УДК 663.531

УДОСКОНАЛЕННЯ ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА ЗГУЩЕНОГО МОЛОКА ЗА РАХУНОК РОТОРНО-ДИНАМІЧНОГО АГРЕГАТУ-ГОМОГЕНІЗАТОРА

***А. А. Папченко**, канд. техн. наук, пров. наук. співробітник;*
***М. С. Овчаренко**, молодший наук. співробітник;*
***С. Ф. Ковальов**, молодший наук. співробітник,*
Сумський державний університет, м. Суми, Україна

У статті наведені результати створення та впровадження роторнодинамічного агрегату-гомогенізатора для технології виробництва згущеного молока. Розглянуті особливості технології та обґрунтовано можливість використання багатофункціонального обладнання для зазначеної технології. Запропонована модернізація конструкції агрегату з урахуванням особливостей робочого середовища. Наведено результати промислових випробувань.

***Ключові слова**: роторно-динамічний агрегат-гомогенізатор, багатофункціональність, згущене молоко, двофазне робоче середовище.*

В статье приведены результаты создания и внедрения роторно-динамичекого агрегата-гомогенизатора для производства сгущенного молока. Рассмотрены особенности технологии и обоснована возможность использования многофункционального оборудования для указанной технологии. Предложена модернизация конструкции агрегата с учетом особенностей рабочей среды. Приведены результаты промышленных испытаний.

***Ключевые слова**: роторно-динамичекий агрегат-гомогенизатор, многофункциональность, сгущенное молоко, двухфазная рабочая среда.*

Найбільш характерною рисою роторно-динамічних агрегатів-гомогенізаторів, що відкриває широку галузь їх застосування, є фактор багатофункціональності. Він характеризується сумісним перебігом таких процесів, як перекачування робочого середовища, активне гідродинамічне перемішування, певне подрібнення твердих включень, що містяться у робочому середовищі, та його розігрівання. Така комбінація для ряду технологічних процесів дозволяє отримати певне спрощення технологічної лінії.

На сьогодні шляхом упровадження підтверджено ефективність роторно-динамічних агрегатів-гомогенізаторів для таких напрямків [1, 2]:

- виробництво твердих сирів (ТОВ ВО «Моліс», Запорізька обл.);
- виробництво майонезів (ТОВ «Донецький молокозавод №2»);
- виробництво молочних продуктів (ТОВ «Бімол», Рівненська обл.).

Основне завдання впроваджених агрегатів полягає в гомогенізації попередньо підготованого рідкого робочого середовища з температурою 50-95°С. Характеристики зазначених середовищ не дуже відрізняються від характеристик води, що дозволяє використовувати базову проточну частину.

Підприємством ТОВ «Комарівський молочний завод» (Харківська обл.) було поставлене завдання модернізації технологічної лінії виробництва згущеного молока з метою ресурсо- та енергозбереження, та підвищення надійності лінії. На рис. 1 наведено існуючу технологічну лінію. Вона складається з бака-накопичувача, який містить нагрівальну сорочку, блендера для рідких та сипких компонентів, циркуляційного насоса, системи трубопроводів із запірною арматурою та вузла фасування.

Рисунок 1 – Технологічна лінія виробництва згущеного молока

Принцип роботи технологічної лінії полягає у такому. Попередньо підготована молочна суміш подається до накопичувального бака при температурі 10-20°С. Здійснюється запуск блендера, що дозволяє під час прокачування продукту здійснювати додавання до нього цукру, жиру, стабілізатора, ароматизатора. За рахунок роботи нагрівальної сорочки відбувається розігрівання робочого середовища. Після внесення сипких компонентів відбувається відключення блендера та запуск шестеренного циркуляційного насоса. Часткове перемішування в резервуарі здійснюється за рахунок лопатевої мішалки. При досягненні температури 95-97°С відбувається випарювання згущеного молока. Процес триває до досягнення концентрації твердих компонентів 75%. Після цього відбувається фасування готового продукту.

Основними недоліками роботи розглянутої технологічної лінії є:

– при внесенні сипких компонентів через блендер створюється нерівномірність подачі, що призводить до виникнення вібрації;

– під час роботи блендера не досягається повного «розкриття» компонентів унаслідок низького рівня гомогенізації;

– ураховуючи високу температуру та в'язкість робочого середовища вузли ущільнення насоса та блендера мають низьку надійність;

– при частковому заповненні бака (зменшені партії) відбувається підгоряння продукту на його стінках унаслідок більш високої температури сорочки нагрівання.

