Час на контрольні виміри – 0,08 хв.,

$$T_{\text{донз}} = 0,11 + 0,08 = 0,19 \text{ хв.}$$

Оперативний час

$$\dot{O}_{i3} = 2.37 + 0.19 = 2.56 \text{ хв.}$$

Перехід 30.1

Точити поверхню 1 до $\varnothing 630$ начорно, $l = 2$ мм.

Глибина різання при цьому $t=2$ мм.

Обираємо різець прохідний упорний правий Т15К6 та вимірювальний пристрій ШЦ1.

Вибраємо подачу. Для різців з перетином різця 40x60 мм при обробленні сталевих деталей діаметром

до 600 мм з глибиною різання до 5 мм $S = 1,8 - 1,4$ мм/об.

Приймаємо $S = 1,4$ мм/об.

З табл. вибираємо залежність для визначення швидкості різання і визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,45}} = \frac{340}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,45}};$$

де T — стійкість різця. Приймаємо $T = 90$ хв.

Тоді:

$$V = \frac{340}{90^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 1,4^{0,45}} = 114,7 \text{ м / хв.}$$

Потрібна частота обертів шпинделя верстата:

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 114,7}{3,14 \cdot 630} = 57,98 \text{ об / хв.}$$

Із ряду обертів шпинделя верстата 16К20 вибираємо ближче менше значення — $n_B = 100$ об/хв.

(ряд: ...100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 730, 800, 1000, 1250, 1600 об/хв)

Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 630 \cdot 100}{1000} = 197,82 \text{ м / хв.}$$

Основний час виконання переходу:

$$\dot{O}_{i1} = \frac{339}{0,25 \cdot 500} = 2,71 \text{ хв.}$$

Допоміжний час складається:

1. Час, зв'язаний з переходом – 0,11 хв.,

2. Час на контрольні виміри – 0,08 хв.,

$$T_{\text{донз}} = 0,11 + 0,08 = 0,19 \text{ хв.}$$

Оперативний час

$$\dot{O}_{i3} = 2,71 + 0,19 = 2,9 \text{ хв.}$$

Перехід 30.2

Для торцювання поверхні 1 використовуємо токарно-гвинторізний верстат 16К20, 3-х кулачковий патрон. Різець прямий прохідний відігнутий правий 5, $\phi=45^\circ$, Т5К10, ШЦ1.

Торцюємо поверхню 5 в розмір 45мм, \dot{O} 630мм.

Приймаємо глибину різання $t=2$ мм.

Подача табл. №17 $S=1,8 \dots 1,4$ мм/об. Звіряємо з паспортними даними верстата і приймаємо $S=1,4$ мм/об.

Визначаємо швидкість різання з табл.

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,4}} = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 1,4^{0,45}} = 124,4 \text{ м/хв}$$

Потрібна частота обертів шпинделя верстата

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_s} = \frac{1000 \cdot 124,4}{3,14 \cdot 630} = 62,88 \text{ об/хв}$$

Приймаємо більшу ближчу частоту обертів шпинделя верстата $n_B=100$ об/хв. Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя

$$V_D = \frac{\pi \cdot d \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 630 \cdot 100}{1000} = 197,82 \text{ м/хв}$$

Основний час виконання переходу:

$$T_{01} = \frac{319}{0,25 \cdot 500} = 2,55 \text{ хв.}$$

Допоміжний час складається:

1. Час, зв'язаний з переходом – 0,11 хв.,
2. Час на контрольні виміри – 0,08 хв.,

$$T_{\text{донз}} = 0,11 + 0,08 = 0,19 \text{ хв.}$$

Оперативний час

$$T_{\text{онз}} = 2,55 + 0,19 = 2,74 \text{ хв.}$$

Операція 40.1 Свердлильна

Розраховуємо глибину різання:

$$t = \frac{D_{\text{св}}}{2} = \frac{16}{2} = 8 \text{ мм}$$

Вибираємо діапазон подач: $S=0,16..0,20$ мм/об

Узгодити згідно паспортних характеристик верстату 2Н115 з ряду подач, приймаємо $S_{\text{в}}=0,2$ мм/об

Вибираємо емпіричну формулу (критичної) швидкості різання сталі:

$$V_c = \frac{11,1 \cdot d_{\text{св}}^{0,4}}{T^{0,2} \cdot S^{0,7}} = \frac{11,1 \cdot 16^{0,4}}{15^{0,2} \cdot 0,2^{0,7}} = 60,39 \text{ м/хв}$$

