



## МЕХАНІКА

DOI: 10.15587/2706-5448.2024.316558

**РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ АКУСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ В ОПЕРНІЙ СТУДІЇ КИЇВСЬКОЇ КОНСЕРВАТОРІЇ** (стор. 6–10)

Гаврилко В. О.

Об'єктом даного дослідження є акустичні характеристики концертного залу, зокрема час реверберації, що впливає на сприйняття звуку слухачами та виконання музикантами.

Дослідження зосереджене на важливості математичного моделювання акустичних процесів у концертних залах, зокрема в аспекті оптимізації часу реверберації. У сучасних умовах розвитку нових матеріалів і технологій акустичного дизайну виникає потреба в точних розрахунках та аналізі впливу різних елементів на загальну акустику приміщення. Неправильне проектування та вибір матеріалів можуть призводити до дискомфорту слухачів і знизити якість звучання, що підкреслює критичну необхідність наукових методів для аналізу та моделювання акустичних процесів у специфічних умовах.

У ході дослідження були застосовані математичні моделі, розроблені за допомогою програмного забезпечення MATLAB®, для розрахунку часу реверберації в залежності від різних матеріалів і їх площі.

Суть отриманих результатів полягає в тому, що математичні моделі можуть точно відображати акустичні процеси в приміщенні, дозволяючи прогнозувати акустичні характеристики на основі визначених параметрів. Взаємозв'язок між теоретичними розрахунками та експериментальними даними демонструє, що математичне моделювання може служити ефективним інструментом для підвищення акустичної якості концертних залів, враховуючи особливості використання різних матеріалів.

Практичне використання отриманих результатів полягає в можливості впровадження рекомендацій щодо корекції акустичних умов у залі. Визначені параметри можуть бути використані для оптимізації дизайну приміщень, в яких проводяться музичні заходи, а також для вдосконалення методів акустичного проектування. Використання отриманих даних на практиці дозволить покращити якість звуку, що, у свою чергу, підвищить комфорт слухачів та забезпечить краще сприйняття музики.

**Ключові слова:** математичне моделювання, MATLAB®, акустичне проектування, акустичні характеристики концертного залу, час реверберації, звукопоглинання.

## ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

DOI: 10.15587/2706-5448.2024.319827

**ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА БЕТОНУ З ТОЧКИ ЗОРУ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ** (стор. 11–15)

Левченко О. П., Коробко Б. О.

Об'єктом дослідження є система живлення бетонозмішувальної установки. Проведені дослідження дали змогу виявити та усунути недоліки існуючої системи живлення з метою підвищення її енергоефективності та продуктивності. Запропонована нова концепція, яка передбачає індивідуальне розташування бункерів з ізованими конвеєрами для кожного з них.

В результаті дослідження було виявлено ряд суттєвих переваг запропонованої системи, а саме:

- окремі конвеєри для кожного бункера дозволяють оптимізувати маршрути руху матеріалів, уникнути зайвих переміщень та зменшити навантаження на приводи;

- застосування сучасних електродвигунів з високим коефіцієнтом корисної дії та інших енергозберігаючих компонентів може додатково знизити споживання енергії;

- завдяки незалежній роботі кожного бункера, можна паралельно завантажувати різні матеріали, що скорочує час на підготовку нової порції бетонної суміші;

- відсутність загального бункера знижує ризик виникнення заторів та перешкод, що може призвести до простоїв обладнання;

- завдяки незалежності кожного бункера, можна одночасно готувати різні види бетонних сумішей.

Однак перед впровадженням нової системи необхідно врахувати й деякі потенційні недоліки та ризики, а саме:

- реалізація нової системи може потребувати значних інвестицій у нове обладнання та монтаж;

- кількість компонентів системи збільшується, що може ускладнити її обслуговування та ремонт;

- для ефективної роботи нової системи потрібна розробка спеціального програмного забезпечення та систем автоматизації.

Незважаючи на деякі недоліки, впровадження системи живлення бетонозмішувальної установки є перспективним напрямком розвитку машинобудівельної та будівельної промисловості. Отримані результати дослідження свідчать про високу ефективність даної технології та її економічну доцільність в довгостроковій перспективі.

