

відведеного повітря коливання тиску повітря в такому разі нагадують гармонійні, але амплітуда коливань поступово зменшується за експоненціальним законом у даному проміжку часу. Параметри коливального процесу змінюються від $T = (0,029535 \dots 0,02137)$ с, $\Delta = (0,06771 \dots 0,15464)$, $\beta = (2,29259 \dots 7,23698)$, $\xi = (0,43619 \dots 0,13818)$ до $T = (0,029535 \dots 0,01834)$ с, $\Delta = (0,11185 \dots 0,23015)$, $\beta = (3,78717 \dots 12,54741)$, $\xi = (0,26405 \dots 0,0797)$, а частота коливань збільшується з $(33,9 \dots 46,8)$ Гц до $(33,9 \dots 54,5)$ Гц. Збільшення відведеної витрати повітря призводить до зменшення часу коливального процесу і збільшення темпу затухання амплітуди коливань.

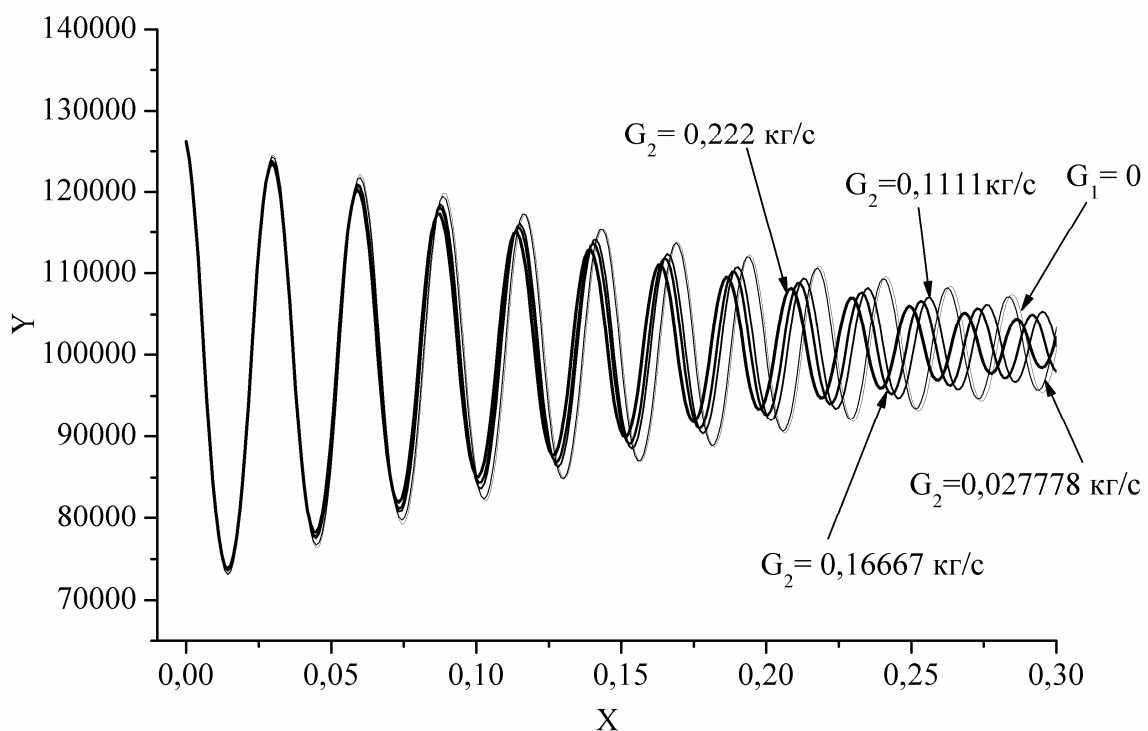


Рисунок 4.39. Залежність тиску повітря у відсіку (Y , Па) від часу (X , с) і відведення повітря (G_2 , кг/с)

4.7. Зіставлення результатів розрахунку і експерименту

Одним із факторів, який впливає на витікання повітря з відсіку за умови раптової його розгерметизації, є площа отвору (F). На підставі проведених

стендових випробувань визначено зміни тиску повітря у відсіку в часі. Визначимо числовим методом параметри (насамперед, площу отвору і показник політропи) встановленої залежності (4.3). Шукані параметри рівняння визначатимемо у разі раптової розгерметизації відсіку в атмосферу через круглий отвір, щілину, «рваний» отвір, отвір, утворений за ефектом «корок». Покажемо характерні результати таких досліджень.

