

АНОТАЦІЯ

Паньків Ю.Ю. «Підвищення інтенсивності процесу та розроблення обладнання для перемішування компонентів». – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, 2021 р.

У дисертаційній роботі вирішено нове наукове завдання зниження енерговитрат процесу приготування рідкої опари шляхом дискретно-імпульсного дозованого введення компонентів у зваженому стані та обґрунтування раціональних параметрів робочих органів змішувача.

Зниження енергоємності процесу приготування рідкої опари досягається за рахунок інтенсифікації основних етапів і, як наслідок, скорочення часу її приготування.

Метою дослідження є зменшення енергетичних витрат процесу приготування рідкої опари шляхом удосконалення технології та обладнання за рахунок застосування дискретно-імпульсного введення компонентів у зваженому стані під час їх перемішування.

Для досягнення поставленої мети визначено такі задачі дослідження:

- на основі аналізу відомих способів і конструкцій удосконалити спосіб приготування рідкої опари та розробити конструкцію дискретно-імпульсного змішувача компонентів для виконання технологічних операцій;

розробити:

- аналітичні залежності для визначення параметрів утвореної суміші рідкої опари та робочої камери змішувача залежно від дозованої маси компонентів перемішування;

- математичні моделі опису взаємозв'язку закономірності руху дозованих компонентів і формування суміші в об'ємі робочої камери дискретно-імпульсного змішувача залежно від параметрів процесу перемішування;

- емпіричні моделі, які описують:

- робочу висоту утвореної суміші та коефіцієнт однорідності приготовленої рідкої опари залежно від секундної подачі дозованого борошна, амплітуди коливання дозатора борошна, частоти обертання приводного вала;

- висоту бродіння опари з урахуванням сумарної секундної подачі компонентів суміші та часу бродіння опари;

- споживану витрату потужності для трьох способів приготування рідкої опари залежно від часу та температури процесу;

- провести дослідження показників якості приготовленої рідкої опари базовим та розробленими способами.

Обґрунтовано удосконалену технологію та основні показники структуроутворення рідкої опари за дискретно-імпульсного введення дозованих компонентів у зваженому стані.

На цій підставі:

вперше розроблено:

- диференціальні рівняння опису руху дозованих компонентів у циліндричній частині робочої камери змішувача та процес формування суміші рідкої опари у гравітаційному полі об'єму робочої камери із врахуванням аеродинамічної сили опору газової фази;

- емпіричні моделі для визначення робочої висоти утвореної суміші та коефіцієнта однорідності приготовленої рідкої опари залежно від секундної подачі дозованого борошна, амплітуди коливання вібруючого решета та частоти обертання тарілчастого диска;

уточнено:

- вплив конструктивних параметрів робочих органів змішувача та дозованої маси компонентів на зміну робочої висоти утвореної суміші під час приготування рідкої опари;

- аналітичну залежність для визначення діаметра робочої камери змішувача залежно від дозованої маси компонентів;

- визначено допустиму мінімальну та максимальну частоту обертання мішалки за прийнятих умов;

набули подальшого розвитку:

- емпіричні моделі висоти бродіння рідкої опари та витрат споживаної потужності залежно від параметрів процесу.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та поставлено задачі дослідження. Описано наукову новизну, практичне значення отриманих результатів та особистий внесок здобувача. Наведено відомості щодо апробації та опублікування результатів наукових досліджень.

У першому розділі наведено аналіз способів приготування тіста і рідкої опари та конструкцій змішувачів компонентів, основних положень і результатів теоретично-експериментальних досліджень процесу приготування рідкої опари, а також наведено обґрунтування вибору способу дискретно-імпульсного введення компонентів у зваженому стані та конструктивно-компонувальну схему змішувача компонентів для проведення досліджень.

У другому розділі наведено програму, опис експериментальних установок і методик проведення досліджень.