де $T = 15$ хв. – стійкість свердла (табл. 46)

Розрахункова частота обертання шпинделя:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot d_{\text{св}}} = \frac{1000 \cdot 60,39}{3,14 \cdot 16} = 1202 \text{ об/хв}$$

Узгоджуємо n_p з паспортними характеристиками верстату 2Н125, тому в даному випадку приймаємо $n_{\text{в}}=1600$ об/хв

Дійсна швидкість свердління:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{в}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 16 \cdot 1600}{1000} = 80,3 \text{ м/хв}$$

Основний час виконання переходу:

$$T_{o2} = \frac{37.5}{0,25 \cdot 500} = 0,3 \text{ хв.}$$

Допоміжний час складається:

1. Час, зв'язаний з переходом – 0,16 хв.,
2. Час на підвід і відвід задньої бабки – 0,18 хв.,
3. Час на контрольні виміри – 0,08 хв.,

$$T_{донз} = 0,16 + 0,18 + 0,08 = 1,14 \text{ хв.}$$

Оперативний час

$$T_{онз} = 0,3 + 1,14 = 1,44 \text{ хв.}$$

7.4 Аналіз обробки поверхонь

Таблиця 7.2

Технологічний маршрут виготовлення кришки підшипника

№ операції переходу	Назва операції, переходу	Технологічне обладнання, пристрої, інструмент для обробки.
10.1	Заготівельна. Установити, закріпити, зняти (УЗЗ)	Токарно-гвинторізний верстат 16К20, 3-х кулачковий патрон
20.1	Точити поверхню 1 до $\varnothing 540\text{мм}$, $l = 4\text{мм}$.	Токарно-гвинторізний верстат 16К20, 3-х кулачковий патрон.
20.2	Точити поверхню 2 до $\varnothing 360\text{мм}$, $l = 33\text{мм}$.	Різець прохідний упорний правий 2, Т5К10, ШЦ 1.
20.3	Точити поверхню 3 до $\varnothing 440\text{мм}$, $l = 33\text{мм}$.	Різець прохідний упорний правий 3, Т5К10, ШЦ 1.

20.4	Точити поверхню 3 до $\varnothing 440$ мм, l = 2мм.	Різець прохідний упорний правий 4, Т5К10, ШЦ 1.
20.5	Зняти фаску 2x45° $\varnothing 540$ мм.	Різець прямий прохідний відігнутий правий 5, $\varphi = 45^\circ$, Т5К10, ШЦ1
30.1	Точити поверхню 6 до $\varnothing 634$ мм, l = 2мм,	Різець прохідний упорний правий 6, Т5К10, ШЦ 1.
30.2	Зняти фаску 2x45° $\varnothing 540$ мм.	Різець прямий прохідний відігнутий правий 7, $\varphi = 45^\circ$, Т5К10, ШЦ 1.
40.1	Свердлити 6 отворів, $\varnothing 16$ мм, l= 20мм.	Свердло, $\varnothing 16$ мм Р6М5.

8. ВИМОГИ ЩОДО МОНТАЖУ, ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА РЕМОНТУ

Монтаж утфелеперемішувача-кристалізатора ведеться комбіновано: окремими збірними одиницями, частина яких входить в комплект поставки підприємства-виробника, а частина зібрана на монтажній площадці. Монтаж проводиться в продуктовому відділенні цукрового заводу методом нарощування утфелеперемішувача - кристалізатора знизу вгору.

Монтаж апарата починають з монтажу корпусу. На монтажній площадці встановлюють царгу I на фундамент, після чого перевіряють правильність її положення в вертикальній та горизонтальній площинах за допомогою рівня і виска, закріплюють царгу на фундаментних болтах. Збирання і зварювання царг II, III проводять аналогічно і методом нарощування царг знизу вгору, зварюють корпус. За допомогою клинків, рівнів, висків і набору металічних підкладок надають осі корпусу вертикальне положення. Після монтажу корпусу приступають до збирання трубовала з складальних одиниць. Трубовал складається теж з окремих царг, до яких приварюють лопаті (які розміщені по обидві сторони трубовала і лежать в одній площині), по яких проходить вода. До царги I прикручують царгу II і III, і за допомогою рівнів і інших приборів надають осі трубовала рівне положення. Приваривши лопаті та склавши трубовал, проводять гідравлічне випробування трубовалу шляхом набору води і створення внутрішнього тиску 0,2 МПа. Трубовал визнається витримавшим випробування, якщо не помічаємо падіння тиску по манометру, потіння швів, течі. Після гідравлічного випробування воду з трубовалу повністю видаляють. В корпусі апарата царги I і III прикручують до царгів IV та V, на які надівають підшипники кочення і вставляють в корпус підшипників.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Олшебський В	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Тищенко В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Вимоги щодо монтажу, експлуатації та ремонту	18-2017.ДП.11.008 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Миронюк ВГ.		<i>Інд.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/4

Корпус підшипників приєднують до корпусу кристалізатора. Забезпечують вертикальне положення трубовала. Через отвори лазів заводять в корпус апарата решту лопатей і прикручують їх до трубовалу по всій його висоті.

