

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерної механіки

Кафедра галузевого машинобудування та агроінженерії

ДИПЛОМНА РОБОТА

ОС «Магістр»

Тема „ Модернізація лінії виготовлення вафель на ПрАТ ТЕРА”

Галузь знань 13 Механічна інженерія
Спеціальність 133 Галузеве машинобудування
Спеціалізація Машини і апарати харчових виробництв
Шифр ДПМАХВ 21.05.00.00.000 ПЗ

Студент гр. МАХВ_м-18-1 Добровольський Ю.М.
Керівник роботи к.т.н, доц. Мартинюк А.В.
Нормоконтролер к.т.н, доц. Лук'янюк М.В.
До захисту допускаю: д.т.н., проф. Стечишин М.С.
Завідувач секцією МАХВ _____

_____ 2022 р.

Хмельницький, 2022р.

АНОТАЦІЯ

У дипломному проекті проводиться модернізація (вдосконалення) устаткування в лінії виробництва глазуrowаних вафель в умовах виробництва ПрАТ ТЕРА. У ході виконання дипломного проекту була запропонована модернізація автоматичної різальної машини SB-9/1, на якій встановлено нові ріжучі рами, що підвищують надійність роботи машини й поліпшуючі якість продукції. Також, заміна гомогенізатора на гідродинамічний перетворювач дозволяє підвищити стійкість вафельної емульсії. Для поліпшення умов праці працівників було запропоновано встановлення на піч для випікання вафель захисний екран.

У пояснювальній записці викладений нинішній стан кондитерської галузі й перспективи її розвитку, розглянуто технологію виробництва глазуrowаних вафель і основні комплекси та устаткування, наведені технологічні, енергетичні, теплові й розрахунки на міцність, що підтверджують працездатність модернізованого устаткування. Крім цього викладені відомості про монтаж, експлуатацію й ремонті устаткування. Також запропонована схема автоматизації ділянки виготовлення вафельної жирової начинки. У розділі безпека життєдіяльності розглянуті небезпечні й шкідливі виробничі фактори й шляху їх усунення. В економічній частині викладений бізнес-план реалізації проекту, а також наведені техніко-економічні розрахунки, що підтверджують доцільність проведення запропонованої модернізації устаткування.

Дипломний проект складається із графічної частини (11 аркушів формату А1) і пояснювальної записки (кількість аркушів А4 - 100).

Ключові слова: модернізація устаткування, лінія виробництва глазуrowаних вафель, модернізація автоматичної різальної машини SB-9/1, ріжучі рами, заміна гомогенізатора на гідродинамічний перетворювач, стійкість вафельної емульсії, піч для випікання вафель.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ВСТУП | 7 |
| 1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МАШИН ТА ТЕХНОЛОГІЙ ВИГОТОВЛЕННЯ ВАФЕЛЬ | 9 |
| 1.1 Технологія виробництва й технологічна схема | 9 |
| 1.2 Призначення й класифікація основного устаткування | 16 |
| 1.2.1 Призначення й класифікація автоматичних машини для нанесення начинки | 16 |
| 1.2.2 Призначення й класифікація автоматичних різальних машин | 18 |
| 1.3 Патентний пошук | 19 |
| 1.3.1 Пристрій для випічки вафельних виробів | 19 |
| 1.3.2 Установа для випічки нескінченних вафельних стрічок | 20 |
| 1.4 Обґрунтування технічного завдання для дипломного проекту | 22 |
| 2 ОПИС РОБОТИ МАШИНИ ДО МОДЕРНІЗАЦІЇ | 23 |
| 2.1 Машина автоматична різальна SB-9/1 | 23 |
| 2.2 Гідродинамічний перетворювач АГБ-1П | 24 |
| 2.3 Захисний скляний екран | 25 |
| 3 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА | 27 |
| 3.1 Технологічні розрахунки | 27 |
| 3.2 Кінематичні розрахунки | 29 |
| 3.3 Енергетичний розрахунки машини для різання вафельних шарів | 37 |
| 3.4 Тепловий розрахунки глазурувальної машини PRMT-2 | 38 |
| 3.5 Розрахунки деталей на міцність | 40 |
| 3.6 Розрахунки фундаменту під різальну машину SB – 9/1 | 53 |

| | |
|---|----|
| 4 ВІДОМОСТІ ПРО МОНТАЖ, ЕКСПЛУАТАЦІЮ Й РЕМОНТ СТАТКУВАННЯ | 62 |
| 4.1 Монтаж устаткування | 62 |
| 4.2 Експлуатація устаткування | 63 |
| 4.3 Ремонт устаткування | 66 |
| 5 АВТОМАТИЗАЦІЇ ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА ГЛАЗУРОВАНИХ ВАФЕЛЬ | 68 |
| 5.1 Вибір параметрів контролю й керування процесом | 68 |
| 5.2 Вибір приладів контролю, регуляторів і засобів автоматизації | 70 |
| 5.3 Опис схем контролю, регулювання й сигналізації | 71 |
| 6 БЕЗПЕКА ЖИТЄЯЛЬНОСТІ | 77 |
| 6.1 Безпека життєдіяльності у виробничому середовищі | 77 |
| 6.2 Фізичні небезпечні й шкідливі й виробничі фактори | 77 |
| 6.3 Хімічні небезпечні й шкідливі виробничі фактори | 82 |
| 6.4 Психофізіологічні фактори | 83 |
| 6.5 Екологічна безпека | 83 |
| 6.6 Захист працюючих і матеріальних цінностей при виникненні надзвичайних ситуацій | 84 |
| 7 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА | 86 |
| 7.1 Бізнес-план реалізації проекту | 86 |
| 7.1.1 Резюме | 86 |
| 7.1.2 Характеристика підприємства | 87 |
| 7.1.3 Мети й завдання проекту модернізації лінії виробництва глазурованих вафель | 87 |
| 7.1.4 Характеристика продукту | 88 |
| 7.1.5 Особенности ринку збута | 88 |
| 7.1.6 Виробничий процес | 89 |
| 7.1.7 Організаційні заходи реалізації проекту | 90 |
| 7.1.8 Забезпечення проекту матеріальними й трудовими ресурсами | 91 |
| 7.1.9 Стратегія фінансування | 91 |

| | |
|---|-----|
| 7.1.10. Фінансовий план | 92 |
| 7.2 техніко-економічні розрахунки | 93 |
| 7.2.1 Розрахунки капіталовкладень у проект | 92 |
| 7.2.2 Розрахунки додаткових поточних витрат при реалізації проекту | 96 |
| 7.2.3 Розрахунки економії поточних витрат при реалізації проекту | 99 |
| 7.2.4 Розрахунки річного економічного ефекту й показника рентабельності капіталовкладень (інвестицій) | 101 |
| ВИСНОВОК | 104 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 106 |

ВСТУП

Важливе значення у номенклатурі продукції харчової промисловості України займають кондитерські вироби. Кондитерська промисловість України виробляє харчові продукти з високою калорійністю і засвоюваністю.

Сучасне виробництво зефіру відзначається високою ефективністю технологічних процесів. Зростає виробництво пастило-мармеладних і борошняних виробів зі зниженим змістом цукру.

Будівництво великих автоматизованих фабрик сприяло рівномірному розподілу кондитерських фабрик по усій території України і кондитерські фабрики стали максимально наближеними до районів споживання. Крім того, збільшився асортимент і частка виробів, що користуються підвищеним попитом у населення. З'явилися діабетичні, дитячі кондитерські вироби.

Таким чином, кондитерська галузь перетворилася з напівкустарного в індустріальне автоматизоване виробництво. Було проведено реконструкцію старих фабрик і будівництво нових, створені потокові комплексно-механізовані і автоматизовані потокові лінії переважно іноземного виробництва..

Масове виробництво кондитерських виробів перетворило їх у повсякденний продукт споживання, особливо такі, як карамель, цукерки. Цукор став широко використовуватися й в інших продуктах харчування, а надмірне вживання цукру викликає поширення серцево-судинних захворювань. Тому виникла необхідність виробництва кондитерських виробів із пониженим вмістом цукру.

У кондитерських виробках цукор ще відіграє роль консерванту. Ця властивість проявляється при масовому вмісті цукру 0,66. Зменшення частки цукру досягається за рахунок введення в рецептуру фруктових і овочевих порошоків, «пророщених» зерен, вторинних молочних продуктів і т. ін.

Подальший розвиток кондитерської промисловості України здійснюватиметься на основі нових високопродуктивних ліній з автоматизованим керуванням. Зменшиться їх шкідливий вплив на навколишнє середовище. Зменшиться також витрати води, матеріальних, енергетичних і людських ресурсів.

1. АНАЛІЗ МАШИН ТА ТЕХНОЛОГІЙ ВИГОТОВЛЕННЯ ВАФЕЛЬ

1.1 Технологія і технологічна схема

Вафлі – борошняні кондитерські вироби, що являють представляють собою тонкі випечені смужки з начинкою або без неї. Вафлі мають таку специфічну властивість – хрусткість. Це пояснюється низьким змістом вологи, дрібнопористою внутрішньою структурою. Вафлі є частиною вафельних тортів, цукерок на вафельній основі й т.ін. Вафельні стаканчики застосовують при виробництві морозива.

До складу вафель входять; борошно пшеничне, питна вода, сіль, сода, рослинна олія й лецитин – натуральний емульгатор. Два останні компоненти (рослинна олія й лецитин) можуть бути замінені яйцепродуктами.

Для прошарку вафель застосовують фруктові, жирові, помадні та інші начинки. Найбільша кількість вафель виробляється із жировими начинками. Склад жирової начинки включає жир, лецитин, цукрову пудру, здрібнені обрізки вафель, смакові добавки (лимонна кислота, есенції), а також барвники.

Для виробництва вафель застосовують потокові лінії, при безперервному процесі випічки вафельних смужок, намазки й різання вафельних шарів. Розроблено способи і устаткування для приготування вафель й жирових начинок.

Особливістю виробництва вафельних смужок є їх формування методом виливки й випічки. Якість виконання операцій залежить від точності дозування порції тіста, що залежить його в'язкості. Тісто з високою в'язкістю важко дозується, повільно й нерівномірно розтікається по поверхні плити форми. У результаті вафлі мають різну товщину і нерівномірно випікаються.

Для пониження в'язкості тіста слід обмежити набухання білкових речовин. Це досягається наявністю в рецептурі жировмістних компонентів. Для цього необхідно диспергувати і гомогенізувати жировмістні компоненти для їх рівномірного розподілу в об'ємі тіста.

При диспергуванні жирів потрібно виключити їхнє повторне злипання. Для цього вводять до складу рецептури емульгатори. Диспергування й гомогенізація

жировмістних компонентів знижують в'язкість вафельного тіста, зменшують його вологість, виключають прилипання вафельних заготовок до форм.

Консистенція вафельного тіста у великій мірі залежить від вологості, температури й тривалості замісу. Необхідна мінімальна вологість тіста, при якій забезпечується стійка дисперсна система. При температурі вище 20 °С збільшується в'язкість тіста. Причина - набухання білків клейковини. При скороченні тривалості замісу тісто має нерівномірну густу консистенцію.

У процесі випічки необхідно вилучити з тіста 80% вологи. Внаслідок великої поверхні нагрівання вафельних форм і незначної товщини заготовок випічка триває 2...3 хв при температурі 150...170 °С. Найбільш інтенсивна вологовіддача проходить на початку випічки. Вафельне тісто з перших секунд випічки отримує найбільшу кількість теплоти, що сприяє найбільшій вологовіддачі тіста.

Велике значення для вафельних заготовок високої якості має охолодження їх після випічки. На деяких фабриках вафельні заготовки після випічки поміщають на час до 10 год у теплу камеру, але при цьому заготовки викривляються, а частина їх розтріскується.

Охолодження вафельних заготовок в приміщенні є найбільш раціональним режимом охолодження. При цьому збільшується площа тепловіддачі і час охолодження скорочується до 2...3 хв. Таке охолодження перешкоджає коробленню вафельних заготовок і дозволяє примінення автоматичних машини для намазки заготовок начинкою.

Вафлі загортають у вологостійкі, жиромасло непроникні матеріали: пергамент, пергамін, полімерні або комбіновані плівки і т. ін. Термін зберігання вафель із начинками становить від 2 до 6 місяців залежно від властивостей жиру та виду пакування.