Для круглого отвору за закритичного відношення тисків повітря всередині відсіку і атмосферою з $P_{\text{від}} = 2,1$ і $F_{\text{від}} = 1$ встановлена залежність відображає характер протікання процесу і описує зміни тиску повітря у відсіку (рис. 4.40). Максимальна похибка 20,7% отримана через $\tau \approx (0,0128 \dots 0,0242)$ с в ділянці завершення перехідного процесу за мінімальних значень тиску повітря у відсіку і критичного відношення тисків повітря у відсіку і навколишньому середовищі. Протягом усього проміжку часу розгерметизації похибка результатів розрахунку становила 5,2%. Переважний показник політропи становив $n = 1,361$. За умови витікання повітря з відсіку площа круглого отвору змінюється з часом відповідно до

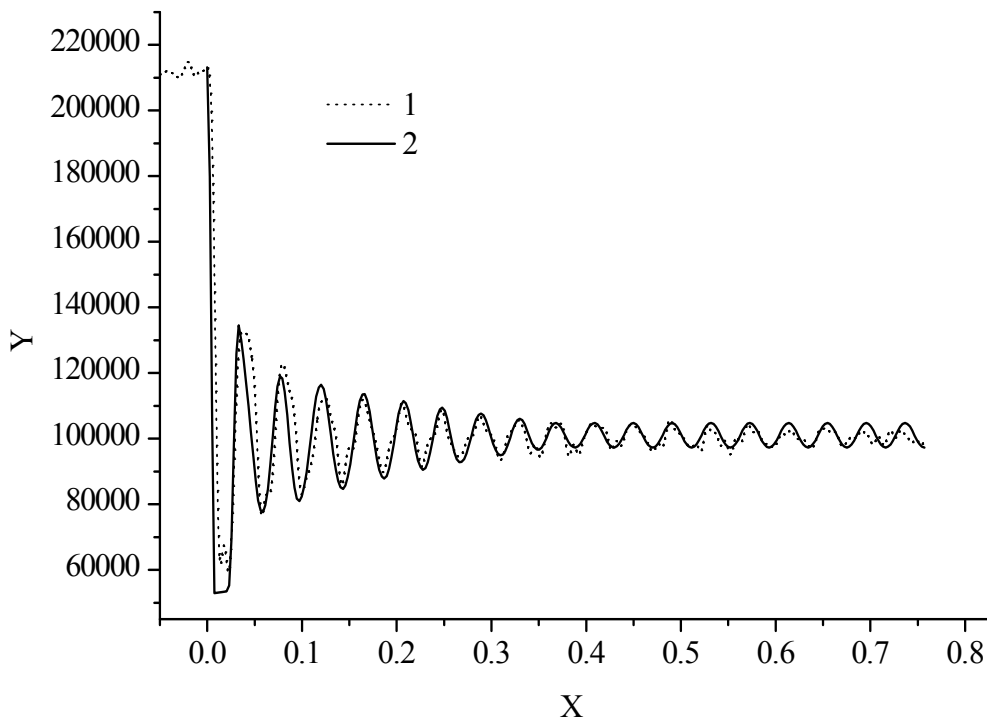


Рисунок 4.40. Залежність тиску повітря у відсіку (Y , Па) від часу (X , с) для круглого отвору за $F_{\text{від}} = 1$: 1 – експеримент; 2 – розрахунок

рис. 4.41. Графік залежності площі отвору від часу являє собою монотонно-зростаючу функцію, яка близька за властивостями до логарифмічної. З наближенням до критичного відношення тисків повітря у відсіку функція має сходінку протягом 0,0153 с. Через більш ніж (0,2 ... 0,3) с графік функції наближається до лінійної залежності між площею отвору і часом розгерметизації відсіку.