Згідно з сформульованою метою дисертаційної роботи та поставлених наукових завдань, а також для перевірки адекватності результатів теоретичних досліджень технологічного процесу дискретно-імпульсного перемішування компонентів у зваженому стані в робочій камері дискретно-імпульсного змішувача, програма теоретично-експериментальних досліджень була такою: провести лабораторні експериментальні дослідження для розробки емпіричних моделей, які характеризують: функціональну залежність зміни робочої висоти утвореної суміші в камері дискретно-імпульсного змішувача та коефіцієнта однорідності залежно від основних параметрів процесу приготування рідкої опари; залежність зміни споживаних витрат потужності та кислотності залежно від часу та температури приготування рідкої опари для прийнятих циклів роботи електромотора-редуктора дискретно-імпульсного змішувача; провести дослідження зміни висоти, коефіцієнта динамічної в'язкості та порівняльні лабораторні дослідження показників якості приготовленої рідкої опари для трьох варіантів і «контролю» приготування рідкої опари.

Лабораторна установка складається з рами (корпусу) на якому змонтовано циліндричну та усічену конічну частини робочої камери, зверху якої встановлено кришку. В кришці через вхідну горловину встановлено вібродозуючий пристрій борошна та приводний вал, який розташовується всередині робочої камери дискретно-імпульсного змішувача. На приводному валу змонтовано систему змінних регульовальних тарілчастих дисків, які мають отвори, а на нижньому торці приводного вала закріплено мішалку.

Всередині робочої камери по її периметру та периферії циліндричної частини робочої камери закріплено водопровід в якому змонтовано дев'ять струминних розпилювачів для дозованої подачі водно-дріжджової суспензії всередину робочої камери.

Методика проведення експериментальних досліджень базувалася на основі наукових методів планування та реалізації планованих факторних експериментів з метою отримання рівнянь регресії параметра оптимізації.

Обробку експериментального масиву даних проводили за загальновідомими методами розрахунку з використанням методик регресійного та кореляційного аналізу.

У третьому розділі наведено теоретичний аналіз технологічного процесу приготування рідкої опари. На основі аналізу було встановлено, що:

- функціональна зміна висоти циліндричної частини робочої камери дискретно-імпульсного змішувача компонентів має лінійний і пропорційний характер – за збільшення маси дозуючих компонентів (маси борошна від 1,5 до 10,5 кг, маси дріжджів від 0,2 до 0,8 кг, маси води від 2,5 до 6,5 кг) висота циліндричної частини зростає в межах від 0,15 до 0,35 м;

- максимальна робоча висота утвореної суміші під час приготування рідкої опари в робочій камері дискретно-імпульсного змішувача знаходиться в межах від 0,25 до 0,55 м залежно від збільшення діаметра тарілчастого диска від 0,2 до 0,5 м та його частоти обертання від 140 до 220 об/хв;

- допустима частота обертання тарілчастого диска знаходиться в межах від 115 до 267 об/хв залежно від зміни діаметра робочої камери та зміни

сумарної маси дозованих компонентів від 4,5 до 17,8 кг;

- для забезпечення розрахункової продуктивності дискретно-імпульсного змішувача встановлено, що діаметр робочої камери змішувача повинен знаходитися у межах від 0,2 до 0,4 м залежно від зміни діаметра отвору вібраційного решета від 5 до 10 мм і амплітуди поздовжніх коливань від 0,5 до 1,5 мм за зміни діаметра шнека дозатора борошна від 0,05 до 0,1 м та максимальної робочої висоти утвореної суміші рівній, або менше 0,3 м;

- за зміни діаметра робочої камери від 0,24 до 0,26 м допустима частота обертання тарілчастого диска повинна бути в межах від 175 до 230 об/хв за зміни сумарного об'єму завантажених компонентів від 0,1 до 0,2 м³.

У четвертому розділі наведено результати реалізації програми експериментальних досліджень.