Наступним кроком є приварювання до царг корпусу кристалізатора трубчастих змійовиків, які складаються з п'яти паралельних площин і розміщені в царгах I, II і III. Після того, знов проводять гідравлічне випробування трубовала і змійовиків, шляхом набору води і створення внутрішнього тиску 0,2 МПа. Якщо після витриманого часу не помічається падіння тиску по манометру, потіння швів і протікання. Воду з трубовала і змійовиків повністю видаляють. Наступним кроком є збирання приводу (кріпляться шестерні до трубовалу за допомогою призматичної шпонки, та прикручення гідроприводу до рами). Встановлюють на корпусі термометри і пробні крани.

Ремонт кристалізатора

Ремонт кристалізатора При ремонті кристалізаторів з нерухомою і рухомою поверхнею охолодження виконують наступні роботи. Після перевірки, очищення внутрішньої порожнини від залишків утфельної маси розбирають підшипники вала перемішувального пристрою. Змійовикова поверхня перевіряється на відсутність відкладень накипу на внутрішніх стінках труб. Потрібно перевіряти на відсутність абразивного зносу труб з зовнішньої сторони, особливо в нижній частині апарату.

Залежно від обсягу робіт ремонт трубопроводів може бути виконаний ремонтною майстернею підприємства або спеціалізованою ремонтною організацією із заміною деталей або без заміни. Обсяг ремонту трубопроводів становить 35-40% від загального обсягу робіт.

Під час ремонту ретельно оглядають складені елементи, перевіряють якість складання, зачищення місць, які підлягають зварюванню. Розрив у часі

між складанням та зварюванням повинен бути мінімальним для запобігання корозії металу на поверхнях, підготовлених до зварювання.

При ремонті трубопроводів застосовують головним чином ручне зварювання: електродугове, газове, електродугове покритими електродами та аргонодугове. Надійність роботи трубопроводів визначається якістю зварювальних швів, оскільки в них у першу чергу виникає корозія та ерозія. Тому для забезпечення якості зварювальних швів необхідно правильно вибирати зварювальний матеріал. Підготувати та обробити стик, вибрати спосіб та режим зварювання.

Різання труб та підготовка кромки під зварювання можуть проводитися механічним, газовим, повітряно-дуговим та плазмовим способами. Перевагу слід надавати механічному способу. Перевіряють герметичність трубоваля і охолоджувальних труб. Також перевіряють трубоваля, чи зігнуті лопаті, або трубоваля.

Також проводять перевірку підшипників кочення: при їх експлуатації можливі перекося опору, неякісне змащування, потрапляння в опору пилу, окалини, води, технологічних продуктів тощо. Це порушує нормальний контакт тіл кочення з доріжками і призводить до абразивної спрацьованості підшипників, зниження точності їх обертання та збільшення шуму.

При ремонті підшипники встановлюють маркованим торцем назовні або в бік, доступний для огляду при зніманні торцевої кришки. Кільця підшипників при ремонті закріплюють на валу та в корпусі підшипника лише за рахунок посадок. Внутрішні кільця з'єднують з валами за системою отвору, а зовнішні з корпусами - за системою вала. Посадки вибирають залежно від характеру навантаження кілець, умов роботи підшипників та матеріалу посадочних місць.

При ремонті обладнання необхідно використовувати підшипники без слідів іржі, забоїн та подряпин. Перед запресовуванням підшипники ретельно промивають, насухо витирають та перевіряють придатність їх до роботи.

Перевіряють привідну станцію: пальці (які працюють на згин та зрізання, пальці не відновлюють, їх замінюють на нові) та шпонкове з'єднання (яке працює на зріз).

Спрацювання шпонкового з'єднання відбувається внаслідок перевантажень обладнання або недотримання полів допусків розмірів з'єднувальних деталей. Робочі поверхні шпонок піддають пластичній деформації зсуванням. Шпонкові пази сталевих деталей зминаються, а з чавуну - викришуються.

