

# **ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ТІСТОМІСИЛЬНИХ МАШИН ШЛЯХОМ КОМПЛЕКСНОГО МОДЕЛЮВАННЯ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ**

**І. М. Литовченко,**

**кандидат технічних наук, доцент**

**М. С. Шпак**

**аспірант**

**Національний університет харчових технологій, м. Київ**

Тістомісильне обладнання займає одне з провідних місць при виготовленні хлібобулочних виробів, так як якість замісу опари чи тіста суттєво впливає на якість готових виробів. При розробці нових тістомісильних машин виникає проблема у виборі того чи іншого місильного органу, частоти обертання лопаті або місильної ємкості, тривалості. Це, в свою чергу, значно сповільнює процес проектування нового обладнання, а в деяких випадках не дає необхідного результату, адже вибір робочих органів відбувається інтуїтивно, за допомогою практичних дослідів.

Використання традиційного процесу проектування тістомісильних машин займає багато часу, сил та коштів і не дає гарантії, щодо отримання раціонального рішення.

На даний час ще не існує послідовної теорії перемішування неньютонівської тиксотропної в'язкої рідини, до якої відноситься хлібне тісто. Одним із способів, який дасть можливість якісно "відтворити" процес замісу опари чи тіста в хлібопекарському та макаронному виробництві є метод комп'ютерного моделювання.

За допомогою даного методу ми маємо можливість заздалегідь отримати необхідні гідродинамічні та енергетичні параметри процесу перемішування в'язкої рідини, що, в свою чергу, дає можливість ефективного проектування нового тістомісильного обладнання і велику економію часу та коштів.

Використовуючи метод комп'ютерного моделювання можна з великою точністю визначити напрям та швидкість руху в'язкої маси в місильній ємкості, отримати значення розподілу тиску, густини, концентрації суміші в будь – якій точці даного об'єму.

Ще одним позитивним моментом під час застосування даного методу є можливість визначення енергетичних параметрів процесу перемішування, що дозволяє в подальшому виконати розрахунок питомої роботи замісу та визначити необхідну потужність приводу.

Для дослідження процесу замісу тіста було використано програмний пакет для персональних комп'ютерів Flow Vision російської фірми "Тесис". Даний пакет призначений для моделювання гідродинамічних процесів у технічних та природних умовах, а також візуалізації цих процесів методами комп'ютерної графіки. При використанні різних моделей турбулентності, маємо змогу промодельовати складні рухи рідини, такі як течії із сильним закрученням та вільною поверхнею.

Як приклад, проаналізуємо якість замісу тіста та енергетичні параметри процесу широко на розповсюджених в галузі тістомісильних машинах періодичної дії А2-ХТБ та Л4-ХТВ .

При моделюванні процесу перемішування тіста створюється тривимірна модель робочих органів та місильної ємкості кожної тістомісильної машини.

Наступним етапом дослідження є встановлення параметрів процесу: реологічних параметрів тіста, рівня заповнення робочої ємкості, частоти обертання та положення місильної лопаті. В нашому випадку частоти обертання місильних органів є рівними – 60 об/хв., а розташовуються останні ексцентрично, відносно осі місильної ємкості.

Основними питаннями, які розглядаються при аналізі процесу перемішування в'язкої рідини, є інтенсивність та ефективність перемішування.

Інтенсивність перемішування визначається кількістю енергії, яка вводиться в одиницю об'єму маси, що перемішується, за одиницю часу.

Ефективність перемішування являє собою характеристику якості процесу, якою, в нашому випадку, може слугувати рівномірність замісу. На якість перемішування великий вплив має виникнення циркуляційних вихорів в області проходження робочого органу. Виникнення останніх, в свою чергу, є похідним від в'язкості суміші, геометрії місильних лопатей та швидкості руху продукту в ємкості.

На рис.1 показано зони розподілу в'язкості тіста у вертикальній площині досліджуваних тістомісильних машин.