Для усунення зазначених недоліків була запропонована модернізація технологічної лінії за рахунок роторно-динамічного гомогенізатора, типова конструктивна схема якого наведена на рис. 2.

Агрегат - це машина моноблочного виконання. Він складається з електродвигуна 1, на валу якого змонтоване робоче колесо 2, що обертається між статорними апаратами 3 та 5. Підведення та відведення робочого середовища здійснюється через різьбові муфти 4 та 5. Для усунення протічок робочого середовища встановлено одинарне торцеве ущільнення сильфонного типу. На рис. 3 наведено робочу характеристику базової проточної частини.

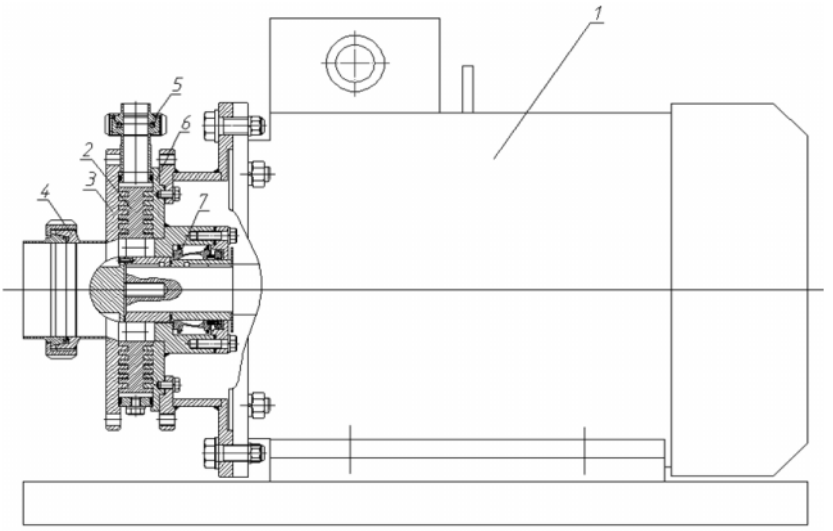

Рисунок 2 – Типова конструктивна схема роторно-динамічного агрегату-гомогенізатора

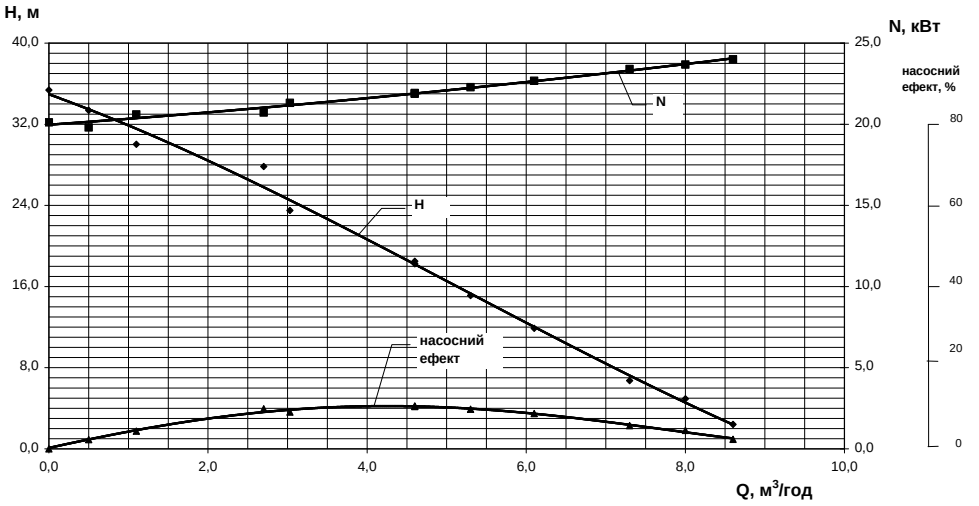

Рисунок 3 – Робоча характеристика базової проточної частини роторно-динамічного агрегату-гомогенізатора

З урахуванням особливостей технологічного процесу виробництва згущеного молока базова конструктивна схема вимагає таких коригувань:

– зниження номінальної потужності агрегату з комплектацією базовим привідним електродвигуном (22 кВт) з огляду на більш високу в'язкість робочого середовища;

– установлення пристрою попереднього перемішування та подачі робочого середовища для забезпечення однорідності при внесенні сипких компонентів;

– застосування подвійного торцевого ущільнення з подачею промивальної рідини для забезпечення високого ресурсу роботи.

На рис. 4 наведена конструкція модернізованого агрегату.

