

2. Кривий П. Д., Кобельник В.Р., Кузьмін М.І. Про характер зміни подачі при виході інструменту із тіла заготовки в процесі свердління наскрізних отворів. *Вісник ТНТУ : Науковий журнал.*: Тернопіль : ТНТУ, 2012. № 4 (68). С. 114–127.

3. Оліховський В.І., Кобельник В.Р. Механізм для забезпечення перечної подачі шпинделя верстата. Матеріали VI Міжнародної студентської науково-технічної конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання» (27–28 квітня 2023 р.). Тернопіль: ТНТУ, 2023. С. 242 – 243.

4. Оліховський В., Кобельник В. Пристрої для свердління наскрізних отворів. Матеріали VII Міжнародної студентської науково-технічної конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання» (25–26 квітня 2024 р.). Тернопіль: ТНТУ, 2024. С. 278 – 279.

5. Пат. 33445 Україна, МПК В 23 В 47/00. Механізм подач свердлильного верстату / Кривий П. Д., Кобельник В. Р., Кузьмін М. І.; заявник та патентовласник Терн. нац. тех. універ. ім. І. Пулюя. – № 200801364; заяв. 04.02.2008; опубл. 25.06.2008, Бюл. № 8.

6. Пат. 77698 Україна, МПК (2013.01) В 23 В 47/00. Пристрій для свердління наскрізних отворів / Кривий П. Д., Кобельник В. Р., Кузьмін М. І.; заявники і патентовласники Кривий П. Д., Кобельник В. Р., Кузьмін М. І. № u201209347; заявл. 30.07.2012; опубл. 25.02.2013, Бюл. № 4.

УДК 637.1.02

В.В. Колцун

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

НАПРЯМИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ПОТОКОВОЇ ЛІНІЇ ПАСТЕРИЗАЦІЇ МОЛОКА ДЛЯ ПІДПРИЄМСТВ МАЛОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ

V.V. Koltsun

DIRECTIONS FOR MODERNISING THE MILK PASTEURISATION FLOW LINE FOR SMALL-SCALE PRODUCTION ENTERPRISES

Підприємства невеликої продуктивності з переробки молока становлять значну частину молокопереробної галузі України. Однак вони часто стикаються з проблемою обмежених технологічних можливостей поточкових ліній пастеризації, що знижує їхню конкурентоспроможність та гнучкість виробництва. Розширення функціональності існуючого обладнання є економічно доцільним рішенням, яке дозволяє підвищити ефективність виробництва без значних капітальних інвестицій.

Сучасні ринкові умови вимагають від малих молокопереробних підприємств здатності швидко адаптуватися до змін у попиті споживачів, впроваджувати нові види продукції та забезпечувати стабільно високу якість. При цьому обмежені фінансові ресурси не завжди дозволяють здійснювати повну заміну виробничих ліній, що робить модернізацію існуючого обладнання оптимальною стратегією розвитку. Особливо це актуально для сільських підприємств, які відіграють важливу роль у переробці місцевої сировини та забезпеченні зайнятості населення.

Встановлення сучасних контролерів та датчиків дозволяє точно контролювати температурні режими, тиск та час витримки продукту. Система SCADA забезпечує візуалізацію процесу в реальному часі, автоматичне регулювання параметрів та ведення електронних журналів, що підвищує якість готової продукції та спрощує дотримання санітарних норм.

Перехід до модульної побудови лінії дозволяє легко змінювати конфігурацію залежно від потреб виробництва. Можливість швидкого демонтажу окремих секцій для

очищення або заміни скорочує час простою обладнання. Модульна конструкція передбачає використання стандартизованих з'єднань, що дозволяє комбінувати різні елементи лінії без складних інженерних рішень та мінімізує потребу у спеціалізованому монтажному інструменті.

Додавання нових модулів (гомогенізатора, деаератора, системи стандартизації) розширює асортимент продукції без повної заміни лінії. Гомогенізатор забезпечує рівномірний розподіл жирових кульок, що покращує органолептичні властивості молока та запобігає відстоюванню вершків. Деаератор видаляє розчинені гази, що подовжує термін зберігання продукції та покращує її смакові характеристики. Система стандартизації дозволяє точно регулювати жирність та інші показники, забезпечуючи стабільність якості готової продукції.

Модульна система дозволяє швидко переналаштувати лінію для виробництва різних видів продукції протягом однієї зміни. Наприклад, вранці може оброблятися молоко для роздрібного продажу, а після обіду – сировина для виробництва сиру або йогуртів. Така гнучкість особливо цінна для малих підприємств, які працюють з обмеженими обсягами кожного виду продукції.

Впровадження системи рекуперації тепла дозволяє використовувати теплову енергію пастеризованого молока для попереднього підігріву сирого, що знижує енерговитрати на 30-40%. Встановлення частотних перетворювачів на електродвигунах насосів оптимізує споживання електроенергії. Теплова ізоляція трубопроводів та теплообмінників мінімізує втрати тепла в навколишнє середовище.

Використання пластинчастих теплообмінників з можливістю швидкої зміни пакетів пластин дозволяє адаптувати обладнання під різні продуктивності та види продукції. Сучасні конструкції забезпечують можливість проведення не тільки пастеризації, а й охолодження, підігріву та регенерації тепла в одному апараті. Різні типи пластин (з різною геометрією каналів) оптимізують теплообмін для продуктів різної в'язкості, від знежиреного молока до вершків з високим вмістом жиру.