Деформовані шпонки при ремонті не відновлюють, а замінюють новими. Спрацьовані пази ремонтують заварюванням із наступною механічною обробкою, наплавленням кромки; збільшенням ширини паза на 15% порівняно з номінальним розміром (при цьому виготовляють нову шпонку); виготовленням нового паза, розміщеного по ободу вала під кутом 90 або 180° відносно попереднього (у випадку недоцільності відновлення спрацьованого паза). Виготовлення шпонкового паза на новому місці вала допускається в тих випадках, коли шпонковий паз важко або неможливо відновити і за умовами міцності допускається ослаблення поперечного перерізу вала (або маточини).

Технічне обслуговування заключається в періодичному огляді утфелеперемішувача-кристалізатора (не менше одного разу в зміну), змащування підшипникових вузлів, перевірки рівнів пускової та сигналізуючої апаратури має на меті попередження зношення, неполадок і відмов в механізмах під час експлуатації. Технічне обслуговування в міжвиробничий період полягає в проведенні робіт по підготовці до зберігання: промивання утфелеперемішувача - кристалізатора і його консервація. Піддаються ревізії, а при необхідності і ремонту механізми, підшипникові вузли, агрегати приводів і пускової апаратури, охолодження. Проводиться консервація підфарбовування поверхонь охолодження, корпусу, механізмів приводу.

9. ОПИС СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

Система управління цукрового виробництва забезпечує якісну і ефективну роботу технологічних ділянок тільки у разі комплексного підходу до рішення цієї задачі. При такому підході слід підготувати до управління технологічне устаткування, технологію і вибрати необхідні засоби управління для основних і допоміжних процесів.

Технологічний процес цукрового виробництва є в основному безперервно-потоким і здійснюється головним чином в безперервно діючому устаткуванні, а тому задовольняє основним вимогам з погляду його управління. Разом з тим впровадженню управління передує велика і трудомістка робота, пов'язана з капітальними витратами. З урахуванням останніх, перш за все, і визначається економічна доцільність управління.

Максимальний ефект від додаткової кристалізації утфеля останнього продукту досягається за рахунок управління температурного режиму мішалок-кристалізаторів, сполучених в батарею.

Початкова температура охолоджуючої оборотної води, що подається насосом із збірки, досягається за допомогою теплообмінника. Стабілізація температури автоматична. Кількість охолоджуючої оборотної води регулюють в цілях стабілізації її температури на виході з мішалок.

Режим підігріву утфеля в мішалці, так само як і режим його охолодження, підтримується побічно, шляхом автоматичної стабілізації температури гріючої аміачної води на виході з мішалки дією на її витрату. Системи стабілізації температури аналогічні.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Олещевський В	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Тищенко В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Опис системи управління		18-2017.ДП.11.009 ПЗ		
	<i>Документ затверджено</i> Мирончук ВГ.		<i>Інд.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/6

Завдання на розробку системи управління Таблиця 9.1

Машина, агрегат, апарат	Параметр, місце приймання сигналу	Допустимі значення	Вид автоматизації	Характер контролю	Додаткові вимоги
1	2	3	4	5	6
Кристалізатор Ш1-ПКВ/1	Температура утфеля в 1-й секції	57 °С	Контроль	Покази, реєстрація, індикація	
	Температура утфеля в 2-й секції	50 °С	Контроль	Покази, реєстрація, індикація	
	Температура утфеля в 3-й секції	46 °С	Контроль	Покази, реєстрація, індикація	
Теплообмінник «труба в трубі»	Температура води в 1-й секції	47 °С	Контроль, регулювання	Покази, реєстрація, підтримання заданого значення	
	Температура води в 2-й секції	37 °С	Контроль, регулювання	Покази, реєстрація, підтримання заданого значення	
	Температура води в 3-й секції	32 °С	Контроль, регулювання	Покази, реєстрація, підтримання заданого значення	
Перемішувач приймаль	Рівень утфелю	90 %	Контроль	Покази, сигналізація	

1	2	3	4	5	6
Утфеле-розподільувач	Рівень утфеля	70%	Контроль	Покази, сигналізація	
	Витрати утфеля	120 т/год	Контроль, регулювання	Покази, реєстрація, підтримання заданого значення	

Опис схеми управління

Система управління вертикального утфелеперемішувача-кристалізатора автоматизованого призначена для оперативного контролю і управління процесом кристалізації утфеля останнього продукту бурякоцукрового виробництва і є складовою частиною утфелеперемішувача-кристалізатора.