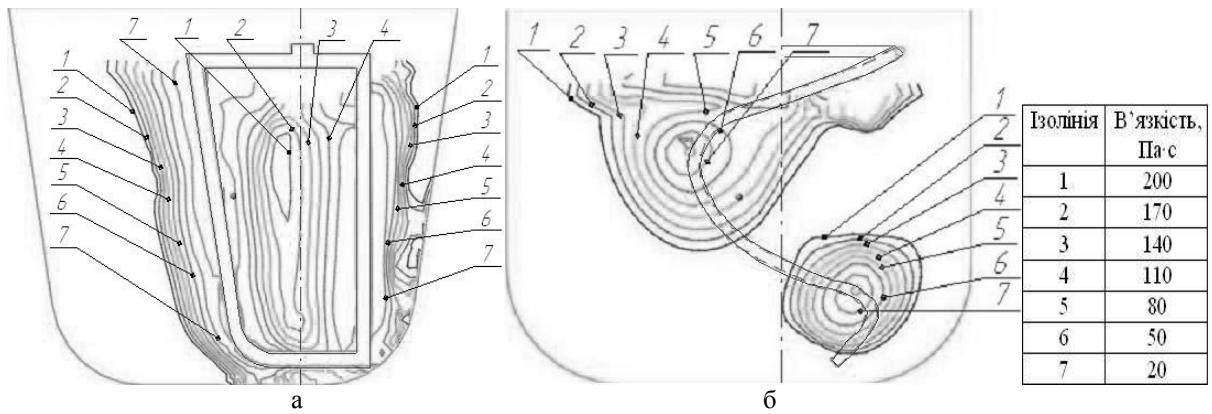


Рис.1

а – А2-ХТБ; б – Л4-ХТБ

Аналізуючи картину руху місильних органів в робочій масі, ми вперше можемо побачити розподіл в'язкості тіста в місильній ємкості. З теорії відомо, що тісто належить до тиксотропних неньютонівських рідин, в'язкість яких зменшується із збільшенням градієнта швидкості деформації. Це підтверджується наведеною картиною. Найменші значення в'язкості (20 – 30 Па·с) спостерігаються безпосередньо біля місильних органів, в області руху лопаток. В подальшому об'ємі, в'язкість тіста значно зростає (досягає 200 Па·с та вище), що дає змогу визначити активну зону перемішування, тобто зону, в якій виникають сприятливі умови для виникнення циркуляційних вихорів. Розмір її для даних машин складає близько 85 мм. як у вертикальному, так і горизонтальному напрямках. Розмір даної зони дуже важливий при розрахунку питомої роботи замісу. Раніше ці параметри могли тільки передбачити, що не надавало точності проектним розрахункам.

Ще одним методом візуалізації отриманих результатів є ізоповерхня такої скалярної величини, як в'язкість, тобто це тривимірна зона розподілу певного її значення.

На рис.2 показано зону розподілу в'язкості тіста в місильній ємкості із значенням 100 Па·с

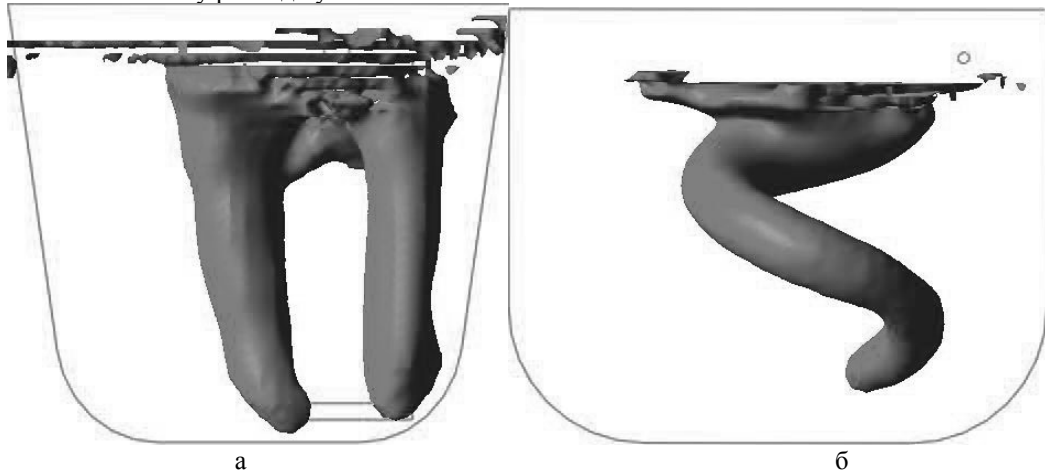


Рис.2

а – А2-ХТБ; б – Л4-ХТБ

Важливою характеристикою процесу перемішування є визначення розподілу швидкості руху продукту в місильній ємкості.