Можливість швидкої зміни конфігурації пакета пластин дозволяє обробляти на одній лінії як низькожирні, так і високожирні продукти, молоко різних видів тварин (коров'яче, козяче, овече), а також рідкі молочні суміші для виробництва йогуртів або десертів. Це розширює можливості підприємства без додаткових інвестицій в окреме обладнання.

Автоматизована мийка без розбирання обладнання значно скорочує час на санітарну обробку лінії з 3-4 годин до 40-60 хвилин. Це дозволяє збільшити ефективний час роботи обладнання та знижує витрати води та миючих засобів на 20-25%. Програмоване керування забезпечує стабільну якість мийки та дезінфекції.

Підключення сепараторів-нормалізаторів дозволяє отримувати молоко різної жирності з однієї сировини. Встановлення гомогенізатора покращує консистенцію та подовжує термін зберігання продукції. Додавання системи дозування вітамінів або функціональних добавок розширює асортимент продукції з доданою вартістю.

Впровадження систем збору та аналізу даних (IoT) дозволяє відстежувати ключові показники ефективності обладнання, прогнозувати потребу в обслуговуванні та оптимізувати виробничі графіки. Підключення до хмарних сервісів забезпечує віддалений моніторинг та діагностику обладнання, що особливо важливо для підприємств з обмеженим штатом технічних спеціалістів.

Модернізація існуючого обладнання вимагає інвестицій у 3-5 разів менших, ніж придбання нової лінії, при цьому дозволяючи підвищити продуктивність на 15-25% та знизити собівартість продукції на 10-15%. Термін окупності таких проектів зазвичай становить 1,5-2,5 роки. Особливо ефективним є поетапне впровадження удосконалень, що дозволяє розподілити інвестиції в часі та мінімізувати фінансові ризики.

Розширення технологічних можливостей потокових ліній пастеризації для підприємств невеликої продуктивності є стратегічно важливим напрямком розвитку, який

забезпечує підвищення конкурентоспроможності, гнучкості виробництва та якості продукції. Комплексний підхід до модернізації, що включає автоматизацію, енергозбереження та цифровізацію, дозволяє малим підприємствам ефективно конкурувати на ринку та відповідати сучасним вимогам харчової безпеки та екологічності виробництва.

Успішна реалізація проектів модернізації вимагає ретельного аналізу специфіки виробництва, обґрунтованого вибору пріоритетних напрямків вдосконалення та залучення кваліфікованих спеціалістів на всіх етапах від проектування до введення в експлуатацію. За таких умов розширення технологічних можливостей стає надійною основою для сталого розвитку підприємства.

Література

1. Єресько Г. О., Шинкарик М. М., Ворощук В. Я. Технологічне обладнання молочних виробництв : навч. посіб. Київ : ІНКОС, 2007. 344 с.
2. Шинкарик М. М., Ворощук В. Я. Технологічне обладнання консервної промисловості : навч. посіб. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2023. 284 с.
3. Ворощук В. Я., Вітенько Т. М. Інжиніринг та 3D моделювання в середовищі SolidWorks : навч. посіб. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2023. 164 с.

УДК 621.9

Р.Ю. Кружилка; В.А. Лясота

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ВИМОГИ ДО КОНСТРУЮВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ШПИНДЕЛЬНИХ ВУЗЛІВ ФРЕЗЕРНИХ ВЕРСТАТІ

R.Yu. Kruzhyk; V.A. Lyasota

REQUIREMENTS FOR THE DESIGN AND OPERATION OF SPINDLE UNITS OF MILLING MACHINES

Шпиндельний вузол верстата є одним із надважливих виконавчих органів верстата, який забезпечує як і кількісні так і якісні характеристики в процесі обробки і складається зі шпинделя, його опор, приводного механізму. У конструкції шпинделя розрізняють передній кінець та міжопорну ділянку.

На шпиндель діють навантаження, викликані силами різання, силами в приводі, а також відцентровими силами, що виникають через незбалансованість деталей шпиндельного вузла. Проектування вузла включає: вибір типу приводу, опор, пристроїв для їхнього змащування і захисту від забруднень, а також визначення діаметра шпинделя, відстані між опорами і розробку конструкції всіх елементів.

Шпиндельні вузли мають відповідати вимогам:

1. Точність обертання шпинделя, що характеризується радіальним і осьовим биттям переднього кінця, впливає на точність оброблюваних деталей. Допустиме биття шпинделя універсальних верстатів має відповідати існуючим стандартам. Биття шпинделя спеціальних верстатів не перевищувати 1/3 допуску на лімітуючий розмір, обробленої на верстаті деталі.

2. Жорсткість шпиндельного вузла характеризується його деформаціями під дією навантажень. Допустима мінімальна жорсткість переднього кінця шпинделя верстатів складає 200 Н/мкм, а прецизійних – 400 Н/мкм. Допустимий кут повороту шпинделя в передній опорі приймається рівним 0,0001...0,00015 рад. Кут повороту шпинделя під приводним зубчастим колесом допускається від 0,00008 до 0,0001 рад., а прогин у цьому місці не повинен перевищувати 0,01*m* (*m* – модуль зубчастого колеса). Вимоги щодо