**Ключові слова:** системи живлення, бетонозмішувальна установка, бункер, конвеєр, бетонна суміш, система автоматизації.

DOI: 10.15587/2706-5448.2024.320265

**МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЗАВАНТАЖЕННЯ ПНЕВМОСЕПАРУВАЛЬНИХ КАНАЛІВ** (стор. 16–24)

Харченко С. О., Біловод О. І., Литвиненко В. В., Келемеш А. О., Тарасенко Д. С.

Об'єктом дослідження є проблема рівномірного розподілу сипких матеріалів по ширині робочих органів сепарувального обладнання. Подібна проблема обмежує продуктивність та якість процесу сепарування сипких матеріалів за аеродинамічними та розмірними ознаками. Для забезпечення рівномірності шару сипкого матеріалу по ширині запропонована інтегрована конструкція завантажувального пристрою, яка складається зі двоскатної поверхні, що має змінний кут нахилу від центру подавання до крайніх

меж пристрою. Робоча частина пристрою виконана у вигляді поверхонь змінної ширини, причому ширина кожного схилу поверхні зростає пропорційно відстані до стінок корпусу. Це дозволяє керовано розподілити матеріал по ширині. Дослідження проведені за допомогою аналітично-експериментальних методів. Для визначення параметрів руху сипкого зернового середовища по інтегрованій скатній поверхні отримані аналітичні вирази, які враховують параметри запропонованого завантажувального пристрою та властивості сипкого зернового матеріалу. Отримані закономірності зміни швидкості сходження частинок сипкого зернового матеріалу зі скатної поверхні, а також залежності швидкості їх падіння на дно бункеру. Експериментальні дослідження базувалися на швидкісній відеозйомки процесу з ідентифікацією динамічних параметрів сипкого матеріалу та порівнянні з даними моделювання. Адекватність моделі підтверджена експериментами з розходженням до 3,6 %. Встановлено вплив на показники кінцевої швидкості частинок сипкого зернового матеріалу (СЗМ) наступних значущих факторів: довжина скатної поверхні на рівні 47,5–116,5 %, далі відстань від поверхні до днища бункеру на рівні 76,7–85,6 % та кут нахилу скатної поверхні на рівні 24,4–41,1 %. Встановлені діапазони варіювання швидкостей частинок СЗМ: початкова швидкість частинок на скатній поверхні 0,82–1,27 м/с, швидкість сходження частинок зі скатної поверхні 0,85–1,43 м/с, швидкість падіння частинок 0,68–1,47 м/с. Результатом досліджень стали раціональні параметри інтегрованого завантажувального пристрою, що забезпечує відмінні швидкості руху частинок та призводить до рівномірного розподілу сипкого зернового матеріалу по ширині сепарувального обладнання з пропорцією входу до виходу (1:5). Отримані результати доводять наявність та спосіб науково-технічного вирішення проблеми, створюють умови для подальших досліджень та проектування сепарувального обладнання з високими технологічними показниками.

**Ключові слова:** динаміка сипкого матеріалу, зернова суміш, рівномірність розподілу, аналітичні вирази, раціональні параметри, сепарувальне обладнання.

## МЕТАЛУРГІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

DOI: 10.15587/2706-5448.2024.320381

**РОЗРОБКА ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ЛИТТЯ ВАЛКІВ ДЛЯ УНІВЕРСАЛЬНИХ БАЛКОВИХ СТАНІВ** (стор. 25–35)

Сайчук О. В., Боровик О. Ю., Прієлпо Н. В., Басова Ю. О., Гончаренко О. О., Захаров А. В.

Об'єктом дослідження є технології лиття двошарових валків для універсальних балкових станів (УБС). Вони є критично важливими компонентами металургійної промисловості, що забезпечують виробництво балок, профілів та інших конструктивних елементів, які широко застосовуються у будівництві, машинобудуванні, транспорті, енергетиці та інших галузях. Розробка інноваційних підходів до виготовлення валків є стратегічно важливою для зміцнення виробничого потенціалу України. Оскільки одним з найбільш проблемних місць є залежність від імпортованих валків, яка призводить до значних економічних втрат, логістичних ризиків та обмеження технологічної незалежності країни. Існуючі вітчизняні технології не завжди дозволяють досягти необхідних експлуатаційних характеристик, таких як зносостійкість, термостійкість та довговічність, що ускладнює конкурентоспроможність продукції на міжнародному ринку.

