

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра галузевого машинобудування та агроінженерії

ДИПЛОМНА РОБОТА

ОС «Магістр»

Тема „Реконструкція лінії з виготовлення вафель на ТОВ «Кондфіл»”

Галузь знань

13 Механічна інженерія

Спеціальність

133 Галузеве машинобудування

Спеціалізація

Машини і апарати харчових виробництв

Шифр ДПМАХВ 24.25.00.00.000 ПЗ

Студент гр. МАХВ_м-23-1

Керівник роботи

До захисту допускаю:

Завідувач кафедри ГМА



Садовий І.Ю.

к.т.н., доц. Мартинюк А.В.

к.т.н., доц. Мартинюк А.В.

_____ 2024 р.

Хмельницький, 2024р.

АНОТАЦІЯ

У дипломному проекті проводиться модернізація (вдосконалення) устаткування в лінії виробництва глазурованих вафель в умовах виробництва. 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 глазурованих 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 презентації (10 слайдів) і пояснювальної записки (кількість аркушів А4 - 105).

ВСТУП

Значне місце серед продукції харчової промисловості України займають кондитерські вироби. Кондитерська промисловість України виробляє харчові продукти з тривалим терміном зберігання, високою калорійністю й

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

Завдяки будівництву великих механізованих і автоматизованих фабрик було значно поліпшено географічне розташування кондитерської промисловості. Кондитерські фабрики було максимально наближено до районів споживання. Значно змінився асортименти виробів, збільшилася частка виробів, що користуються підвищеним попитом у населення, з'явилися лікувальні (діабетичні, дитячі) кондитерські вироби.

Таким чином, кондитерська галузь була з напівкустарного в індустріальне автоматизоване виробництво. Це було досягнуто завдяки корінній реконструкції й розширенню старих фабрик і будівництву нових, створенню потокових комплексно-механізованих і автоматизованих потокових ліній.

Сьогодні кондитерська промисловість України являє собою індустріальне виробництво з високим рівнем механізації, великим енергетичним господарством, що вимагають великої кількості фахівців високої кваліфікації.

Створене індустріальне виробництво кондитерських виробів перетворило частину їх (карамель, цукерки) у повсякденний продукт споживання. Крім того, цукор став широко використовуватися й в інших продуктах харчування (соках, водах і т.д.). В підсумку надмірне вживання цукру викликає в населення поширення серцево-судинних захворювань. Ось чому виникла необхідність створення кондитерських виробів зі зниженим вмістом цукру. У кондитерських виробках крім надання смаку цукор ще відіграє роль консерванту. Ця властивість проявляється при масовій частці цукру 0,66. Зменшення частки цукру здійснюється за рахунок введення в рецептуру нетрадиційних видів сировини (фруктових і овочевих порошків, вторинних молочних продуктів, «пророщених» зерен тощо).

Подальший розвиток кондитерської промисловості України буде проходити по шляху застосування нових, більш досконалих, високопродуктивних ліній з

автоматизованим керуванням, з меншим впливом на навколишнє середовище, з меншим споживанням води, матеріальних, енергетичних і людських ресурсів. Досить перспективним напрямком є створення установок з рециркуляцією води, особливо тієї, яка утримується у сировині. Істотної механізації й автоматизації вимагають склади, а також ділянки приймання й зберігання сировини та готової продукції.

1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МАШИН ТА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ВАФЕЛЬ

1.1 Технологія виробництва й технологічна схема.

Вафлі – борошняні кондитерські вироби, що представляють собою тонкі випечені смужки, просолені з начинкою або без неї. Вафлі мають специфічну властивість – хруст кість. Це обумовлене низьким змістом вологи, рифленою поверхнею й дрібнопористою внутрішньою структурою. Вафлі є складовою частиною вафельних тортів, цукерок на вафельній основі й ін. Вафельні смужки й стаканчики застосовують при виробництві морозива.

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

Для прошарку вафель застосовують жирові, фруктові, помадні й інші начинки. Найбільша кількість вафель виробляють із жировими начинками, що представляють собою однорідну, добре збиту масу. Рецептатура жирової начинки включає жир, цукрову пудру, лецитин, крихту (здрібнені обрізки вафель), смакові добавки (есенції, лимонна кислота), а також барвники.

Сьогодні для виробництва вафель застосовують потокові лінії, у яких безперервні процеси випічки вафельних смужок, намазки й різання вафельних шарів сполучені з порціонним приготуванням готових вафель й жирових начинок. Розроблені також способи й устаткування для безперервного приготування вафель й жирових начинок.

Особливістю виробництва вафельних смужок є їх формування методом виливки й випічки в порожнині між двома металевими плитами, сполученими із зазором 2...3 мм. Якість виконання цих операцій суттєво залежить від точності дозування порції тіста при подачі його на формування, що обумовлено низькою в'язкістю тісту. Тісто з великою в'язкістю неточно дозується, крім того, воно повільно й нерівномірно розтікається по поверхні плити форми, у результаті вафельні заготовки мають різну товщину й нерівномірно випікаються.

Властивості вафельного тіста залежать від рецептури й технології виробництва. Кількість і якість клейковини, що втримується в борошні, дуже впливають на в'язкість тіста. Оптимальну в'язкість має вафельне тісто,

приготовлене з «слабкого» борошна, що містить не більш 32 % слабкої клейковини. «Слабким» вважають борошно, яке при замісі тіста нормальної консистенції поглинає відносно мало води. Тісто з такого борошна в процесі замісу й технологічної обробки змінює свої фізичні властивості в напрямку зниження в'язкості.

Для зниження в'язкості вафельного тіста необхідно обмежити набухаємість білкових речовин, що містяться в борошні. Цьому сприяють наявні в складі рецептури жировмістні компоненти. Позитивний ефект при їх застосуванні досягається за умови утворення жирового прошарку між найбільшим числом часток борошна, що перебувають в тісті. Для цього необхідно диспергувати і гомогенізувати жировмістні компоненти, тобто добитися тонкого подрібнювання жирової фази й рівномірного розподілу її в об'ємі тіста.

При диспергуванні жирів потрібно не тільки подрібнювати частки жиру, але й виключити їхнє повторне злипання. Це досягається при введенні до складу рецептури емульгаторів – поверхнево-активних речовин, що володіють здатністю при введенні в невеликих кількостях сприяти утворенню стійких жирових емульсій (сумішей води й жиру). Слід зазначити, що диспергування й гомогенізація жировмістних компонентів не тільки забезпечують зниження в'язкості вафельного тіста, але й дозволяють зменшити його вологість, скоротити кількість витікань при формуванні й виключити прилипання випечених вафельних заготовок до форм.

Консистенція вафельного тіста суттєво залежить від вологості, температури й тривалості замісу. Необхідна мінімальна вологість тіста, при якій забезпечується стійка дисперсна система, що не утворює «агрегати» із часток борошна. При температурі вище 20 °С збільшується в'язкість тіста внаслідок великого набухання білків клейковини, а при скороченні тривалості замісу тісто має нерівномірну густу консистенцію.

У процесі випічки необхідно вилучити з тіста значну кількість вологи (80 % до маси сухої речовини). Внаслідок великої поверхні випарювання у вафельних

формах і невеликої товщини заготовок процес випічки триває протягом 2...3 хв при температурі поверхні плит 150...170 °С. Найбільш інтенсивна вологовіддача спостерігається на початку випічки. Вафельне тісто з перших секунд випічки повинне одержувати від поверхонь, що гріють, вафельної форми найбільшу кількість теплоти. Це приведе до інтенсивного масообміну в контактному шарі, а як наслідок до найбільшої вологовіддачі тіста.

Особливістю випічки вафельного напівфабрикату є те, що розпушення тіста відбувається завдяки бурхливому паротворенню. Використання хімічних розпушувачів (гідрокарбонату натрію) незначно впливає на утворення пористої структури заготовок, але дозволяє збільшити крихкість заготовок.

Наприкінці випічки, коли відбувається видалення адсорбційно зв'язаної вологи, витрати теплоти слід зменшити, тому що інтенсивне підведення теплоти приводить до обвуглювання виробів у результаті різкого підвищення температури поверхні заготовок. Добре випечена заготовка легко знімається з вафельної форми, має нормальний колір і крихкість, що й вказує на момент закінчення процесу випічки.

Велике значення для одержання вафельних заготовок високої якості має процес охолодження їх після випічки. На деяких підприємствах вафельні заготовки після випічки складають у стопки й поміщають для тривалого вистоювання (до 10 год) у теплу камеру. При цьому способі вистоювання всі заготовки викривляються, а частина заготовок розтріскується. Заготовки такої якості можна намазувати начинкою тільки на малопродуктивних валкових машинах, що вимагають значних витрат ручної праці.

Охолодження вафельних заготовок (кожного окремо) при температурі й відносній вологості повітря в приміщенні є найбільш раціональним режимом охолодження, тому що при цьому збільшується площа тепловіддачі й за рахунок цього тривалість охолодження скорочується до 2...3 хв. Цей спосіб охолодження запобігає скривленню вафельних заготовок і дозволяє застосовувати машини для автоматизованої намазки заготовок начинкою.

Вафлі загортають у вологостійкі, жиро- і масло непроникні пакувальні матеріали: пергамент, пергамін, полімерна або комбінована плівка й ін. Строк зберігання вафель із жировими начинками становить від двох до шести місяців залежно від властивостей застосовуваного жиру й виду пакування.

Приготування вафель із начинкою можна розділити на наступні основні стадії й операції:

- підготовка сировини до виробництва: зберігання, змішування, просівання й дозування борошна, підготовка питної води, приготування водяного розчину суміші солі й соди, суміші рослинної олії й лецитину й наступного приготування із цих компонентів концентрованої емульсії для тіста, подрібнювання цукру-піску й вафельних обрізків, приготування водяного розчину суміші лимонної кислоти й есенції, суміші жиру й лецитину й наступного приготування із цих компонентів емульсії для начинки;

- приготування вафельного тіста: дозування борошна, води й концентрованої емульсії; заміс вафельного тіста;

- приготування начинки: дозування жиру, цукрової пудри й емульсії; заміс начинки;

- дозування вафельного тіста, виливок порцій тіста у вафельні форми й випічка вафельних заготовок;

- охолодження вафельних заготовок;

- приготування вафельних блоків;

- охолодження вафельних блоків;

- різання вафельних блоків на заготовки;

- упакування вафель у споживчу й транспортну тару.

Початкові стадії технологічного процесу виробництва вафель із начинками виконуються за допомогою комплексів устаткування для здрібнювання цукру-піску й вафельних обрізків, приготування емульсій для тіста й начинки. До складу цих комплексів входять ударно-відцентрові й валкові млини, розчинники, що

обігриваються ємності з мішалками, а також устаткування для дозування рецептурних компонентів.

Два наступні комплекси виконують заміси вафельного тіста й начинки. Вони складаються з дозуючого встаткування й місильних машин.

Провідний комплекс устаткування лінії призначений для одержання заготовок вафель і містить устаткування для формування, намазки, охолодження й різання вафельних шарів.

У заключний комплекс лінії входить устаткування для впакування вафель у споживчу й транспортну тару.

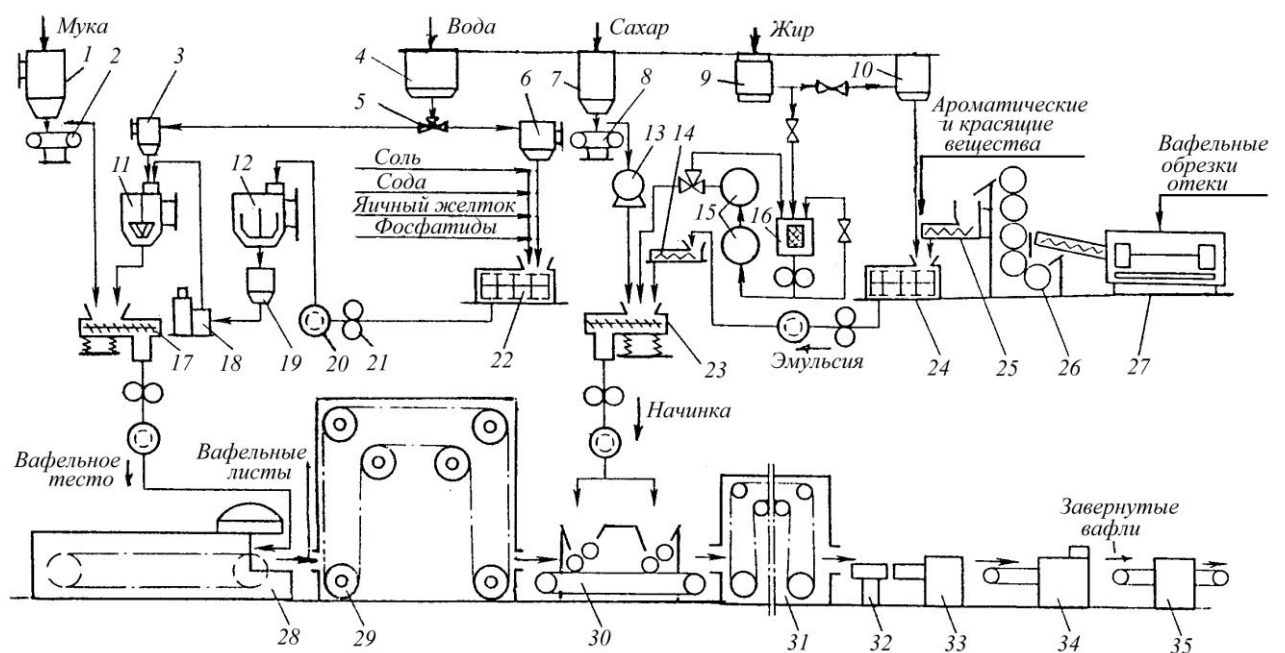


Рис.1.1. Машинно-апаратурна схема виробництва вафель

Приготування тіста безперервним способом здійснюється шляхом попереднього приготування емульсії із усіх компонентів рецептури, за винятком борошна, і наступного змішування її з борошном (рис.1.1).

Приготування емульсії проводять у такий спосіб. В емульсатор СМ1 періодичної дії з лопатами із частотою обертання 270 хв^{-1} , спочатку завантажують

жовток або меланж, попередньо розведений у воді в співвідношенні 1:1, потім рослинна олія, харчові фосфатиди, гідрокарбонат натрію (сода) у вигляді 7,5 %-ного розчину, сіль і перемішують протягом 10...15 хв. До отриманої з розподільного бака БР1 через кран К1 за допомогою порціонного дозатора Д5 додають приблизно 5 % загальної кількості води, що йде на заміс тіста, і перемішують ще 5 хв. Отриману концентровану емульсію подають насосом НД1 через фільтр Ф1 у видаткову ємність БР2 з мішалкою, звідки вона надходить у бачок постійного рівня БПУ. Бачок забезпечує стабільний напір на усмоктувальній лінії плунжерного насоса-дозатора НП, що направляє емульсію в гомогенізатор Г. У ньому при інтенсивному перемішуванні в невеликому обсязі концентрована емульсія змішується з кількістю, що залишилася, води, що подаємося з дозатора Д2 безперервної дії.