1.2. Основне обладнання вафельного виробництва

1.2.1. Автоматичні машини для нанесення начинки

Автоматичні машини для нанесення прошарку крему, штабелювання вафельних заготовок і наступного калібрування вафельних блоків АК, АФ і АФН показані на рис. 1.2.

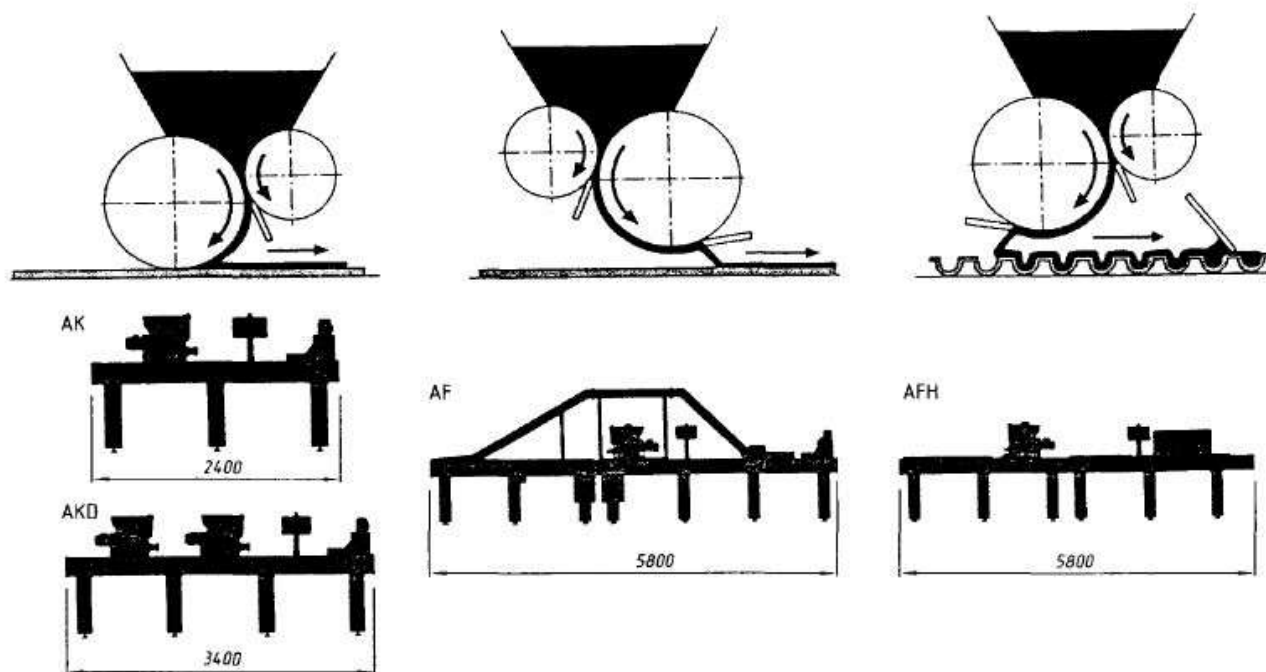


Рис. 1.2. Машина АК

Автоматична машина для нанесення начинки АК призначена для виготовлення вафельних блоків. Нанесення крему виконується контактним способом, придатним для всіх кондитерських мас.

Машина складається з **намазочної** головки, секції штабелювання та притискного пристрою.

Згідно із складом вафельного блоку прошарок крему наноситься на обрану кількість вафельних заготовок.. Точне укладання вафельних заготовок із прошарком крему на наступній секції штабелювання. Притискний пристрій

калібрує вафельні блоки і забезпечує зчеплення між вафельними заготовками і прошарками крему.

Автоматична машина для нанесення начинки АФН призначена для виготовлення пустотілих фігурних вафель. Нанесення крему виконується плівковим способом.

Машина складається із транспортуючого пристрою, намазочної головки для плівкового нанесення крему, пристрою складання й притискного пристрою. Вона працює таким чином. Вафельні заготовки подаються безперервним потоком під намазуючу головку наноситься крем і пустотілі вафельні форми наповнюються кремом..

Для фігурних продуктів з начинкою намазочна установка може бути комбінована із додатковим пристосуванням.

1.2.2. Автоматичні різальні машини

Автоматична різальна машина SB для різання вафельних блоків (рис. 1.3), просочених начинкою, з максимальними формами 500x300 мм - тип SB(K) або максимальними розмірами 500x350 мм — тип SB(L).

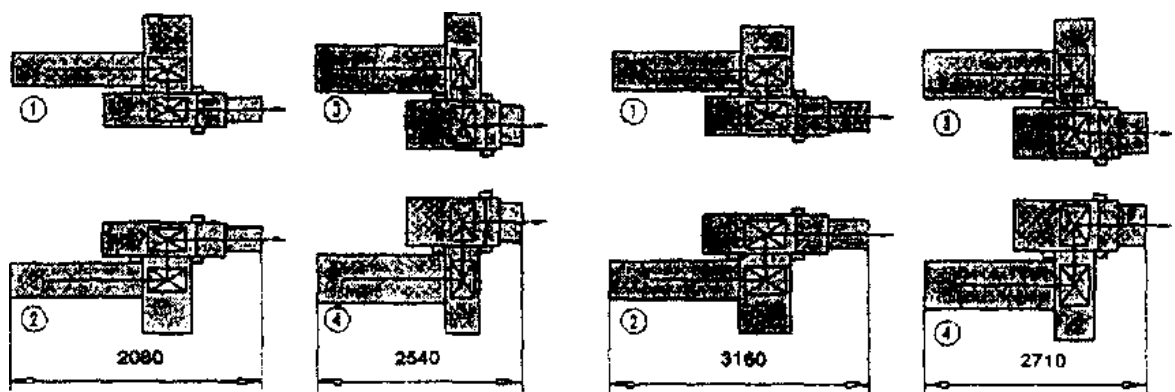


Рис. 1.3. Варіанти різальної машини

Переробка вафельних блоків виконується окремо або у вигляді штабеля.
Продуктивність — до 10 вафельних блоків.

1.3. Патентний пошук

1.3.1. Пристрій для випічки вафельних виробів

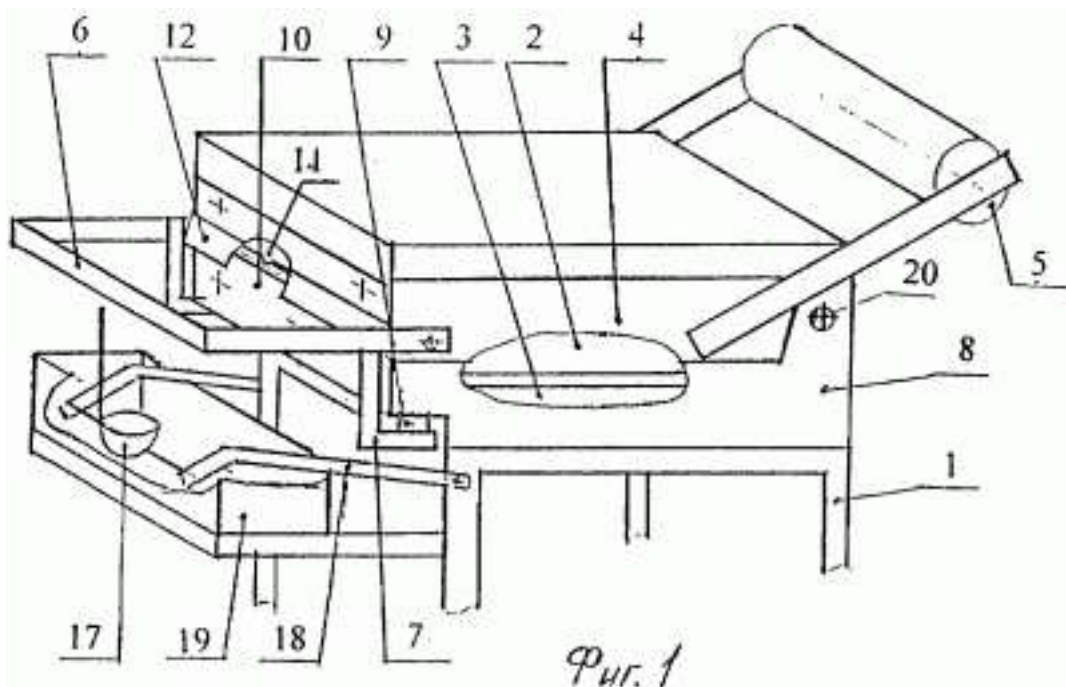


Рис. 1.4. Патент України №2193850 UA

Винахід відноситься до устаткування для хлібопекарства і може бути використаний в кондитерській і хлібопекарській промисловості для випічки вафельних виробів і напівфабрикатів.

Найбільш близьким до нашої машини і який обраний у якості прототипу є пристрій для випічки виробів, захищений патентом РФ №2121274, кл. А 21 В 5/02, опубл. 1998.11.10..

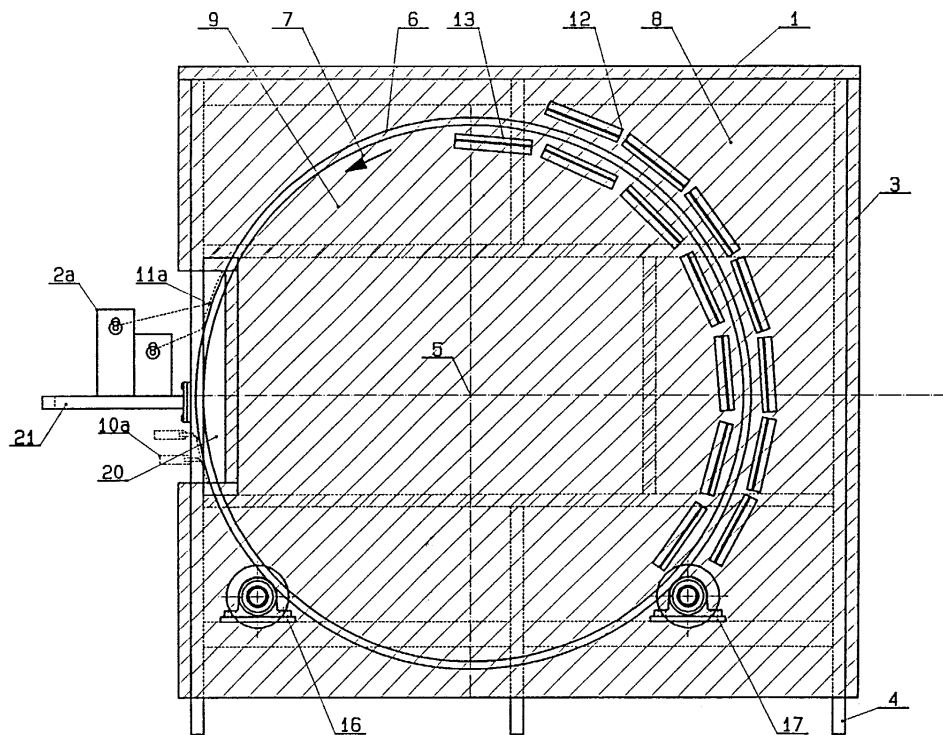
Недоліком відомого пристрою є: утрудненості доступу до матриць, складність конструкції й значні енерговитратні.

Тому у проекті стоїть задача створення недорогого, високнадійного устаткування. Технічний результат полягає в підвищенні зручності й спрощенні конструкції.

1.3.2. Установка для випічки нескінченних вафельних стрічок

Винахід застосовується для випікання вафельних смужок з тіста, які випікаються на рухомих поверхнях, що нагріваються. Ці вафельні смужки і відправляють на проміжне зберігання для подальшої переробки.

У харчовій промисловості відомі установки, у яких рідке або пастоподібне тісто наноситься на безупинно обертаючу поверхню для випічки і яке в процесі сушіння або випічки перетворюється в безперервну стрічку.



Фиг. 1

Рис. 1.5. Машина для випічки вафель

Такі пристрої оснащені поверхнями, які нагріваються та рухаються по колу. На початку зони випічки розташований пристрій для нанесення тіста, а наприкінці - пристрій для зняття стрічки. Пристрій для нанесення тіста утворює безперервну смугу з тіста, яка в зоні випічки спікається і в кінці зони знімається з поверхні, що рухається по колу.

У якості основи, використовується обертовий барабан. Барабан для випічки включає опорну конструкцію і втулку барабана для випічки, а також нагрівальний пристрій. На барабані закріплено пристрій для нанесення тіста і пристрій для зняття стрічки.