Система розроблена з метою забезпечення заданого режиму роботи кристалізації утфеля останнього продукту, підвищення якості утфеля, зменшення втрат цукру в мелясі.

Технічна характеристика.

1. Система управління забезпечує:

- контроль і регулювання рівня в утфелеперемішувачі-кристалізаторі;
- контроль і регулювання витрат охолоджувальної води по корпусам утфелеперемішувачів-кристалізаторів;
- контроль температури утфеля по секціям і на вході і виході з апаратури;
- контроль і регулювання консистенції утфеля в змішувачі;
- контроль рівня утфеля в приймальному перемішувачі і сигналізація;

- сигналізація стану електроприводів змішувача і утфелеперемішувача- кристалізатора;

- пуск електродвигунів насосів за допомогою магнітних пускачів;
- контроль і регулювання рівня утфеля в утфелерозподілювачі.

2. Напруга живлення, вольт.

-шафа силова - 380/220.

- щит керування -220

- схема сигналізації -24

3. Частота-50 Гц.

4. Споживана потужність, кВт - не більше 1,0 .

Конструктивно система управління представляє собою щит управління, електрошафа, а також датчики і виконавчі механізми, які встановлені по місцю. На щиті управління розміщені органи дистанційного управління механізмами утфелеперемішувача-кристалізатора, показові прилади, проміжне реле і запобіжники.

Електроживлення здійснюється від заводської мережі напругою 380/220В через автоматичні вимикачі, розташовані на щиті керування.

Система управління розроблена для двох утфелеперемішувачів-кристалізаторів.

Система працює наступним чином: утфель з вакуум-апарата надходить під дією гідростатичного тиску в приймальний перемішувач, рівень в якому контролюється двома датчиками рівня, сигнал передається на безшкальний сигналізуючий прилад для вимірювання рівня, який встановлений по місцю. Якщо рівень утфелю сягає верхнього або нижнього рівня, на щиті управління загоряються лампи. З приймального перемішувача утфель подається ротаційним насосом в змішувач для розкочки його з водою.

Електродвигун приводу насоса вмикається з щита за допомогою кнопкової станції.

Подача утфелю регулюється шибером 1е та контролюється ротаметром 1а. подача води для розкачки утфелю регулюється шибером 8в в залежності від рівня утфелю в змішувачі, який контролюється датчиком 8а, при досягненні рівнем верхньої межі загоряється лампа на щиті.

Утфель після розкачки в змішувачі під дією гідростатичного напору подається в утфелеперемішувач-кристалізатор, де поступово охолоджується в трьох секціях охолодження (до температури 55-57°C, 45-47°C, 40-42°C відповідно в кожній секції). Рівень утфелю в кристалізаторі контролюється датчиком та регулюється шибером. подача охолоджувальної води залежить від температури утфелю в секціях утфелеперемішувача- кристалізатора, яка контролюється датчиками. подача охолоджувальної води регулюється шиберами. Для індикації температури утфелю в секціях кристалізатора № 1 на щиті встановлені показові та реєстрові прилади та регулюючі станції управління. Положення засувки шиберів показують прилади.

Температура охолоджувальної води регулюється кількістю холодної води, яка подається в теплообмінники. подача холодної води регулюється шиберами в залежності від температури охолоджуючої води на виході з теплообмінника, яка контролюється датчиками. Для індикації та реєстрації температури охолоджуючої води на щиті управління встановлені прилади. Передбачено ручне регулювання температури за допомогою приладів.

Утфель з останньої секції утфелеперемішувача-кристалізатора №1 надходить в утфелеперемішувач-кристалізатор № 2 через трубопровід діаметром 600 мм, де поступово проходить одну секцію нагрівання до температури 42...43°C. Регулювання температури охолоджуючої води та її подача в секції охолодження аналогічні регулюванню в секціях утфелеперемішувача- кристалізатора № 1.

Вода в секцію нагрівання подається насосом з збірника, де підігрівається паром. Електродвигун насоса вмикається з щита. подача гарячої води регулюється шибером в залежності від температури утфелю в

секції нагріву, яка контролюється датчиком. Температуру в секції нагрівання можна контролювати по приладу, який встановлений на щиті. Передбачено ручне регулювання. Для індикації положення засувки шибера є прилад. Після нагрівання в зоні нагрівання утфель виходить з утфелеперемішувача-кристалізатора № 2 та надходить в утфелерозподілювач.