Після гомогенізатора Г розведена емульсія безупинно надходить у вібраційний змішувач СМВ1. Туди ж з бункера Б1 дозатором Д1 безупинно подається просіяне борошно. Безперервне інтенсивне змішування розведеної емульсії з борошном при одночасному впливі спрямованих вібраційних коливань дозволяє прискорити приготування вафельного тіста.

Із прийомного бачка змішувача готове тісто за допомогою насоса проціджується через фільтр і подається у видатковий бачок вафельної печі ПВ. Температура готового тіста повинна бути не вище 20 °С, вологість 58...65 %. Формування вафельних заготовок здійснюється шляхом виливки заданої порції тіста безпосередньо у форми печі ПВ. Тісто заповнює внутрішню порожнину товщиною 2...3 мм між металевими плитами вафельної форми. Стабілізація форми заготовок відбувається в результаті видалення вологи при випічці. Температура випічки становить 170...210 °С, тривалість випічки 2...3 хв, вологість випеченого вафельного заготовок 0,7...1,3 %, його маса – 48...52 г.

Вафельні заготовки з печі ПВ подаються на колиски конвеєра КО1 і охолоджуються до температури повітря в приміщенні цеху, а потім надходять у машину, що намазує, МН.

Безперервне приготування начинки здійснюється в такий спосіб. Вафельні обрізки й відтечи попередньо подрібнюють у меланжері МЛ, а потім у п'ятивалковому млині М. Отримана вафельна крихта подається шнековим дозатором ДШ2 у змішувач СМ2. У нього ж з машини МТ1 за допомогою дозатора ДЗ подається розплавлений жир (близько 20 % загальної його кількості, що йде на приготування начинки), у якому розчиняють лецитин. У прийомну горловину змішувача СМ2 дозують також розчини лимонної кислоти, ароматизатора й барвника. У результаті змішування цих компонентів виходить пастоподібна емульсія, яка шестеренним насосом подається через фільтр у дозатор безперервної дії ДШ1. З нього емульсію дозують у віброзмішувач СМВ2.

Жир (у блоках) подають у машину, МТ1 і після переходу в рідкий стан більша частина жиру насосом безупинно подається в охолоджувач ПРО1 через сітчастий фільтр ФС.

Завдяки охолодженню до 20...23 °С и механічній обробці жир здобуває сметаноподібну консистенцію з більшою кількістю центрів кристалізації й безупинно завантажується у вібраційний змішувач СМВ2.

Цукор-Пісок з бункера Б2 дозатором Д4 подається в мікромлин ММ, звідки у вигляді пудри направляється у віброзмішувач СМВ2.

У результаті інтенсивної обробки суміші перерахованих вище рецептурних компонентів у віброзмішувачі СМВ2 утворюється збита жирова начинка. Вона насосом через сітчастий фільтр подається в прийомну горловину машини, що намазує, МН.

У цій машині за допомогою механізмів, що намазують, на заготовки наноситься шар начинки, а після укладання намазаних заготовок у стопки утворюються багатошарові вафельні шари. На виході з машини МН шари укладають на колиски конвеєра охолоджуючого апарата ДО2, а потім штабелером ШТ у стопки. Далі шари розрізають на окремі вироби за допомогою різальної машини МР. Загортковою машиною МЗ вафлі впаковують у пакети або пачки, які

потім укладають у гофроящики, що заклеюються машиною МЗК. Готова продукція направляється на склад.

1.2 Призначення й класифікація основного устаткування

1.2.1 Призначення й класифікація автоматичних машини для нанесення начинки

Автоматичні машини для нанесення начинки АК, АФ і АФН (рис. 1.2) служать для нанесення прошарку крему, штабелювання вафельних заготовок і наступного калібрування вафельних блоків.

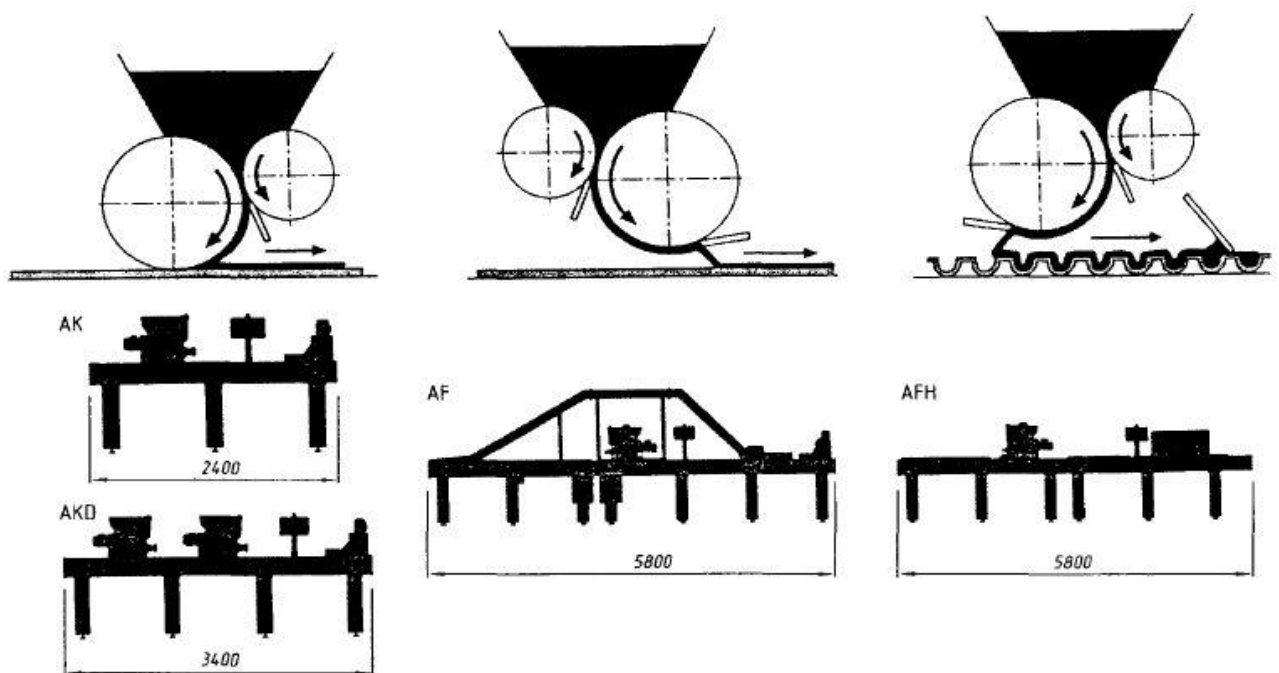


Рис. 1.2 Машина АК

Автоматична машина для нанесення начинки АК призначена для виготовлення вафельних блоків з однієї або декількома прошарками крему. Нанесення крему виконується контактним способом, придатним для всіх легконамазуваних кондитерських мас.

Машина складається з контактної намазочної головки, секції штабелювання й притискного пристрою. Вона працює в такий спосіб.

Згідно з бажаним складом вафельного блоку прошарок крему наноситься на обрану кількість підлягаючих намазці вафельних заготовок, що намазується, також проводиться під намазочною головкою, однак він не доторкається до намазочного валика, оскільки для переривання нанесення крему конвеєрна стрічка опускається. Точне укладання вафельних заготовок із прошарком крему й укладання покривної заготовки виконується на наступній секції штабелювання. Притискний пристрій калібрує вафельні блоки на бажану товщину й забезпечує гарне зчеплення між вафельними заготовками й прошарками крему. Завдяки додатковій намазочній головці вафельні блоки можуть виготовлятися із двома різними прошарками крему (тип АКД).

Автоматична машина для нанесення начинки АФ призначена для виготовлення вафельних блоків з однієї або декількома прошарками крему. Нанесення крему виконується плівковим способом, особливо придатним для досягнення високої продуктивності при використанні пастоподібних кремкових начинок і шоколадних мас, а також для всіх легконамазуваних кондитерських мас.

Машина складається із транспортуючого пристрою з роз'єднувальною стрічкою, намазочної головки для плівкового нанесення прошарку, секції штабелювання, секції укладання покривної заготовки й притискного пристрою. Вона працює в такий спосіб. Вафельні заготовки подаються по транспортуючій установці до намазочної машини, розподіляються згідно з бажаним складом вафельного блоку й передаються до намазочної головки й секції укладання покривної заготовки. Для нанесення крему плівковим способом вафельні заготовки проводяться безперервним потоком під намазочною головкою й потім точно укладаються одна на другу. Покривні заготовки подаються по транспортері, розташованому над намазочною головкою, на секцію укладання покривної заготовки, де вони укладаються для комплектування вафельного блоку.

Калібрування вафельних блоків на бажану толщину виконується на наступній притискній секції.

Автоматична машина для нанесення начинки АРН 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 в такий спосіб. Вафельні заготовки подаються безперервним потоком, проводяться під намазочною головою, виконується нанесення крему, і поглиблення пустотілі вафельні форми наповнюються кремом за допомогою намазочного пристрою. Відповідно дві пустотілі фігурні вафельні заготовки, наповнених начинкою, укладаються для утворенню вафельного блоку й калібруються.

Для фігурних продуктів з начинкою, що містить горіх, горіхову крупку або крихту, намазочна установка може бути комбінована додатковим пристосуванням.

1.2.2 Призначення й класифікація автоматичних різальних машин

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

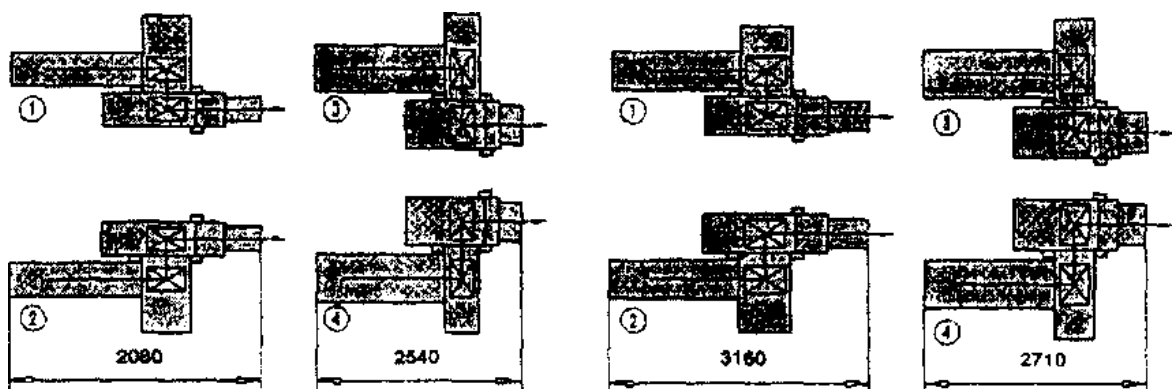


Рис. 1.3 Варіанти розташування різальної машини

Переробка вафельних блоків виконується окремо або у вигляді штабеля до максимальної висоти штабеля 80 мм.

Продуктивність — до 10 вафельних блоків або штабелів блоків/хв.

1.3 Патентний пошук

1.3.1 Пристрій для випічки вафельних виробів

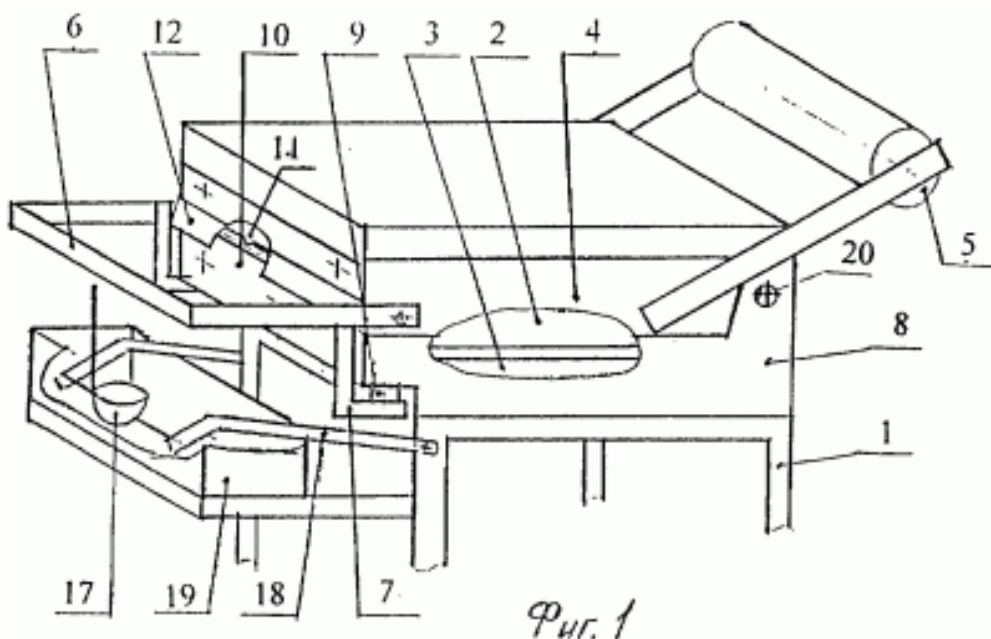


Рис. 1.4. Винахід СР №2193850 UA

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

Відома хлібопекарська піч із формами, що закриваються ы які складаються із двох напівформ для випічки тонкостінних формових виробів, захищена патентом СР №2193850 UA, кл. А 21 В 5/02, опубл. 2002.12.10.

Піч не дозволяє випікати вафельні вироби. Недоліком є також утруднений доступ до верхньої напівматриці.

Найбільш близьким до нашої машини і який обраний у якості прототипу, є пристрій для випічки порожніх виробів, захищений патентом РФ №2121274, кл. А 21 В 5/02, опубл. 1998.11.10. Пристрій призначений для випічки порожнистих виробів, але може бути використаний й для випічки вафельних виробів. Відомий пристрій містить раму з рознімною прес-формою, дозатор, нагрівальні елементи, розміщені сосно. Вироби випікаються у середині кожного закріпленого пуансона, на хвостовій частині якого встановлено запірне кільце з паровиводячими каналами, і блок керування.

Недоліком відомого пристрою є: незручність у використанні за рахунок утрудненості доступу до матриць, складність конструкції й значні енерговитрати за рахунок пневмоприводу.

Тому у дипломному проекті стоїть задача створення недорогого, високонадійного устаткування для харчової промисловості й малого бізнесу.