1.4. Обґрунтування технічного завдання

На базі аналізу літературних джерел і патентного пошуку запропонована модернізація різальної машини SB-9/1. Метою модернізації – зниження кількості бракованих виробів. Для підвищення стійкості вафельної емульсії вирішено замінити гомогенізатор на гідродинамічний перетворювач, а також встановити захисний екран із захисного скла.

2. МАШИНА ДО МОДЕРНІЗАЦІЇ

2.1. Машина різальна SB-9/2

Застосовується для нарізання вафельних пластів струною на підприємствах кондитерської і хлібопекарської промисловості.

Виготовлена у вигляді звареної станини з поздовжніми й поперечними столами, на яких закріплені пересувні каретки з рейками і рамки для кріплення струн. На каретках встановлені притискні пристрої для притискання шарів вафель.

Електродвигуни й редуктори поздовжньої й поперечної передач, розміщені в середині станини.

У даному дипломному проекті для модернізації різальної машини була запропонована нова конструкція ріжучого пристрою. Однією з переваг запропонованої конструкції є значне зменшення кількості обривів ріжучої струни. Для виявлення причин обриву струн пристрою, був проведений порівняльний аналіз різних схем їх закріплення у ріжучих пристроях.

Запропоновано пристрій для різання вафельних пластів, що відрізняється тим, що забезпечений пристроєм для натягу струн. Пристрій складається із вертикального стержня (рис.1.6). При цьому струни встановлені в сферичних шарнірах і з'єднані з вертикальним стержнем за допомогою кулачка й рифленого пальця.

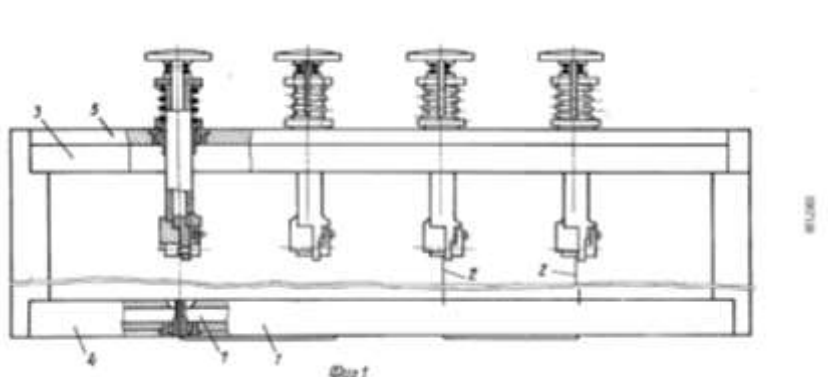


Рис.2.1. Пристрій для натягу струн

2.2 Гідродинамічний перетворювач АГБ-1П

На заміну гомогенізатору для підвищення стійкості вафельної емульсії у дипломному проекті запропоновано конструкцію гідродинамічного перетворювача.

Установка складається з насоса, ультразвукового перетворювача АГБ-1П, фільтра (рис. 2.2).

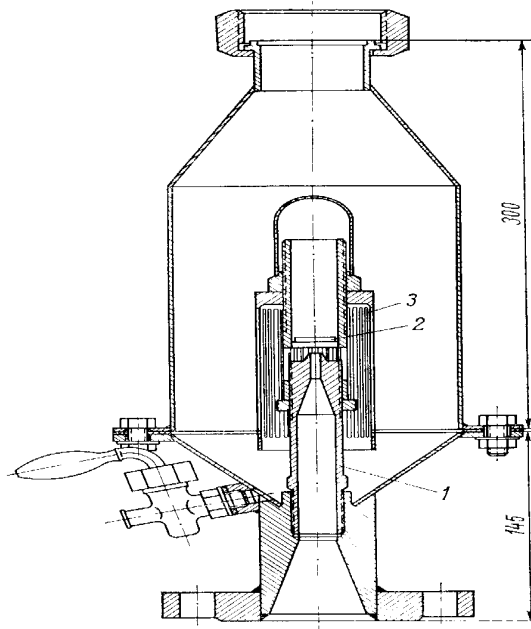


Рис. 2.2. Гідродинамічний перетворювач

Суміш із сопла 1 ударяється у відбивач 2 і потоком потрапляє на пластини резонатора 3, змушуючи їх коливатися. Виникаючі пружні коливання передаються рідкій суміші. В результаті багаторазового проходження суміші через гідродинамічний вібратор отримуємо стійку мілкодисперсну емульсію.

Конструкція передбачає також варіант одноразового проходження суміші через емульсатор. Установка обладнена манометром й запобіжним клапаном.

2.3 Захисний екран

Захисний скляний екран представляє конструкцію, яка складається з металевої рами, що прикріплена до фундаменту. На неї закріплено склопакет з енергозберігаючого S-скла. (скло з нанесеним на поверхню м'яким прозорим покриттям).

Для виготовлення такого скла застосовано метод вакуумно-магнетронного напилювання шару срібла (рис.2.3). За рахунок шару срібла поверхня скла стає електропровідною і електромагнітне випромінювання відбивається від цієї металевої поверхні.



Рис.2.3. Будова захисного S-скла.

Довгохвильове інфрачервоне випромінювання відбивається і застосування S-скла дозволить відбивати й акумулювати до 70% інфрачервоного випромінювання від вафельної печі.

3. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

3.1. Технологічні розрахунки

3.1.1 Продуктивність різальної машини SB-9/1

Продуктивність різальної машини [4] G , кг/год,

$$G = \frac{3600 \cdot (I_1 + I_2)}{(T_1 + T_2) \cdot K}, \quad (3.1)$$

де I_1 – кількість струн різучої рами, шт, $I_1=12$;

I_2 - кількість струн різучої рами поперечного різання вафельних шарів, шт,
 $I_2=4$;

T_1 - час одного руху штовхача поздовжнього різання, с, $T_1=6$ с;

T_2 - час одного руху штовхача поперечного різання, с, $T_2=5,5$ с;

K - кількість готових виробів в одному кілограмі, шт, $K=28$.

$$G = \frac{3600 \cdot (1 + 4)}{(6 + 5,5) \cdot 28} = 179 \text{ кг/год.}$$

3.1.2 Розрахунок матеріалоємності машини

Питома маса $M_{уд}$, кг/(кг/год):

$$M_{уд} = \frac{M}{G}; \quad (3.2)$$

де M – маса машини, кг, $M=410$ кг;

G – продуктивність машини, кг/год, $G=179$ кг/год;

$$m_{уд} = \frac{410}{217} = 1,89 \text{ кг/(кг/год).}$$

3.1.3 Компактність машини

Питома площа $F_{уд}$ м²/(кг/год):

$$F_{уд} = \frac{L \cdot (B + b)}{G}, \quad (3.3)$$

де L – довжина машини, $L=2,39$ м;

B – ширина машини, $B=1,705$ м;

b – ширина проходів, необхідних для обслуговування машини, $b=0,8$ м.;

$$F_{уд} = \frac{2,39 \cdot (1,705 + 0,8)}{179} = 0,033 \text{ м}^2/(\text{кг/год}),$$

3.1.4 Питомий обсяг, займаний машиною $V_{уд}, \text{м}^3/(\text{кг/год})$

$$V_{уд} = F_{уд} \cdot H, \quad (3.4)$$

де H – висота машини з врахуванням ремонтних робіт, $H=1,2$ м.

$F_{уд}$ – питома площа машини, $\text{м}^2/(\text{кг/год})$;

$$V_{уд} = 0,033 \cdot 1,2 = 0,04 \text{ м}^3/(\text{кг/год}).$$

3.1.5 Визначення продуктивності глазурувальної машини PRMT-2

Продуктивність глазурувальної машини Π , кг/год [5]:

$$\Pi = \frac{3600 \cdot z \cdot m \cdot v}{k}, \quad (3.5)$$

де z - кількість поздовжніх рядів вафель, $z = 12$;

m - кількість поперечних рядів вафель на 1 метрі довжини, [5]:

$$m = \frac{1000}{l}, \quad (3.6)$$

де l - крок між поперечними рядами вафель, $l = 180$ мм;

$$m = \frac{1000}{180} = 5,5;$$

v - швидкість транспортера, м/с, $v = 3,2$ м/хв ($0,053$ м/с);

k – кількість глазурованих вафель в 1 кілограмі, $k = 28$ шт/кг;

$$\Pi = \frac{3600 \cdot 12 \cdot 5,5 \cdot 0,053}{28} = 450 \text{ кг/год.}$$

3.2. Кінематичні розрахунки

3.2.1 Кінематичний розрахунки машини для різання вафельних шарів

Максимальна сила F , Н різання вафельних шарів, [4]:

$$F = F_p + F_{тр}, \quad (3.7)$$

де F_p - сила, проходження вафельного шару через ріжучу раму, Н, [4]:

$$F_p = 1000 \cdot F_{уд} \cdot d_c \cdot n \cdot m \cdot \eta_{отт} \cdot K_k, \quad (3.8)$$

де $F_{уд}$ - питоме сила різання вафельних шарів, $F_{уд} = 700$ Н/м;

d_c - діаметр струни ріжучої рами, $d_c = 5 \cdot 10^{-4}$ м;

n - довжина ріжучої частини струни, $n = 0,08$ м;

m - кількість струн для поздовжнього різання; $m_1 = 13$, для поперечного різання $m_2 = 4$;

$\eta_{\text{отн}}$ - пористість вафельного заготовок, $\eta_{\text{отн}} = 0,7$;

K_k - коефіцієнт ступеня використання ріжучих струн, $K_k = 0,8$;

$F_{\text{тр}}$ - сумарна сила тертя при просуванні вафельного шару штовхачем:

$$F_{\text{тр}} = F_{\text{тр.т}} + F_{\text{тр.пл}}, \quad (3.9)$$

тут $F_{\text{тр.т}}$ - сила тертя в підшипникових вузлах штовхача:

$$F_{\text{тр.т}} = f_1 \cdot m_{\text{т}} \cdot g, \quad (3.10)$$

де f_1 - коефіцієнт тертя, $f_1 = 0,05$;

$m_{\text{т}}$ - маса штовхача для поздовжнього різання $m_{\text{т}1} = 4$ кг, а для поперечного різання $m_{\text{т}2} = 3,6$ кг;

$g = 9,81$ м/с²;

для поздовжнього різання:

$$F_{\text{тр.т}1} = 0,05 \cdot 4 \cdot 9,81 = 1,96 \text{ Н};$$

для поперечного різання:

$$F_{\text{тр.т}2} = 0,05 \cdot 3,6 \cdot 9,81 = 1,77 \text{ Н}.$$

$F_{\text{тр.пл}}$ - сила тертя, Н, що виникає при просуванні вафельного шару по столу:

$$F_{\text{тр,пл}} = f_2 \cdot m_{\text{пл}} \cdot g , \quad (3.11)$$

де f_2 - коефіцієнт тертя вафельного шару по сталі, $f_2 = 0,7$ [6];

$m_{\text{пл}}$ - початкова маса шару при поздовжньому різанні, $m_{\text{пл}} = 8$ кг, маса вафельного шару при поперечному різанні:

$$m_{\text{пл2}} = m_{\text{пл1}} \cdot x , \quad (3.12)$$

де x – коефіцієнт відходів після поздовжнього різання, $x=0,95$ [7]

$$m_{\text{пл2}} = 8 \cdot 0,95 = 7,6 \text{ кг},$$

для поздовжнього різання

$$F_{\text{трпл1}} = 0,7 \cdot 8 \cdot 9,81 = 55 \text{ Н},$$

для поперечного різання

$$F_{\text{трпл2}} = 0,7 \cdot 7,6 \cdot 9,81 = 52,2 \text{ Н}.$$

Максимальна сила різання для поздовжнього різання:

$$F_{\text{р1}} = 1000 \cdot 700 \cdot 5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,08 \cdot 13 \cdot 0,7 \cdot 0,88 = 224 \text{ Н},$$

$$F_{\text{тр1}} = 1,96 + 55 = 57 \text{ Н};$$

$$F_1 = 224 + 57 = 281 \text{ Н}.$$

Максимальна сила різання для поперечного різання:

$$F_{p2} = 1000 \cdot 700 \cdot 5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,08 \cdot 4 \cdot 0,7 \cdot 0,88 = 69 \text{ Н},$$

$$F_{тр2} = 1,77 + 52,2 = 54 \text{ Н},$$

$$F_2 = 69 + 54 = 123 \text{ Н}.$$

Потужність що необхідна для розрізування вафельного шару:

$$N = F \cdot v_{шл} , \quad (3.13)$$

де F - сумарна сила, Н, що враховує зусилля різання й силу натягу тягового ланцюга механізму різання: [9]

$$F = F_1 + F_H, \quad (3.14)$$

де F_1 - максимальне зусилля різання, Н, $F_1 = 281 \text{ Н}$;