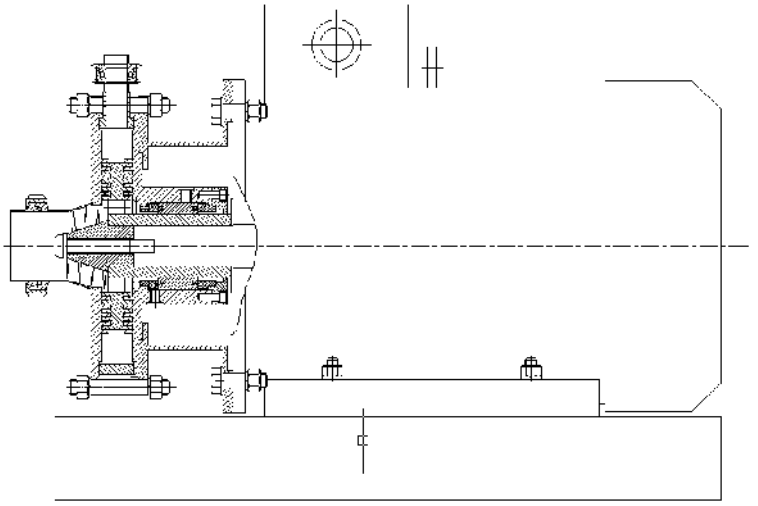

Рисунок 4 – Модернізований роторно-динамічний агрегат-гомогенізатор

Підрізка робочого колеса проводилася в декілька етапів, що дозволило дослідити тенденції зміни робочих характеристик гомогенізатора залежно від діаметра робочого колеса. На рис. 5 наведено енергетичні та напірні залежності роторно-динамічного агрегату-гомогенізатора залежно від діаметра робочого колеса.

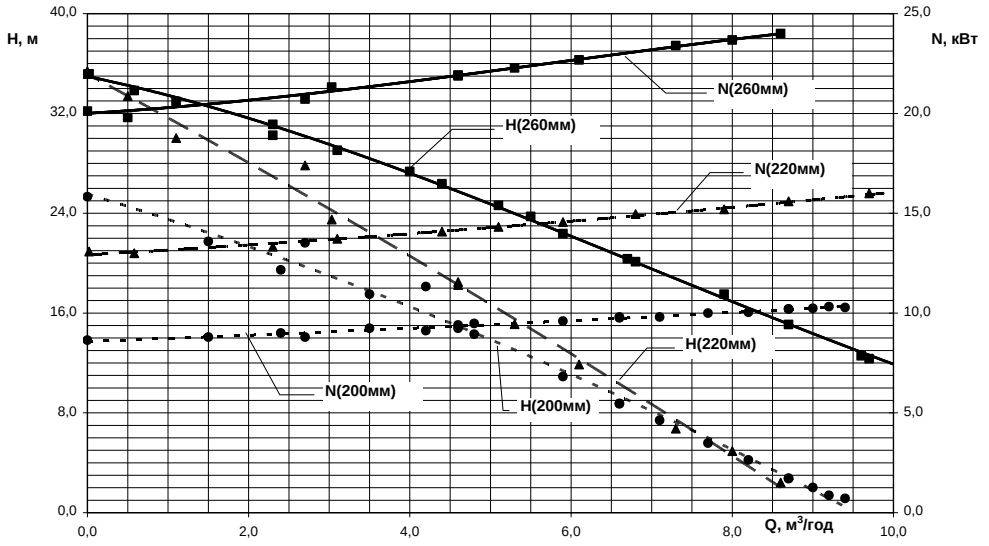

Рисунок 5 – Енергетична та напірна характеристика гомогенізатору при різних діаметрах робочого колеса

Крім того, було встановлено під час промислових випробувань вплив різних компонентів, температури та часу технологічного процесу на енергетичну характеристику агрегату при різних діаметрах робочого колеса. На рис. 6 наведені експериментальні результати.