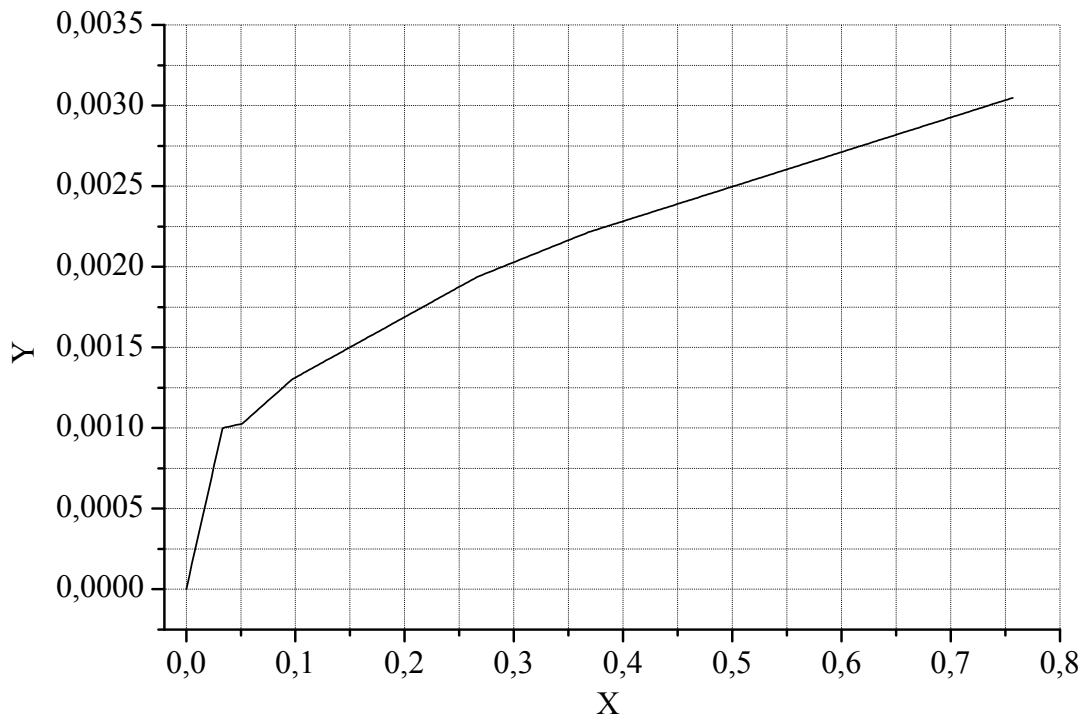


Рисунок 4.41. Залежність площі отвору ($Y, \text{м}^2$) від часу ($X, \text{с}$) для круглого отвору за $F_{\text{від}} = 1$

За умови зменшення відносного тиску повітря у відсіку до $P_{\text{від}} = 1,25$ розрахункове значення тиску повітря у відсіку має максимальне відхилення в ділянці мінімальних і максимальних значень тиску повітря. Максимальна похибка розрахунку тиску повітря у відсіку становила 18,5%. Середня похибка результатів розрахунку становила 4,83 %. Результати розрахунку зміни тиску повітря у відсіку в часі відображають характер коливального процесу вирівнювання тиску повітря у відсіку з навколишнім середовищем. Переважний показник політропи за статистичними характеристиками становив $n = 1,382$. Графік функції залежності площі отвору від часу включає три лінійних ділянки зміни площі отвору. Точки

перетину цих прямих мають координати: точка 1 – $\tau \approx 0,0306$ с, $F = 3,0151 \times 10^{-4} \text{ м}^2$; точка 2 – $0,2483$ с, $F = \tau \approx 0,00128 \text{ м}^2$.