F_H - сила натягу тягового ланцюга, Н, $F_H = 300 \text{ Н}$;

$$F = 281 + 300 = 581 \text{ Н},$$

$v_{шл}$ - швидкість переміщення вафельного шару по столу, м/с, $v_{шл} = 0,3 \text{ м/с}$;

$$N = 581 \cdot 0,3 = 174,3 \text{ Вт}$$

Потужність привода механізму повздовжнього різання: [9]

$$N_M = \frac{N \cdot K_s}{\eta} , \quad (3.15)$$

де K_3 - коефіцієнт запасу, приймаємо $K_3 = 1,5$;

η - к.п.д. передач привода, $\eta = 0,85$;

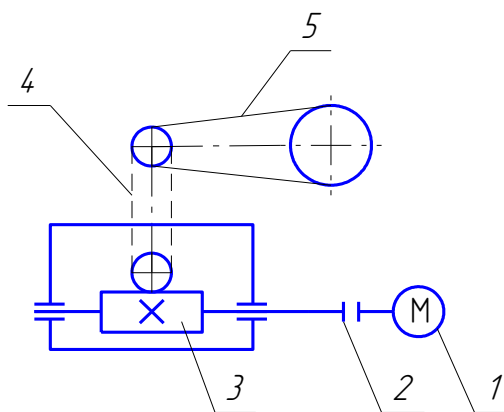
$$N_m = \frac{174,3 \cdot 1,5}{0,85} = 308 \text{ Вт.}$$

На підставі отриманих розрахунків мотор-редуктор типу МЦ2СФ-45-63-1, потужністю 0,55 кВт і частотою обертання вихідного вала 63 хв⁻¹ [9].

З метою уніфікації конструкції для приводу механізму поперечного різання вафельних шарів і приводу, що обертає транспортер приймаємо аналогічний мотор-редуктор.

3.2.2 Кінематичний розрахунки глазурувальної машини

Розрахунок приводу, що приводить в рух транспортер глазурувальної машини.потужність електродвигуна для приводу. На рис.3.1 представлена кінематична схема привода.



1- електродвигун; 2- муфта; 3- редуктор черв'ячний; 4- передача

ланцюгова; 5- передача пасова

Рис. 3.1 - Кінематична схема приводу глазурувальної машини.

Потужність електродвигуна P , Вт:

$$P = \frac{F_{\text{ц}} \cdot v_{\text{тр}}}{\eta}, \quad (3.16)$$

де $F_{\text{ц}}$ - тягове зусилля на транспортері, $F_{\text{ц}} = 4,5$ кН;

$v_{\text{тр}}$ - швидкість транспортера, $v_{\text{тр}} = 0,053$ м/с;

η - к.п.буд. привода:

$$\eta = \eta_{\text{м}} \cdot \eta_{\text{чр}} \cdot \eta_{\text{цп}} \cdot \eta_{\text{рп}} \quad (3.17)$$

де $\eta_{\text{м}}$ - к.п.буд. муфти, $\eta_{\text{м}} = 0,98$;

$\eta_{\text{чр}}$ - к.п.буд. черв'ячного редуктора, $\eta_{\text{чр}} = 0,75$;

$\eta_{\text{цп}}$ - к.п.буд. ланцюгової передачі, $\eta_{\text{цп}} = 0,94$;

$\eta_{\text{рп}}$ - к.п.буд. пасової передачі, $\eta_{\text{рп}} = 0,95$;

$$\eta = 0,95 \cdot 0,98 \cdot 0,75 \cdot 0,94 = 0,65.$$

Частота обертання електродвигуна $n_{\text{ел}}$, хв^{-1} :

$$n_{\text{дв}} = n_{\text{вих}} \cdot u_{\text{общ}}, \quad (3.18)$$

де $n_{\text{вих}}$ - частота обертання приводного вала транспортера, хв^{-1} :

$$n_{\text{вих}} = \frac{60 \cdot V}{\pi \cdot D_3}, \quad (3.19)$$

де D_3 – діаметр привідної зірочки, м:

$$D_3 = \frac{z \cdot t}{\pi}, \quad (3.20)$$

де z – число зубів зірочки, $z = 30$;

t – крок зубів зірочки, $t = 15,9$ мм;

$$D_3 = \frac{30 \cdot 15,9}{3,14} = 152 \text{ мм.}$$

$$n_{\text{вих}} = \frac{60 \cdot 0,2}{3,14 \cdot 0,152} = 25,12 \text{ хв}^{-1};$$

$u_{\text{общ}}$ – загальне передаточне число привода:

$$u_{\text{общ}} = u_{\text{чр}} \cdot u_{\text{цп}} \cdot u_{\text{рп}}, \quad (3.21)$$

де $u_{\text{чр}}$ – передаточне число черв'ячного редуктора, $u_{\text{чр}} = 34$;

$u_{\text{цп}}$ – передаточне число ланцюгової передачі, $u_{\text{цп}} = 1$;

$u_{\text{рп}}$ – передаточне число пасової передачі:

$$u_{\text{рп}} = \frac{D_2}{D_1}, \quad (3.22)$$

де D_1 - діаметр привідного шківa, $D_1 = 137$ мм;

D_2 - діаметр веденого шківa, мм, $D_2 = 240$ мм;

$$u_{\text{рп}} = \frac{240}{137} = 1,75;$$

$$u_{\text{общ}} = 34 \cdot 1 \cdot 1,75 = 59,5 ;$$

$$n_{\text{дв}} = 25,12 \cdot 59,5 = 1494 \text{ мін}^{-1} .$$

Обрано електродвигун типу АИП72Б7 із синхронною частотою обертання 1500 хв^{-1} , потужністю 0,55 кВт, коефіцієнтом ковзанням 8,5 %. Приймаємо черв'ячний редуктор РЧН-210-34-І, з передаточним числом 34, міжосьовою відстанню 210 мм [9].

3.3. Машина для різання вафельних шарів

3.3.1 Сумарна потужність машини

Сумарна потужність $N_{\text{общ}}$, кВт:

$$N_{\text{общ}} = N_1 + N_2 + N_3, \quad (3.23)$$

де N_1 - потужність приводу механізму поздовжнього різання вафельних шарів,

$$N_1 = 0,55 \text{ кВт};$$

N_2 - потужність приводу механізму поперечного різання вафельних шарів,

$$N_2 = 0,55 \text{ кВт};$$

N_3 - потужність приводу транспортера для подачі вафельних шарів, $N_3 = 0,55 \text{ кВт};$

$$N_{\text{общ}} = 0,55 + 0,55 + 0,55 = 1,65 \text{ кВт}.$$

3.3.2 Питомі витрати енергії

Питомі витрати енергії $E_{уд}$:

$$E_{уд} = \frac{N_{общ}}{G}, \quad (3.24)$$

де $N_{общ}$ - сумарна потужність, споживана машиною, $N_{общ} = 1,65$ кВт;

G - продуктивність різальної машини, $G = 179$ кг/год;

$$E_{уд} = \frac{1650}{179} = 9,2 \text{ Вт/(кг/год)} \quad (33,12 \text{ кДж/кг}).$$

3.4 Тепловий розрахунок глазурувальної машини

Загальна кількість теплоти $Q_{общ}$, Дж/год, яка витрачається на нагрівання шоколадної глазури у ванні, що гріє:

$$Q_{общ} = Q_H + Q_{п}, \quad (3.25)$$

де Q_H - витрата тепла на нагрівання глазури, Дж:

$$Q_H = G_r \cdot c \cdot (t_k - t_n), \quad (3.26)$$

де G_r - кількість шоколадної глазури, $G_r = 480$ кг/год;

c – питома теплоємність шоколадної глазури, $c = 2386,4$ Дж/(кг К);

$t_{нг}$ - початкова температура глазури, $^{\circ}\text{C}$, $t_n = 35$ $^{\circ}\text{C}$;

$t_{кг}$ - кінцева температура глазури, $^{\circ}\text{C}$, $t_k = 40$ $^{\circ}\text{C}$;

$$Q_H = 480 \cdot 2386,48 \cdot (40-35) = 5727552 \text{ Дж/год}.$$

$Q_{\text{п}}$ - тепловіддача від зовнішньої поверхні ванни, Вт:

$$Q_{\text{п}} = F_{\text{н}} \cdot \alpha_{\text{с}} \cdot (t_{\text{ст}} - t_{\text{в}}) , \quad (3.27)$$

де $F_{\text{н}}$ - площа зовнішньої поверхні, що гріє м^2 ,

$$F_{\text{н}} = 0,25 \text{ м}^2;$$

$\alpha_{\text{с}}$ - сумарний коефіцієнт тепловіддачі, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$:

$$\alpha_{\text{с}} = 9,76 + 0,07 \cdot (t_{\text{ст}} - t_{\text{в}}) , \quad (3.28)$$

де $t_{\text{ст}}$ - температура зовнішньої стінки, $t_{\text{ст}} = 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{в}}$ - температура навколишнього повітря, $^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{в}} = 26 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

$$\alpha_{\text{с}} = 9,76 + 0,07 \cdot (50 - 26) = 11,44 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К}).$$

Витрати води, W , $\text{кг}/\text{год}$:

$$W = \frac{Q_{\text{общ}}}{c \cdot (t_{\text{н}} - t_{\text{к}})} , \quad (3.29)$$

де $Q_{\text{общ}}$ - загальна витрата теплоти, $Q_{\text{общ}} = 1658,64 \text{ Вт}$;

c – питома теплоємність води, $c = 4180 \text{ Дж}/(\text{кг К})$;

$t_{\text{н}}$ - початкова температура води, $t_{\text{н}} = 50\text{C}$;

$t_{\text{к}}$ - кінцева температура води, що гріє, $t_{\text{к}} = 45\text{C}$;

$$W = \frac{1658.4}{4180 \cdot (50 - 45)} = 0.08 \text{ кг}/\text{с} \text{ (288 кг}/\text{год}).$$

3.5 Розрахунки деталей на міцність

3.5.1 Визначення діаметрів приводної і натяжної зірочок механізмів поздовжнього й поперечного різання

Вибір тягового ланцюга.

Ділильний діаметр приводної зірочки $D_{пр}$, м, механізму штовхача:

$$D_{пр} = \frac{t}{\sin(180/z)}, \quad (3.30)$$

де t - крок тягового ланцюга, м:

$$t \geq 2,8 \cdot \sqrt[3]{\frac{T \cdot K_3}{z \cdot [p] \cdot m}}, \quad (3.31)$$

де T - обертаючий момент на валу мотор-редуктора, Н·м:

$$T = \frac{N}{\omega} = \frac{30 \cdot N}{\pi \cdot n}, \quad (3.32)$$

де N - потужність мотор-редуктора, $N = 0,55$ кВт;

n - частота обертання мотор-редуктора, $n = 63$ хв⁻¹;

$$T = \frac{30 \cdot 0,55}{3,14 \cdot 63} = 0,083 \text{ кН} \cdot \text{м} \quad (830 \text{ Н} \cdot \text{м});$$

K_3 – коефіцієнт, що враховує умови монтажу й експлуатації ланцюгової передачі:

$$K_3 = K_d \cdot K_a \cdot K_n \cdot K_p \cdot K_{см} \cdot K_{п} \quad (3.33)$$

де K_d - динамічний коефіцієнт, $K_d = 1$;

K_a – коефіцієнт впливу міжосьової відстані, $K_a = 1$;

K_n - коефіцієнт впливу нахилу ланцюга, $K_n = 1$;

K_p - коефіцієнт способу регулювання натягу ланцюга, $K_p = 1,25$;

K_{cm} - коефіцієнт способу змазування ланцюги, $K_{cm} = 1,4$;

$K_{п}$ - коефіцієнт періодичності роботи передачі, $K_{п} = 1$;

$$K_s = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1,4 \cdot 1 = 1,75 ;$$

$z_{пр}$ - число зубів приводної зірочки, $z_{пр} = 12$.