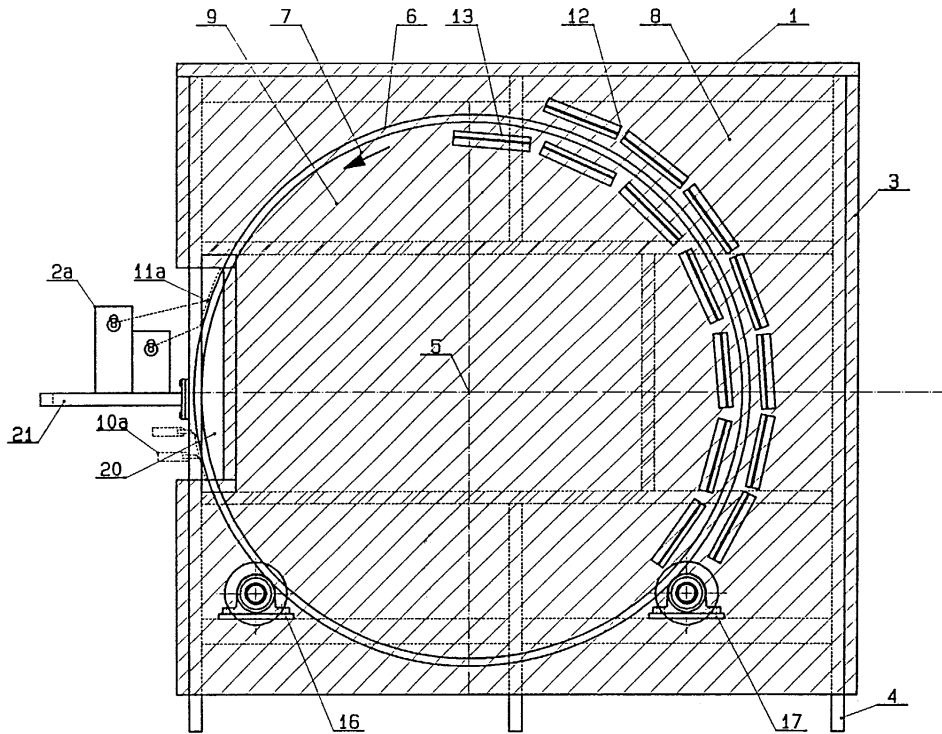
Технічний результат від використання винаходу полягає в підвищенні зручності в експлуатації й спрощенні конструкції.

1.3.2 Установа для випічки нескінченних вафельних стрічок

Винахід стосується хлібобулочної промисловості і застосовується для випікання вафельних смужок з тіста, які складаються основному з борошна, одержуваного із зерна, і води, які випікаються на рухомих поверхнях, що нагріваються. Ці вафельні смужки і відправляють на проміжне зберігання для подальшої переробки, або їх розділяють на окремі заготовки й відправляють на проміжне зберігання.

У харчовій промисловості відомі установки для випічки вафельних заготовок, у яких рідке або пастоподібне тісто, що складається в основному з борошна й води, наноситься на безупинно обертаючій поверхні для випічки і яке

в процесі сушіння або випічки перетворюється в безперервну стрічку, яку безупинно знімають із поверхні, що рухається по колу.



Фиг. 1

Рис. 1.5. Машина для випічки вафель

Подібні пристрої для випічки оснащені, як із зовнішньої сторони так і з зовнішньої поверхнями які нагріваються та рухаються по колу, на зовнішній стороні якого є поверхня, що рухається по колу, для випічки, рухаючись основою через зовнішню стаціонарно-розташовану зону випічки, на початку якої розташований пристрій для нанесення тіста, а наприкінці - пристрій для зняття стрічки. Пристрій для нанесення тіста утворює на поверхні, що рухається по колу безперервну смугу з тіста, яка в зоні випічки пропікається і яка наприкінці зони випічки за допомогою пристрою для зняття стрічки безупинно знімається з поверхні, що рухається по колу.

У якості основи, що рухається по колу для випічки найчастіше використовується обертовий барабан. Обертова втулка барабана перебуває на розташованій горизонтально обертовій осі. Бічна циліндрична поверхня барабана для випічки з'єднана із втулкою через опору й закріплена на свої зовнішній

стороні, поверхню для випічки вафельного шару. Барабан для випічки охоплює внутрішній простір і включає в себе опорну конструкцію й втулку барабана для випічки, а також нагрівальний пристрій для нагрівання внутрішньої сторони бічної поверхні барабана. Барабан для випічки оточує зовнішній простір на барабані закріплено пристрій для нанесення тіста й розташоване за ним у напрямку обертання барабана для випічки пристрій для зняття стрічки, а також нагрівальний пристрій для нагрівання зовнішньої сторони барабана для випічки.

1.4 Обґрунтування технічного завдання для дипломного проекту

На основі аналізу літературних джерел і патентного пошуку була запропонована модернізація різальної машини SB-9/1. Метою модернізації є зниження кількості бракованих виробів, а також з метою підвищення стійкості вафельної емульсії запропоновано замінити гомогенізатор на гідродинамічний перетворювач.

Для зменшення впливу ІЧ-випромінювання від вафельної печі запропоновано встановити захисний екран із захисного скла.

2 ОПИС РОБОТИ МАШИН ДО МОДЕРНІЗАЦІЇ

2.1 Машина автоматична різальна SB-9/1

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

Являє собою зварену станину з поздовжніми й поперечними столами, на яких змонтовані пересувні каретки з рейками, а також рамки для кріплення струн. На каретках встановлені прижимні пристрої з рукоятками для притискання шарів вафель.

Електродвигуни й редуктори поздовжньої й поперечної передач, на вихідних валах яких насаджені рейкові шестірні, що перебувають у зчепленні з рейками, розміщені в середині станини.

У даному дипломному проекті при модернізації різальної машини для вафельних пластів SB-9/1 була впроваджена нова конструкція ріжучого пристрою. Однією з переваг запропонованої конструкції є зниження кількості обривів ріжучої струни в порівнянні із традиційними конструкціями ріжучих пристроїв. Для виявлення причин, що обумовлюють обрив струн пристрою, була проведена дослідницька робота, у процесі якої був проведений порівняльний аналіз різних схем закріплення струн у ріжучих пристроях.

Пристрій для різання кондитерських вафельних пластів, що містить рамку зі струнами та має верхній і нижній шарніри для кріплення струн, що відрізняється тим, що, з метою підвищення надійності й поліпшення якості продукції за рахунок забезпечення необхідного натягу струн залежно від зусиль різання забезпечений пристроєм для натягу струн. Пристрій складається із вертикального стержня, розміщеного в середині порожнистого вала й зв'язаного з валом за допомогою пружини (рис.1.6). При цьому струни встановлені в сферичних шарнірах і кінематично пов'язані з вертикальним стержнем, за допомогою кулачка й рифленого пальця.

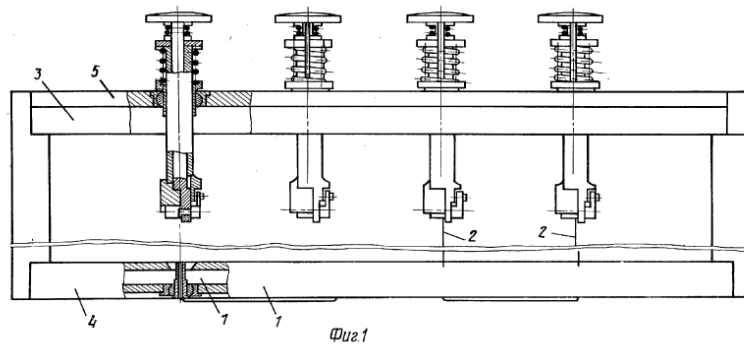


Рис.2.1. Пристрій для натягу струн

2.2 Гідродинамічний перетворювач АГБ-1П

У дипломному проекті також запропоновано конструкцію гідродинамічного перетворювача, який встановлено на заміну гомогенізатору для підвищення стійкості вафельної емульсії.

Установка складається з насоса, ультразвукового перетворювача АГБ-1П, фільтра, усередині якого встановлена змінна фільтрувальна сітка.

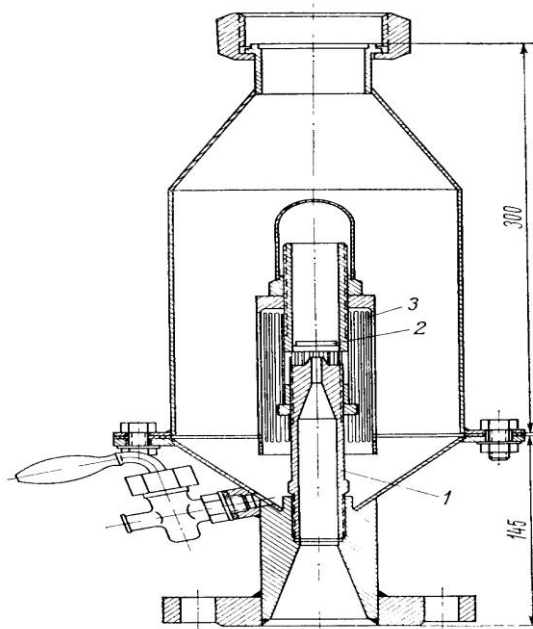


Рис. 2.2. Гідродинамічний перетворювач

На рис. 2.2 показаний у розрізі ультразвуковий гідродинамічний перетворювач (вібратор) АГБ-1П.

Суміш, виходячи із сопла 1, ударяється увідбивач 2 і віхреподібним потоком потрапляє на пластини резонатора 3, змушуючи їх коливатися. Виникаючі при цьому пружні коливання передаються рідкій суміші. В результаті багаторазового проходження суміші через багатостержневий гідродинамічний вібратор виходить стійка мілкодисперсна емульсія.

Конструкція передбачає також варіант однократного проходження суміші через емульсатор. Установка обладнена манометром мембранного типу й запобіжним клапаном.

2.3 Захисний скляний екран

Захисний екран являє собою конструкцію, що складається з металевої рами прикріпленої до фундаменту. На неї закріплюється склопакет з енергозберігаючого S-скла (скло з м'яким прозорим покриттям на поверхні).

Для виготовлення застосовується процес вакуумно-магнетронного напилювання шару – срібла. За рахунок шару срібла поверхня скла стає електропровідною, і електромагнітне випромінювання понад певну хвильову довжину здебільшого відбивається від цієї металевої поверхні (рис.2.3).

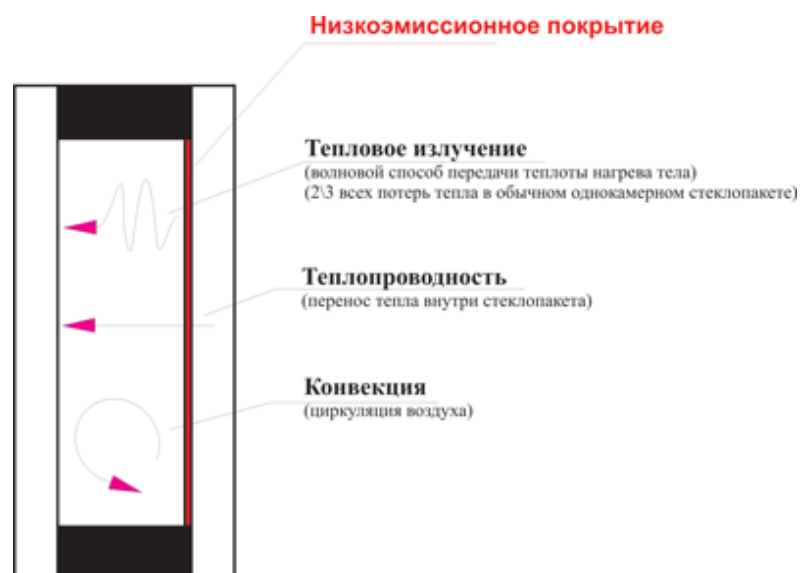


Рис.2.3. Будова захисного S-скла.

Довгохвильове інфрачервоне випромінювання відбивається. Тепло з печі яке випромінюється проходячи через таке скло, не зможе вийти назовні.

Застосування S-скла дозволить відбивати й акумулювати до 70% інфрачервоного випромінювання від вафельної печі.

3 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

3.1 Технологічні розрахунки

3.1.1 Визначення продуктивності різальної машини SB-9/1

Основною характеристикою роботи різальної машини є її продуктивність G , кг/год, яка визначається по формулі [4]

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

де I_1 – кількість струн ріжучої рами установки поздовжнього різання вафельних шарів, шт, $I_1=12$;

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

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

T_2 - час одного руху штовхача установки 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 Визначення матеріалоємності машини

Для оцінки машини по витратах матеріалів при її виготовленні використовуються питома маса $M_{уд}$, кг/(кг/год), що розраховується по формулі:

$$M_{уд} = \frac{M}{G}; \quad (3.2)$$

де M – маса машини, кг, $M=410$ кг;

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

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

3.1.3 Визначення компактності машини

Для оцінки компактності машини визначаються питома площа $F_{\text{уд}}$ $\text{м}^2/(\text{кг}/\text{год})$ і питома обсяг, займаний машиною $V_{\text{уд}}$, $\text{м}^3/(\text{кг}/\text{год})$

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

де L – довжина машини, м, $L=2,39$ м;

B – ширина машини, м, $B=1,705$ м;

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

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

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

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

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

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

3.1.4 Визначення продуктивності глазирувальної машини PRMT-2

Продуктивність глазирувальної машини P , $\text{кг}/\text{год}$, розраховується по наступній формулі [5]

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

де z - кількість поздовжніх рядів вафель, що подає транспортері, $z = 12$;
 m - кількість поперечних рядів вафель на 1 метрі довжини, що подає транспортер, знаходимо за виразом [5]:

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

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

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

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

k – кількість глазурованих вафель в 1 кілограмі, шт/кг, $k = 28$ 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 , H , що виникає при різанні вафельних шарів, визначається по формулі [4]

$$F = F_p + F_{тр}, \quad (3.7)$$

де F_p - сила, що виникає при проходженні вафельного шару через ріжучу раму, H , розраховується по формулі [4]

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

де $F_{уд}$ - питоме зусилля різання для вафельних шарів, Н/м, $F_{уд} = 700$ Н/м;
 d_c - діаметр струни ріжучої рами, м, $d_c = 5 \cdot 10^{-4}$ м;
 n - довжина ріжучої частини струни, м, $n = 0,08$ м;
 m - кількість струн у ріжучій рамі, для поздовжнього різання; $m_1 = 13$,
для поперечної $m_2 = 4$;
 $\eta_{отн}$ - безрозмірна величина, що враховує пористість вафельного заготовок, $\eta_{отн} = 0,7$;
 K_k - конструктивний коефіцієнт враховуючий ступінь використання ріжучих струн, $K_k = 0,8$;
 $F_{тр}$ - сумарна сила тертя, що виникає при просуванні вафельного шару штовхачем, розраховується по формулі [4]:

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

тут $F_{тр.г}$ - сила тертя в підшипникових вузлах штовхача, розраховується за формулою [4]:

$$F_{тр.г} = f_1 \cdot m_r \cdot g, \quad (3.10)$$

де f_1 - коефіцієнт тертя з урахуванням рідинного змащення, $f_1 = 0,05$;
 m_r - маса штовхача, кг, для поздовжнього різання $m_{r1} = 4$ кг, для поперечного різання $m_{r2} = 3,6$ кг;
 $g = 9,81$ м/с²;

для поздовжнього різання:

$$F_{\text{тр.т1}} = 0.05 \cdot 4 \cdot 9.81 = 1.96 \text{ Н};$$

для поперечного різання:

$$F_{\text{тр.т2}} = 0.05 \cdot 3.6 \cdot 9.81 = 1.77 \text{ Н}.$$

$F_{\text{тр.пл}}$ - сила тертя, Н, що виникає при просуванні вафельного шару по столу, розраховується за формулою: [4]

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

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

$m_{\text{пл}}$ - початкова маса шару, кг, перед поздовжньому різанням, $m_{\text{пл}} = 8$ кг, маса вафельного шару перед поперечним різанням визначається по формулі [4]

