

Винахід відноситься до газоабразивної обробки і може бути використаний при очищенні мостів, резервуарів, судів, вагонів, автомобілів, будівельних конструкцій і технологічного устаткування від продуктів корозії і забруднень, зміни шорсткості і поліпшення декоративних властивостей різних поверхонь, а також при пневмотранспортуванні сипучих матеріалів.

Відомі способи обробки заготовок двокомпонентним високошвидкісним струменем, дисперсійне середовище якого - газ, а дисперсне - частки абразиву. Способи включають подання дисперсного середовища з посудини нагнітальної в трубопровід матеріальний, змішування з дисперсійним середовищем, подання в прискорювач і розгін часток абразиву за рахунок перетворення тиску газу в кінетичну енергію і формування двокомпонентною високошвидкісного струменя - робочого інструменту для обробки поверхневого шару заготовок. Кількість часток абразиву в двокомпонентному високошвидкісному струмені регулюється прохідним перерізом дозатора, установленим між судиною і трубопроводом абразивним, при цьому вимірюють тиск у судині і трубопроводі абразивному [1].

Дане технічне рішення дозволяє регулювати подання часток абразиву у великому діапазоні 0,22-4,5кг/с [2]. Однак суттєвим недоліком є подання часток абразиву безпосередньо в трубопровід абразивні. Мала швидкість руху дисперсного середовища і великий надлишковий статичний тиск, обумовлюють нестабільне співвідношення дисперсного і дисперсійного середовищ, низьку кінетичну енергію часток абразиву і, як наслідок, зниження ефективності і продуктивності обробки.

Відомий дробоструминний спосіб представлений в апараті струминного очищення моделі АСО-150 [3]. Він включає подання газу в судину з частками абразиву, запиранням клапаном завантажувальної горловини, створення тиску в судині, подання газу в прийомний патрубок, подання часток абразиву самопливом із судини через дозатор у прийомний патрубок і далі через рукав у прискорювач, формування двокомпонентного струменя, що використовується як інструмент для обробки поверхні.

Однак частки абразиву надходять у прийомний паї рубок пульсуюче, через низький перепад тиску на вході і виході з дозатора. Крім того, сопла застосовуються невеликої довжини 80-115мм. що обумовлює незначне (3-5%) перетворення тиску газу в кінетичну енергію часток абразиву. Тому дані апарата характеризуються низькою продуктивністю (5-7м<sup>2</sup>/година) і значною витратою абразиву (60-90кг/м<sup>2</sup>).

Найбільш близьким технічним рішенням є спосіб, розкритий в установці для абразивної обробки деталі [4]. що полягає у використанні тиску газу для витиснення часток абразиву із судини в змішувальну камеру і далі в трубопровід абразивні через центральний і радіальний отвори живильника. Дане рішення підвищує стабільність подання часток абразиву, однак, не виключається можливість засмічення прохідного перерізу дозатора, крім цього, швидкість руху газу в змішувальній камері залишається невисокою, а на ділянці подання абразивних часток - знижується, що провокує виникнення пульсації.

Суттєвим недоліком є операція по регулюванню інтенсивності подання дисперсного середовища за рахунок зміни прохідного перерізу дозатора, крім цього, невирішене питання з вибором оптимальної ділянки розгону і формування двокомпонентного надшвидкісного струменя, а також його кута атаки і відстані до оброблюваної поверхні.

Технічна задача полягає в підвищенні продуктивності та ефективності дробоструминної обробки за рахунок збільшення кінетичної енергії абразиву отриманої перетворенням зі статичного тиску газу і зниження втрат енергії при руйнуванні поверхневого шару.

Технічна задача вирішується тим, що формування двокомпонентного струменя здійснюють впливом акустичним, вібрацією патрубків матеріального, збільшенням перепаду тисків газу на його вході і виході, при цьому через трубопровід транспортний розганяють частки абразиву в прискорювачі на ділянці довжиною 30-120 його калібрів і направляють її під кутом 15-45° до оброблюваної поверхні з відстані від ствола в межах 35-95 його калібрів. Формування двокомпонентного струменя здійснюють поданням часток абразиву в газовий потік, до співвідношення мас дисперсною і дисперсійного середовищ ) межах 0,7-0,9. Забезпечують подання оптимальної кількості часток абразиву впливом акустичним і вібрацією при частоті коливань дозатора в межах 500-1000Гц і амплітуді 0,3-0,7мм. Забезпечують необхідне співвідношення дисперсного і дисперсійного середовищ саморегулюючою пневматичною системою, підвищуючи вібрацію при зменшенні витрат газу в струмені, що подають в патрубок матеріальний. Дана система є саморегульованою, тому що при зменшенні кількості газу, що проходить через активатор збільшується вібрація й акустичний вплив, що зменшує сили тертя між абразивними частками.