За умови зменшення відносної площі до $F_{\text{від}} = 0,036$ і $P_{\text{від}} = 4,01$ максимальна похибка розрахунку тиску повітря у відсіку змінювалася в діапазоні (6,1 ... 9,8) %. Мінімальне значення похибки досягається в ділянці високих тисків повітря у відсіку, а максимальне значення – за відносного значення тиску повітря у відсіку менше 1,1. Площа отвору під час розгерметизації відсіку змінювалася за лінійним законом: $F=2,092\text{E-}4+4,02154\text{E-}5\tau$. Переважний показник політропи становив $n = 1,34$.

Для отвору у вигляді «корок» за $F_{\text{від}} = 0,04$ і $P_{\text{від}} = 1,54$ максимальна похибка результатів розрахунку тиску повітря у відсіку отримана в ділянці низьких тисків і становила 6,2% ,, а в ділянці високих тисків – 3,5% (рис. 4.42). Порівняльний аналіз результатів розрахунку і експерименту свідчить, що розроблена математична модель описує зміну тиску у відсіку з середньою похибкою 5,12 % у всьому розглянутому інтервалі часу. У процесі витікання повітря з відсіку площа отвору змінювалася за

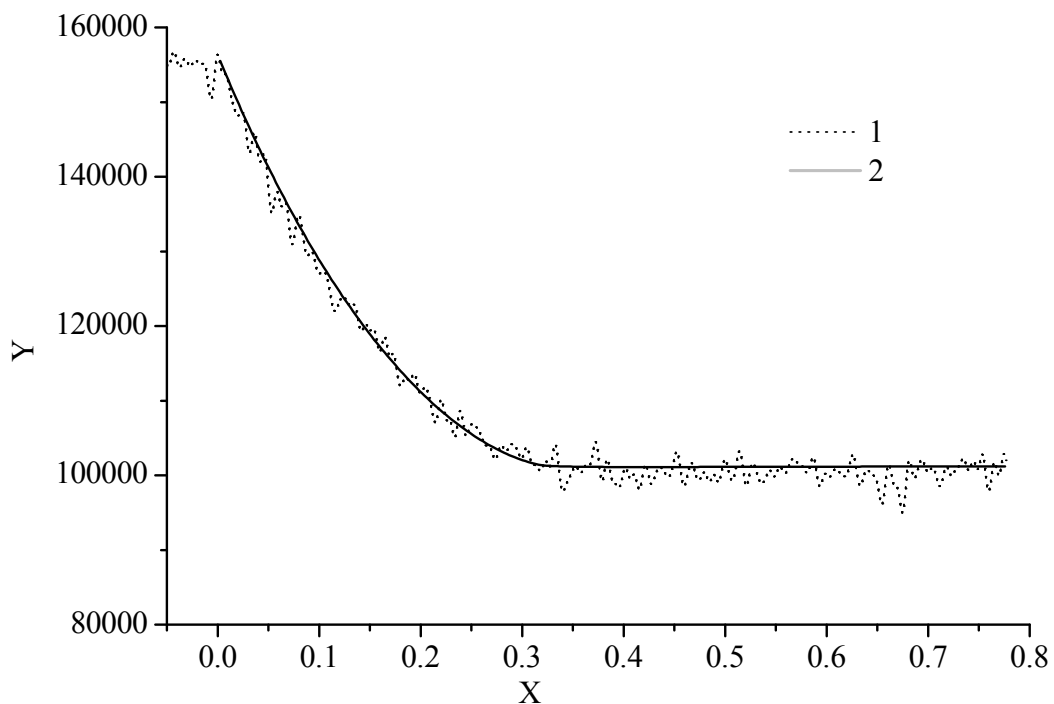


Рисунок 4.42. Залежність тиску повітря у відсіку (Y, Па) від часу (X, с) для отвору, утвореного за ефектом «корок», $F_{\text{від}} = 0,04$:
1 – експеримент; 2 – розрахунок

лінійною залежністю: $F=1,65263E-4+1,000113E-4 \tau$. Показник політропи становив $n = 1,29$.