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

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

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

для поздовжнього різання

$$F_{\text{тр.пл1}} = 0,7 \cdot 8 \cdot 9,81 = 55 \text{ Н},$$

для поперечного різання

$$F_{\text{трп12}} = 0,7 \cdot 7,6 \cdot 9,81 = 52,2 \text{ Н.}$$

Визначення максимальної сили різання для поздовжнього різання:

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

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

$$F_1 = 224 + 57 = 281 \text{ Н.}$$

Визначення максимальної сили різання для поперечного різання:

$$F_{\text{р2}} = 1000 \cdot 700 \cdot 5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,08 \cdot 4 \cdot 0,7 \cdot 0,88 = 69 \text{ Н,}$$

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

$$F_2 = 69 + 54 = 123 \text{ Н.}$$

Потужність N , Вт, яка витрачається для розрізування вафельного шару перебуває по наступній формулі

$$N = F \cdot v_{\text{ш}} , \quad (3.13)$$

де F - сумарна сила, Н, що враховує максимальне зусилля різання й силу натягу тяговому ланцюга механізму різання, обумовлена по формулі: [9]

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

де F_1 - максимальне зусилля різання, Н, $F_1 = 281$ Н;

F_H - сила натягу тяговому ланцюга, Н, $F_H = 300$ Н;

$$F = 281 + 300 = 581 \text{ Н},$$

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

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

Потужність привода механізму різання визначається по формулі: [9]

$$N_M = \frac{N \cdot K_3}{\eta}, \quad (3.15)$$

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

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

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

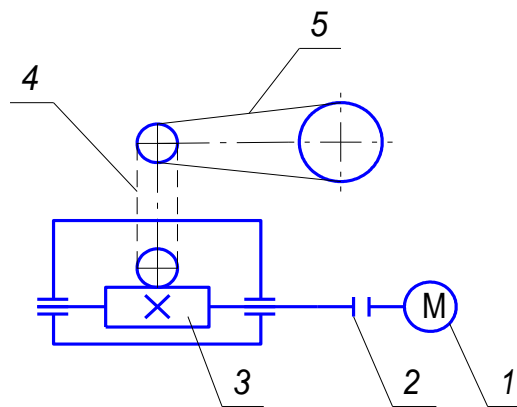
На підставі отриманих результатів для привода механізму штовхача поздовжнього різання приймаємо мотор-редуктор типу МЦ2СФ-40-63-0, Ц-В3, потужністю 0,55 кВт і частотою обертання вихідного вала 63 хв⁻¹ [9].

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

3.2.2 Кінематичний розрахунок глазурувальної машини PRMT-2

У даному розділі здійсимо розрахунок приводу, що приводить в рух транспортер глазурувальної машини.

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



1- електродвигун; 2- муфта; 3- редуктор черв'ячний; 4- передача ланцюгова; 5- передача ремінна.

Рис. 3.1 - Кінематична схема приводу глазурувальної машини.

Потужність електродвигуна P , Вт, визначимо по формулі [9]

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

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

$v_{\text{тр}}$ - швидкість транспортера, м/с, $v_{\text{тр}} = 0,053$ м/с;
 η - к.п.буд. привода, що розраховується по формулі

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

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. ремінної передачі, $\eta_{\text{рп}} = 0,95$;

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

Далі визначимо частоту обертання електродвигуна $n_{\text{дв}}$, хв^{-1} , по формулі:

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

де $n_{\text{вих}}$ - частота обертання приводного вала транспортера, хв^{-1} , що розраховується по формулі

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

де D_3 – діаметр приводної зірочки, м, обумовлений по формулі

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

де z – число зубів зірочки, $z = 30$;

t – крок зубів зірочки, мм, $t = 15,9$ 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, що розраховується по формулі:

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

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 ремінної передачі, обумовлене по формулі

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

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

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

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

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

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

За результатами проведених розрахунків обираємо електродвигун типу АИР71В6 трифазний, закритий, що обдувається, із синхронною частотою

обертання 1500 хв^{-1} , потужністю $0,55 \text{ кВт}$, ковзанням $8,5 \%$. Також приймаємо черв'ячний редуктор типу РЧН-210-34-II, з передаточним числом 34, міжосьовою відстанню 210 мм , виконання II [9].

3.3 Енергетичний розрахунки машини для різання вафельних шарів

3.3.1 Визначення сумарної потужності машини

Сумарна потужність $N_{\text{общ}}$, кВт, споживана різальної машини визначається по формулі:

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

де N_1 - потужність, споживана приводом механізму поздовжнього різання вафельних шарів, кВт, $N_1 = 0,55 \text{ кВт}$;

N_2 - потужність, споживана приводом механізму поперечного різання вафельних шарів, кВт, $N_2 = 0,55 \text{ кВт}$;

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

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

3.3.2 Визначення питомої витрати енергії

Основною характеристикою енергоємності процесу, реалізованого різальною машиною, є питома витрата енергії $E_{\text{уд}}$, яку можна розрахувати по формулі:

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

де $N_{\text{общ}}$ - сумарна потужність, споживана машиною, кВт, $N_{\text{общ}} = 1,65$ кВт;
 G - продуктивність резательной машини, кг/год, $G = 179$ кг/год;

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

3.4 Тепловий розрахунки глазурувальної машини PRMT-2

Тепловий розрахунки проводиться з метою визначення витрати води для нагрівання, яка подається в сорочку ванни підігріву шоколадної глазури.

Загальна кількість теплоти $Q_{\text{общ}}$, Дж/год, затрачуваної на нагрівання шоколадної глазури у ванні, що гріє, розраховується по формулі: [5]

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

де $Q_{\text{н}}$ - витрата тепла на нагрівання глазури, Дж, обумовлений по формулі [5]

$$Q_{\text{н}} = G_{\text{г}} \cdot c \cdot (t_{\text{к}} - t_{\text{н}}), \quad (3.26)$$

де $G_{\text{г}}$ - кількість шоколадної глазури, що нагрівається, кг/год, $G_{\text{г}} = 480$ кг/год;

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

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

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

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

$Q_{\text{п}}$ - втрата тепла зовнішньою поверхнею ванни, Вт, що розраховується по формулі [5]:

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

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

$$F_{\text{н}} = 0,25 \text{ м}^2;$$

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

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

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

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

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

Далі розраховується величина витрати води, що гріє, W , кг/год, по формулі:

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

де $Q_{\text{общ}}$ - загальна витрата теплоти, яка затрачається на нагрівання шоколадної глазури, Вт, $Q_{\text{общ}} = 1658,64 \text{ Вт}$;

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

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

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

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

3.5 Розрахунки деталей на міцність і твердість

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 можна визначити по наступній формулі: [10]

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

де t - крок тягового ланцюга, м, що розраховується по формулі [10]

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

де T - обертаючий момент на валу мотор-редуктора, Н·м, який визначається за формулою:

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

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

n - частота обертання мотор-редуктора, про/хв, $n = 63 \text{ хв}^{-1}$;

$$T = \frac{30 \cdot 0.55}{3,14 \cdot 63} = 0,083 \text{ кН} \cdot \text{м} \quad (83 \text{ Н} \cdot \text{м});$$

K_3 – коефіцієнт, що враховує умови монтажу й експлуатації ланцюгової передачі, що розраховується по формулі [10]

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

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

K_a - коефіцієнт, що враховує вплив міжосьової відстані, $K_a = 1$;

K_n - коефіцієнт, що враховує вплив нахилу ланцюга, $K_n = 1$;

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

K_{cm} - коефіцієнт, що залежить від способу змазування ланцюга, $K_{cm} =$
 $1,4$;

K_{π} - коефіцієнт, що враховує періодичність роботи передачі, $K_{\pi} = 1$;

$$K_3 = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1,4 \cdot 1 = 1,75 \quad ;$$

$z_{\text{пр}}$ - число зубів приводної зірочки, приймаємо $z_{\text{пр}} = 12$, тому що швидкість переміщення ланцюга менш 1 м/с;

$[p]$ - припустимий тиск на шарнір тягового ланцюга, Н/мм², $[p] = 18 \text{ Н/мм}^2$;

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

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

За результатами розрахунків як тягового ланцюга приймаємо приводний роликівий ланцюг із кроком $t_{пр} = 25,4$ мм, типу ПРА-25, 13568-78, руйнівне навантаження ланцюга $[p] = 60$ кН, діаметр ролика ланцюга $D_p = 15,88$ мм. [9].

Виходячи з отриманих результатів, можна визначити ділильний діаметр приводної зірочки

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

Тому що ланцюгова передача привода механізму штовхача має передаточне число $u = 1$, де ділильний діаметр натяжної зірочки $D_H = 98,1$ мм.

Для механізмів приводів штовхачів приймаємо зірочки з ділильним діаметром $D_{пр} = 98,1$ мм із профілем зуба за ГОСТ 591-69.

Обраний в результаті попередніх розрахунків тяговий ланцюг ПРА-25,4 ГОСТ 13568-73, повинний бути перевірений на міцність за умовою [9]:

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

де $S_{пуск}$ - зусилля, Н, що виникає в ланцюзі в період пуску, розраховується по формулі [9]:

$$S_{пуск} = \frac{102 \cdot N_{пр} \cdot \eta \cdot k_n}{V_{ц}} + S_{сб} , \quad (3.35)$$

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

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

K_{Π} - поправочний коефіцієнт, $K_{\Pi} = 1,3$;

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

$S_{сб}$ - зусилля, що виникає в ланках, що збігає, ланцюга, Н, $S_{сб} = 300$ 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, обумовлена по формулі [9]

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

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

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

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

На підставі проведених розрахунків перевіримо умову 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 й раніше обрану ланцюг ПРА-25,4 ГОСТ 13568-75 можна застосовувати в механізмі приводу штовхачів.

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) можна знайти за формулою [9]:

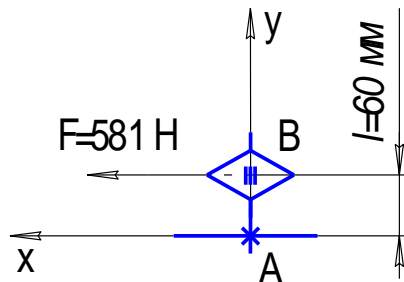


Рис.3.2 - Схема закріплення натяжної зірочки на осі.

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

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

l - відстань між місцем закріплення осі й зірочкою, м, $l = 0,06$ м;

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

Визначення діаметра осі, мм

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

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

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

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

Округлимо отримане значення величини діаметра осі до найближчого більшого стандартного значення й приймемо діаметр осі під підшипник:

$$d_0 = 20 \text{ мм.}$$

Уточнений та перевіірочний розрахунки осі полягає у визначенні коефіцієнтів запасу міцності в небезпечному перерізі осі і проводиться по формулі [10]:

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

Розрахункове значення повинне бути не нижче припустимого $[S] = 2,5$.

Попередньо визначимо напруги для найбільш навантаженого перетину при вигині.

Нормальна напруга σ , Н/мм², визначається по формулі:

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

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

$$M_B = 36,84 \text{ Н м;}$$

W - момент опору при вигині, Н/мм², обумовлений по формулі [10]:

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

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

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

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

Далі визначимо дотичні напруги τ , Н/мм², для найбільш навантаженого перетину по формулі [9]:

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

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

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

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

Далі визначимо коефіцієнт запасу міцності по нормальних напругах S_σ по формулі [9]:

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

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

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

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

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

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

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

β – коефіцієнт, що враховує вплив шорсткості поверхні приймаємо $\beta = 0,95$;

σ_m – напруги при осьових зусиллях, так як осьові зусилля відсутні то $\sigma_m = 0$;

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

Далі визначимо коефіцієнт запасу міцності по дотичних напруженнях по формулі [9]

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

де τ^{-1} – границя витривалості сталі, МПа, знаходимо за формулою [9]:

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

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

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

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

Далі визначимо 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 $S > 2,5$.

Виходячи із цього, розрахована вісь задовольняє умові міцності й може використовуватися в механізмі штовхача.

3.5.3 Підбір підшипників

Добір і перевірка підшипників буде зроблена на натяжні зірочки механізмів поздовжнього й поперечного різання.

Так як прийнятий діаметр осі під підшипник $d_o = 20$ мм, то встановимо підшипник легкої серії №104 з наступними параметрами: $d = 20$ мм, $D = 42$ мм, $B = 12$ мм, $r = 1$ мм, вантажопідйомність підшипника $C = 9,36$ кН, $C_0 = 4,5$ кН.

Зробимо перевіірочний розрахунки підшипника на довговічність по формулі [10]

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

де n - частота обертання зовнішнього кільця підшипника, про/хв, $n = 63$ хв⁻¹;

C – динамічна вантажопідйомність, кН, $C = 9,36$ кН;

p – показник степені, $p = 3$;

P – еквівалентне навантаження, кН, що розраховується по формулі ;

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

тут F_r - радіальне навантаження, Н, $F_r = 581$ 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 наступній умові [9]

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

де $[t]$ – мінімальна довговічність підшипника, год, $[t] = 30000$ год

$$318254 > 30000$$

Умова довговічності виконана, значить на даній машині в механізмах різання для натяжних зірочок можна прийняти підшипник особолегкой серії № 104 (ГОСТ 8338-75).

3.5.4 Розрахунки шпонок

Розрахунки шпонки на приводному валу мотор-редуктора механізму різання проводимо за виразом [10]

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

звідси робоча довжина шпонки, l_p мм, буде визначатися як

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

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

d – діаметр вала в місці установки шпонки, мм, $d = 20$ мм; шпонка має наступні параметри $b \times h \times l = 6 \times 6 \times 20$ [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 стали шпонки на зминання, МПа, $\sigma_{см} = 600$ 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 х 6 мм і робочою довжиною 20 мм за ГОСТ 24071-80: Шпонка 6 х 6 х 20.

3.5.5 Конструктивний розрахунки зірочки

За результатами проведених раніше розрахунків були прийняті 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.

Далі проведемо розрахунки наступних конструктивних параметрів [11] D_1 - діаметр окружності зубів (зовнішній діаметр):

$$D_1 = t \cdot (K_z + 0,7) - 0,31 \cdot D; \quad (3.61)$$

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

$$D_1 = 25,4 \cdot (3,173 + 0,7) - 0,31 \cdot 15,88 = 107,59 \text{ мм};$$

D_i - діаметр окружності западин:

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

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

e_{\min} - зсув центрів дуг западин:

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

r - радіус западин 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 - половина кута 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 Розрахунки фундаменту під різальну машину SB – 9/1

3.6.1 Статичний розрахунки фундаменту [13]

Для визначення розрахункових розмірів основи фундаменту її попередньо приймають по габаритних розмірах станини машини, додаючи припуск $\Delta = 0,1$ м.