Для здійснення запропонованого способу дробоструминної обробки розроблений апарат «Тарі» (далі - апарат), що містить прискорювач, посудину з дозатором, з'єднані між собою трубопроводом транспортним і з джерелом зжатою газу - газопроводом. Прискорювач виконане у вигляді ствола довжиною 30-120 калібрів, а дозатор оснащений генератором акустичним широкосмуговим, вібробудник багатоконтурним з ежектором, активатором і вологовідділювачем відцентровим. Вібробудник виконаний з тарілками розташованими під гострими кутами і бігунами різної маси, з патрубками тангенціальним і радіальним для подання і азу та ежектором, установленим зверху вниз, під патрубком матеріальним для подання часток абразиву з порожнини активатора. Активатор виконаний у вигляді склянки з пазами в стінці для пропуску часток абразиву і каналом для подання газу з трійника розподільного через кожух. Бігуни вібробудника виконані у вигляді сфери, при цьому діаметр більшого дорівнює 2,3-2,4 калібру ствола, меншого - 0,9-1,0, а діаметри проміжних змінюються по убутній залежності. Патрубок тангенціальний виконаний у вигляді сопла надзвукового з діаметром 0,95-0,98 калібру ствола. Активатор виконаний з каналом тангенціальним і камерою вихровою в днищі для подання газу, при цьому переріз каналу тангенціального не перевищує 0,5 калібру ствола, а переріз патрубка абразивного знаходиться в межах 0,8-0,9 калібру ствола.

На Фіг.1 схематично зображений апарат;

на Фіг.2 - залежність питомої витрати абразиву від співвідношення довжини ствола до його калібру;

на Фіг.3 - залежність продуктивності від співвідношення мас дисперсного середовища і дисперсійного;

на Фіг.4 - залежність продуктивності від частоти коливань;

на Фіг.5 - залежність продуктивності від амплітуди коливань;

на Фіг.6 - залежність продуктивності від кута атаки;

на Фіг.7 - залежність продуктивності від відстані між прискорювачем і оброблюваною поверхнею;

на Фіг.8 - залежність продуктивності від співвідношення перерізів каналу тангенціального і калібру ствола;

на Фіг.9 - залежність продуктивності від співвідношення перерізів патрубку абразивного і калібру ствола.

У таблиці 1 і 2 приведені значення частоти коливань і інтенсивності звуку при зміні діаметрів бігунів, їх розташування і співвідношення критики надзвукового сопла і калібру ствола.