Для отвору у вигляді щілини за $P_{\text{від}} = 1,92$ проведено дослідження для двох варіантів зміни рівняння політропи. За змінного значення правої частини рівняння політропи (рис. 4.43) встановлена залежність має максимальні похибки 24,6 % в ділянці перехідного процесу. Встановлена залежність не дає змоги визначати параметри повітря у разі зміни напрямку швидкості тиску повітря. Значні відхилення результатів розрахунку мають місце за швидкості понад 2972,1 кПа/с. Для таких змін параметрів повітря відбувається суттєве зміщення результатів розрахунку, що особливо відбивається на значенні показника політропи і характері зміни тиску повітря у відсіку.

За змінного значення правої частини рівняння політропи за допомогою встановленої залежності можна описати ділянки різних зламів і перегинів функції залежності зміни тиску повітря у відсіку в часі (рис. 4.44). Максимальне значення похибки в цій ділянці досягає значень 4,4%. Площа отвору змінювалася за лінійною

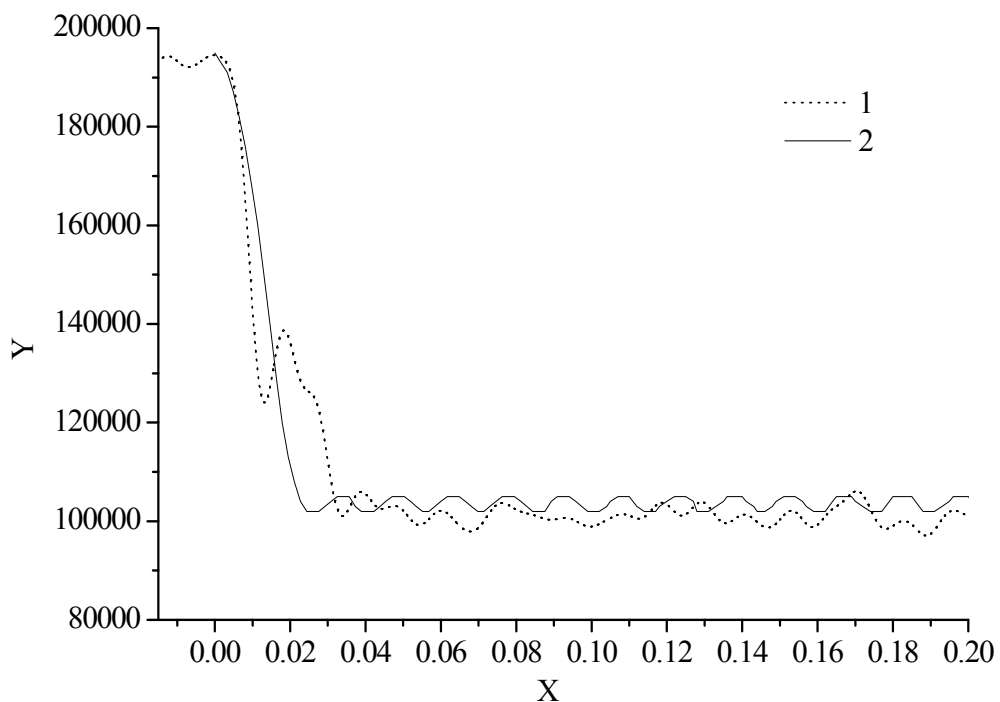


Рисунок 4.43. Залежність тиску повітря у відсіку (Y , Па) від часу (X , с) для отвору у вигляді щілини за $F_{\text{від}} = 0,04$ і постійного значення правої частини рівняння політропи: 1 – експеримент; 2 – розрахунок