На основі обробки експериментального масиву даних отримано рівняння регресії, які описують функціональну зміну: робочої висоти та коефіцієнта однорідності приготовленої опари залежно від секундної подачі дозованого борошна, амплітуди коливання вібруючого решета та частоти обертання тарілчастого диска; висоти бродіння рідкої опари та витрат споживчої потужності залежно від параметрів процесу.

Встановлено, що апроксимоване значення максимальної робочої висоти утвореної суміші знаходиться в межах від 0,17 до 0,34 м, при цьому за зміни секундної подачі борошна від 0,03 до 0,07 кг/с максимальна робоча висота утвореної суміші зростає в середньому на 0,05...0,08 м, або на 22...25 %; а за зміни частоти обертання тарілчастого диска від 160 до 200 об/хв – зростає в середньому на 0,04, або на 18 %. Розбіжність між теоретичними та експериментальними значеннями максимальної робочої висоти становить у середньому від 5 до 8 %.

Апроксимоване значення коефіцієнта однорідності утвореної суміші знаходиться в межах від 0,43 до 1,2 м, при цьому коефіцієнт однорідності має максимальне значення 0,93 за наступних значень вхідних факторів: за значення масової секундної подачі борошна від 0,065 до 0,07 кг/с, амплітуди дозуючого

борошна від 0,5 до 1,0 мм, частоти обертання тарілчастого диска від 180 до 190 об/хв.

Зі збільшенням секундної подачі борошна від 0,033 до 0,077 кг/с та часу бродіння опари до 30 хв висота бродіння опари збільшується від 0,056 м до 0,227 м. При цьому домінуючий вплив на приріст висоти бродіння опари має час бродіння приготовленої рідкої опари – в межах зміни фактора приріст висоти бродіння становить у середньому від 0,13 до 0,21 м, тобто за 5 хв бродіння висота опари збільшується в середньому 1,4...1.5 раза.

Найбільше значення газотворюючої здатності 448 мл CO₂ на 100 г, підіймальної сили 64 Н, титруючої кислотності 5,2 град. та активної кислотності 5,96 отримано у другому варіанті приготування опари за часу бродіння приготовленої рідкої опари рівному 30 хв., а окислювально-встановлюючий потенціал практично однаковий для всіх варіантів приготування рідкої опари та близький до контрольного варіанту.

Встановлено, що найменші значення витрати споживаної потужності отримано при варіанті роботи електромотора-редуктора за «цикл 2», а показники апроксимованих значень споживаних витрат потужності знаходяться в діапазоні від 0,23 до 0,39 Вт.

Результати теоретичних і експериментальних досліджень, передано спеціалістам ПрАТ «Тера» (м. Тернопіль) для розробки нових, або удосконалення існуючих способів і обладнання для приготування рідкої опари.

Було рекомендовано такі раціональні параметри: діаметр робочої камери змішувача 0,28...0,3 м за висоти утвореної опари не більше 0,25 м; діаметр тарілчастого диска 0,24...0,26 м; кутова швидкість обертання тарілчастого диска від 175 до 230 об/хв за зміни сумарного об'єму завантажених компонентів від 0,1 до 0,2 м³; амплітуда поздовжніх коливань вібраційного решета від 0,5 до 1,0 мм; час приготування рідкої опари – до 30 хв.

Ключові слова: спосіб, рідка опара, дозування компонентів, дискретно-імпульсний змішувач, борошно, дріжджі, секундна подача борошна, коефіцієнт однорідності, показники якості опари, витрати потужності.

ANNOTATION

Pankiv Y.Y. «Increasing the intensity of the process and the development of equipment for mixing components». – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 133 Industrial Engineering. Ternopil National Technical University named after Ivan Pulyuy, Ternopil, 2021.

In the dissertation work, the new scientific problem reduction of energy consumption of preparation process of liquid sponge by discrete-pulse dosed injection of components in a suspended state and substantiation of rational parameters of mixer working bodies is solved.