Апарат містить прискорювач 1 підключене до дозатора 2 та посудини 3 трубопроводом 4 абразивним. Дозатор 2 з'єднаний із джерелом зжатого газу, наприклад - повітря, патрубком 5 тангенціальним виконаним у вигляді сопла надзвукового з вентилем 6 і патрубком 7 радіальним з вентилем 8. а посудина 3 з'єднана трійником 9 розподільним з вентилем 10. Прискорювач 1 виконане у вигляді ствола довжиною 30-120 калібрів. Дозатор 2 оснащений генератором 11 акустичним широкосмуговим, вібробудником 12 із вологовідділювачем 13 відцентровим, активатором 14, патрубком 15 абразивним і ежектором 16. Вібробудник 12 виконаний багатоконтурним з тарілками 17, встановленими під гострими кутами 18, бігунами 19, 20 і 21 сферичної форми, різної маси, відповідно більшої, середньої і малої. Вологовідділювач 13 відцентрової дії виконаний із зазором 22 коаксіальним, що з'єднує нижню частину вібробудника 12, кишеню 23 кільцеву для збору конденсату з патрубком 24 зливальним постаченим затвором 25 гідралічним. Активатор 14 розміщений над вібробудником 12 і виконаний у вигляді склянки з пазами 37 у стінці для пропуску абразиву із посудини 3 і каналом 26 у днищі для пропуску зжатого газу з трійника 9 розподільного через кожух 27 у порожнину 28. Патрубок 15 абразивний з'єднує порожнини 28 активатора 14. ежектора 16 і розміщений по осі дозатора 2. Ежектор 16 встановлений у днищі дозатора 2 із зазором 29 кільцевим і спрямований зверху вниз від патрубка 15 абразивного до трубопроводу 4 абразивного. Посудина 3 виконана з вібростом 30 і лійкою 31 завантажувальною, котра постачена клапаном 32 запірним, установленим на патрубок 33 верхньому трійника 9 розподільного. Поблизу від лійки 31 завантажувальної встановлений патрубок 34 вихлопний з краном 35. При цьому бігуни виконані у вигляді сфери з діаметром більшого 19 рівним 2,3-2,4 калібру ствола 1, меншого 21 - 0,9-1,0 і середнього 20 - 1,6-1,7, тобто діаметри змінюються зверху вниз по кубічній залежності. Патрубок 5 тангенціальний виконаний у вигляді сопла надзвукового з діаметром критики 0,95-0,98 калібру ствола 1. Активатор 14 виконаний з камерою 36 вихровою і каналом 26 тангенціальним для подання газу з трійника 9 розподільного через кожух 27. Переріз каналу 26 тангенціального не перевищує 0.5 калібру ствола 1. Переріз патрубка 15 абразивного знаходиться в межах 0,8-0,9 калібру ствола 1.

Апарат працює в такий спосіб: посудина 3 заповнюється абразивом, наприклад карбідом кремнію зеленим, зернистістю 500 (0,476-0,510мм) за ДСТ 26327-83, через вібростом 30 і лійку 31 завантажувальну. Для цього закривають вентиль 10, відкривають кран 35, стравлюють зжятий газ з посудини 3 через патрубок 34 вихлопний та опускають клапан 32 запірний. Відкривають затвор 25 гідралічний, закривають вентиль 8, відкривають вентиль 6 і подають зжятий газ у патрубок 5 тангенціальний і вібробудник 12. Зжятий газ закручуючись під дією відцентрових сил притискається до стінки вібробудника 12. Розганяючи за рахунок аеродинамічних сил бігуни 19, 20 і 21 при русі до виходу через вологовідділювач 13 відцентрової дії й ежектор 16 газовий потік спочатку розширюється, а потім звужується. Швидкість закручування потоку в напрямку від периферії до осі вібробудника 12 росте зі зменшенням радіуса, при проходженні ежектора 16, тобто надлишковий статичний тиск переходить у швидкісний напір. Тиск падає нижче атмосферного. Під дією перепаду тисків частки абразиву через пази 37 і повітря з пилом з лійки 31 завантажувальної, через патрубок 33 верхній трійника 9 розподільного, канал 26 у днищі активатора 14 і порожнину 28 надходять у патрубок 15 абразивний і далі в ежектор 16 і зазор 29 кільцевий, де під дією сил тертя утворюється центральний змушений вихор і через трубопровід 4 абразивний і ствол 1 стікають. Обертання бігунів 19, 20 і 21 генерує вібрацію, яка через посудину 3 і лійку 31 завантажувальну пускає в хід вібростом 30. що підвищує якість і швидкість завантаження абразиву. Плавне регулювання частоти від декількох герців до двох кілогерців і амплітуди в діапазоні 0,3-0,7мм здійснюється зміною кількості зжатого газу вентилем 6. При цьому ствол 1 направляють на поверхню і роблять одночасно з завантаженням - попередню обробку.

Завантаження абразиву закінчують після заповнення посудини 3 до рівня клапана 32 запірного. Дробоструминну обробку продовжують у такий спосіб: ствол 1 направляють на поверхню з відстані 35-95 калібрів і під кутом 15-45° впливають двокомпонентним швидкісним струменем, установлюючи при цьому співвідношення мас дисперсного середовища і дисперсійного в межах 0,7-0,9. Для цього закривають кран 35 і перешкоджають виходу зжатого газу через патрубок 34 вихлопний. Відкривають вентиль 10 і подають зжятий газ у посудину 3 через трійник 9 розподільний. Клапан 32 запірний видавлюється нагору і перекидає лійку 31 завантажувальну. Потім зжятий газ надходить у камеру 36 вихровою через канал 26 тангенціальний із трійника 9 розподільного, через кожух 27. Газ заповнює посудину 3, через пази 37, розпушуючи злежалі частки абразиву. Після заповнення газом посудини 3 частки абразиву надходять через пази 37 активатора 14 підхоплюються струменем газу з камери 36 вихрової і захоплюються в патрубок 15 абразивний дозатора 2. а потім в ежектор 16. де змішуються з потоком газу і подаються в трубопровід 4 і далі в ствол 1. Подання газу з патрубка 5 тангенціального виконаного у вигляді сопла надзвукового на стінку генератора 11 акустичного широкосмугового, обумовлює виникнення турбулентного прикордонного шару, що разом із бігунами, що обертуються 19, 20 і 21 по тарілках 17, установлених під гострими кутами 18, є джерелом звуку, що впливає на частки абразиву в посудині 3.