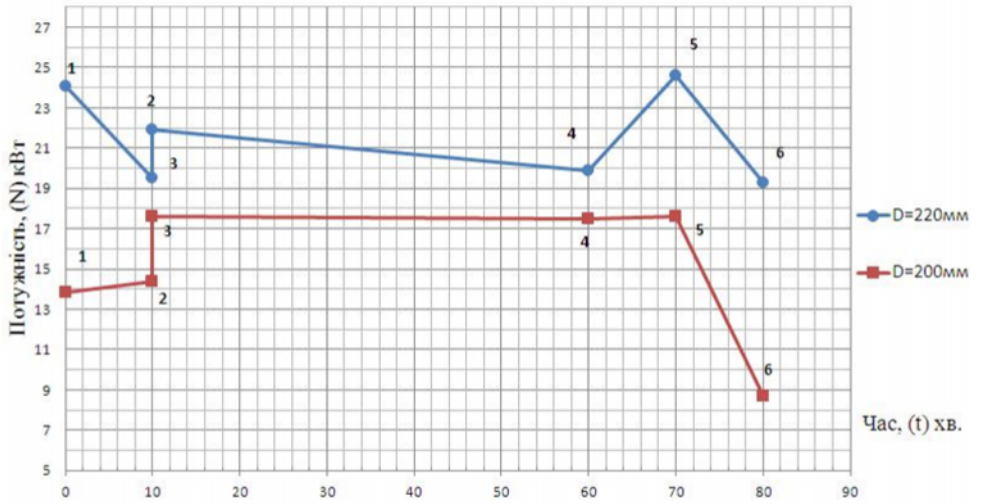

Рисунок 6 – Зміна енергетичної характеристики залежно від технологічного процесу

На діаграмах ділянка 1-2 відповідає етапу внесення цукру до робочого середовища, температура якого становить 50-60 °С. Вказаний етап реалізується таким чином. При режимі повної циркуляції (відкриті всі крани системи бак-гомогенізатор-бак) відкривається кран подачі сипких компонентів та через завантажувальну лійку подається сипкий компонент. При цьому гомогенізатор за рахунок шнеку, що встановлений перед робочим колесом, попередньо перемішує робоче середовище, створюючи однорідну рідку масу. За рахунок одночасного гідродинамічного розігрівання гомогенізатором та сорочкою бака температура підвищується до 80-95 °С. Ділянка 3-4 відповідає етапу внесення жиру при температурі 80-95°С. Після цього вноситься стабілізатор (ділянка 4-5) та розігрівається до температури 95-97 °С з витримкою близько 10 хв для забезпечення процесу випарювання та отримання необхідної консистенції. На цьому етапі значно підвищується в'язкість, що призводить до підвищення потужності агрегату. Ділянка 5-6 відповідає етапу фасування готового продукту. Зниження потужності обумовлюється зменшенням продуктивності внаслідок прикриття запірної арматури на лінії рециркуляції.

На рис. 7 зображено загальний вигляд модернізованої технологічної лінії виробництва згущеного молока.

Рисунок 7 – Лінія виробництва згущеного молока на базі роторно-динамічного агрегату-гомогенізатора

Таким чином, за рахунок проведеної роботи вирішено такі завдання:

– спрощена технологічна лінія виробництва згущеного молока за рахунок реалізації ряду процесів гомогенізатором (внесення компонентів, якісна гомогенізація, прокачування продукту та його підігрів);

– підвищено надійність технологічної лінії;

– знижено підгоряння продукту на стінках бака за рахунок його активного розігрівання агрегатом;

– підвищено якість кінцевого продукту за рахунок більш активної гомогенізації та збільшення сумарного часу проходження зазначеного процесу;

– зменшено сумарний час технологічного процесу за рахунок більш швидкого розігрівання та випарювання продукту;

– зменшено витрати ряду компонентів за рахунок більш якісного їх розчинення;

– за рахунок названих переваг знижено собівартість кінцевого продукту.

SUMMARY

IMPROVEMENT OF CONDENSED MILK PRODUCTION LINE DUE TO ROTARY DYNAMIC UNIT-HOMOGENIZERS

Papchenko A. A., Ovcharenko, M. S., Kovalev, S. F.,
Sumy State University, Sumy, Ukraine

The paper presents the results of the creation and implementation of the rotory dynamic unit-homogenizer for the technology of condensed milk production. Features of the technology and the possibility of the use of multifunction devices for the specified technology has been considered. The authors proposed a modernization of the unit design considering the peculiarities of the operating environment. The results of the industrial tests has been produced in the paper.

Key words: *rotory dynamic unit-homogenizer, homogenizer, condensed milk, two-phase operating environment.*

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ковальов С. Ф. Шляхи підвищення ефективності роторних теплогенеруючих агрегатів-гомогенізаторів / С. Ф. Ковальов, В. В. Коломієць, М. С. Овчаренко, А. А. Папченко // Всеукраїнський науково-технічний журнал «Промислова гідравліка та пневматика». – Вінниця, 2010. – №1. – С. 95-99.
2. Євтушенко А. О. Удосконалення технології переробки молока за рахунок роторно-динамічного гомогенізатора моноблочного виконання / В. В. Коломієць, М. С. Овчаренко, А. А. Папченко // Вісник Сумського державного університету. Серія Технічні науки. – 2010. – № 2. – С. 44-50.

Надійшла до редакції 17 квітня 2012 р.