На рис.3 показано зони розподілу швидкості у вертикальній площині перерізу.

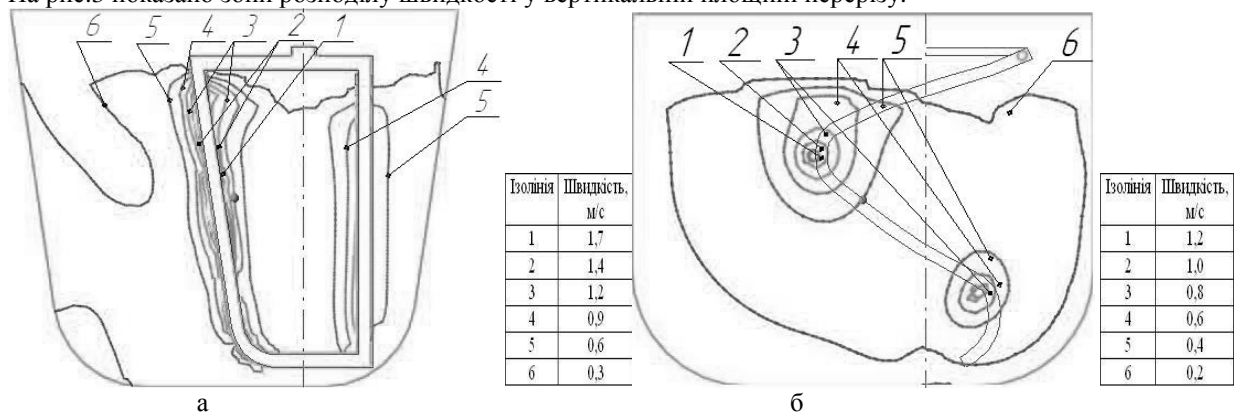


Рис.3

а – А2-ХТБ; б – Л4-ХТБ

Аналізуючи картину розподілу швидкості в місильній ємкості, можна стверджувати, що найбільші значення швидкості спостерігаються біля місильних органів. В тістомісильній машині А2-ХТБ максимальне значення швидкості продукту досягає 1,7 м/с, але зона розподілу найбільших значень даної змінної значно менша, ніж в тістомісильній машині Л4-ХТБ (в 1,7 разів). В останній, максимальне значення швидкості рівне 1,2 м/с, що зумовлене конструкцією місильної лопати.

Після аналізу дослідження картини розподілу швидкості, можемо з впевненістю стверджувати, що ефективність роботи тістомісильної машини Л4-ХТБ значно вище, ніж в А2-ХТБ, що зумовлено конструктивними параметрами місильних органів.

Останнім кроком при дослідженні процесу замісу хлібного тіста є визначення питомої роботи замісу, яка є прямопропорційною в'язкості продукту, частоті обертання місильних органів, геометрії лопатей (в четвертій ступені) та обернено пропорційна розміру активної зони. Остання, значно впливає на розміщення робочих органів в місильній ємкості.

При розрахунку енергетичних параметрів роботи тістомісильних машин було визначено, що питома робота замісу машини А2-ХТБ складає 3 Дж/г, а машини Л4-ХТБ – 5,6 Дж/г відповідно. Отримані розрахунки підтверджують дані, отримані шляхом експериментальних замірів.

Висновок: Використання методу комп'ютерного моделювання під час конструювання нового ефективного тістомісильного обладнання, значно прискорює процес проектування. За допомогою даного методу маємо змогу проектувати нове обладнання в значно коротші терміни, проаналізувати роботу тістомісильних машин, які використовуються на підприємствах в даний час. Під час моделювання процесу замісу маємо змогу встановити інерційні та енергетичні характеристики процесу в будь-якій точці місильного об'єму.

#### Список використаної літератури:

1. Иванов Б. Н. Мир физической гидродинамики: От проблем турбулентности до физики космоса. – М.: Едиториал, 2002 – 240с.
2. Стренк Ф. Перемешивание и аппараты с мешалками. – Л.: Химия, 1976. 236 с.