Частки абразиву розганяють у стволі 1 на ділянці довжиною 30-120 його калібрів і направляють двокомпонентний струмінь під кутом 15-45 до оброблюваної поверхні з відстані від ствола 35-95 його калібрів. При цьому формують двокомпонентний струмінь поданням абразивних часток у тазовий потік до співвідношення мас дисперсного середовища і дисперсійного в межах 0,7-0,9. Оптимальну кількість часток абразиву забезпечують акустичним впливом і вібрацією при частоті коливань дозатора в межах 500-1000Гц і амплітуді 0,3-0,7мм. Необхідне співвідношення мас дисперсного і дисперсійного середовищ підтримується саморегульованою пневматичною системою, підвищуючи вібрацію при зменшенні витрати газу в струмені, який подають в патрубок 15 абразивний.

Дробоструминну обробку припиняють у такий спосіб. Закривають вентиль 10 і припиняють подання газу в трійник 9 розподільний, кожух 27. Перекривають вентиль 6 і припиняють акустичний вплив і вібрацію патрубку 15 абразивній. Відкривають вентиль 8 патрубка 7 радіального і затвор 25 гідралічний для скидання конденсату з кишені 23 кільцевого дозатора 2 через зазор 22 коаксимальний і патрубок 24 зливальний, при цьому зменшують тиск газу в прискорювач 1 через трубопровід 4 абразивній. Відкривають кран 35, стравлюють зжати газ з посудини 3 через патрубок 34 вихлопний й опускають клапан 32 запірний.

Завдяки запропонованим конструктивним і технологічним рішенням, створений апарат має високу ефективність і розширює експлуатаційні можливості. Розроблений дозатор - довговічний, надійний і компактний, а прискорювач - ствол довжиною 30-120 його калібрів дозволяє одержати максимальну кінетичну енергію дисперсійного середовища. Вплив цього двокомпонентного струменя на оброблювану поверхню, з визначеної відстані і під необхідним кутом, дозволяє досягти найвищу продуктивність, при високій однорідності і необхідній шорсткості. Оцінка дробоструминної обробки за ДСТ 9.402-80 і міжнародному стандарту ISO 8501-1/1988 свідчить про відповідність властивостей отриманої поверхні найвищій якості, відповідно ступеню очищення 1 і класу Sa=3.

Виконання ствола довжиною 30-120 його калібрів, бігунів, більшого, проміжного і меншого, сопла надзвукового, каналу тангенціального з зазначеними діаметрами відповідними прийнятому калібру ствола: 2,3-2,4; 1,6-1,7; 0,9-1,0; 0,95-0,96;  $\leq 0,5$ ; 0,8-0,9 - є оптимальним. Відхилення від зазначених величин знижує ефективність роботи апарата. Оптимальне співвідношення мас дисперсного і дисперсійного середовищ знаходиться в межах 0,7-0,9. Необхідна кількість часток абразиву подають впливом акустичним і вібрацією при частоті коливань дозатора в межах 500-1000Гц і амплітуді 0,3-0,7мм. Двокомпонентний струмінь направляють до оброблюваної поверхні під кутом 15-45° з відстані від ствола в межах 35-95 його калібрів.

Емпіричні залежності встановлені методом наближення оптимальних значень і визначення впливу відхилення однієї з характеристик на основні показники.