Отримано інноваційну технологію виготовлення двошарових валків, яка включає застосування стаціонарних форм для лиття, використання бейнітно-мартенситної структури зовнішнього шару та оптимізацію температурних режимів. Це забезпечує високу твердість, термостійкість і зносостійкість зовнішнього шару. Внутрішній шар, виготовлений із матеріалів з високою пластичністю, компенсує залишкові напруження та покращує структурну стабільність. Застосування легуючих елементів (нікель, молібден, мідь) у поєднанні з математичним моделюванням температурних полів дозволило знизити кількість дефектів структури, таких як пористість і відшарування, а також забезпечити рівномірне з'єднання шарів. Це пов'язано з тим, що запропонована технологія поєднує сучасні підходи до легування, оптимізації термічної обробки та використання високотехнологічного моделювання температурних режимів під час лиття. Особливістю є адаптація матеріалів до умов високих механічних і термічних навантажень, а також інноваційний дизайн форми лиття, що забезпечує високий рівень адгезії між шарами та знижує ризик утворення дефектів. Завдяки цьому забезпечується можливість ефективної експлуатації валків у важких умовах роботи, включаючи високі механічні та термічні навантаження. У порівнянні з аналогічними відомими рішеннями, запропонована технологія дозволяє збільшити термін служби валків на 20–25 %, знизити витрати на ремонт та обслуговування на 15–20 %, а також підвищити ефективність виробничих процесів завдяки зменшенню кількості зупинок обладнання.

**Ключові слова:** універсальні балкові стани, двошарові валки, технології лиття, термічна обробка, бейнітно-мартенситна матриця.

## ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

DOI: 10.15587/2706-5448.2024.318534

**ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ПІДГОТОВКИ ВАНТАЖНИХ ТАНКІВ НАФТОНАЛИВНИХ СУДЕН ДО ВАНТАЖНИХ ОПЕРАЦІЙ** (стор. 36–40)

Колегаєв М. О., Бражнік І. Д.

Об'єктом дослідження є процес інертизації вантажного танку нафтоналивного судна. Розглянуті питання щодо вдосконалення процесу підготовки вантажних танків нафтоналивних суден до вантажних операцій. Зазначено, що ефективність експлуатації нафтоналивних суден крім транспортних операцій, визначається технологіями, які використовуються під час підготовки судна до прийому нового вантажу. Однією з таких технологій є інертизація вантажних танків, яка передуватиме будь-яким вантажним операціям. Дослідження було направлено на вдосконалення системи інертних димових газів за рахунок використання нової технології подачі струменів інертного газу у вантажні танки нафтоналивного судна. Основним завданням досліджень є встановлення ступеня впливу параметрів газового потоку (який утворюється генератором інертних димових газів) на вході в вантажний танк на характер зміни концентрації

повітря у всьому об'ємі танку. За кінцевий результат розв'язання цього науково-прикладного завдання визначено скорочення часу інертизації вантажних приміщень нафтоналивних суден. Під час експериментів подача інертного газу в вантажний трюм забезпечувалась за трьома технологічними схемами. Перша містила лише одне джерело струменя з кутом розкриття  $60^\circ$ , яке розміщувалось в центральній точці днища вантажного танку. Друга містила чотири джерела струменів інертних газів, які розміщувались хрестоподібно на днищі танку. Сопла встановлювалися по діагоналі в чотирьох центрах однакових прямокутних зон днища танку. Їхній кут розкриття для створення конусного факелу струменя становив  $30^\circ$ . Кількість джерел подачі струменів інертних газів третьої схеми дорівнювало п'яти. На початку процесу подачі інертного газу використовувалися чотири джерела, що розміщувались по кутам танку з кутом розкриття  $30^\circ$ . Під час зниження вихідного значення концентрації кисню в повітрі на тридцять відсотків подача інертного газу відбувалася лише з п'ятого – центрального джерела струменя. У ньому використовувалося сопло, що створює кут розкриття конуса факелу струменя  $90^\circ$ . З початком роботи центрального сопла всі кутові джерела подачі струменів інертного газу відключалися. Доведено, що саме за такою схемою забезпечується поліпшення процесу інертизації нафтоналивного судна, що відображається в скороченні часу, який потрібен на його проведення.