Reducing the energy consumption of the liquid sponge preparation process is achieved by intensifying the main stages and, as a consequence, reducing its cooking time.

The aim of the study is to reduce the energy costs of the preparation process of liquid sponge by improving the technology and equipment with discrete-pulse injection of components in a suspended state during mixing.

To achieve this goal, the following research objectives are identified:

- based on the analysis of known methods and designs to improved the method of liquid sponge preparation and develop a design of discrete-pulse mixer of components for technological operations;

to develop:

- analytical dependences for determining the parameters of the formed mixture of liquid sponge and the working chamber of the mixer depending on the dosed mass of the mixing components;

- mathematical models which describe the relationship between the pattern of movement of dosed components and the formation of the mixture in the volume of the working chamber of the discrete-pulse mixer depending on the parameters of the mixing process;

- empirical models that describe:
 - the working height of the formed mixture and the coefficient of homogeneity of the prepared liquid sponge depending on the second feed of metered flour, the amplitude of the flour dispenser oscillation, drive shaft rotation speed;
 - the sponge fermentation height, taking into account the total second feed of the mixture components and the fermentation time of the sponge;
 - power consumption for three ways of preparing liquid sponge depending on the time and temperature of the process;
 - to carry out research of quality indicators of the prepared liquid sponge in basic and developed ways.

The improved technology and the main indicators of the structure formation of liquid sponge with discrete-pulse injection of dosed components in the suspended state are substantiated.

Based on this:

first developed:

- differential equations describing the motion of dosed components in the cylindrical part of the working chamber of the mixer and the process of forming a mixture of liquid sponge in the gravitational field of the working chamber taking into account the aerodynamic resistance of the gas phase;
- empirical models for determining the working height of the formed mixture and the coefficient of homogeneity of the prepared liquid sponge depending on the second feed of metered flour, the amplitude of sieve vibration and the frequency of plate disk rotation;

specified:

- the influence of the design parameters of the mixer working bodies and the dosed mass of the components on the change in the working height of the formed mixture during the preparation of the liquid sponge;
- analytical dependence for determining the diameter of the mixer working chamber depending on the dosed mass of the components;
- the allowable minimum and maximum speed of the stirrer under the accepted

conditions is determined;

acquired further development: empirical models of liquid sponge fermentation height and power consumption depending on process parameters.

The introduction substantiates the relevance of the topic, formulates the purpose and objectives of the study. The scientific novelty, practical significance of the obtained results and personal contribution of the applicant are described. Information on approbation and publication of research results is given.

In the first section are given an analysis of preparation methods of dough and liquid sponge and designs of components mixer, the main provisions and results of theoretical and experimental studies of preparation process of liquid sponge, and also the substantiation of a choice of a way of discrete-pulse injection of components in the suspended state and the constructive-assembling scheme of the components mixer for carrying out researches is resulted.

In the second section are given the program, description of experimental installations and research methods.

According to the formulated purpose of the dissertation and scientific tasks, as well as to verify the adequacy of theoretical research results of the technological process of discrete-pulse mixing of components in suspended state in the working chamber of the discrete-pulse mixer, the program of theoretical and experimental research was next: to conduct laboratory experimental studies to develop empirical models that characterize: functional dependence of the change in the working height of the formed mixture in the discrete-pulse mixer chamber and the coefficient of homogeneity depending on the main parameters of the preparation process of liquid sponge; the dependence of the change in power consumption and acidity depending on the time and temperature of preparation of liquid sponge for the accepted cycles of the electric motor-reducer discrete-pulse mixer; to carry out research of height change, coefficient of dynamic viscosity and comparative laboratory researches of quality indicators of the prepared liquid sponge for three variants with the «control» of liquid sponge preparation.