Рівень утфелю в утфелерозподілювачі контролюється рівноміром. При досягненні утфелем верхнього рівня подача його припиняється засувкою. По місцю встановлений сигналізуючий прилад. На щиті є кнопкова станція ручного керування та сигнальна лампа, яка загоряється при досягненні верхнього рівня утфелем.

З утфелерозподілювача утфель надходить на центрифуги безперервної дії останнього продукту.

Висновок

Система управління цукрового виробництва забезпечує якісну і ефективну роботу технологічних ділянок, зменшує затрати праці, допускає до роботи робітників з меншою кваліфікацією, так як обслуговування ділянки стає простішим.

Система управління вертикальних утфелеперемішувачів-кристалізаторів призначена для оперативного контролю і управління процесом кристалізації утфелю останнього продукту. Вона передбачає температуру утфелю по секціям, контроль і регулювання рівня в мішалці, контроль і регулювання температури води, що подається в мішалку, сигналізацію рівня утфелю в приймальному перемішувачі.

Система управління забезпечує заданий режим кристалізації утфелю, що приводить до покращення якості утфелю та зменшення вмісту цукру в мелясі.

10. ЗАХОДИ ЩОДО ОХОРОНИ ПРАЦІ, ЕКОЛОГІЇ

Попередження аварій і нещасних випадків не може бути забезпечено без належного інструктажу робітників по охороні праці. Розрізняють наступні інструктажі по охороні праці, які за характером і часом проведення поділяються на ввідний, первинний, повторний, позаплановий, цільовий.

Навчання з безпеки на підприємствах починається з ввідного інструктажу, який проводить інженер по охороні праці. Інструктаж реєструється в журналі, де фіксується вид інструктажу, посада, прізвище і підпис того, хто проводив інструктаж і того, для кого він був проведений.

Після завершення інструктажу з питань охорони праці особа, яка його проводила, перевіряє здобуті працівником знання і набуті навички безпечних методів праці, а також робить необхідні записи до спеціального журналу, сторінки якого пронумеровані і скріплені печаткою. Журнал зберігається протягом 35 років. Перед допуском до самостійної роботи безпосередньо на місці проводиться первинний інструктаж.

Його проводить майстер індивідуально з кожним робітником в об'ємі інструкції для окремих видів робіт, або фахів конкретного виробництва, що реєструється в обліковій картці інструктажу.

Повторний (періодичний, плановий) інструктаж проводить майстер на кожному робочому місці з установленою для даного виробництва періодичністю. Ця періодичність не перевищує 6 місяців на звичайних роботах та 3 на роботах з підвищеною небезпекою.

Позапланові інструктажі проводяться майстром індивідуально, або з групою робітників одного фаху. Вони проводяться також у зв'язку зі змінами у правилах охорони праці, технологічного процесу, порушеннями робітниками правил техніки безпеки, які можуть привести до травми,

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Олшебський В	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Тищенко В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Заходи щодо охорони праці, екології		18-2017.ДП.11.010 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Миронюк ВГ.			<i>Інд.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/5

пожежі, вибуху та ін., після довгої відсутності робітника (більш ніж 30 днів для робіт з підвищеною небезпекою та 60 днів для інших робіт).

Поточний інструктаж проводиться з робітниками перед роботами, на які оформлюється наряд-допуск. У наряді-допуску фіксується проведення інструктажу.

10.1 Виробнича санітарія та гігієна

Висота виробничого приміщення планується з врахуванням технологічного процесу і подальшого видалення з продуктового відділення надлишків тепла, виділення газів і вологи. Поверхня підлоги стін і стель є гладкою, зручною для очищення, задовольняє гігієнічні і експлуатаційні вимоги. В цеху потрібно підтримувати нормальні санітарно - гігієнічні умови (температуру, вологість, тиск і чистоту повітря) у відповідності з технічним проектом, правилами і нормами по охороні праці і виробничої санітарії.

Виробничі, складські, допоміжні, підсобні і побутові приміщення, проходи і робочі місця потрібно тримати в чистоті, не допускаючи загромадження робочих місць і проходів матеріалами, обладнанням, запасними частинами.

10.2 Мікроклімат виробничих приміщень

Оптимальними умовами вважаються такі, поєднання яких при тривалій і систематичній дії на людину зберігають нормальний тепловий стан. Продуктове відділення, де знаходяться вакуум-апарати, утфелеперемішувачі, центрифуги, характеризується підвищеною температурою повітря. Підвищена відносна вологість спостерігається в робочій зоні вакуум-фільтрів, а понижена - біля вакуум-апаратів, на площадках центрифуг і утфелеперемішувачів.