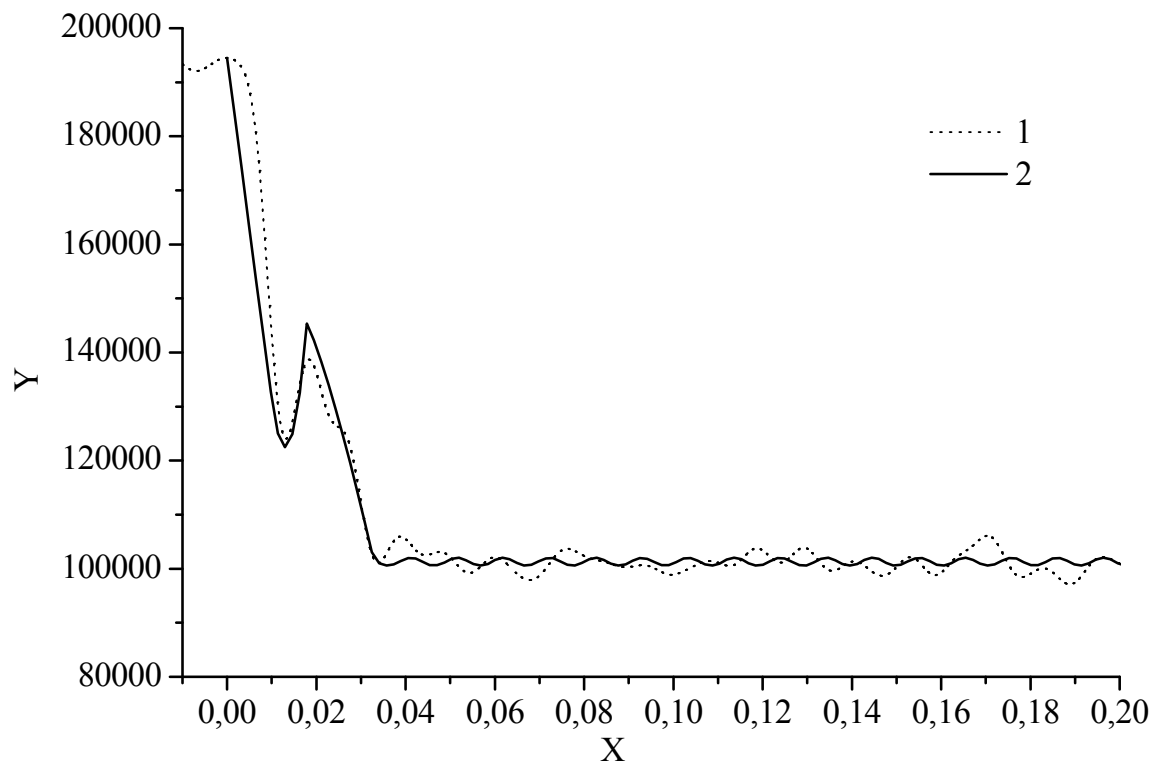


Рисунок 4.44. Залежність тиску повітря у відсіку (Y , Па) від часу (X , с) для отвору у вигляді щілини за $F_{\text{від}}=0,04$ і змінному значенні правої частини рівняння політропи: 1 – експеримент; 2 – розрахунок

залежністю: $F=3,2224E-7+0,0999 \tau$. Переважний показник політропи становив $n=1,46$.

Для «рваного» отвору за закритичного відношення тисків у відсіку $P_{\text{від}} = 3,96$ максимальна похибка розрахунку тиску повітря у відсіку становила 10,8% в ділянці низьких тисків через більше ніж 0,05 с. Результати розрахунку відповідно до встановленої залежності відображають основні закономірності досліджуваного процесу. Коефіцієнт множинної кореляції становив 0,892, розрахункове значення критерію Фішера – 3,23, дисперсія результатів розрахунку тиску повітря у відсіку – 41,2 кПа². Коефіцієнт множинної кореляції близький до одиниці і статистично значущий за рівня значущості 0,1. Отже, встановлена залежність з постійним показником політропи адекватно описує процеси у відсіку у разі раптової його розгерметизації і несе корисну інформацію про досліджувані параметри.