The laboratory installation consists of a frame (housing) on which the

cylindrical and truncated conical part of the working chamber is mounted, on top of which the cover is installed. A vibrating flour dosing device and a drive shaft are installed in the lid through the inlet neck. Drive shaft is located inside the working chamber of the discrete-pulse mixer. A system of replaceable adjusting plate discs with holes is mounted on the drive shaft, and a stirrer is mounted on the lower end of the drive shaft.

Inside the working chamber along its perimeter and the periphery of the cylindrical part of the working chamber there is a water supply system in which nine jet sprayers are mounted for dosed feed of water-yeast suspension inside the working chamber.

The method of conducting experimental research was based on scientific methods of planning and implementation of planned factorial experiments in order to obtain the regression equations of the optimization parameter.

Processing of the experimental data set was performed according to well-known calculation methods using the methods of regression and correlation analysis.

In the third section is given a theoretical analysis of the technological process of liquid sponge preparation. Based on the analysis, it was found that:

- functional change of the cylindrical part height of the working chamber of the discrete-pulse mixer of components has linear and proportional character - for increase in weight of dosing components (flour weight from 1.5 to 10.5 kg, yeast weight from 0.2 to 0.8 kg, water weight from 2.5 to 6.5 kg) the height of the cylindrical part increases in the range from 0.15 to 0.35 m;

- the maximum working height of the formed mixture during the preparation of liquid sponge in the working chamber of the discrete-pulse mixer is in the range from 0.25 to 0.55 m depending on the increase in the diameter of the plate disk from 0.2 to 0.5 m and its speed from 140 up to 220 rpm;

- the permissible speed of the plate disk is in the range from 115 to 267 rpm depending on the change in the diameter of the working chamber and the change in the total weight of the dosed components from 4.5 to 17.8 kg;

- to ensure the design productivity of the discrete-pulse mixer, it is established

that the diameter of the working chamber of the mixer should be in the range from 0.2 to 0.4 m depending on the change in diameter of the vibrating sieve from 5 to 10 mm and the amplitude of longitudinal oscillations from 0.5 to 1,5 mm with changes in the diameter of the auger of the flour dispenser from 0.05 to 0.1 m and the maximum working height of the resulting mixture is equal to or less than 0.3 m;

- for changes in the diameter of the working chamber from 0.24 to 0.26 m, the allowable speed of the plate disk should be in the range from 175 to 230 rpm for changes in the total volume of loaded components from 0.1 to 0.2 m³.

In the fourth section are given the results of the experimental research program implementation.

Based on the processing of the experimental data set, regression equations are obtained, which describe the functional change: working height and homogeneity coefficient of the prepared dough depending on the second feed of metered flour, vibration amplitude and vibration frequency of the plate disk; the fermentation height of the liquid sponge and the consumption of consumer power depending on the process parameters.

It is established that the approximate value of the maximum working height of the formed mixture is in the range from 0.17 to 0.34 m, with changes in the second feed of flour from 0.03 to 0.07 kg / s the maximum working height of the formed mixture increases on average by 0.05... 0.08 m, or 22... 25%; and with changes in the speed of the plate disk from 160 to 200 rpm - increases by an average of 0.04, or 18%. The discrepancy between theoretical and experimental values of the maximum working height is on average from 5 to 8%.

The approximate value of homogeneity coefficient of the resulting mixture is in the range from 0.43 to 1.2 m, while the coefficient of homogeneity has a maximum value of 0.93 for the following values of input factors: for the value of mass per second feed of flour from 0.065 to 0.07 kg / s, amplitude of dosing flour from 0,5 to 1,0 mm, frequency of rotation of a plate disk from 180 to 190 rpm.

With an increase in the second feed of flour from 0.033 to 0.077 kg / s and the fermentation time of the sponge to 30 minutes, the height of the fermentation of the

sponge increases from 0.056 m to 0.227 m. The dominant effect on the increase in the fermentation height of the sponge has the fermentation time of the prepared liquid sponge – within the change of the factor the increase in the fermentation height is on average from 0.13 to 0.21 m, ie for 5 minutes of fermentation 1.4...1.5 times.