Розрахунки площі основи фундаменту A , м^2 , проводиться по формулі

$$A = (a + 2 \cdot \Delta) \cdot (b + 2 \cdot \Delta) , \quad (3.68)$$

де a - довжина станини, м, $a = 3,106$ м;

b - ширина станини, м, $b = 1,390$ м;

$$A = (3,106 + 2 \cdot 0,1) \cdot (1,390 + 2 \cdot 0,1) = 5,26 \text{ м}^2.$$

Висоту фундаменту H , м, визначають виходячи з ваги устаткування G_ϕ , кН, по формулі:

$$H = \frac{G_\phi}{A \cdot \gamma_\phi} , \quad (3.69)$$

де γ_ϕ - питома вага бетону, кН/м^3 , $\gamma_\phi = 20 \text{ кН/м}^3$;

G_ϕ - вага фундаменту, кН, розраховується за формулою:

$$G_{\phi} = G_M \cdot K, \quad (3.70)$$

де G_M - вага машини в робочому стані (заповненої продуктом), кН, що розраховується по формулі

$$G_M = (m_{MH} + m_{ПЛ}) \cdot g, \quad (3.71)$$

де m_{MH} - маса різальної машини нетто, кг, $m_{MH} = 410$ кг;

$m_{ПЛ}$ - маса вафельного шару, що завантажується, кг, $m_{ПЛ} = 8$ кг;

$g = 9,81$ м/с²;

$$G_M = (410 + 8) \cdot 9,81 = 4100,6 \text{ Н};$$

K – коефіцієнт, що враховує динамічне навантаження, $K = 3$

$$G_{\phi} = 4100,6 \cdot 3 = 12,3 \text{ кН};$$

$$H = \frac{12,3}{5,26 \cdot 20} = 0,12 \text{ м.}$$

Далі у відповідності зі СНІП 2.05.03-84 визначається розрахунковий опір ґрунту R , кПа, по формулі:

$$R = 1,7 \cdot (R_0 \cdot (1 + k_1 \cdot (b - 2)) + k_2 \cdot \gamma \cdot (d - 3)), \quad (3.72)$$

де R_0 – умовний опір ґрунту, кПа, $R_0 = 500$ кПа;

k_1 і k_2 – коефіцієнти, $k_1 = 0,1 \text{ м}^{-1}$, $k_2 = 3,0$;

b – ширина основи фундаменту, м, $b = 1,39$ м;

γ – усереднене по шарах розрахункове значення питомої ваги ґрунту, кН/м^3 , $\gamma = 19,6 \text{ кН/м}^3$;

d – глибина закладення фундаменту, м, $d = 0,1$ м;

$$R = 1,7 \cdot (500 \cdot (1 + 0,1 \cdot (1,39 - 2))) + 3 \cdot 19,6 \cdot (0,1 - 3) = 498,44 \text{ кПа.}$$

Далі розраховується фактичний тиск машини на ґрунт P , кПа, по формулі

$$P = \frac{G_M + G_\Phi}{\alpha \cdot A}, \quad (3.73)$$

де G_M - вага машини в робочому стані, кН, $G_M = 4,1006$ кН

G_Φ - вага фундаменту, кН, $G_\Phi = 12,3$ кН;

α – коефіцієнт зменшення, $\alpha = 0,5$;

A – площа основи фундаменту, м^2 , $A = 5,26 \text{ м}^2$;

$$P = \frac{4100,6 + 12,3}{0,5 \cdot 5,26} = 6,24 \text{ кПа.}$$

Після знаходження величини фактичного тиску на ґрунт необхідно визначити несучу здатність ґрунту під основою фундаменту, яка повинна задовольняти умову

$$P \leq \frac{R}{\gamma_n}, \quad (3.74)$$

де P – фактичний тиск на ґрунт, кПа, $P = 6,24$ кПа ;

R - розрахунковий опір ґрунту, кПа, $R = 498,44$;

γ_n - коефіцієнт надійності, $\gamma_n = 1,4$;

$$\frac{P}{\gamma_n} = \frac{498,44}{1,4} = 350,$$

$$6,24 < 350.$$

Отримане значення величини фактичного тиску на ґрунт задовольняє умову міцності.

3.6.2 Динамічний розрахунок фундаменту [13]

На фундаменти машин з обертовими частинами й ударними навантаженнями діють як статичні навантаження, що складаються із ваги фундаменту, машини, допоміжного устаткування, так і динамічний вплив частин машини, що рухаються.

Динамічний розрахунок фундаменту зводиться до визначення амплітуди вимушених горизонтальних коливань a_x , м, і порівняння її із припустимою $a_n = 0,2$ мм (0,0002 м) по наступній залежності

$$a_x \leq a_n, \quad (3.75)$$

З метою визначення розрахункових амплітуд спочатку необхідно визначити нормативне динамічне навантаження F_n , Н, по формулі:

$$F_n = \mu \cdot \sum_{i=1}^m G_i^{вп}, \quad (3.76)$$

де μ – коефіцієнт пропорційності, $\mu = 0,1$;

$\sum_{i=1}^m G_i^{6p}$ – сумарна вага роторів машини, Н, $\sum_{i=1}^m G_i^{6p} = 400$ Н;

$$F_n = 0,1 \cdot 400 = 40 \text{ Н.}$$

Далі необхідно визначити коефіцієнт пружного рівномірного зсуву C_x , Н/м, по формулі

$$C_x = 0,7 \cdot C_z, \quad (3.77)$$

де C_z - коефіцієнт пружного рівномірного стиску, Н/м²,

$$C_z = 68,6 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^3;$$

$$C_x = 0,7 \cdot 68,6 \cdot 10^6 = 48,02 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^3.$$

Далі визначається величина коливних мас m , кг, по формулі

$$m = \frac{G_\phi + G_M}{g}, \quad (3.78)$$

де G_M - вага машини в робочому стані, Н, $G_M = 4100,6$ Н;

G_ϕ - вага фундаменту, Н, $G_\phi = 12300$ Н;

$$g = 9,81 \text{ м/с}^2;$$

$$m = \frac{4100,6 + 12300}{9,81} = 1672 \text{ кг.}$$

Далі визначаємо кутову частоту вимушених коливань ω_x , с⁻¹, по формулі

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, \quad (3.79)$$

де n - частота обертання роторів різальної машини, хв^{-1} ,

$$n = 63 \text{ хв}^{-1};$$

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 63}{30} = 6,6 \text{ с}^{-1}.$$

Далі визначається кутова частота вільних горизонтальних коливань машини з фундаментом ω_x , с^{-1} , по формулі

$$\omega = \sqrt{\frac{C_x \cdot A}{m}}, \quad (3.80)$$

де C_x – коефіцієнт пружного рівномірного стиску, Н/м^3 , $C_x = 48,02 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^3$;

A – площа основи фундаменту, м^2 , $A = 5,26 \text{ м}^2$;

m – величина коливних мас, кг , $m = 1672 \text{ кг}$;

$$\omega = \sqrt{\frac{48,02 \cdot 10^6 \cdot 5,26}{1672}} = 388,7 \text{ с}^{-1}.$$

Далі визначається амплітуда горизонтальних коливань a_x , м , по формулі:

$$a_x = \frac{F_n}{C_x \cdot A} \cdot \left| \frac{1}{1 - \frac{\omega^2}{\omega_x^2}} \right|, \quad (3.81)$$

де F_n - нормативне динамічне навантаження, Н , $F_n = 40 \text{ Н}$;

C_x – коефіцієнт пружного рівномірного стиску, Н/м^3 , $C_x = 48,02 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^3$;

A – площа основи фундаменту, м^2 , $A = 5,26 \text{ м}^2$;

ω – кутова частота вимушених коливань, с^{-1} , $\omega = 0,6 \text{ с}^{-1}$;

ω_x – кутова частота вільних горизонтальних коливань машини з фундаментом, с^{-1} , $\omega_x = 388,7 \text{ с}^{-1}$;

$$a_x = \frac{40}{48,02 \cdot 10^6 \cdot 5,26} \cdot \left| \frac{1}{1 - \frac{6,6^2}{388,7^2}} \right| = 0,16 \cdot 10^{-6} \text{ м.}$$

Відповідно до умови одержуємо:

$$0,16 \cdot 10^{-6} \text{ м} < 0,2 \text{ м.}$$

Таким чином, найбільша амплітуда коливань фундаменту не перевищує припустимого значення.

3.6.3 Розрахунки фундаментних болтів [13]

Вибір конструкції й розміру фундаментного болта здійснюється залежно від площі болта s , м^2 , по формулі:

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

де k_0 – коефіцієнт, $k_0 = 1,15$;

N – сила розтягу болта, Н , для фундаментного болта з відгином приймаємо сталь ВСтЗпс2 ГОСТ 24379.1-80, відповідно $N = 14000 \text{ Н}$;

R_p – розрахунковий опір болта на розтягання, Па, $R_p = 147$ Па ;

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

Далі проводиться розрахунок болта на розтягання по формулі

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

Звідки діаметр болта d_6 , мм, розраховуємо за формулою:

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

Далі проводиться розрахунок фундаментного болта на зріз за формулою

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

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

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

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

За результатами розрахунків для закріплення різальної машини машини SB-9/1 на фундаменті приймаємо фундаментні болти з відгинами типу: болт 1.2.M12x300. ВСтЗпс2 ГОСТ 24379.1-80.

4 ВІДОМОСТІ ПРО МОНТАЖ, ЕКСПЛУАТАЦІЮ Й РЕМОНТ УСТАТКУВАННЯ

4.1 Монтаж устаткування

Устаткування, що надходить із заводів у зібраному виді, не вимагає складальних операцій при його монтажі. Монтаж технологічного устаткування зводиться в основному до його транспортування із складу в зону монтажу; такелажним роботам усередині монтажної зони; розпакуванню, розконсервації; установці на фундамент, опорну металеву конструкцію, залізобетонне перекриття або на чисту підлогу (в останніх двох варіантах – додатково до розмічальних робіт); вивірці в горизонтальній і вертикальній площинах; кріпленню фундаментними й анкерними болтами; випробуванню на холостому ході.

Переміщення устаткування до місця установки роблять механізованим способом відповідно до проекту виробництва механомонтажних робіт. Попередню вивірку устаткування на фундаменті роблять при вільному встановленні на підбивки, а остаточну – при затягнутих гайках фундаментних болтів.

Монтаж технологічного устаткування виконують відповідно до плану розташування устаткування й установки його по осях і помітках. При монтажі технологічних ліній строго витримують розміри окремих машин і їх прив'язку до будівельних конструкцій відповідно до проекту.

Установлене технологічне устаткування перевіряють за допомогою інвентарних регулюючих прокладок, металевих підбивок або віджимних регулюючих гвинтів, вмонтованих у підставу (стійки) машин.

Горизонтальність установки машин перевіряють по оброблених поверхнях у дві взаємно перпендикулярних площинах. Вертикальне положення перевіряють рівнем і виском.

4.2 Експлуатація устаткування

При експлуатації устаткування лінії виробництва вафель необхідно перевіряти герметичність з'єднань труб, патрубків насосів і основного устаткування. Важливою умовою правильної експлуатації машин і агрегатів є регулярне змащення робочих органів, яка повинна проводитися відповідно до карт змащення устаткування.

При експлуатації тістомішалки ТМ-100 необхідно стежити за станом привода й герметичністю ущільнення. Під час роботи необхідно стежити за правильністю дозування рідких компонентів, борошна й добавок; за своєчасною їхньою подачею з відділення підготовки в дозатори. Також необхідно систематично очищати внутрішню поверхню тістомішалки від налиплого тіста й робити санітарну обробку.

Пічний газовий агрегат G-30 підключається до електромережі напругою 380/220 В, частотою 50 Гц, також підключаються трубопроводи для подачі тіста у форми й газопровід.

Перед пуском пічного агрегату провітрюється приміщення, перевіряється справність газових комунікацій, кранів, наявність тиску в газопроводі (3 МПа), перевіряється відсутність витоків газу. Далі необхідно ретельно провентилувати агрегат протягом 10-15 хвилин, перевірити та відрегулювати тягу.

При зупинці печі необхідно закрити газовий кран у пальників і крани на впускному газопроводі, відкрити дросельні заслінки пальників і крани на випуск газопроводу, відкрити дросельні заслінки пальників і продути саму піч й газоходи печі протягом 10 хвилин витяжним вентилятором, зняти накладні ключі із кранів.

На випічці повинен працювати 1 людина, що знімає вафельні заготовки з форм вручну.

При експлуатації пристрою, що відбирає вафельні заготовки необхідно стежити за роботою частин машини, що рухаються. Необхідно періодично робити під регулювання щіток, стежити за тим, щоб вони не сильно гальмували вафельні

заготовки на транспортері, але ретельно очищали заготовки по обидва боки від відходів випічки.

У приводі вафельнімача є конічна передача для коректування зазору між зубами, яка регулюється шляхом підкладання підходящих настановних шайб під конічне колесо.

Також необхідно робити технічне обслуговування редукторів - замінити масло через 10000 – 12000 годин роботи, але не пізніше, чим через 2 роки. Під час обкатування позитивний ефект має перша заміна змащення після 700 годин роботи. Підшипники кочення з боку вентиляторів двигунів і на виході валів редуктора з корпусу змазувати консистентним змащенням, причому приблизно половина вільної порожнини між тілами кочення заповнюється змащенням.

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

При експлуатації намазної машини необхідно дотримувати наступних вказівок:

- переробляти (накладати) тільки бездоганні, цілі й плоскі вафельні заготовки однакового розміру;
- бляха для напрямачів вафельних заготовок і утримуючі куточки шаруватої секції нашарування не повинні бути забруднені начинкою;
- після тривалих простоїв машини обов'язково ретельно провести роботи з очищення, перераховані в посібнику з обслуговування (особливо, що стосуються вузла для нанесення намазки).

Для регулювання товщини шару начинки на вафельній заготовці необхідно дотримуватися наступних вказівок. Спосіб зміни товщини шару що наноситься на вафельну заготовку начинки за допомогою співвідношення швидкостей стрічки й валика для нанесення покриття й каліброваним валиком, залежить від складу начинки й необхідної продуктивності.

При використанні співвідношення швидкостей для установки товщини шару, зазор щілини між валиком для нанесення покриття й каліброваним валиком повинен бути встановлений приблизно на величину 0,8...1 мм.

При експлуатації автоматичної різальної машини SB-9/1 необхідно робити догляд за механічним устаткуванням. Змащення робити згідно з картою. Після кожних 300 робочих годин контролювати роликові ланцюги, круглі й клинові ремені, і якщо необхідно, підтягти їх.

Якщо після тривалої роботи в напрямній для поздовжнього й поперечного різання утворюється зазор, його можна усунути тим, що болти для нижнього підшипника розслаблюють на гайці настільки, щоб їх можна було повертати. Два такі болти мають ексцентричну посадку, а при їхньому повороті зазор зникає. Гайки потім потрібно знову жорстко затягти. При ремонтних роботах поздовжню й поперечну різці можна пересувати вручну.

Привод вручну дозволяється повертати тільки в правильному напрямку, тому що в іншому випадку можуть поламатися вимикачі.

Усі підшипники кочення заповнені змащенням і ущільнені, завдяки чому вони не вимагають додаткового змащення.

Крім перерахованого необхідно, також, робити догляд за електроустаткуванням. Технічний огляд обмежується загальним функціональним і візуальним контролем, а також підтримкою в чистоті електроустаткування. Після кожних 50 робочих годин перевіряти всі кінцеві вимикачі на бездоганний електричний і механічний принципи дії.

Кінцеві вимикачі повинні бути откаліборвані таким чином, щоб вони спрацьовували в кінцевих положеннях упорних траверс.

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

При експлуатації глазурувальної машини необхідно робити змащення ланцюгів приводів. Необхідно проводити перевірку герметичності комунікацій

шнека, що темперує, і насоса для перекачування глазури. Також необхідно стежити за справністю електроапаратури й електроніки.