Для визначення вологості повітря і температури в робочій зоні приміщень застосовують аспіраційний психрометр МВ-4М, або психрометр

ПБ-1БМ. Вимірювання проводиться не рідше одного разу в два місяці, а також при зміні технологічного процесу і зміні обладнання. Допустимі величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в цеху відповідають вимогам санітарних нормам виробничих.

10.3 Освітлення виробничих приміщень

Система освітлення продуктового відділення та обладнання ділиться на природну, штучну, аварійну і комбіновану. В денний час максимально використовувати природне світло, яке проходить через вікна, а в темний період доби - світильники з люмінесцентними лампами для місцевого освітлення, або з лампами розжарювання для аварійного місцевого освітлення. Світильники з лампами розжарювання встановлюються для освітлення місць, де знаходяться вимірювальні прилади, пульти керування апаратами. Інші робочі місця забезпечуються загальним освітленням. Світильники аварійного освітлення застосовуються для продовження роботи, або евакуації людей. Світильники не розміщуються над гідравлічними затворами і запобіжними клапанами. Якщо лампи знаходяться в сирих приміщеннях, то корпус патрона виготовлений з ізоляційних матеріалів, а в жарких приміщеннях - з матеріалу необхідної теплостійкості. Очищення світильників проводиться електриком.

10.4 Техніка безпеки при обслуговуванні кристалізаторів

Будова, монтаж, обслуговування та експлуатація устаткування повинні відповідати вимогам ДСТУ.

При обслуговуванні цього обладнання потрібно не допускати завантаження мішалок-кристалізаторів більше паспортної місткості. Перед пуском апаратів дати попередній сигнал. Не допускати попадання в робочу зону апарату сторонніх предметів. Неможна проводити очищення обладнання без відключення приводів, без попереджувальних табличок.

При раптовій зупинці обладнання, виникненні аварійної ситуації відключити привід, перейти на провертання вручну.

Неможна допускати розливів, своєчасно прибирати зону обслуговування обладнання.

Постійно дотримуватись особистої гігієни і завжди тримати в чистоті свій спецодяг.

10.5 Вентиляція

В теплий період року передбачена природна подача повітря через вікна і двері. подача повітря механічним способом передбачена для вестибюлей, опалювальних переходів, гардеробних з душовими, приміщень управління, в холодний період року припливне повітря подається в приміщення цеху через вікна, або за допомогою припливних систем. В останньому випадку повітря підігрівається в калориферах до розрахункової температури. Для подачі припливного повітря на робочі місця в приміщенні цеху використовується така система, при якій в теплу пору року повітря подається попередньо зволожене, а в холодну пору року - підігріте в калорифері до заданої температури.

10.6 Екологічні заходи

В проекті пропонується заміна валу на трубовал (по якому проходить вода), у вертикальному утфелеперемішувачі-кристалізаторі Ш1-ПКВ/1, який розташований в продуктовому відділенні. Трубовал виготовлений з спеціально підібраного екологічно чистого матеріалу, що відповідає нормам виробництва і вимогам нормативних документів.

Встановлено, що насичені цукрові розчини мають мінімум в'язкості при різних температурах, що залежать від доброякісності утфелю.

Міжкристальний розчин виснажування у вертикальних кристалізаторах при швидкості охолодження утфелю від 0,23°C/год. до

0,76°C/год. Ефект кристалізації у вертикальних кристалізаторах становив 4,1% при загальній його величині на всій станції - 5,2%. Загальна тривалість перебування утфелю в кристалізаторах становила в середньому 79 год.

Перед надходженням у вертикальний кристалізатор утфель розбавляється у змішувачі аміачною водою або рідкою мелясою до вмісту сухих речовин, з якими він поступить на центрифугування. Конструкція змішувача забезпечує безперервне та рівномірне розбавлення утфелю або розчинення кристалів, чим забезпечує випуск якісної продукції, але у випадках ручного дозування аміачної води можуть виникати значні похибки, тому функціонуванню контуру автоматичного управління цим вузлом слід приділяти особливо пильну увагу. На мій погляд, регулювання витрат води має базуватися на кондуктометричному чи віскозиметричному визначені стану утфелю на виході із змішувача, оскільки, як свідчить досвід, використання ротаметрів або інших витратомірів води для цих цілей не дає необхідних результатів.

ВИСНОВКИ

Запропонована модернізація вертикального утфелеперемішувача-кристалізатора має переваги в порівнянні з попередніми горизонтальними утфелеперемішувачами-кристалізаторами.