$[p]$ - допустимий тиск в шарнірі тягового ланцюга, $[p] = 18 \text{ Н/мм}^2$;

m - число рядів тягового ланцюга, $m = 1$;

$$t_{пр} \geq 2,8 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,083 \cdot 1,75}{12 \cdot 18 \cdot 1}} = 0,0252 \text{ м.}$$

Приймаємо приводний роликівий ланцюг із кроком $t_{пр} = 25,4 \text{ мм}$, тип ПРА-25, ДСТУ 13568-98, руйнівне навантаження ланцюга $[p] = 60 \text{ кН}$, діаметр ролика ланцюги $D_p = 15,88 \text{ мм}$. [9].

Ділильний діаметр привідної зірочки

$$D_{пр} = \frac{0,0254}{\sin(180/12)} = 0,0981 \text{ м.}$$

Ділильний діаметр натяжної зірочки $D_n = 98,1 \text{ мм}$.

Для механізмів приводів штовхачів маємо зірочки з ділильним діаметром $D_{пр} = 98,1 \text{ мм}$ із профілем зуба за ДСТУ 591-96.

Тяговий ланцюг повинен бути перевірений на міцність за умовою [9]:

$$1,5 \cdot S_{\text{пуск}} < [S] , \quad (3.34)$$

де $S_{\text{пуск}}$ - зусилля, Н, що виникає в ланцюзі в період пуску

$$S_{\text{пуск}} = \frac{102 \cdot N_{\text{пр}} \cdot \eta \cdot k_{\text{п}}}{v_{\text{ц}}} + S_{\text{сб}} , \quad (3.35)$$

де $N_{\text{пр}}$ - потужність приводу механізму різання, $N_{\text{пр}} = 0,55$ кВт;

η - к.к.д. приводного вала, $\eta = 0,91$;

$k_{\text{п}}$ - поправочний коефіцієнт, $k_{\text{п}} = 1,3$;

$v_{\text{ц}}$ - середня швидкість руху ланцюги, м/с, $v_{\text{ц}} = 0,3$ м/с;

$S_{\text{сб}}$ - зусилля, що виникає в ланках, що збігає, ланцюга, $S_{\text{сб}} = 300$ Н;

$$S = \frac{102 \cdot 0,55 \cdot 0,91 \cdot 1,3}{0,3} + 300 = 521,22 \text{ Н};$$

$[S]$ - допустиме навантаження на ланцюг:

$$[S] = \frac{S_{\text{разр}}}{K} , \quad (3.36)$$

де $S_{\text{разр}}$ - руйнівне навантаження на ланцюг, $S_{\text{разр}} = 60000$ Н;

K – коефіцієнт запасу міцності ланцюги, $K = 8$;

$$[S] = \frac{60000}{8} = 7500 \text{ Н}.$$

Перевірка умови міцності ланцюги в період пуску:

$$1,5 \cdot S_{\text{пуск}} = 1,5 \cdot 521,22 = 782 \text{ Н}$$

$$782 < 7500$$

Таким чином, умова міцності виконується.

3.5.2 Розрахунки осі натяжної зірочки

Величину згинального моменту, M_B , Н·м, який діє на вісь натяжної зірочки в точці В (рис. 3.2):

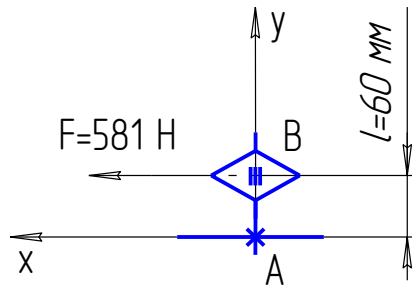


Рис.3.2 - Схема закріплення натяжної зірочки на осі

$$M_B = F_{\text{ц}} \cdot l, \quad (3.37)$$

де $F_{\text{ц}}$ - зусилля на ланцюзі, $F_{\text{ц}} = 581 \text{ Н}$;

l - відстань між місцем закріплення на осі зірочки $l = 0,06 \text{ м}$.

$$M_B = 581 \cdot 0,06 = 36,84 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Діаметр осі, мм

$$d_0 = \sqrt[3]{\frac{10000 \cdot M}{[\sigma]_{-1}}}, \quad (3.38)$$

де M – величина згинального моменту, $M = 36,84$ Н м;

$[\sigma]_{-1}$ - границя витривалості сталі осі, $[\sigma]_{-1} = 50$ МПа;

$$d_0 = \sqrt[3]{\frac{104 \cdot 36.84}{50}} = 19,46 \text{ мм.}$$

Прийнято стандартний діаметр осі під підшипник:

$$d_0 = 20 \text{ мм.}$$

3.5.3 Уточнений та перевірючий розрахунок осі

Коефіцієнт запасу міцності в небезпечному перерізі осі:

$$S = \frac{S_\sigma \cdot S_\tau}{\sqrt{S_\sigma^2 + S_\tau^2}}, \quad (3.39)$$

Розрахункове значення повинне не перевищувати допустимого $[S] = 2,5$.

Нормальна напруження σ , Н/мм²:

$$\sigma = \frac{M_B}{W}, \quad (3.40)$$

де M_B – згинальний момент у перетині В, Н·м,

$$M_B = 36,84 \text{ Н м;}$$

W - момент опору при згині, Н/мм²:

$$W = \frac{\pi \cdot d_0^3}{32}, \quad (3.41)$$

де d_0 - прийнятий діаметр осі натяжної зірочки, мм, $d_0 = 20$ мм;

$$W = \frac{3,14 \cdot 20^3}{32} = 785 \text{ мм}^3,$$

$$\sigma = \frac{36840}{785} = 47 \text{ Н/мм}^2.$$

Дотичні напруження τ , Н/мм²:

$$\tau_v = \tau_m = 0,5 \cdot \tau_{\max} = \frac{0,5 \cdot M_B}{W}, \quad (3.42)$$

де M_B – згинальний момент у перерізі В, $M_B = 36840$ Н·мм;

W – момент опору при згині, $W = 785$ мм³;

$$\tau_v = \tau_m = \frac{0,5 \cdot 36840}{785} = 23,5 \text{ Н/мм}^2.$$

Коефіцієнт запасу міцності по нормальних напруженнях S_σ :

$$S_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_\sigma}{\varepsilon_\sigma \cdot \beta} \cdot \sigma_v + \phi_\sigma \cdot \sigma_m}, \quad (3.43)$$

де σ^{-1} - границя витривалості сталі, МПа,:

$$\sigma_{-1} = 0,43 \cdot \sigma_B \quad (3.44)$$

де σ_B - межа міцності сталі, $\sigma_B = 700$ МПа;

$$\sigma_{-1} = 0,43 \cdot 700 = 301 \text{ МПа};$$

K_σ – ефективний коефіцієнт концентрації нормальних напружень, $K_\sigma = 1,58$;

ϵ_σ - масштабний фактор для нормальних напружень, $\epsilon_\sigma = 0,92$;

β – коефіцієнт, що враховує вплив шорсткості поверхні.

Приймаємо $\beta = 0,95$;

σ_m – напруги при осьових зусиллях $\sigma_m = 0$;

$$S_\sigma = \frac{301}{\frac{1,58}{0,92 \cdot 0,95} \cdot 47 + 0} = 3,54.$$

Коефіцієнт запасу міцності по дотичних напруженнях:

$$S_\tau = \frac{\tau_{-1}}{\frac{K_\tau}{\epsilon_\tau \cdot \beta} \cdot \tau_v + \phi_\tau \cdot \tau_m}, \quad (3.45)$$

де τ^{-1} – границя витривалості сталі, МПа:

$$\tau_{-1} = 0,58 \cdot \sigma_{-1} \quad (3.46)$$

де σ_{-1} – границя витривалості сталі при згині, $\sigma_{-1} = 301$ МПа;

$$\tau_{-1} = 0,58 \cdot 301 = 175 \text{ МПа};$$

$\acute{\epsilon}_\tau$ – масштабний фактор для дотичних напружень, $\acute{\epsilon}_\tau = 0,83$;

K_τ – ефективний коефіцієнт для дотичних напружень, $K_\tau = 1,22$;

B - коефіцієнт, що враховує вплив шорсткості поверхні, $B = 0,95$;

ψ_τ – коефіцієнт, $\psi_\tau = 0,1$;

τ_v і τ_m – напруги при згині й розтягу відповідно, МПа:

$$\tau_v = \tau_m = 23,5 \text{ МПа};$$

$$S_\tau = \frac{175}{\frac{1,22}{0,83 \cdot 0,95} \cdot 23,5 + 0,1 \cdot 23,5} = 4,52.$$

Загальний коефіцієнт запасу міцності S :

$$S = \frac{3,54 \cdot 4,52}{\sqrt{3,54^2 + 4,52^2}} = 2,8.$$

Отриманий коефіцієнт запасу міцності задовольняє вимозі $S = 4,52 > 2,5$.

3.5.3 Підбір підшипників

Прийнятий діаметр осі під підшипник $d_o = 20$ мм. Прийнято підшипник легкої серії №104: $d = 20$ мм, $D = 42$ мм, $B = 12$ мм, $r = 1$ мм, $C = 9,36$ кН, $C_0 = 4,5$ кН.

Перевірний розрахунок підшипника на довговічність:

$$L = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{P} \right)^p, \quad (3.47)$$

де n - частота обертання зовнішнього кільця підшипника, $n = 63 \text{ хв}^{-1}$;

C – динамічна вантажопідйомність, $C = 9,36 \text{ кН}$;

p – показник степені, $p = 3$;

P – еквівалентне навантаження;

$$P = F_r \cdot V \cdot K_\delta \cdot K_\tau, \quad (3.48)$$

тут F_r - радіальне навантаження, $F_r = 582 \text{ Н}$;

V - коефіцієнт, $V = 1,2$;

K_δ - коефіцієнт, $K_\delta = 1,2$;

K_τ - температурний коефіцієнт, $K_\tau = 1,05$;

$$P = 581 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,05 = 878,5 \text{ Н (0,88 кН)};$$

$$L = \frac{10^6}{60 \cdot 63} \cdot \left(\frac{9,6}{0,88} \right)^3 = 318254 \text{ год.}$$

Отримане значення номінальної довговічності підшипника $L = 318254$ год повинне задовольняти умову

$$L > [t], \quad (3.49)$$

де $[t]$ – мінімальна довговічність підшипника, год, $[t] = 30000 \text{ год}$

$$318254 > 30000$$

Умова довговічності виконана.

3.5.4 Розрахунки шпонок

Розрахунки шпонки на приводному валу мотор-редуктора механізму різання:

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot T}{d \cdot l_p \cdot (h - t_1)} \leq [\sigma]_{см}, \quad (3.50)$$

звідси робоча довжина шпонки, l_p мм:

$$l_p = \frac{2 \cdot T}{d \cdot (h - t_1) \cdot \sigma_{см}}, \quad (3.60)$$

де T – крутний момент, Н м, $T = 83000$ Н м;

d – діаметр вала в місці установки шпонки, $d = 20$ мм; шпонка має такі розміри $b \times h \times l = 6 \times 6 \times 20$ мм [10];

t_1 – глибина паза вала, мм, $t_1 = 3,5$ мм;

t_2 – глибина паза втулки, мм, $t_2 = 2,8$ мм;

$\sigma_{см}$ – межа міцності сталі на зминання, $\sigma_{см} = 600$ МПа;

$$l_p = \frac{2 \cdot 83000}{20 \cdot (3,5 - 2,8) \cdot 600} = 19,7 \text{ мм.}$$

За результатами розрахунків приймаємо призматичну шпонку перетином 6×6 мм і робочою довжиною 20 мм за ДСТУ 24071-90: Шпонка $6 \times 6 \times 20$ мм.

3.6. Конструктивний розрахунок зірочок

Прийнято наступні параметри ланцюгової передачі привода штовхача:

- ділительний діаметр зірочок $D_d = 98,14$ мм;
- число зубів зірочки $z = 12$;
- крок ланцюга $t = 25,4$ мм;
- діаметр ролика ланцюга $D_p = 15,88$ мм.