Охолодні камери встановлюються на міцній підлозі, що має каналізаційні трапи. До камер приєднують трубопроводи для подачі холодоагенту у випарники.

Приєднання трубо- і електропроводів потрібно робити тільки після установки камери на місце. До приєднання холодних трубопроводів завершують усі роботи з мийки й припрацювання. Далі потрібно провести випробування з'єднань трубопроводів на герметичність під тиском 1,25 МПа суміші фреона-12 із сухим повітрям. За допомогою галогенної лампи перевірити чи немає витоків фреону. Зробити затягування з'єднань у місцях витоків.

4.3 Ремонт устаткування

Ремонт технологічного устаткування лінії виробництва глазуrowаних вафель проводиться відповідно до прийнятої на підприємстві системи планового технічного обслуговування й ремонту (ПТОР).

Система ПТОР має на меті наступні види робіт : технічне обслуговування капітальний ремонт, тощо.

Технічне обслуговування – це комплекс операцій по підтримці справності й працездатності устаткування. Воно виконується в процесі роботи устаткування й у періоди короткочасних зупинок. Технічне обслуговування включає в себе наступні види робіт: протирання, чищення й змащення устаткування, спостереження за станом підшипників, блокувальних і стопорних пристроїв; перевірка натягу й стану приводних пасів і ланцюгів; перевірка різьбових і шпонкових з'єднань, ревізія сальників; перевірка гальм і т.д.

Залежно від характеру й обсягу поточні роботи підрозділяються на перший і другий поточний ремонт. При першому усувають дрібні дефекти: зачищають поверхню тертя; замінюють зношені прокладки, ланцюги, ремені, троси, набивання сальників, регулюють зазори. При другому ремонті роблять часткове розбирання машини без зняття її з фундаменту й відновлення зношених деталей.

Капітальний ремонт є найбільш складним і трудомістким видом ремонту, при якому роблять повне розбирання устаткування, відновлення й заміну зношених деталей, складальних одиниць і механізмів, ремонт корпусних деталей, центрування й балансування, вивірку машини.

На ПРАТ ТЕРА прийнято проводити капітальний ремонт один раз у рік протягом місяця. При цьому проводиться ремонт не тільки технологічного устаткування, але й будинків і споруд, комунікацій. Другий поточний ремонт проводиться два рази в рік і міжремонтний період становить 2000 годин. Перший поточний ремонт проводиться також два рази в рік, при цьому міжремонтний період становить 1000 годин. Технічне обслуговування відповідно до графіка ПТОР повинне проводитися раз на місяць.

5 АВТОМАТИЗАЦІЇ ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА ГЛАЗУРОВАНИХ ВАФЕЛЬ

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

5.1 Вибір параметрів контролю й керування процесом

Таблиця 5.1 - Контрольовані й регульовані параметри

Параметри технологічного процесу	Межі відхилень параметра		Оптимальне значення параметра	Припустима погрішність контролю		Примітка
	с обліком можливих аварійних ситуацій	Припустимих по технології		абсолютна	відносна	
1	2	3	4	5	6	7
1. Температура в машині, що темперує, ТМ1, °С	30 - 60	38,2– 41,8	40	±0,6	1,5	КР
2. Температура в машині, що темперує, 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, що темперує, 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, що темперує, 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 Вибір приладів контролю, регуляторів і засобів автоматизації

Таблиця 5.2 - Специфікація приладів і засобів автоматизації

Позиційний номер	Вимірвальний 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. Градуювання 21. 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. Робоча температура -50 - +200(С.	25с393нж	5	Об'єднання «Тяжпром арматура», Львів
3, 4	Витрата	Трубопровід	Лічильник. Основна погрішність $\pm 2\%$. Максимальна температура води 90 °С.	ВВГ-50	2	«Теплоприбор», Луцьк
5а, 6а, 7а, 8а, 9а, 10а, 11а,	Рівень	На апарату	Датчик акустичний. Основна погрішність не перевищує $\pm 2.5\%$. Температура вимірюваного середовища 10-80 °С.	ЛУНА-3 (АП-3)	6	«Теплоприбор», Луцьк

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 ТСМ51	-//-	-//-	-//-
КМ1 – КМ16	-//-	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	-//-

5.3 Опис схем контролю, регулювання й сигналізації

Схемою автоматизації передбачені контроль і регулювання температури в машинах, що темперують, витрати гарячої води яка надходить в машину, що темперує, рівня жиру, вафельної крихти, цукрової пудри й сухого молока в дозаторах, рівня начинки в машині, що темперує.

У машині, що темперує, ТМ1 температура перетворюється (вимірюється) термометром опору ТСП – 6097 (поз. 1а) у зміну активного опору. Якщо система працює в режимі НЦУ, то сигнал 0-5 мА з виходу термометра опору надходить на модуль аналогового входу керуючої ЕОМ. В аналого-цифровому

перетворювачі АЦП сигнал перетвориться в цифровий вигляд і передається на модуль процесора ПРЦ, де відбувається його обробка.

Поточне значення температури виводиться на дисплей. Потім ЕОМ виробляє керуючий електронний сигнал, який перетвориться в аналоговий у ЦАП і надходить через перемикач УП – 5300 (SA1) на магнітний пускач (KM1) регулюючого вентиля з електроприводом 25з939нж (поз. 1в), установлений у трубопроводі подачі гарячої води. Регулювання відбувається за рахунок зміни величини прохідного перерізу в трубопроводі подачі гарячої води.

Аналогічним шляхом відбувається контроль і регулювання температури в машині, що темперує, ТМ2.

У мікромліні М рівень цукру-піску виміряється акустичним датчиком рівня ЛУНА – 3 (поз. 6а) шляхом виміру часу поширення ультразвукових коливань від джерела випромінювання до площини границі відбивання. У комплект акустичного датчика входить акустичний блок АП-3 і перетворюючий блок ППІ-3 з вихідним сигналом 0-5 мА.

Сигнал 0-5 мА з виходу ППІ-3 надходить на блок дискретного введення керуючої ЕОМ. У блоці сигнал перетвориться в цифровий вигляд і передається на модуль процесора ПРЦ, де відбувається його обробка.

Поточне значення рівня виводиться на дисплей. Потім ЕОМ виробляє керуючий сигнал, який перетвориться в аналоговий у блоці дискретного виводу і надходить через універсальний перемикач УП – 5300 (SA4) на магнітний пускач ПМЕ – 123.1 (KM3) керуючий роботою електродвигуна М1 шнека подачі цукру з бункера Б.

Рівень цукру-піску в бункері Б виміряється аналогічно рівню цукру в мікромліні М при зниженні рівня цукру нижче припустимого ЕОМ подає сигнал на вимикання.

У машині, що темперує, ТМ-1 рівень жиру виміряється акустичним датчиком рівня ЛУНА-3 (поз. 7а) шляхом виміру часу поширення ультразвукових коливань від джерела випромінювання до площини границі

відбивання. У комплект акустичного датчика входить акустичний блок АП-3 і блок ППІ-3 з вихідним сигналом 0-5 мА.

Сигнал 0-5 мА з виходу ППІ-3 надходить на блок дискретного введення керуючої ЕОМ де сигнал перетвориться в цифровий вигляд і передається на модуль процесора ПРЦ, де відбувається його обробка.

Поточне значення рівня виводиться на дисплей.

Рівень жиру в дозаторі Д1 виміряється акустичним датчиком рівня ЛУНА –3 (поз. 8а) шляхом виміру часу поширення ультразвукових коливань від джерела випромінювання до площини границі рівня. У комплект акустичного датчика входить акустичний блок АП-3 і блок ППІ-3 з вихідним сигналом 0-5 мА.

Сигнал 0-5 мА з виходу ППІ-3 надходить на блок дискретного введення керуючої ЕОМ. У блоці сигнал перетвориться в цифровий вигляд і передається на модуль процесора ПРЦ, де відбувається його обробка.

Поточне значення рівня виводиться на дисплей. Потім ЕОМ виробляє керуючий сигнал, який перетвориться в аналоговий вигляд у блоці дискретного (поз. 8в) і надходить через універсальний перемикач УП – 5300 (SA5) на магнітний пускач ПМЕ – 123.1 (KM4) керуючий роботою електродвигуна насоса М10.

Рівень вафельної крихти в дозаторі Д2 виміряється акустичним датчиком рівня ЛУНА –3 (поз. 9а) шляхом виміру часу поширення ультразвукових коливань від джерела випромінювання до площини границі.

У комплект акустичного датчика входить акустичний блок АП-3 і блок ППІ-3 з вихідним сигналом 0-5 мА.

Сигнал 0-5 мА з виходу ППІ-3 надходить на блок дискретного введення керуючої ЕОМ. У блоці сигнал перетвориться в цифровий вигляд і передається на модуль процесора ПРЦ, де відбувається його обробка.

Поточне значення рівня виводиться на дисплей. Потім ЕОМ виробляє керуючий сигнал, який перетвориться в аналоговий вид у блоці дискретного

виходу і через перетворювач (поз. 9в) і надходить через універсальний перемикач УП – 5300 (SA6) на магнітний пускач ПМЕ – 123.1 (KM5) керуючий роботою електродвигуна М7 тривалкового млина ТРМ, магнітний пускач ПМЕ – 123.1 (KM6) керуючий роботою двигуна шнека подачі вафельної крихти М7, магнітний пускач ПМЕ - 123.1 (KM7) керуючий двигуном повітродувки М8.

Рівень цукрової пудри в дозаторі ДЗ вимірюється акустичним датчиком рівня ЛУНА –3 (поз. 10а) шляхом виміру часу поширення ультразвукових коливань від джерела випромінювання до площини границі розділу й назад. У комплект акустичного датчика входить акустичний блок АП-3 і перетворюючий блок ППІ-3 з вихідним сигналом 0-5 мА.

Сигнал 0-5 мА з виходу ППІ-3 надходить на блок дискретного введення керуючої ЕОМ, де сигнал перетвориться в цифровий вигляд і передається на модуль процесора ПРЦ, де відбувається його обробка.

Поточне значення рівня виводиться на дисплей. Потім ЕОМ виробляє керуючий керуючий сигнал, який перетвориться в аналоговий вигляд у блоці дискретного виходу (поз. 10в) і надходить через універсальний перемикач УП – 5300 (SA7) на магнітний пускач ПМЕ – 123.1 (KM8) керуючий роботою електродвигуна М2 мікромлина М, магнітний пускач ПМЕ - 123.1 (KM9) керуючий роботою двигуна М3 шнека подачі цукрової пудри, магнітний пускач ПМЕ -123.1 (KM10) керуючий двигуном М4 повітродувки для подачі цукрової пудри.

Рівень начинки в машині, що темперує, ТМ2 вимірюється акустичним датчиком рівня ЛУНА –3 (поз. 11а) шляхом виміру часу поширення ультразвукових коливань від джерела випромінювання до площини границі розділення. У комплект акустичного датчика входить акустичний блок АП-3 і блок ППІ-3 з вихідним сигналом 0-5 мА.

Сигнал 0-5 мА з виходу ППІ-3 надходить на блок дискретного введення (Бдвх) керуючої ЕОМ. У блоці сигнал перетвориться в цифровий вид і передається на модуль процесора ПРЦ, де відбувається його обробка.

Поточне значення рівня виводиться на дисплей. Потім ЕОМ виробляє керуючий сигнал, який перетвориться в аналоговий вид у блоці дискретного виходу і перетворювач (поз. 11в) і надходить через універсальний перемикач УП – 5300 (SA8) на магнітні пускачі ПМЕ – 123.1 (KM13, KM14, KM15) керуючий роботою дозаторів Д1, Д2, Д3 (поз. 11г).

У міру необхідності ми можемо включати й виключати машину, що темперує, ТМ1 машину, що темперує, ТМ2 і шестерний насос ШН, як безпосередньо з місця, так і із щита за допомогою кнопок SB1-SB6.

Застосування акустичних датчиків ЛУНА-3 для виміру рівнів речовин в апаратах обумовлене уніфікацією вимірювальної апаратури.

У якості ЕОМ на даній ділянці застосовується технологічний моноблочний контролер ТСМ51. Даний контролер призначений для збору, обробки й формування сигналу для впливу на об'єкт керування в складі розподілених ієрархічних або локальних АСУ ТП.

Контролер ТСМ51 є складальним виробом, состав якого визначається при замовленні. Контролер складається з базової частини, блоку клавіатури-індикації й модулів вводу-виводу.

Введення й вивід дискретних і аналогових сигналів здійснюється за допомогою модулів, що входять у номенклатуру модулів вводу-виводу. Введення дискретних сигналів здійснюється за допомогою модулів D48 і D32. Модуль 48 має 48 каналів дискретного введення. Електричні входи розділені на 6 груп по 8 каналів у кожній. Модуль D32 має 16 каналів дискретного введення (крім 16 каналів виводу). Електричні канали розділені на 2 групи по 8 каналів у кожній, і мають параметри, аналогічні параметрам входів модуля D48 за одним виключенням – модуль D32 не має виконання для введення змінної напруги 220 В.

Вивід дискретних сигналів здійснюється за допомогою модулів D40, P40 і D32. Усі ці модулі дозволяють виводити сигнали обмеженої потужності. Для виводів сигналів великої потужності слід використовувати зовнішні підсилювачі TCB08R і TCB08S виробництва АТ «ТЕКОН».

Введення аналогових сигналів здійснюється за допомогою модулів A16 і L16. модуль A16 має 16 каналів аналогового введення (крім 2 каналів виводу). усі входи мають індивідуальну гальванічну ізоляцію. Робоча напруга гальванічної ізоляції між вхідними аналоговими ланцюгами й внутрішніми цифровими ланцюгами – 500 В, між каналами – 500 В.

Вивід аналогових сигналів здійснюється за допомогою модулів A16 і A8. Діапазон вихідного сигналу задається для каналу індивідуально за допомогою перемичок і не залежить від діапазону сусіднього каналу. Вихідні сигнали – струм 0...20 або 4...20 мА.

6 БЕЗПЕКА ЖИТЄДІЯЛЬНОСТІ

6.1 Безпека життєдіяльності у виробничому середовищі

Безпека персоналу багато в чому залежить від його кваліфікованості й стану захисних пристосувань установлених на устаткуванні. При експлуатації даного устаткування мають місце фізичні, хімічні й психофізіологічні небезпечні й шкідливі фактори.

Проведемо аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів у лінії виробництва глазурованих вафель із жировою начинкою й зрівняємо їх з нормативними значеннями.

6.2 Фізичні небезпечні й шкідливі й виробничі фактори

Основним небезпечним фізичним виробничим фактором у лінії виробництва глазурованих вафель є наявність електроустаткування (електродвигунів потужністю 1 кВт, 0,8 кВт і 3 кВт), 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 дотику до струмоведучих частин, при несправності ізоляції використовуваного устаткування, а також інших ушкодженнях проводки й відсутності заземлення устаткування. Прокладка проводів підведення живлення до машини повинна бути зроблена в металевих трубах.