The highest value of gas-forming capacity is 448 ml CO₂ per 100 g, lifting force 64 N, titratable acidity 5.2 deg. and active acidity of 5.96 was obtained in the second variant of preparation of the sponge during the fermentation time of the prepared liquid sponge equal to 30 minutes, and the redox potential is almost the same for all variants of preparation of the liquid sponge and close to the control variant.

It is established that the lowest values of power consumption are obtained in the variant of operation of the electric motor-reducer for «cycle 2», and the indicators of the approximate values of power consumption are in the range from 0.23 to 0.39 W.

The results of theoretical and experimental research were presented to the specialists of PJSC "Tera" (Ternopil) for the development of new or improvement of existing methods and equipment for the preparation of liquid sponge.

The following rational parameters were recommended: diameter of the working chamber of the mixer 0,28... 0,3 m at height of the formed steam no more than 0,25 m; diameter of a plate disk 0,24... 0,26 m; angular velocity of the plate disk from 175 to 230 rpm with changes in the total volume of loaded components from 0.1 to 0.2 m³; amplitude of longitudinal vibrations of the vibrating sieve from 0.5 to 1.0 mm; liquid sponge cooking time – up to 30 minutes.

Keywords: method, liquid sponge, dosing of components, discrete-pulse mixer, flour, yeast, second feed of flour, homogeneity factor, quality indicators of sponge, power consumption.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковано основні результати дисертаційної роботи

1. Карпик Г., Стадник І., **Паньків Ю.** [Оцінка однорідності суміші при змішуванні](#). Научно-практический журнал «Хранение и переработка зерна». Дніпро. 2018. № 9 (228). С. 49 – 51.

2. Igor Yaroslavovych Stadnyk, **Julia Pankiv**, Petro Havrylko, Halina Karpyk. [Researching of the concentration distribution of soluble layers when mixed in the weight condition](#). Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. Slovak. 2019. Vol. 13. No. 1. P. 581 – 592.

3. Ihor Stadnyk, Yuliia Pankiv, Volodymyr Vasylyv, Tetiana Kos. Dynamics of inter-phase interaction of components during mixing. Зб. наукових праць Інституту продовольчих ресурсів НААН. Продовольчі ресурси. К., 2020. Том 8. № 15. С. 174 – 184.

4. Стадник І.Я., **Паньків Ю.Ю.**, Чорна Н.В., Лісовська Т.О. Дискретно-імпульсне змішування борошняних компонентів. Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наукових праць / відпов. ред. О.І. Черевко. Х.: ХДУХТ, 2020. Вип. 1 (31). С. 157 – 171.

5. **Паньків Ю.Ю.**, Стадник І.Я., Василів В.П., Кос Т.С. Динаміка міжфазової взаємодії між компонентами при перемішуванні. Зб. наукових праць Інституту продовольчих ресурсів НААН. Продовольчі ресурси. К., 2020. Том 8. № 15. С. 174 – 184.

6. Стадник І.Я., **Паньків Ю.Ю.**, Піддубний В.А. Визначення питомої потужності при змішуванні компонентів. Наукові праці Національного університету харчових технологій. Т. 26. №. 6. С. 143 – 153.

7. Піддубний В.А., **Паньків Ю.В.**, Стадник І.Я., Петриченко Є.А. Інтегровані рішення і апаратурне оформлення перехідних процесів змішування компонентів у псевдо шарі. Зб. наук. праць. Обладнання та технології харчових виробництв. 2021. № 1(42). С. 82 – 90.

8. І.Я. Стадник, О.М. Пилипець, Ю. Паньків. Обґрунтування параметрів надійності і довговічності машини статистичним моделюванням : тези доп.

Міжн. наук. конф. «Іван Пулюй: життя в ім'я науки та України». Тернопіль, 2020. С. 101.