-Діаметр кола зубів (зовнішній діаметр):

$$D_i = t \cdot (K_z + 0,7) - 0,31 \cdot D; \quad (3.61)$$

де $K_z = \text{ctg} (180/z) = \text{ctg} (180/12) = 3,173$;

$$D_i = 25,4 \cdot (3,173 + 0,7) - 0,31 \cdot 15,88 = 107,59 \text{ мм};$$

D_i - діаметр кола впадин:

$$D_i = D_d - (D_p + 0,175 \cdot \sqrt{D_d}) ; \quad (3.62)$$

$$D_i = 98,14 - (15,88 + 0,175 \cdot \sqrt{98,14}) = 80,5 \text{ мм};$$

e_{\min} - зсув центрів дуг впадин:

$$e_{\min} = 0,01 \cdot t = 0,01 \cdot 25,4 = 0,254 \text{ мм}; \quad (3.63)$$

r - радіус впадин зубів:

$$r = 0,5 \cdot (D_p - 0,05 \cdot t), \quad (3.64)$$

$$r = 0,5 \cdot (15,88 - 0,05 \cdot 25,4) = 7,3 \text{ мм};$$

γ - кут загострення зуба: $\gamma = 150$;

r_1 - радіус закруглення головки зуба:

$$r_1 = (t - 0,5 \cdot D_p - 0,5 \cdot e) \cdot \cos \gamma, \quad (3.65)$$

$$r_1 = (25,4 - 0,5 \cdot 15,88 - 0,5 \cdot 1,27) \cdot \cos 15^\circ = 16,4 \text{ мм};$$

b_2 - ширина основи зуба зірочки:

$$b_2 = 0,8 \cdot B_{\text{вн}}, \quad (3.66)$$

де $B_{\text{вн}}$ – відстань між внутрішніми пластинами ланцюга, мм,

$$B_{\text{вн}} = 15,88 \text{ мм};$$

$$b_2 = 0,8 \cdot 15,88 = 12,7 \text{ мм};$$

b_3 - ширина вершини зуба:

$$b_3 = 0,75 \cdot b_2 = 0,75 \cdot 12,7 = 9,5 \text{ мм}. \quad (3.67)$$

3.6.1 Розрахунки фундаментних болтів

Площа перерізу болта s , м^2 :

$$s = \frac{k_0 \cdot N}{R_p}, \quad (3.82)$$

де k_0 – коефіцієнт, $k_0 = 1,15$;

N – сила розтягу болта. Для фундаментного болта з відгином приймаємо сталь ВСтЗпс2 ДСТУ 24399.1-80, відповідно $N = 14000\text{Н}$;

R_p – опір болта на розтяг, $R_p = 147 \text{ Па}$;

$$s = \frac{1,15 \cdot 14}{147} = 0,11 \text{ м}^2.$$

Розрахунок болта на розтяг:

$$\frac{N}{\pi \cdot d_6 / 4} \leq R_p, \quad (3.83)$$

Діаметр болта d_6 :

$$d_6 = \sqrt{\frac{4 \cdot N}{\pi \cdot R_p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 14 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 147}} = 11 \text{ мм.}$$

Розрахунки фундаментного болта на зріз:

$$\frac{N}{n_{cp} \cdot (\pi \cdot d_6 / 4)} \leq R_{cp}, \quad (3.84)$$

де n_{cp} - кількість зрізів в одному болті; $n_{cp} = 1$;

R_{cp} - розрахунковий опір болта на зріз, $R_{cp} = 137,2 \text{ Па}$;

$$d_6 = \sqrt{\frac{4 \cdot N}{\pi \cdot R_{cp} \cdot n_{cp}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 14 \cdot 10^3}{137,2 \cdot 1 \cdot 3,14}} = 11,4 \text{ мм.}$$

Для закріплення різальної машини машини SB-9/2 на фундаменті приймаємо фундаментні болти з відгинами типу: болт 1.2.M12x300. ВСтЗпс2.

4. МОНТАЖ, ЕКСПЛУАТАЦІЮ І РЕМОНТ УСТАТКУВАННЯ

4.1. Монтаж устаткування

Устаткування, що надходить із заводів не вимагає складальних операцій при його монтажі. Монтаж технологічного устаткування зводиться до його транспортування із складу в зону монтажу; розпакуванню, розконсервації; установці на фундамент, вивірці в горизонтальній і вертикальній площинах; кріпленню фундаментними й анкерними болтами; випробуванню на холостому ході.

Переміщення устаткування до місця установки роблять механізованим способом. Попередню перевірку на фундаменті роблять при вільному встановленні на підбивки, а остаточну – при затягнутих гайках фундаментних болтів.

Монтаж технологічного устаткування виконують відповідно до плану розташування устаткування. При монтажі технологічних ліній витримують розміри окремих машин і їх прив'язку до будівельних конструкцій.

Установлене технологічне устаткування перевіряють за допомогою інвентарних регулюючих прокладок.

Горизонтальність установки машин перевіряють у двох взаємно перпендикулярних площинах. Вертикальне положення перевіряють рівнем і виском.

4.2. Експлуатація лінії

При експлуатації лінії виробництва вафель потрібно перевіряти герметичність з'єднань труб, патрубків насосів. Важливою умовою є регулярне змащення робочих органів.

При експлуатації тістомішалки потрібно стежити за станом привода і герметичністю ущільнення. Під час роботи необхідно стежити за правильністю дозування рідких компонентів, борошна й добавок; за своєчасною їхньою подачею.

Необхідно очищати внутрішню поверхню тістомішалки від налиплого тіста. Пічний газовий агрегат підключається до електромережі напругою 380/220 В, частотою 50 Гц.

Перед пуском пічного агрегату провітрюється приміщення, перевіряється справність газових комунікацій, кранів, Перевіряється відсутність витоків газу. Також необхідно провентилувати агрегат протягом 10-15 хвилин, відрегулювати тягу.

При зупинці печі необхідно закрити газовий кран у пальників і крани на впускному газопроводі.

На випічці повинен працювати 1 людина, яка знімає вафельні заготовки з форм. Необхідно періодично робити регулювання щіток, щоб вони не сильно гальмували вафельні заготовки на транспортері.

У приводі вафельнімача є конічна передача для регулювання зазору між зубами, яка регулюється підкладанням підходящих шайб під конічне колесо.

Заміняти масло в редукторах необхідно через 10000 – 12000 годин роботи, але не пізніше, аніж через 2 роки. Перша заміна масла проводиться після 700 годин роботи. Підшипники кочення редуктора з корпусу змащуються консистентним маслом..

Намазна машина АК-30 підключається до електромережі напругою 380/220 В, частотою 50 Гц і заземлюється одним контуром. Закріплюється машина анкерними болтами.

При експлуатації намазної машини необхідно дотримувати наступних вказівок:

- переробляти, цілі і плоскі вафельні заготовки однакового розміру;
- напрямні вафельних заготовок і утримуючі куточки не повинні бути забруднені начинкою;
- після тривалих простоїв машини обов'язково провести роботи з очищення особливо вузла для нанесення намазки.

При експлуатації автоматичної різальної машини SB-9/2 змащування робити згідно з картою. Після кожних 300 годин роботи контролювати роликові ланцюги, круглі й клинові паси.

Якщо утворюється зазор, його усувають провертанням болтів нижнього підшипника. При ремонтних роботах поздовжню й поперечну різальні рами можна пересувати вручну.

Необхідний технічний догляд за електроустаткуванням, який обмежується загальним функціональним і візуальним контролем. Після кожних 50 робочих годин необхідно перевіряти усі кінцеві вимикачі на бездоганний електричний і механічний вплив.

Глазурувальна машина PRMT-2 підключається до мережі змінного струму напругою 380/220 В, частотою 50 Гц.

При експлуатації глазурувальної машини необхідно змащувати ланцюги приводів. Регулярно проводити перевірку герметичності комунікацій шнека і насоса для перекачування глазури. Також стежити за справністю електроапаратури та електроніки.

Охолоджувальні камери встановлюються на підлозі, яка має каналізаційні трапи. До камер приєднують трубопроводи для подачі холодоагенту у випарники.

Приєднання трубо- і електропроводів проводять лише після установки камери. До приєднання охолоджувальних трубопроводів завершують усі роботи з мийки. Потрібно провести випробування з'єднань трубопроводів на герметичність під тиском 1,25 МПа галогенною лампою. Перевірити відсутність витоків фреону. Затягнути з'єднання у місцях витоків.

4.3. Ремонт технологічного устаткування

Ремонт технологічного устаткування проводиться відповідно до прийнятої системи планового технічного обслуговування й ремонту.

Технічне обслуговування - сума операцій по підтримці справності і працездатності устаткування. ТО виконується в процесі роботи устаткування й у періоди зупинок. ТО включає в себе такі види робіт: чищення й змащення устаткування, протирання, спостереження за станом підшипників, блокувальних і стопорних пристроїв; перевірка натягу приводних пасів і ланцюгів; перевірка різьбових і шпонкових з'єднань, ревізія сальників і т.ін.

Поточні роботи підрозділяються на перший і другий поточний ремонт. При першому усувають дрібні дефекти, а при другому- частково розбирають лінію без зняття її з фундаменту і без відновлення зношених деталей.

Капітальний ремонт є найбільш трудоемним видом ремонту. При цьому роблять повне розбирання лінії, відновлення та заміну зношених деталей, складальних одиниць і механізмів.

На ПРаТ капітальний ремонт проводиться один раз у рік протягом місяця. Ремонтують не тільки технологічне устаткування, але й будинки і споруди, комунікації. Другий поточний ремонт проводиться два рази в рік, а міжремонтний період становить 2000 годин. Перший поточний ремонт проводиться також два рази в рік і міжремонтний період становить 1000 годин. Технічне обслуговування повинне проводитися раз на місяць.

5. АВТОМАТИЗАЦІЇ ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА ГЛАЗУРОВАНИХ ВАФЕЛЬ

Якість продукції залежить від параметрів величин, які визначають нормальне протікання процесу. Тому при побудові автоматичних систем регулювання, необхідно назначити величини, що підлягають контролю й регулюванню. Обрані контрольовані параметри наведено в таблиці 5.1. Схема автоматизації ділянки виробництва начинки для вафель представлена на листі.

5.1. Вибір параметрів контролю процесом

Таблиця 5.1 - Контрольовані й регульовані параметри

| Параметри технологічного процесу | Межі відхилень параметра | Оптимальне значення параметра | Припустима погрішність контролю | Примітка |
|----------------------------------|--------------------------|-------------------------------|---------------------------------|----------|
|----------------------------------|--------------------------|-------------------------------|---------------------------------|----------|

| | з обліком можливих аварійних ситуацій | Припу- стимих по технології | | абсолютна | відносна | |
|--|--|--------------------------------------|------|-----------|----------|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1. Температура в машині, ТМ1, °С | 30 - 60 | 38,2– 41,8 | 40 | ±0,6 | 1,5 | КР |
| 2. Температура в машині, ТМ2, °С | 25 - 35 | 28,65– 31,35 | 30 | ±0,45 | 1,5 | КР |
| 3. Рівень цукру - піску в бункері Б, мм | 0-1700 | 1387,5- 1612,5 | 1500 | ±50 | 2,5 | К |
| 4. Рівень цукру - піску в мікромлині М, мм | 0 – 150 | 462,5 – 537,5 | 500 | ±12,5 | 2,5 | КР |

Продовження таблиці 5.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|--|---------|-----------------|------|-------|-----|----|
| 5. Рівень жиру в машині, ТМ1, мм | 0 – 150 | 1425 – 1600 | 1500 | ±37,5 | 2,5 | К |
| 6. Рівень жиру в дозаторі Д1, мм | 0-200 | 145,2- 154,8 | 150 | ±2,4 | 2,5 | КР |
| 7. Рівень вафельної крихти в дозаторі Д2, мм | 0-150 | 47,5- 52,5 | 50 | ±1,25 | 2,5 | КР |
| 8. Рівень цукрової пудри й сухого молока в дозаторі Д3, мм | 0-150 | 47,5- 52,5 | 50 | ±1,25 | 2,5 | КР |
| 9. Рівень начинки в машині, ТМ2, мм | 0-1700 | 1380- 1600 | 1500 | ±35 | 2,5 | КР |

| | | | | | | |
|---------------------------------|-------|---------|-----|-----|---|---|
| 10.Витрата гарячої води, кг/год | 0-600 | 450-550 | 500 | ±25 | 2 | К |
| 11.Витрата гарячої води, кг/год | 0-600 | 450-550 | 500 | ±25 | 2 | К |