Для запобігання електротравм двигуни повинні бути надійно заземлені з опором заземлення меншим 4 Ом, а всі струмоведучі частини ізольовані. У приміщенні, де розташована лінія повинні бути встановлені розпізнавальні знаки й плакати, що попереджають про небезпеку поразки електричним струмом.

Згідно із класифікацією приміщень по небезпеці ураження електричним струмом приміщення, у якому розташовується лінія, відноситься до III категорії — особливо небезпечні приміщення, тому що приміщення з хімічно активним середовищем, яке руйнує ізоляцію й електроматеріали.

Достатня освітленість виробничого приміщення, створює нормальні умови праці, підвищує загальну продуктивність. У приміщенні, де розташовується лінія виробництва вафель, передбачене змішане освітлення: бічне природне й штучне загальне.

Також передбачене аварійне освітлення, яке встановлено над виходами із приміщення цеху і яке дозволяє зорієнтуватися персоналу при позаштатних ситуаціях.

Норма природнього висвітлення для приміщення, де буде розміщена лінія виробництва вафель, у відповідності зі СНІП 23-05-95 від 1996.01.01 і норми штучного висвітлення залежно від розряду зорових робіт наведено в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Характеристика освітленості

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

Для створення припустимих параметрів мікроклімату в цеху, де розташована лінія виробництва вафель, передбачена неорганізована природня вентиляція повітря, при якій повітрообмін здійснюється за рахунок витиснення

внутрішнього теплого повітря зовнішнім повітрям через вікна, кватирки, фрамуги й дверей.

Припустимі параметри мікроклімату відповідно до САНПИН 2.2 4.548-96 у приміщенні лінії виробництва вафель наведено в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 - Припустимі 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 становлять:

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

У приміщенні лінії присутня джерело тепла - це вафельна піч, у цьому випадку повинні бути передбачені заходи щодо захисту працюючих від можливого перегріву. У якості захисту робочого персоналу від теплового випромінювання пропонується конструкція захисного екрана, що складається з

низкоемісійного S-скла. Застосування даного екрана дозволить скоротити кількість теплового випромінювання від вафельної печі на людину до 70%.

Нормоване значення рівня звуку у відповідності зі СНІП 23-03-2003 становить 69 дБА. Для забезпечення даного значення рівня звуку передбачене проведення організаційно технічних заходів: змащення, своєчасний ремонт, скорочення часу знаходження в умовах шуму й застосування засобів індивідуального захисту (вушні вкладиші) на ділянці приготування вафельного тіста. До встаткування, які робить підвищений рівень шуму (близько 83 дБА) у виробничому приміщенні, де встановлюється віброзмішувач, емульсатор. Перевищення припустимого рівня шуму становить близько 15-20 дБА.

Для запобігання виникнення підвищеного шуму необхідно:

1. Застосувати примусове змащення тертьових поверхонь;
2. Здійснити звукоізоляцію привода за допомогою кожуха із твердого непористого матеріалу;

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

На ділянці лінії виробництва вафель застосовується устаткування з елементами, що рухаються, що становить певну небезпеку для обслуговування персоналу, дані надано в таблиці 6.3

Таблиця 6.3 – Фізично небезпечні й шкідливі виробничі фактори

Найменування фізичних небезпечних і шкідливих виробничих факторів	Розміри небезпечних зон, розміри конструктивних елементів	Характеристика фізичних небезпечних і шкідливих виробничих факторів		
		Найменування	Од. вим.	Величина
1	2	3	4	5
Обертові елементи	Приводні	Частота	с ⁻¹	3,8-

	механізми:	обертання Потужність на валу	кВт	16,25
	- віброзмішувач			15
	-емульсатор- змішувач			0,53
	-машина різальная			30
				119,4
				8,22
	-мікромлин			557,3
-транспортер ланцюговий	7,5			
	7,16-			
	9,12			
	3,1-4,5			

До засобів захисту від механічного травмування відносяться запобіжні гальмові, огорожувальні пристрої, засоби автоматичного контролю й сигналізації, знаки безпеки. Приводи віброзмішувача, емульсатора, різальної машини, мікромлина, а також приводи проміжних транспортних систем облаштовані захисними кожухами, які запобігають доступу обслуговуючого персоналу до частин, що рухаються. Тому що вони мають у своєму складі запобіжні муфти, механічні передачі, а саме ремінні, ланцюгові, зубчасті.

Запобіжні захисні засоби призначені для автоматичного відключення агрегатів і машин при відхиленні якого-небудь параметра, що характеризує режим роботи устаткування, за межі допустимих значень. Блокувальні пристрої за принципом дії підрозділяють на механічні, електронні, електричні, електромагнітні, пневматичні, гідравлічні, оптичні, магнітні й комбіновані.

Блокувальні пристрої перешкоджають проникненню людини в небезпечну зону або під час перебування його в цій зоні усувають небезпечний фактор.

6.3 Хімічні небезпечні й шкідливі виробничі фактори

До шкідливих виробничих факторів можна віднести утворення у трубопроводах і запірній апаратурі хімічної корозії через наявність у використовуваній сировині харчових кислот (молочна кислота). Для запобігання цього явища корпуси апаратів, трубопроводи виготовляють із матеріалів, що не вступають у реакцію з харчовими середовищами (нержавіюча сталь, сплави на основі алюмінію й т.п.). Хімічні небезпечні речовини для людини застосовуються для мийки апаратів таблиця 6.4

Таблиця 6.4 – Характеристика речовин, застосовуваних для мийки апаратів, згідно ГН 2.25.1313-03.

Найменування технологічної операції	Речовина	Пдкр.с, <i>мг/м³</i>	Клас токсичності	Вплив на організм людини	Заходу захисту
Мийка	Хлорне вапно	2	3	Алергічні реакції	Рукавички, фартухи, марлеві пов'язки на ніс і рот
	Каустична сода	5	4	Отруєння	

6.4 Психофізіологічні фактори

При обслуговуванні устаткування лінії, періодично контролюються показання приладів. Робота оператора полягає в спостереженні й регулюванні з пульта керування параметрів технологічних процесів. Але помилка оператора може викликати вихід з ладу устаткування, а також травми обслуговуючого персоналу. Почуття відповідальності й необхідність постійної концентрації уваги сприяє психоемоційній напрузі, в умовах якого відбувається приймання й переробка значних обсягів інформації. Усе це робить працю оператора напруженою, тому робоче місце оператора повинне відповідати ергономічним і гігієнічним вимогам ГОСТ 50923-96 і САНПИН 2.2.2/2.4.1340-03, не викликати зорової перенапруги, як наслідок цього пульт керування не повинен містити надлишок інформації. Пульт керування перебуває на деякій відстані від устаткування й поза полем дії небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Таким чином, умови роботи оператора можна віднести до комфортних. Завдяки автоматизації процесу при роботі практично не спостерігаються фізичні або психофізіологічні перевантаження.

6.5 Екологічна безпека

Одним з видів виробничих відходів є стічні води які містять неорганічні й органічні забруднюючі домішки, які утворюються при здійсненні санітарної обробки устаткування. Вони містять крім залишків сировини, ще й мийні засоби. Для запобігання потрапляння даних стічних вод у каналізацію й надалі зараження водойм, стічні води попередньо очищають за допомогою проціджування, відстоювання й фільтрування. Характеристика виробничих стічних вод, а також їх періодичність наведено в таблиці 6.5

Таблиця 6.5 - Характеристика й періодичність виробничих викидів

Кількість викидів, їх періодичність	Температура, °C	Найменування домішки
0.7 м ³ 1 раз у зміну	25-30	Залишки сировини, р-р каустичної соди.

6.6 Захист працюючих і матеріальних цінностей при виникненні надзвичайних ситуацій

Для гасіння пожеж на підприємствах застосовуються первинні засоби пожежогасіння. При цьому використовуються пожежні рукави внутрішні пожежні водопроводи, вогнегасники (порошкові, вуглекислотні), бочки з водою, лопати, цебра, сухий пісок, багри, ломи, сокири й інший інструмент. Основними загальними заходами пожежної безпеки при експлуатації технологічного устаткування є наступні:

- відповідність режиму роботи устаткування (температура, тиск, швидкість руху робочих органів і т.д.) паспортним даним і технологічному регламенту;
- герметичність устаткування, апаратів, установок і трубопроводів, у яких звертаються речовини, що виділяють вибухонебезпечні пари, гази й пил як правило, таке устаткування повинне оснащуватися вбудованими місцевими відсмоктувачами; своєчасне і якісне змащення підшипників машин і механізмів, температура яких не повинна перевищувати температуру навколишнього середовища більш ніж на 45 °C и бути у всіх випадках не вище 60 °C;
- запобігання нагромадження зарядів статичної електрики;
- дотримання правил безпеки при зупинці устаткування на огляд і ремонт (видалення з ємностей і комунікацій горючих рідин і газів, дублювання запірної арматур спеціальними заглушками, охолодження працюючих з підвищеною температурою апаратів і установок до температури не вище 50 °C);

– виключення небезпечних робіт одночасно з розбиранням устаткування й трубопроводів, при яких можливе виділення горючих речовин, а також з нанесенням антикорозійних покриттів з лаків, нітрофарб і інших матеріалів із застосуванням легкозаймистих розчинників.

7 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

7.1 Бізнес-план реалізації проекту

7.1.1 Резюме

У бізнес-плані дипломного проекту проведено обґрунтування й розрахунки, що підтверджують доцільність проведення модернізації технологічного устаткування лінії виробництва вафель, глазурованих шоколадною глазур'ю на ПРАТ ТЕРА.

Вирішальне значення для підвищення ефективності виробництва й, насамперед, росту продуктивності праці в кондитерській промисловості має, місце впровадження нової техніки, що сприяє інтенсифікації технологічних процесів, скорочення тривалості виробничих циклів і зниженню технологічних втрат сировини.

Основна ідея впроваджуваних, при модернізації устаткування лінії виробництва глазурованих вафель, конструкторських розробок спрямована на підвищення якості готових виробів, розширення асортиментів продукції, що випускається, збільшення продуктивності устаткування, зниження кількості відходів при виробництві виробів, підвищення надійності устаткування й, відповідно, зниження працезатрат на його ремонт.

Усі нововведення забезпечать підвищення фінансово-економічних показників виробництва.

Економічна ефективність за підсумками модернізації складе 18620 грн, капітальні витрати складуть 109348 грн, строк реалізації проекту складе 45 днів, рентабельність інвестицій складе 49 %, строк окупності 2,04 року.

7.1.2 Характеристика підприємства

ПРАТ була заснована в 1970 році й у цей час є найбільшим виробником кондитерських виробів у Тернопільській області, випускаючи різноманітний асортименти продукції.

Однак протягом багатьох років підприємство зі значним відставанням оснащувалося сучасним устаткуванням і, на сьогоднішній день, більшість виробничих потужностей морально й фізично застаріло.

7.1.3 Мети й завдання проекту модернізації лінії виробництва глазуrowаних вафель

У дипломному проекті розглядається поточно-механізована лінія виробництва вафель глазуrowаною шоколадною глазуrow'ю. Основна ідея пропонованого в даному проекті технічного нововведення – модернізація й реконструкція технологічного встаткування.

Метою проекту є технічна доробка лінії виробництва вафель, завдяки чому знизиться кількість зворотних відходів, покращиться якість готових виробів, розширяться їхній асортименти, підвищиться надійність устаткування. Ця доробка полягає в модернізації машини для різання вафельних шарів і, зокрема – оптимізації конструкції ріжучого блоку машини.

7.1.4 Характеристика продукту

Вафлі являють собою тонкопористі заготовки, що чергуються, випечені з тіста, з начинкою. Вафлі це висококалорійний продукт, калорійність якого становить 3100 кДж на 100 г, високої засвоюваності.

Даний продукт піддають органолептичному й лабораторному контролю. У розрізі вафлі повинні мати однорідну структуру. Глазуrow повинна лежати рівномірно з усіх боків вафлі. Смак і запах повинні бути характерними для даного продукту, без сторонніх привкусів і відповідати індивідуальній назві й рецептурним особливостям.

7.1.5 Особливості ринків збуту

Основним споживачем даного виду продукції є жителі міста Тернопіль і області. Близько 40 % обсягу продукції, що випускається, фабрика поставляє в

такі регіони, як Вінницька, Житомирська, Рівненська та Хмельницька області.

У рік споживається населенням не менш 2000 тонн даної продукції. Продуктивність лінії виробництва вафель глазурованих шоколадною глазур'ю на підприємстві становить 600 тонн/рік. При поліпшенні фінансового становища, розмір збуту можна збільшити у два рази. При зменшенні собівартості продукції, за рахунок економії матеріальних і трудових ресурсів можна збільшити кількість реалізованої продукції й активно конкурувати з більшими підприємствами даної галузі.

У сучасних умовах основними покупцями продукції є підприємства й фірми, що займаються роздрібною торгівлею продукції. Вафлі мають великий строк зберігання, тому обсяги закупівель досить великі. Для збільшення споживання даної продукції, необхідна реклама, підвищення якості й поліпшення зовнішнього вигляду.

При детальному вивченні ціноутворення виникають дві конкретні цілі:

- максимізація прибутку;
- утримання ринку.

Підприємство повинне використовувати інформацію про ціни конкурентів на аналогічний вид продукції у своїх цілях, і ця інформація дає певне місце підприємству на ринку збуту.

Для збільшення споживання, а отже й реалізації вафель, також необхідно створити мережу фірмових магазинів із гнучкою системою знижок для оптових покупців.

7.1.6 Виробничий процес

Процес виробництва вафель глазурованих з шоколадною глазур'ю дуже трудомісткий і складається із наступних основних стадій:

- заміс тіста;
- випічка вафельних заготовок;
- приготування начинки;

- намазування вафельних заготовок начинкою, з наступним створенням шарів;
- охолодження вафельних шарів;
- різання вафельних шарів на вафлі;
- глазурування вафель;
- охолодження;
- упаковання й розфасовка;
- транспортування на склад готової продукції.

Основним технологічним устаткуванням при виробництві вафель глазурованих шоколадною глазур'ю є:

- машина тістомісильна ТМ-100/1;
- піч газова G-30;
- машина, що темперує МТ-250, МТ-100;
- машина автоматична намазна АК 30/1;
- машина для різання вафельних шарів SB 9/1;
- машина глазурівальна PRMT-2;
- шафа охолодна.

Модернізація машини для різання вафельних шарів SB 9/1 дозволить знизити кількість відходів при різанні до 3 %, що дозволить заощадити сировину.

7.1.7 Організаційні заходи реалізації проекту

Реалізація проекту являє собою процес, у якому одна стадія не може реалізуватися без іншої. Спочатку конструкторами розробляються креслення, потім техніками й робітниками здійснюється виготовлення деталей, після чого роблять монтаж і підготовку до впровадження нових вузлів.

При реалізації проекту менеджменту недоцільно залучати сторонні організації, а скористатися засобами підприємства, тому що на підприємстві є кваліфікований персонал, і досить виробничих потужностей.

Стадії впровадження проекту у виробництво наступні:

- перший тиждень. Розробка проекту модернізації потокової лінії, визначення складу й кількості бригад для реалізації проекту, придбання необхідних матеріалів і вузлів;
- другий тиждень. Виготовлення необхідних деталей і вузлів для модернізації устаткування;
- третій тиждень. Установка нового обладнання, компонування лінії, проведення пуско-налагоджувальних робіт, змащення устаткування;
- четвертий тиждень. Проведення випробувань знову встановленого устаткування, усунення виниклих несправностей, оформлення акта приймання встаткування в експлуатацію;
- п'ятий тиждень. Навчання персоналу для роботи на встановленому устаткуванні, випуск і аналіз пробної партії продукції.