**Ключові слова:** вантажні операції, інертні димові гази, концентрація кисню, кут розкриття струменя, нафтоналивне судно, система інертних газів.

DOI: 10.15587/2706-5448.2024.317589

**ВПРОВАДЖЕННЯ БЛОЧНИХ УСТАНОВОК ШТУЧНОГО ХОЛОДУ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ГАЗУ** (стор. 41–45)

**Рубель В. П., Масленко М. О.**

Об'єктом дослідження є процес впровадження та використання блочних установок штучного холоду в технології підготовки природного газу.

Проведені дослідження підтвердили високу ефективність використання блочних установок штучного холоду. Завдяки глибокому охолодженню газу вдається досягти значного збільшення видобутку конденсату та поліпшення якості газу. Крім того, сучасні установки характеризуються високою енергоефективністю та компактністю.

В результаті комплексного аналізу існуючих технологій підготовки газу та порівняльного оцінювання з використанням блочних установок штучного холоду було виявлено ряд суттєвих переваг запропонованої системи, а саме:

- блочні установки забезпечують більш глибоке видалення важких вуглеводнів, води та інших домішок, що підвищує якість кінцевого продукту;
- за рахунок зниження температури газу досягається інтенсивніша конденсація важких вуглеводнів, що призводить до додаткового видобутку цінних компонентів;
- сучасні блочні установки обладнані енергоефективним обладнанням, що дозволяє знизити витрати на електроенергію;
- блочні установки мають модульну конструкцію, що полегшує їх транспортування, монтаж і обслуговування;
- застосування блочних установок дозволяє знизити викиди шкідливих речовин в атмосферу;
- можливість адаптації до різних умов експлуатації та вимог до якості продукції.

В ході дослідження було виявлено, що існуючі технології підготовки природного газу мають ряд недоліків, таких як:

- низька ефективність очищення газу;
- великі енерговитрати;
- складність обслуговування;
- великі габарити обладнання.

Незважаючи на деякі недоліки, впровадження блочних установок штучного холоду є перспективним напрямком розвитку газової промисловості. Отримані результати дослідження свідчать про високу ефективність даної технології та її економічну доцільність в довгостроковій перспективі.

**Ключові слова:** блочні установки штучного холоду, низькотемпературна сепарація, продуктивність установки, вилучення газу.

DOI: 10.15587/2706-5448.2024.318926

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВМІСТУ МЕТАНОЛУ У ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОТОКАХ ОБ'ЄКТІВ, ЩО ЗДІЙСНЮЮТЬ ПІДГОТОВКУ ГАЗУ МЕТОДОМ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ СЕПАРАЦІЇ** (стор. 46–53)

**Друкотренко В. І., Подоляк Т. М.**

Об'єктом дослідження є метанол як інгібітор, який застосовують у процесі збору та підготовки продукції газових, газоконденсатних, нафтових родовищ для захисту від гідратуутворень. Важливим є забезпечення раціональної витрати даного інгібітору, з урахуванням його розчинності у газі, воді та рідких вуглеводнях. Дана робота направлена на аналіз використання інгібітора гідратуутворення метанолу в процесі низькотемпературної підготовки газу та визначення шляхів більш ефективного його застосування.

У роботі представлені результати моделювання розподілу інгібітора гідратуутворення по технологічних потоках установок низькотемпературної сепарації газу за такими схемами:

- низькотемпературна сепарація з охолодженням газу завдяки ефекту Джоуля-Томпсона;
- компримування газу від свердловин за допомогою ДКС (дотискна компресорна станція) + низькотемпературна сепарація з охолодженням газу завдяки ефекту Джоуля-Томпсона;
- компримування газу від свердловин за допомогою ДКС + низькотемпературна сепарація з охолодженням газу завдяки роботі турбодетандерного агрегату;
- компримування газу від свердловин за допомогою ДКС + низькотемпературна сепарація з охолодженням газу завдяки роботі установки штучного холоду (пропанової холодильної установки).