Дробоструминна обробка здійснювалася стволами з калібром від 4 до 16мм, при тиску 0,6МПа. Ефективність визначалася питомою витратою часток абразиву на 1м<sup>2</sup> обробленої поверхні. Продуктивність заморилася при обробці поверхні за класом Sa=2,5. Експериментально встановлено, що найкращі технологічні результати можуть бути отримані при розгоні часток абразиву в прискорювачі на ділянці довжиною 30-120 його калібрів (Фіг.2). На ділянці 10-20 калібрів питома витрата часток абразиву починає зменшуватися і досягає мінімальних показників на рубежі ділянки довжиною від 30 до 120 калібрів ствола, що пояснюється інтенсивним перетворенням енергії зжатого газу в кінетичну енергію двокомпонентного струменя. Подальше збільшення ділянки розгону більше 120 калібрів приводить до зниження швидкості часток абразиву через тертя об стінки ствола. Таким чином, ділянка довжиною 30-120 калібрів ствола є оптимальним з погляду сумарної кінетичної енергії дисперсної складової, котра визначає питома витрата абразиву й ефективність обробки. Оснащення дозатора віброзбудником дозволяє генерувати вібрацію, за рахунок чого зменшуються сили тертя між частками абразиву, і збільшується його подання в ежектор. Установка тарілок під гострими кутами забезпечує рух куль у горизонтальних і вертикальних площинах, що сприяє генеруванню вібрації тривимірної. Установка активатора у верхній частині патрубка абразивного дозволяє подрібнювати грудки і перешкоджати подання абразиву при вимиканні вібрації.

Співвідношення мас дисперсного і дисперсійного середовищ у межах 0,7-0,9 є оптимальним (Фіг.3). При збільшенні більш 0,9 знижується швидкість часток абразиву, що визначає квадратичну залежність кінетичної енергії й у кінцевому рахунку - продуктивність. На інших графіках (Фіг.4-9) зазначені оптимальні значення наступних параметрів: оптимальну кількість часток абразиву одержують впливом акустичним і вібрацією при частоті коливань дозатора в межах 500-1000Гц і амплітуді 0,3-0,7мм; двокомпонентний струмінь (робітник інструмент) направляють під кутом 15-45° до оброблюваної поверхні з відстані від ствола в межах 35-95 його калібрів; переріз каналу тангенціального не перевищує 0,5 калібру ствола, а переріз патрубка абразивного знаходиться в межах 0,8-0,9 калібру ствола.

У таблиці 1 і 2 приведені дані, що підтверджують те, що бігуни повинні бути виконані у вигляді сфери, при цьому діаметр більшого маг дорівнювати 2,3-2,4 калібру ствола, меншого - 0,9-1,0, а діаметри проміжних змінюються по кубічній залежності, а патрубок тангенціальний необхідно виконати у вигляді сопла надзвукового з діаметром 0,95-0,98 калібру ствола.

Дані технологічні операції і їхні оптимальні значення здійснюються апаратом у яким використані перераховані вище вузли і конструктивні особливості, що дозволяє істотно знизити витрату абразиву на одиницю обробленої поверхні і значно підвищити продуктивність.