Модернізація вертикального утфелеперемішувача-кристалізатора по окремих показниках перевищує існуючі зразки. Будова поверхні охолодження дозволяє здійснювати раціональний метод кристалізації і значно інтенсифікувати її процес. В даній конструкції покращується процес перемішування, зменшується інкрустований шар на поверхнях теплообміну. Це приводить до покращення умов кристалізації завдяки інтенсивнішому теплообміну, вирівнюванню полів температур і перенасиченостей. Також підвищуються якісні характеристики утфелю й зростає вихід цукру за рахунок зниження вмісту цукру у меласі. Крім того, комбінування в одному утфелеперемішувачі-кристалізаторі охолодження з підігрівом шляхом використання частини теплообмінних елементів в режимі нагрівача перед центрифугуванням дає можливість регулювання процесу кристалізації за рахунок паралельного направлення потоків вод в кожную секцію теплообмінника.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Ольшевський В	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Тищенко В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Висновки	18-2017.ДП.11.000 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Миронюк В.Г.		<i>Інд.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/1

Список використаної літератури

1. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості: Підручник / Ладанюк А.П., Трегуб В.Г., Ельперін І.В., Цюцюра В.Д. - К.: Аграрна освіта. 2001. 224 с
2. Азрилевич М. Я. Технологическое оборудование сахарных заводов. - М.: Пищевая промышленность, 1972. 311с.
3. Андрианов И. О. Ремонт и монтаж оборудования свеклосахарных заводов. - М.: Пищевая промышленность, 1973. 327с.
4. Анурьев В. И. Справочник конструктора машиностроителя: В 3-х т. Т1- М.: Машиностроение, 1979. 728с.
5. Анурьев В. И. Справочник конструктора машиностроителя: В 3-х т. Т2- М.: Машиностроение, 1979. 559с.
6. Волошин З. С. Макаренко Л. П., Яцковський П. В. Автоматизация сахарного производства. М.: Агропромиздат, 1990. 271с.
7. Герасименко А. А. Кристаллизация сахара. - К.: Наукова думка, 1965. 315с.
8. Гребенюк С. М. Технологическое оборудование сахарных заводов. - М.,: Легкая и пищевая промышленность, 1983. 520с.
9. Економіка харчової промисловості. За редакцією Кошелюка С. П. Київ: Вища школа, 1994. 333с.
10. Кристаллизация утфеля в вертикальных мешалках. Фрицкий М. С., Кот Ю. Д., Власнко А. В., Кравчук А. Ф. М.: ВНИИСП, 1985. 35с.
11. Дунаев П. Ф., Леликов О. П. Конструирование узлов и деталей машин. М.: Высшая школа, 1985. 416с.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Олшебський В	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> ТищенкоВ.	<i>Назва, додаткова назва</i> Список використаної літератури		18-2017.ДП.11.000 ПЗ		
	<i>Документ затверджено</i> Миронюк ВГ.		<i>Інд</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/2

12. Мирончук В. Г., Гулий І. С., Потельчак В. П., Плотнір О. Р., Петров С. П. Вертикальні кристалізатори в цукровому виробництві; Харчова і переробна промисловість, 1995. №9. С. 22-24.
13. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості: Підруч. / І. С. Гулий, М. М. Пушанко, Л. О. Орлов та ін.; За ред. І. С. Гулого. Вінниця : Нова книга, 2001. 576 с.
14. Никитин В. С., Бурашников Ю. М. Охрана труда на предприятиях пищевой промышленности. - М.: Агропромиздат, 1990. 350с.
15. Сапронов А. Р., Жушман А. И., Лосева В. А. Общая технология сахара и сахаристых веществ.—М.: Агропромиздат, 1990. 397с.
16. Сегеда Д. Г., Дашевський В. И. Охрана труда в пищевой промышленности. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. 344с.
17. Современные технологии и оборудование свеклосахарного производства. В 2-х ч. 4.1. / В.О. Штангеев, В.Т. Кобер, Л.Г. Белостоцкий и др.; Под. ред. В.О. Штангеева. - К.: «Укор України», 2003. 352.
18. Справочник по технологическому оборудованию сахарных заводов. Под редакцией Велика ВТ. Киев. Техника, 1982. 304с.
19. Фрицкий М. Ф. Структура потока утфеля в вертикальной утфелемешалке - кристаллизаторе (ВНИИСП) Переработка свеклы и сахара- сирца на сахарных заводах: Сборник научных трудов. М.: ВО "Агропромиздат». 1987. с. 42-48.