Використання комп'ютерного симулятора дозволило детально відстежити розподіл метанолу під час процесу підготовки газу. Методом ітерацій було визначено мінімальні значення витрати метанолу, при яких зберігається безгідратний режим роботи обладнання. На основі результатів моделювання виконано аналіз вмісту метанолу по технологічних потоках. А також визначено закономірності щодо відокремлення інгібітора в сепараційному обладнанні, а саме, залежність розподілу метанолу від тиску газу в сепараторах, та вміст метанолу у вихідних лініях установок підготовки газу.

Встановлено, що результати дослідження можуть бути застосовані при розробці технологій по збору, регенерації та повторному використанні метанолу в технологічних процесах низькотемпературної підготовки газу. Практична цінність результатів полягає в можливості удосконалення типових методів захисту обладнання від гідратуутворень шляхом розробки автоматизованої системи подачі інгібітору, яка відстежуючи параметри технологічного процесу, змінює дозування інгібітору та забезпечує його економне використання.

**Ключові слова:** природний газ, супутньо-пластова вода, інгібітор, газові гідрати, комп'ютерне моделювання.

## АЛЬТЕРНАТИВНІ ТА ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

DOI: 10.15587/2706-5448.2024.318480

**РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ГЕЛІОПОВІТРЯНИХ КОЛЕКТОРІВ ДЛЯ СУШІННЯ РОСЛИННОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ** (стор. 54–60)

Котов Б. І., Калініченко Р. А., Спірін А. В., Гудзенко Н. М., Дідик А. М., Замрій М. А.

Об'єктом дослідження є сушіння сільськогосподарської рослинної продукції. Штучне теплове сушіння сільськогосподарської рослинної продукції (насіння, фрукти, горіхи, зерно тощо), як традиційний спосіб консервування та підготовки до зберігання та подальшої переробки, як правило, відбувається в сушарках сезонного використання. Для зменшення витрат традиційних видів органічного палива запропоновано для нагріву сушильного агенту в сезонних сушарках використовувати легкий переносний плівковий геліоколектор. Приведено математичний опис теплових процесів в геліоколекторі. Для підвищення ефективності (ступеню підігріву повітря) запропоновані пристрої – інтенсифікатори теплообміну. Теоретично обґрунтовано, експериментально підтверджено ефективні способи підвищення теплової потужності геліоколектора на основі застосування кільцевих і спіральних турболізаторів потоку теплоносія та секційного багатотрубного (багатоелементного) абсорбера. Використання зазначених елементів конструкції геліоколектора дозволить збільшити теплову продуктивність з одиниці площі абсорбера сонячної радіації, що дозволить підвищити нагрівання теплоносія з 26 °С до 32 °С для обнотрубних абсорберів і до 36 °С для секційного абсорбера. Максимальна питома потужність геліоколектора площею 240 м<sup>2</sup> – 0,2 кВт/м<sup>2</sup> при питомих витратах теплоносія 23 м<sup>3</sup>/год·м<sup>2</sup>. Для систем активного вентилявання насінневого матеріалу при питомих витратах повітря до 100 м<sup>3</sup>/год·м<sup>2</sup> можна отримати нагрів атмосферного повітря до 10 °С, що забезпечує цілодобове сушіння продукту. Сформульована спрощена математична модель для інтенсифікації параметрів за даними експериментів. Визначені коефіцієнти тепловіддачі від плівкового абсорбера сонячної енергії до нагріваемого повітря. Наведені результати експериментального визначення теплових характеристик геліоколектора та його енергетична ефективність. Як показали розрахунки, подальше підвищення продуктивності трубчастого геліоколектора можливе при збільшенні швидкості потоку в плівковому абсорбері, що може бути реалізовано зменшенням діаметру трубопроводу.

**Ключові слова:** сонячне випромінювання, геліоколектор, сушильний агент – повітря, теплообмін, плівкові рукави, абсорбер сонячного випромінювання.