Впливання діаметрів бігунів і їх розташування  
на продуктивність обробки

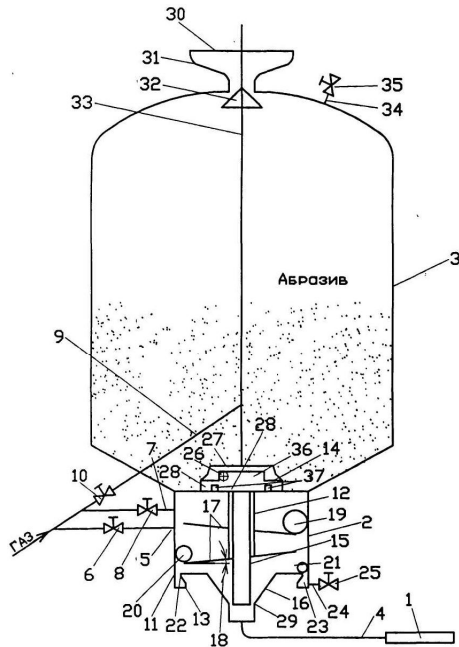
Таблиця 1

| №<br>п/п | Діа: К <sub>ствол</sub> |     |     | Розташування |        |       | Частота<br>коливань,<br>Гц. | Прод-<br>вність<br>м <sup>2</sup> /год. |
|----------|-------------------------|-----|-----|--------------|--------|-------|-----------------------------|---|
|          | 1                       | 2   | 3   | Верх.        | Серед. | Нижн. |                             |   |
| 1        | 0,5                     | 1,0 | 1,5 | 1            | 2      | 3     | 1580                        | 37                                      |
| 2        | 0,6                     | 1,2 | 1,8 | 2            | 3      | 1     | 1200                        | 41                                      |
| 3        | 0,7                     | 1,4 | 2,1 | 3            | 2      | 1     | 1150                        | 49                                      |
| 4        | 0,7                     | 1,4 | 2,1 | 3            | 1      | 2     | 1220                        | 48                                      |
| 5        | 0,7                     | 1,4 | 2,1 | 2            | 3      | 1     | 1330                        | 44                                      |
| 6        | 0,8                     | 1,6 | 2,4 | 3            | 2      | 1     | 960                         | 60                                      |
| 7        | 0,9                     | 1,6 | 2,3 | 3            | 2      | 1     | 730                         | 63                                      |
| 8        | 1,0                     | 1,7 | 2,4 | 3            | 2      | 1     | 980                         | 64                                      |
| 9        | 1,0                     | 1,7 | 2,4 | 3            | 1      | 2     | 1200                        | 58                                      |
| 10       | 1,0                     | 1,7 | 2,4 | 2            | 3      | 1     | 1100                        | 49                                      |
| 11       | 1,2                     | 2,0 | 2,6 | 3            | 2      | 1     | 460                         | 59                                      |
| 12       | 1,5                     | 2,5 | 3,0 | 3            | 2      | 1     | 440                         | 56                                      |

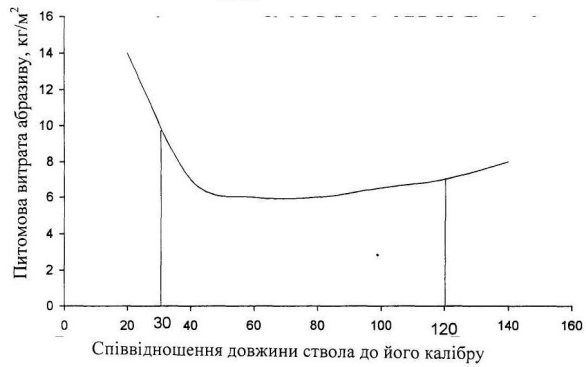
Впливання діаметру критики надзвукового сопла  
на продуктивність

Таблиця 2

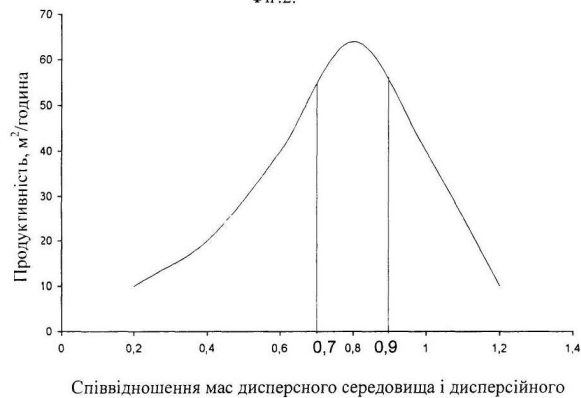
| №<br>п.п | Дкр : Кс.ствола | Частота<br>коливань,<br>Гц | Звуковий<br>сигнал,<br>МВ. | Прод-<br>вність<br>м <sup>2</sup> /год. |
|----------|-----------------|----------------------------|----------------------------|---|
| 1        | 0,80            | 760                        | 30                         | 48                                      |
| 2        | 0,90            | 800                        | 34                         | 57                                      |
| 3        | 0,95            | 990                        | 36                         | 64                                      |
| 4        | 0,98            | 950                        | 37                         | 65                                      |
| 5        | 1,02            | 570                        | 28                         | 61                                      |
| 6        | 1,15            | 420                        | 25                         | 59                                      |
| 7        | 1,25            | 400                        | 19                         | 58                                      |



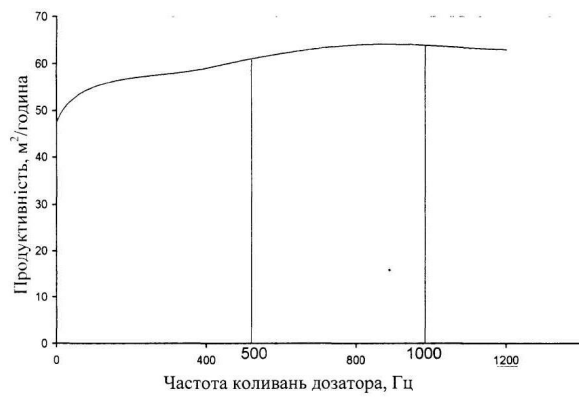
Фиг.1.