Більш докладне виконання робіт викладене в календарному плані виконання робіт і сітковому графіку виконання проекту на плакаті результатів техніко-економічних розрахунків (див. таблицю 1 і малюнок 1).

Період реалізації проекту (T_p) з початку його фінансування до моменту промислової експлуатації визначається з урахуванням часу, необхідного на проектування (T_n), виготовлення й одержання комплектуючих (T_u), складання, монтаж, налагодження (T_m) і досвідчену експлуатацію (T_{oe}).

7.1.8 Забезпечення проекту матеріальними й трудовими ресурсами

При правильній організації робіт результат може бути досягнутий через 1÷1,5 місяця. Для виконання проекту необхідно створити бригаду з 6-7 людей, у яку повинні ввійти робітники відповідних спеціальностей з високою кваліфікацією (5-6 розряд) на чолі з головним механіком

Усі проектні роботи виконуються конструкторським бюро підприємства, що знизить вартість реалізації проекту. Роботу проводять у майстернях з використанням токарських, свердлильних, фрезерних, шліфувальних верстатів, передбачається наявність зварювальних, слюсарних і складальних робіт. Під час обробки деталей повинні мати місце прилади регулювання й контролю точності. У якості матеріальних ресурсів потрібно мати наступні складові:

- електродвигуни;
- мотор-редуктори;
- швелери, куточки, сталевий прокат, дрiт сталевий;
- кріпильні вироби (болти, гвинти, гайки, шайби, штифти)
- підшипники;
- муфти, приводні ланцюги;
- електроустаткування (кінцеві вимикачі, запобіжники)

Робота з комплектації й складанню повинна вестися й контролюватися відділом головного механіка.

7.1.9 Стратегія фінансування

Для здійснення й впровадження проекту в життя необхідні джерела фінансування. Однак при реалізації проекту потреба в матеріальних ресурсах не велика, тому залучати додаткові кошти не доцільно. Усі необхідні матеріали й засоби необхідно придбати за рахунок прибутку підприємства або виготовити власними силами в майстерень, робітники яких мають необхідну кваліфікацію й підготовкою.

Фінанси на реалізацію й впровадження проекту будуть наступними: прибуток від основної діяльності.

Прибуток можна одержати за рахунок нагромадження засобів, яке досягається за рахунок включення у витрати виробництва сум відрахувань, які є амортизаційними. Розміри амортизаційних нагромаджень установлюються у

відсотках до балансової вартості основних засобів. Норма амортизації являє собою готовий відсоток погашення вартості основних фондів.

Особливий вплив на ріст дивідендів розроблювальний проект не виявляє.

Величина капітальних витрат (K), необхідних для реалізації запропонованих у проекті заходів, складається з різних витрат, пов'язаних із проектуванням, виготовленням і монтажем нових технічних засобів, покупкою комплектуючих, а також інших супутніх впровадженню інноваційного проекту витрат.

7.1.10 Фінансовий план

Крапка беззбитковості визначається по формулі

$$A_6 = \frac{\text{СПИ}}{\text{Ц}_и - \text{П}}, \quad (7.1)$$

де A_6 – обсяг випуску беззбиткової продукції, кг;

СПИ – сукупні постійні витрати, р/рік, СПИ = 711646 грн/рік;

$\text{Ц}_и$ – ціна виробу, грн/кг, $\text{Ц}_и = 95,10$ грн/кг;

П – питомі змінні витрати, р/кг, П = 89,50 грн/кг;

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

На підставі проведеного розрахунків отриманий графік беззбитковості представлений на плакаті техніко-економічних розрахунків.

7.2 Техніко-економічні розрахунки

У даному розділі приводиться розрахунки необхідної величини одноразових витрат на реалізацію проекту, додаткових засобів, матеріальних і фінансових ресурсів. Визначається річний економічний ефект і строк окупності витрат на

реалізацію проекту. 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
Вартість 1м^2 виробничої площі	$C_{п}$	грн/м ²	650
Норматив витрат на ремонт	H_p	%	20
Вартість технічних засобів для реалізації проекту	$K_б+K_в$	р	94948

Середньогалузева економічна ефективність капітальних витрат	E_n	%	15
---	-------	---	----

7.2.1 Розрахунки капіталовкладень у проект

Визначення капітальних витрат (інвестицій), необхідних для реалізації запропонованих у проекті заходів, здійснюється по формулі 7.1.

У якості доданків у даній формулі виступають різні витрати, пов'язані із проектуванням, виготовленням і монтажем нових технічних засобів, покупкою комплектуючих, а також інші супутні впровадженню інноваційного проекту витрати.

При визначенні величини капіталовкладень у проект ураховуються використані матеріальні ресурси (див. таблицю 7.2), а також трудові витрати (див. таблицю 7.3), тобто прямі витрати на виготовлення встаткування, а також накладні витрати.

Таблиця 7.2 - Розрахунки матеріальних ресурсів

Найменування матеріальних і паливно-енергетичних ресурсів	Ціна, грн	Витрата на одиницю	Вартість споживаних 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 засобів на оплату праці

Вид робіт	Трудомісткість, чол(год)	Розряд	Вартовий тариф, грн	Оплата праці, грн
1	2	3	4	5
Токарські	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
-------	---	---	---	------

Визначення величини капітальних витрат (інвестицій) у проект ДО, р, необхідних для реалізації пропонованих у проекті заходів, здійснюється по формулі

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

де $K_{\text{б}}$ – балансова вартість основного встаткування, додатково встановлюваного по проекту, р, обумовлена по формулі

$$K_{\text{б}} = (1 + K_{\text{с}}) \cdot (Z_{\text{м}} + Z_{\text{о}}) \quad (7.2)$$

де $K_{\text{п}}$ – коефіцієнт, що враховує накладні витрати, $K_{\text{п}}=2,5$;

$Z_{\text{м}}$ – витрати на придбання матеріалів і споживання енергоресурсів, грн,
 $Z_{\text{м}}=20434$ грн;

$Z_{\text{о}}$ – витрати на оплату праці основних працівників, грн, розраховуються по формулі

$$Z_{\text{о}} = Z_{\text{тр}} \cdot K_{\text{з}} \quad (7.3)$$

де $Z_{\text{тр}}$ - загальні витрати на оплату праці основних робітників, грн, $Z_{\text{тр}}=3347$ грн;

$K_{\text{з}}$ – коефіцієнт, що враховує додаткову зарплаті нарахування, $K_{\text{з}}=2$;

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

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

K_b – вартість допоміжного й резервного встаткування, грн,

$$K_b = 0 \text{ грн};$$

K_n – витрати на створення додаткової інфраструктури, грн,

$$K_n = 0 \text{ грн};$$

K_c – вартість будинків і приміщень, необхідних для реалізації проекту, р, $K_c = 0$ грн;

K_{π} – виробничі витрати, що включають витрати на проектування й розробку проектної документації, грн, що розраховуються по формулі

$$K_{\pi} = T_{\pi} \cdot C_{\text{чч}}, \quad (7.4)$$

де $C_{\text{чч}}$ – вартість проектних робіт, грн /година, $C_{\text{чч}} = 120$ грн /година;

T_{π} – трудомісткість проектних робіт, чол.-год, розраховується по формулі

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

де $Ч$ – кількість проектувальників, чол., $Ч = 1$ чол.;

$У$ – тривалість проектування, днів, $У = 15$ днів;

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

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

K – економія капіталовкладень (інвестицій) за рахунок реалізації устаткування, технічних засобів, демонтируемых при реалізації проекту, грн,

$$K = 0 \text{ p};$$

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

7.2.2 Розрахунки додаткових поточних витрат при реалізації проекту [18]

Величина додаткових поточних витрат, I , грн, пов'язаних з реалізацією проекту визначається за звітний рік по формулі

$$I = Z + I_E + I_{OT} + I_{OC} + \ddot{I}M + I_{П}, \quad (7.6)$$

де Z – витрати на персонал, а також на додаткове обслуговування устаткування й технічних засобів після реалізації проекту, грн/рік, $Z = 0$ грн/рік;

I_E – вартість додатково споживаних енергоресурсів, грн/рік, $I_E = 0$ грн/рік;

I_{OT} – додаткові витрати на поточний ремонт і амортизацію устаткування й технічних засобів, грн/рік, визначаємо за формулою:

$$I_{OT} = \frac{(K_6 + K_B + K_{И}) \cdot N_{ap}}{100}, \quad (7.7)$$

де K_6 – балансова вартість основного устаткування, додатково встановлюваного по проекті, грн, $K_6 = 94948$ грн;

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

$K_{И}$ – витрати на створення додаткової інфраструктури, грн, $K_{И} = 0$ грн;

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

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

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

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

$\dot{I}M$ – додаткові витрати основних, допоміжних матеріалів і приладів, грн /рік, $\dot{I}M = 0$ грн /рік ;

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

7.2.3 Розрахунки економії поточних витрат при реалізації проекту

Економія поточних витрат, E_T , грн/рік, обумовлена реалізацією проекту, розраховується також, як і величина додаткових поточних витрат на календарний рік або звітний період по наступній формулі

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

де E_C – економія, обумовлена зменшенням витрат сировини, матеріалів, палива, електроенергії й інших ресурсів, грн /рік, $E_C = 0$ грн/рік;

E_3 – економія на заробітній платі й супутніх нарахуваннях основних і допоміжних працівників, грн /рік, $E_3 = 0$ грн/рік ;

E_Y – економія, на умовно-постійній частині витрат, що утворюються при збільшенні обсягу виробництва продукції, грн /рік, $E_Y = 0$ грн/рік ;

E_B – економія, обумовлена зменшенням бракованої продукції, грн /рік, яка розраховується за формулою:

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

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

$$P_1 = 500 \text{ кг/рік ;}$$

P_2 – маса бракованої продукції після впровадження проекту, кг/рік,

$$P_2 = 200 \text{ кг/рік};$$

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

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

E_K – економія, обумовлена підвищенням якості продукції після впровадження проекту, грн /рік, $E_K = 0$ грн/рік ;

E_H – економія, обумовлена підвищенням рівня надійності устаткування, грн /рік, розраховується за формулою:

$$E_H = (\text{ПРО}_1 - \text{ПРО}_2) \cdot B, \quad (7.10)$$

де ПРО_1 – кількість позапланових зупинок устаткування в рік до впровадження проекту, $\text{ПРО}_1 = 8$;

ПРО_2 – кількість позапланових зупинок устаткування в рік після впровадження проекту, $\text{ПРО}_2 = 4$;

U – збиток виробництва, викликаний однієї позаплановою зупинкою устаткування, р, $B = 6745,5$ грн;

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

E_O – економія на витратах по змісту, ремонті й експлуатації устаткування, грн/рік, $E_O = 0$ грн/рік;

I – величина додаткових поточних витрат, грн, пов'язаних з реалізацією проекту, $I = 16023$ грн/рік;

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

7.2.4 Розрахунки річного економічного ефекту й показника рентабельності капіталовкладень (інвестицій)

Річний економічний ефект, E , грн/рік, який може бути досягнений при реалізації інноваційного проекту визначається по формулі

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

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

K – величина капітальних витрат (інвестицій), необхідних для реалізації запропонованих у проекті заходів, $K = 109348$ грн;

E_T – величина економії поточних витрат, грн/рік, $E_T = 35023$ грн;

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

Розрахунковий строк окупності капіталовкладень у проект з моменту початку реалізації визначається по формулі

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

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

Період реалізації проекту, T_P , днів, з початку його фінансування до моменту промислової експлуатації визначається по формулі

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

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

$T_{И}$ – час, необхідний на виготовлення й одержання комплектуючих днів, $T_{И} = 22$ дні;

$T_{М}$ – час на складання, монтаж і налагодження устаткування, днів, $T_{М} = 5$ днів;

$T_{ОЕ}$ – час на експлуатацію устаткування, днів, $T_{ОЕ} = 5$ днів;

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

Приріст прибутків підприємства $\Pi_{П}$, грн /рік, обумовлений реалізацією проекту визначається по формулі

$$\Delta\Pi = (\Pi_2 - \text{З}_2) \cdot B_2 - (\Pi_1 - C_1) \cdot B_1, \quad (7.14)$$

де, Π_1, Π_2 – ціна продукції до й після впровадження проекту, грн /кг, $\Pi_1 = \Pi_2 = 95,10$ грн/рік;

$\text{З}_1, \text{З}_2$ – собівартість продукції до й після впровадження проекту, грн /кг, $\text{З}_1 = \text{З}_2 = 85$ грн/кг ;

B_1, B_2 – обсяг продукції, що випускається, кг/рік, $B_1 = 600000$ кг/рік, $B_2 = 605300$ кг/рік;

$$\Delta\Pi = (95,10 - 85) (605300 - (95,10 - 85)) 600000 = 53530$$

Показник рентабельності (ефективності) капіталовкладень у проект визначається по формулі

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

де $\Delta\Pi$ – приріст прибутки підприємства, грн/рік, $\Delta\Pi = 53530$ грн/рік;

К – величина капітальних витрат, необхідних витрат для реалізації запропонованих у проекті заходів, грн, К = 109348 грн;

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

Рентабельність продукції $P_{\text{ПР}}$, %, визначається по формулі

$$P_{\text{ПР}} = \frac{Ц}{С} \cdot 100 , \quad (7.16)$$

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

С – собівартість одиниці продукції, грн/кг, С = 85 грн/кг;

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

Таблиця 7.4 - Результати техніко-економічних розрахунків

Наименование показателей	Величина показателей		
	до внедрения проекта	после внедрения проекта	результаты снижения (-) / увеличение (+)
Объем производства, т	600	605,3	5,3
Затраты, тыс. р	51000	51450,5	450,5
Цена реализации продукции, р/кг	95,10	95,10	-//-
Себестоимость единицы продукции, р/кг	85	85	-//-
Выручка, тыс.р/год	57060	57564	+504
Капитальные вложения, тыс.р	-//-	109,35	-//-
Прирост прибыли, тыс.р/год	6060	6113,5	+53,5
Эффективность инвестиций, %	-//-	49	-//-
Срок окупаемости капиталовложений, год	-//-	2,04	-//-

Висновок: зробивши оцінку економічної рентабельності проекту видно, що проект є економічно вигідним і доцільним, тому що показники рентабельності капіталовкладень становлять 49%, строк окупності - 2,04 року.

ВИСНОВОК

Метою даного дипломного проекту було скорочення випуску бракованої продукції яка утворювалась при різанні вафельних шарів шляхом модернізації ріжучого пристрою, підвищення стійкості вафельної емульсії шляхом впровадження гідродинамічного перетворювача. З метою поліпшення умов праці перед вафельною піччю був установлений захисний екран.

Запропоновані модернізації виробничого устаткування є найбільш раціональними як з погляду якості одержуваного продукту, так і величини витрат на установку, монтаж і обслуговування, що обумовлене високою економічною ефективністю й незначним строком окупності.

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.