9. Стадник І., **Паньків Ю.** Метод інтенсивного формування фазового контакту компонентів при змішуванні : *Inginerie Agrară și Transport Auto : materialele Simpozionului Științific Internațional «Realizări și perspective în ingineria agrară și transport auto», dedicat aniversării a 85 de ani de la fondarea Universității Agrare de Stat din Moldova, Chișinău, Moldova, 4-5 octombrie 2018.* Vol. 51. P. 78–82.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертаційної роботи

10. **Паньків Ю.**, Стадник І.Я. Основні закономірності процесу перемішування : тези доп. VII Міжн. наук.-техн. конф. «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті Євроінтеграції»: Програма та тези матеріалів VII-ї Міжн. наук.-техн. конф., 6-7 листопада 2018 р., м. Київ. К.: НУХТ, 2018 р. С. 36 – 37.

11. Стадник І., **Паньків Ю.** Метод інтенсивного формування фазового контакту компонентів при змішуванні : *Inginerie Agrară și Transport Auto : materialele Simpozionului Științific Internațional «Realizări și perspective în ingineria agrară și transport auto», dedicat aniversării a 85 de ani de la fondarea Universității Agrare de Stat din Moldova, Chișinău, Moldova, 4-5 octombrie 2018.* Vol. 51. P. 78–82.

12. **Паньків Ю.Ю.**, Стадник І.Я., Василів В.П. Визначення поверхні фазового контакту у процесах змішування сумішей: тези доп. наук.-практ. конф. вчених, аспірантів і студентів . «Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства». Київ, 2019. С. 272.

13. **Паньків Ю.Ю.**, Стадник І.Я., Василів В.П. Динаміка міжфазової взаємодії змішувально-збивального процесу : тези доп. наук.-практ.

конф.вчених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства». Київ, 2019. С. 275.

14. Паньків Ю. Визначення геометричних параметрів змішування :тези доп. II Міжн. студентської наук.-техн. конф. «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання». Тернопіль, 2019. С. 149 – 150.

15. І.Я. Стадник, **Ю. Паньків**. Змішувач рідких компонентів. Актуальні задачі сучасних технологій : тези доп. Міжн. наук.-техн. конф. 14-15 травня 2020 р. «Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій». Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2020. С. 232.

16. Паньків Ю. Характеристика процесів змішування : тези доп. IV Міжн. студентська наук.-техн. конф. «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання», 28-29 квітня 2021 р. Тернопіль, 2021. С. 111 – 112.

Наукові праці, які додатково розкривають результати дисертаційної роботи

17. Патент України 124070, МПК А21D 8/02, А21С 1/00. Спосіб приготування опари. Стадник І.Я., **Паньків Ю.Ю.**; заявник і власник патенту Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. № а201902245; заявл. 05.03.2019; опубл. 14.0.2021. Бюл. № 28/2021. 3 с.

18. Патент 134226 Україна, МПК А01С 1/02, В01F 7/00. Змішувач напіврідких фабрикатів. Стадник І.Я., **Паньків Ю.Ю.**, Лясота О.М. ; заявник і власник патенту Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. № u201811745; заявл. 28.11.2018; опубл. 10.05.2019. Бюл. № 9/2019. 3 с.

19. Патент 137278 Україна, МПК А01С 1/02, В01F 7/00. Змішувач напівфабрикатів. Стадник І.Я., **Паньків Ю.Ю.**, Гіджеліцький В.М. ; заявник і власник патенту Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. № u2019003951; заявл. 15.04.2019; опубл. 10.10.2019. Бюл. № 19/2019. 3 с.

20. Патент 137426 Україна, МПК А01С 1/02. Спосіб приготування опари. Стадник І.Я., **Паньків Ю.Ю.** ; заявник і власник патенту Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. № u201902242; заявл. 05.03.2019; опубл. 25.10.2019. Бюл. № 20/2019. 3 с.