5.2. Прилади контролю, регулятори і засоби автоматизації

Таблиця 5.2 - Специфікація приладів і засобів автоматизації

| Позиційний номер | Вимірний параметр | Місце установки | Найменування й характеристика приладу | Тип приладу | Кількість | Завод виготовлювач |
|-------------------------------|-------------------|-----------------|--|------------------------|-----------|--------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1а, 2а | Температура | На апараті | Термометр опору мідний. Межа вимірів -50 - +250°С. Клас точності приладу 0.1 | ТСП – 6097 (гради 21). | 2 | Приладобудівний завод, Луцьк. |
| 1в, 2в | --- | Трубопровід | Вентиль регулюючий з електроприводом. Температура -50 - +200(С. | 25с393нж | 5 | Об'єднання «Тяжпром арматура», Львів |
| 3, 4 | Витрата | Трубопровід | Лічильник. Похибка ±2%. Максимальна температура води 90 °С. | ВВГ-50 | 2 | «Теплоприбор», Луцьк |
| 5а, 6а, 7а, 8а, 9а, 10а, 11а, | Рівень | На апараті | Датчик акустичний. Основна похибка не перевищує ±2.5%. Температура | ЛУНА-3 (АП-3) | 6 | «Теплоприбор», Луцьк |

| | | | | | | |
|--|------|-------------|---|---------------|------|-----------------------------|
| | | | вимірюваного середовища 10-80 °С. | | | |
| 5б, 6б, 7б, 8б, 9б,10б, 11б | -//- | По місцю | Електронний блок. Вихідний сигнал – постійний струм 0-5 мА. | ППИ-3 | 6 | «Теплопр ибор», Луцьк |
| 1в, 2в, 5в, 6в, 7в, 8в, 9в, 10в, 11в | -//- | На щиті | Модуль перетворювачів контролера TCM51 | -//- | -//- | -//- |
| KM1 – KM16 | -//- | По місцю | Магнітний пускач | ПМЕ- 123.1 | 16 | -//- |
| SA1 – SA11 | -//- | На щиті | Універсальний перемикач | УП-5300 | 11 | -//- |
| SB1,SB3 , SB5 | -//- | По місцю | Кнопка | 123-12- В2 | 3 | -//- |
| SB2,SB4 , SB6 | -//- | На щиті | Кнопка | 123-12- В2 | 3 | -//- |
| HL1 – HL21 | -//- | На щиті | Сигнальна лампа | СЛ-220 | 21 | -//- |

6. БЕЗПЕКА ЖИТЄДІЯЛЬНОСТІ

6.1. Техніка безпеки роботи на автоматизованій лінії

Безпека персоналу залежить від його кваліфікації та стану захисних пристосувань встановлених на лінії. При експлуатації лінії мають місце фізичні, хімічні і інші небезпечні й шкідливі фактори.

Проведемо аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів у лінії виробництва глазурованих вафель.

6.2. Небезпечні й шкідливі виробничі фактори

Основним небезпечним фізичним виробничим фактором у лінії виробництва вафель є наявність електроустаткування що виникає небезпека поразки електричним струмом. Устаткування, що входить до складу лінії, працює від електромережі 380В й має струмоведучі частини. У цеху є система штучного освітлення, що працює під напругою 220В.

Небезпека враження електричним струмом виникає при несправності ізоляції устаткування, а також при інших пошкодженнях проводки й відсутності заземлення обладнання. Прокладка Проводи підведення живлення до машини повинне бути закриті металевими трубами.

Для запобігання електротравм двигуни повинні бути надійно заземлені. У приміщенні розміщення лінії мають бути встановлені розпізнавальні знаки й плакати попередження про можливу небезпеку поразки електричним струмом.

Згідно із класифікацією приміщень приміщення, у якому розташовується лінія, відноситься до III категорії — особливо небезпечні приміщення.

Освітленість виробничого приміщення підвищує загальну продуктивність праці. У приміщенні, для лінії виробництва вафель, передбачене бічне природне й штучне загальне освітлення.

Передбачене аварійне освітлення, яке встановлено над виходами із приміщення цеху.

Норма природнього висвітлення для приміщення залежить від розряду зорових робіт наведена в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Характеристика освітленості

| Найменування робочого місця | Розряд зорових робіт | Штучне освітлення E, Лк | Природнє освітлення, % | Найменший розмір об'єкта розрізнення, мм |
|-----------------------------|----------------------|-------------------------|------------------------|--|
| Бісквітний цех | VI | 200 | 0,6 | Більш 5 |

Для створення мікроклімату в цеху передбачена природня вентиляція повітря.

Допустимі параметри мікроклімату у приміщенні лінії виробництва вафель наведено в табл. 6.2.

Таблиця 6.2. Допустимі параметри мікроклімату в приміщенні.

| Сезон року | Категорія робіт | Температура повітря, °С | | Відносна вологість, % | Швидкість руху повітря, м/с |
|-----------------|-----------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| | | діапазон нижче оптимального значення | діапазон вище оптимального значення | | |
| Теплий період | Па | 18-19,9 | 22.1-27 | 15-75 | до 0,3 |
| Холодний період | Па | 17-18,9 | 21.1-23 | 15-75 | до 0,4 |

Фактично, у приміщенні цеху параметри мікроклімату:

- Температура повітря - 21°С;
- Відносна вологість повітря - 60%;
- Швидкість руху повітря - 0,2 м/с.

У приміщенні лінії присутнє джерело тепла - вафельна піч. Необхідно передбачити можливість захисту працівників від можливого перегріву. Для цього пропонується встановити захисний екран, який виготовлений з низькоемісійного S-скла. Застосування екрана скорочує теплового випромінювання від вафельної печі на до 70%.

Нормоване значення рівня звуку у відповідності зі СНП 23-03-2003 становить 69 дБА. Для забезпечення нормативного значення рівня звуку

проводяться такі заходи: змащення необхідних вузлів і рухомих деталей, застосування засобів індивідуального захисту.

Для запобігання підвищеного шуму необхідно:

1. примусове змащення тертьових поверхонь;
2. звукоізоляція привода кожухом із твердого непористого матеріалу.

Рівень вібрації, не перевищує допустимого значення $5 \cdot 10^{-8}$ м/с. Тому необхідності в захисті робітників цеху від вібрацій немає.

На лінії виробництва вафель застосовується обладнання що становить певну небезпеку для обслуговування персоналу (таблиця 6.3).

Таблиця 6.3. Небезпечні й шкідливі виробничі фактори

| Найменування небезпечних і шкідливих виробничих факторів | Розміри небезпечних зон, розміри конструктивних елементів | Характеристика небезпечних і шкідливих виробничих факторів | | |
|--|---|--|------------------------|----------|
| | | Найменування | Од. вим. | Величина |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Обертові елементи | Приводні механізми: | Частота обертання Потужність на валу | с ⁻¹ кВт | 3,8- |
| | - віброзмішувач | | | 16,25 |
| | -емульсатор-змішувач | | | 15 |
| | -машина різальна | | | 0,53 |
| | | | | 30 |
| | | | | 119,4 |
| | | | | 8,22 |

| | | | | |
|--|----------------------------|--|--|--------------------------|
| | | | | |
| | -мікромлин | | | 557,3 7,5 |
| | -транспортер ланцюговий | | | 7,16- 9,12 3,1-4,5 |

До засобів захисту від механічного травмування відносяться: гальмові, засоби автоматичного контролю й сигналізації, огорожувальні пристрої, знаки безпеки. Приводи емульсатора, віброзмішувача, різальної машини, мікромлина, а також приводи транспортних систем облаштовані захисними кожухами.. Запобіжні захисні засоби автоматично відключають машини при відхиленні режиму роботи устаткування від норми.

Блокувальні пристрої блокують попаданню людини в небезпечну зону, а при перебуванні в цій зоні усувають небезпечний фактор.

7 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

7.1. Бізнес-план проекту

У бізнес-плані дипломного проекту обґрунтовано доцільність проведення модернізації технологічного обладнання лінії виробництва вафель на ПРАТ ТЕРА.

Вирішальне значення для росту продуктивності праці в кондитерській промисловості має інтенсифікація технологічних процесів внаслідок скорочення тривалості виробничих циклів і зниження витрат сировини.

Основна ідея модернізації устаткування лінії виробництва вафель, спрямована на підвищення якості готових виробів, розширення асортименту продукції, збільшення продуктивності устаткування, зниження кількості відходів, підвищення надійності устаткування. Проведені міроприємства забезпечать підвищення фінансово-економічних показників виробництва.

Економічна ефективність за підсумками модернізації складе 18720 грн, капітальні витрати - 109440 грн, термін реалізації проекту складе 46 днів, рентабельність інвестицій - 49 %, строк окупності 2 роки.

7.2. Фінансовий план

Точка беззбитковості:

$$A_6 = \frac{СПИ}{Ц_{и} - ПІ} , \quad (7.1)$$

де A_6 – об'єм випуску беззбиткової продукції, кг;

$СПИ = 711646$ грн/рік– сукупні постійні витрати;

$Ц_{и} = 95,10$ грн/кг – ціна виробу, грн/кг;

$ПІ = 89,50$ грн/кг – питомі змінні витрати;

$$A_6 = \frac{711646}{95,10 - 89,50} = 127080 \text{ кг.}$$

Таким чином отримано графік беззбитковості.

7.3. Техніко-економічні розрахунки

У даному підрозділі проведені розрахунки величини одноразових витрат на реалізацію проекту, додаткових засобів і матеріальних і фінансових ресурсів. Визначається річний економічний ефект і термін окупності витрат. Вихідні дані для техніко-економічних розрахунків наведено в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1. Вихідні дані для техніко-економічних розрахунків

| Показник | Позначення | Одиниця виміру | Значення показника |
|----------|------------|----------------|--------------------|
|----------|------------|----------------|--------------------|

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------------------------|----------|-------------|-------|
| Обсяг виробництва | V_1 | т/рік | 600 |
| Режим роботи | - | год/сут | 8 |
| Ціна одиниці продукції | C_1 | грн/кг | 95,10 |
| Собівартість одиниці продукції | C | грн /кг | 85 |
| Середній заробіток по підприємству | $Z_{пс}$ | грн | 8500 |
| Вартість проектних робіт | $C_{пр}$ | грн/чол.год | 12 |
| Проектована ціна одиниці продукції | C_2 | грн/кг | 95,10 |

Продовження таблиці 7.1

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|-----------|--------------------|-------|
| Вартість 1м ² виробничої площі | $C_{п}$ | грн/м ² | 650 |
| Норматив витрат на ремонт | H_p | % | 20 |
| Вартість технічних засобів для реалізації проекту | K_6+K_b | р | 94948 |
| Середньогалузева економічна | E_n | % | 15 |

| | | | |
|---------------------------------------|--|--|--|
| ефективність капітальних витрат | | | |
|---------------------------------------|--|--|--|

7.3.1 Розрахунки капіталовкладень у проект

Визначення капітальних витрат для реалізації заходів, проводиться по формулі 7.1.

При визначенні величини капіталовкладень у проект враховуються матеріальні ресурси (таблиця 7.2), трудові витрати (таблиця 7.3), а також накладні витрати.