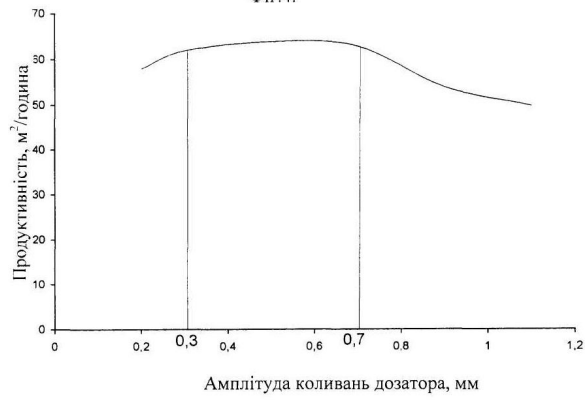
Фиг.2.



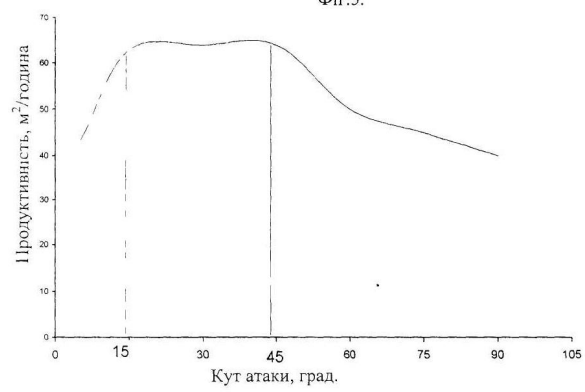
Фиг.3.



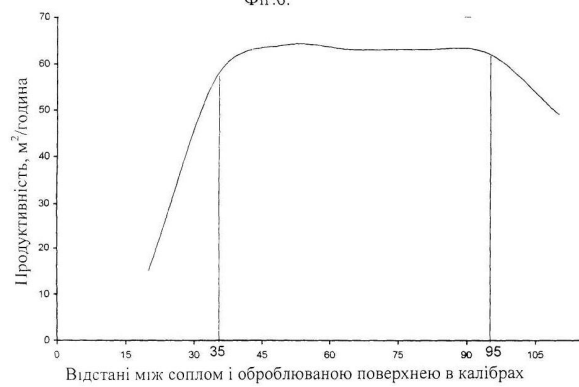
Фіг.4.



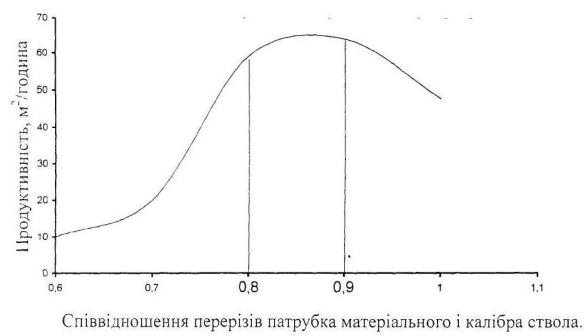
Фіг.5.



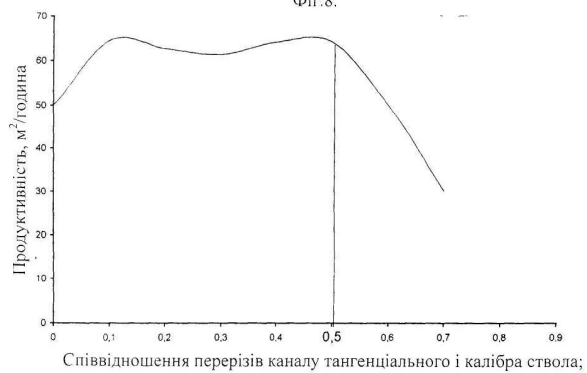
Фіг.6.



Фіг.7.



Фіг.8.



Фіг.9.