Таблиця 7.2. Розрахунок матеріальних ресурсів

| Матеріальні і паливно-енергетичні ресурси | Ціна, грн | Витрата на одиницю | Вартість ресурсів |
|---|-----------|--------------------|-------------------|
| Мотор-редуктор | 3870 | 3 | 11610 |
| Підшипник | 80 | 25 | 2000 |
| Прокат сталевий листовий | 8.7 | 300 | 2610 |
| Труба сталева, м | 160 | 2 | 30 |
| Прокат сталевий, куточок, кг | 9 | 80 | 720 |
| Дріт сталевий, м | 15 | 2 | 30 |
| Ланцюг приводний, шт | 300 | 2 | 600 |
| Вимикач, шт | 80 | 2 | 150 |

| | | | |
|-------------------------|-----|-----|-------|
| Кріпильні елементи, шт | - | - | 1500 |
| Електроди, пачка | 104 | 1 | 104 |
| Електроенергія, кВт·год | 2,6 | 300 | 780 |
| Разом | | | 20434 |

Таблиця 7.3. Розрахунки працезатрат і оплати праці

| Вид робіт | Трудомісткість, чол(год) | Розряд | тариф, грн | Оплата праці, грн |
|-------------|-----------------------------|--------|------------|----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Токарні | 10 | 5 | 55 | 550 |
| Фрезерні | 1 | 3 | 52 | 52 |
| Свердлильні | 5 | 5 | 55 | 275 |
| Зварювальні | 11 | 5 | 60 | 660 |
| Слюсарні | 10 | 5 | 60 | 600 |
| Складальні | 22 | 4 | 55 | 1210 |
| Разом | - | - | - | 3347 |

Капітальні витрат у проект:

$$K = K_{\text{б}} + K_{\text{в}} + K_{\text{н}} + K_{\text{с}} + K_{\text{п}} + K_{\text{д}} - K_{\text{ск}}, \quad (7.1)$$

де K_6 – балансова вартість основного устаткування.

$$K_6 = (1 + K_6) \cdot (Z_M + Z_0) \quad (7.2)$$

де $K_{II} = 2,5$ – коефіцієнт накладних витрат;

$Z_M = 20434$ грн – витрати на придбання матеріалів і енергоресурсів, грн,

Z_0 – витрати на оплату праці основних працівників, грн,

$$Z_0 = Z_{TP} \cdot K_3 \quad (7.3)$$

де $Z_{TP} = 3347$ грн - загальні витрати на оплату праці основних робітників;

$K_3 = 2$ – коефіцієнт, що враховує додаткову зарплату;

$$Z_0 = 3347 \cdot 2 = 6694 \text{ грн,}$$

$$K_6 = (1 + 2,5) \cdot (20434 + 6694) = 94948 \text{ грн;}$$

$K_B = 0$ грн. – вартість допоміжного й резервного устаткування;

$K_{II} = 0$ грн. – витрати на додаткову інфраструктуру;

$K_C = 0$ грн. – вартість будинків і приміщень, потрібних для реалізації проекту;

K_{II} – виробничі витрати, грн.;

$$K_{II} = T_{II} \cdot C_{ЧЧ}, \quad (7.4)$$

де $C_{ЧЧ} = 120$ грн /година – вартість проектних робіт;

T_{II} – трудомісткість проектних робіт, чол.-год,

$$T_{\text{п}} = Ч \cdot В \cdot 8, \quad (7.5)$$

де Ч = 1 чел. – кількість проєктувальників;

У = 15 днів – тривалість проєктування;

$$T_{\text{п}} = 1 \cdot 15 \cdot 8 = 120 \text{ чел.-год};$$

$$K_{\text{п}} = 120 \cdot 120 = 14400 \text{ грн};$$

К = 0 – економія капіталовкладень;

$$K = 94948 + 0 + 0 + 0 + 14400 + 0 - 0 = 109348 \text{ грн.}$$

7.3.2 Розрахунки додаткових поточних витрат

Величина додаткових поточних витрат, І, грн.:

$$I = З + I_{\text{Е}} + I_{\text{ОТ}} + I_{\text{ОС}} + \text{ІМ} + I_{\text{П}}, \quad (7.6)$$

де З = 0 грн/рік – витрати на персонал;

$I_{\text{Е}} = 0$ грн/рік – вартість додатково споживаних енергоресурсів;

$I_{\text{ОТ}}$ – додаткові витрати на поточний ремонт і амортизацію устаткування:

$$I_{\text{ОТ}} = \frac{(K_{\text{б}} + K_{\text{в}} + K_{\text{и}}) \cdot N_{\text{ар}}}{100}, \quad (7.7)$$

де $K_{\text{б}} = 94948$ грн – балансова вартість основного устаткування;

$K_B = 0$ грн – вартість допоміжного й резервного устаткування;

$K_H = 0$ грн – витрати на створення додаткової інфраструктури;

$N_{ap} = 20\%$ – норма витрат на поточний ремонт і амортизацію;

$$I_{от} = \frac{(94948 + 0 + 0) \cdot 20}{100} = 18990 \text{ грн/рік};$$

$I_{oc} = 0$ грн /рік – додаткові витрати на поточний ремонт і амортизацію будинків і приміщень;

$I_{п} = 1500$ грн /рік – інші додаткові витрати;

$I_M = 0$ грн /рік – додаткові витрати основних, допоміжних матеріалів, приладів;

$$I = 0 + 0 + 18990 + 0 + 0 + 1500 = 20490 \text{ грн /рік.}$$

7.3.3 Розрахунки економії поточних витрат при реалізації проекту

Економія поточних витрат, E_T , грн/рік:

$$E_T = E_C + E_3 + E_y + E_B + E_K + E_H + E_O - I \quad (7.8)$$

де $E_C = 0$ грн/рік – економія від зменшення витрат сировини, матеріалів, палива, електроенергії;

$E_3 = 0$ грн/рік – економія на заробітній платі;

$E_y = 0$ грн/рік – економія на умовно-постійній частині витрат;

E_B – економія, від зменшення бракованої продукції:

$$E_B = (P_1 - P_2) \cdot C_{ip}, \quad (7.9)$$

де P_1 500 кг/рік – маса бракованої продукції до впровадження проекту;

$P_2 = 200$ кг/рік – маса бракованої продукції після впровадження проекту;

$C_{ін} = 95,10$ грн /кг – ціна одиниці продукції;

$$E_B = (500 - 200) \cdot 95,10 = 28530 \text{ грн/рік};$$

$E_K = 0$ грн/рік – економія, від підвищення якості продукції;

E_H – економія, від підвищення рівня надійності
устаткування:

$$E_H = (ПРО_1 - ПРО_2) \cdot B, \quad (7.10)$$

де $ПРО_1 = 8$ – кількість позапланових зупинок устаткування в рік до впровадження проекту;

$ПРО_2 = 4$ – кількість позапланових зупинок устаткування в рік після впровадження проекту, $ПРО_2 = 4$;

$У$ – збиток, викликаний однією позаплановою зупинкою устаткування, $B = 6745,5$ грн;

$$E_H = (8 - 4) \cdot 6745,5 = 26983 \text{ грн/рік};$$

$E_O = 0$ грн/рік – економія на витратах ремонті й експлуатації
Устаткування;

$I = 16023$ грн/рік – величина додаткових поточних витрат;

;

$$E_T = 0 + 0 + 0 + 28530 + 0 + 26983 - 0 - 20490 = 35023 \text{ грн/рік}.$$

7.2.4 Розрахунки річного економічного ефекту і рентабельності капіталовкладень

Річний економічний ефект:

$$E = E_T - E_H \cdot K, \quad (7.11)$$

де $E_H = 0,15$ – середньогалузевий коефіцієнт економічної ефективності капіталовкладень;

$K = 109348$ грн – капітальні витрати;

$E_T = 35023$ грн – економія поточних витрат;

$$E = 35023 - 0,15 (109348 = 18620 \text{ грн.}$$

Розрахунковий термін окупності капіталовкладень:

$$T_o = \frac{K}{\square\Pi}, \quad (7.12)$$

$$T_o = \frac{109348}{53530} = 2,04 \text{ року.}$$

Час реалізації проекту:

$$T_P = T_{\Pi} + T_{И} + T_M + T_{OE}, \quad (7.13)$$

де $T_{\Pi} = 15$ днів – час, необхідний на проектування;

$T_{И} = 22$ дні – час, необхідний на виготовлення та отримання комплектуючих;

$T_M = 22$ дні – час на складання, монтаж і налагодження устаткування;

$T_{OE} = 5$ днів – час на обкатку устаткування;

$$T_p = 15 + 22 + 8 + 5 = 45 \text{ днів.}$$

Ріст прибутків підприємства:

$$\Delta\Pi = (\Pi_2 - Z_2) \cdot V_2 - (\Pi_1 - C_1) \cdot V_1, \quad (7.14)$$

де, $\Pi_1 = \Pi_2 = 95,10$ грн/рік – ціна продукції до й після впровадження проекту;
 $Z_1 = Z_2 = 85$ грн/кг – собівартість продукції до й після впровадження проекту;
 $V_1 = 600000$ кг/рік, $V_2 = 605300$ кг/рік – обсяг продукції, що випускається до і після модернізації.

$$\Delta\Pi = (95,10 - 85) (605300 - (95,10 - 85)) 600000 = 53530 \text{ грн/рік}$$

Показник рентабельності:

$$P = \frac{\Delta\Pi}{K} \cdot 100\% , \quad (7.15)$$

де $\Delta\Pi = 53530$ грн/рік –прибуток підприємства;

$K = 109348$ грн –капітальні витрати;

$$P = \frac{53530}{109348} \cdot 100 = 49 \% .$$

Рентабельність продукції $R_{\text{ПР}}$, %:

$$R_{\text{ПР}} = \frac{\Pi}{C} \cdot 100 , \quad (7.16)$$

де Ц = 95,10 грн /кг – ціна одиниці продукції;

С = 85 грн/кг – собівартість одиниці продукції;

$$P_{\text{пр}} = \frac{95,10}{85} \cdot 100 = 118 \% .$$

Висновок: Таким чином проект є економічно вигідним і доцільним: показник рентабельності капіталовкладень - 49%, строк окупності - 2,04 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Драгилев А.И. Оборудование для производства мучных кондитерских изделий. – М.: Агропромиздат, 1989г. – 320 с.
2. Драгилев А.И., Сезанаев Я.М. Технологическое оборудование предприятий кондитерского производства : Учебник для ВУЗов. – М.: Колос, 2000г. – 496 с.
3. Маршалкин Г.А. Технологическое оборудование кондитерских фабрик : Учебник для ВУЗов. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984г. – 448 с.
4. Драгилев А.И., Невзоров Т.М. Практикум по расчетам оборудования кондитерского производства. – М.: Агропромиздат, 1990г. – 174с.
5. Лунин О.Г., Драгилев А.И., Черноиванник А.Я. Технологическое оборудование предприятий кондитерской промышленности. – 3-е изд., - М.: Легкая и пищевая пр-сть, 1984г. – 320 с.

6. Научно-технический реферативный сборник – Кондитерская промышленность. Выпуск 12. Оборудование для производства вафель.
7. Справочник кондитера / Под ред. Е.Н. Журавлевой, 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Пищевая промышленность. Ч1 : Сырье и технология кондитерского производства, 1966г. – 712 с.
8. Справочник кондитера / Под ред. Е.Н. Журавлевой, 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Пищевая промышленность. Ч2 : Технологическое оборудование предприятий кондитерской промышленности. – 1970г. – 816 с.
9. Чернавский Проектирование механических передач
10. Курсовое проектирование деталей машин. Учеб. пособие для учащихся машиностроительных специальностей техникумов / С.А. Чернавский, К.Н. Боков, И.М. Чернин и др. – 2-е изд. перераб и доп. – М.: Машиностроение, 1988г. – 416 с.: ил.
11. Анурьев В.Н. Справочник конструктора – машиностроителя. том.2 / Под ред. И.Н. Жестовой – 8-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2001г. – 912 с.
12. Практикум по курсу «Ремонт и монтаж оборудования пищевых производств»: Учеб. пособие / М.Г. Парфенопуло, А.А. Шевцов, С.А. Назаров, С.В. Шахов; Воронеж. гос. технол. акад. Воронеж, 1996. 116 с.
13. Гальперин Д.М. Монтаж и наладка технологического оборудования предприятий пищевой промышленности. Справочник. – М.: Агропромиздат, 1988. – 320 с.: ил.
14. Руководство к выполнению курсового и разделу дипломного проекта по автоматизации: Учеб. пособие / В.К. Битюков, В.Л. Мурзинов; Воронеж. гос. технол. акад. Воронеж, 2001. 70 с.
15. Черенков В.В. Промышленные приборы и средства автоматизации: Справочник. – Л.; 1987. – 874 с.
16. Кошарский Б.Д. Автоматические приборы, регуляторы и управляющие машины Справочное пособие. Изд. 2-ое, перераб. и доп. М., 1968 г.

17. Безопасность и экологичность проекта: Метод. Указания для выполнения дипломного проекта, «Безопасность и экологичность проекта» / Воронеж. гос. технол. акад. Воронеж, 1998г. 24 с.
18. Руководство к выполнению экономической части дипломного проекта по специальности 170600/ Воронеж. гос. технол. акад.; Сост. В.М. Баутин, Н.В. Сироткина. Воронеж, 2003. 28 с.
19. Методические указания к оформлению расчетно-проектных, расчетно-графических, курсовых и дипломных проектов / Воронеж. гос. технол. акад.; Сост. Ю.Н. Шаповалов, В.Г. Савенков, Е.В. Вьюшина. Воронеж, 2003г. – 59 с.