За умови витікання повітря з отвору площа змінювалася в часі відповідно до рис. 4.45. Значні зміни площі для «рваного» отвору відбуваються в ділянці перехідного процесу. Такі зміни супроводжуються процесами перетворення енергії, що призводить до збільшення показника політропи до $n = 1,491$. З огляду на складний процес руйнування і утворення отвору для перетікання повітря, показник політропи змінювався в діапазоні (1,15 ... 1,64) при зміні початкового відносного тиску повітря у відсіку в діапазоні $P_{\text{від}} = P_0/P_{\text{атм}} = (1,1 \dots 4,3)$. Через більш ніж 0,057 с площа отвору змінювалася за лінійною залежністю.

Проведено зіставлення результатів розрахунку відповідно до встановленої залежності зміни тиску повітря у відсіку у разі раптової розгерметизації відповідно до роботи [41]. Математична модель не відображає повною мірою зміну тиску повітря у відсіку. Максимальна похибка розрахунку становила 274,01 % (рис. 4.46).

Результати розрахунку пульсацій тиску у відсіку (рис. 4.47) у разі раптової

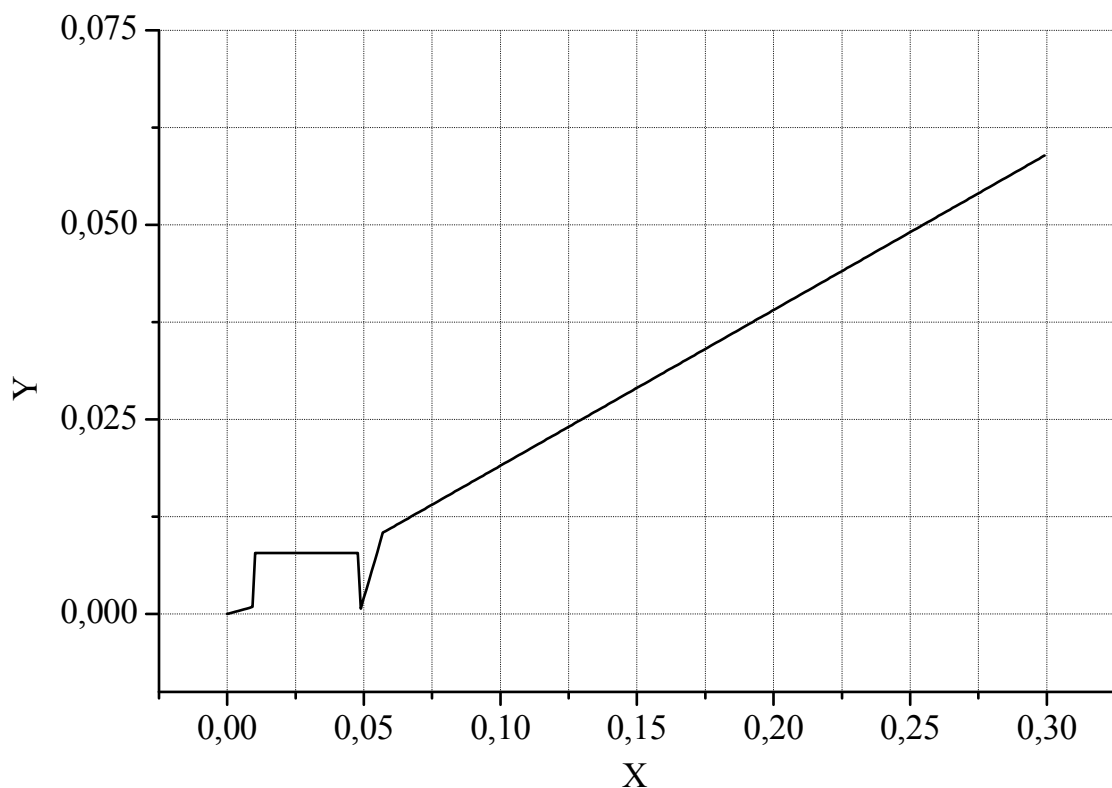


Рисунок 4.45. Залежність площі отвору (Y , м²) від часу (X , с) для «рваного» отвору за $F_{\text{від}} = 0,49$

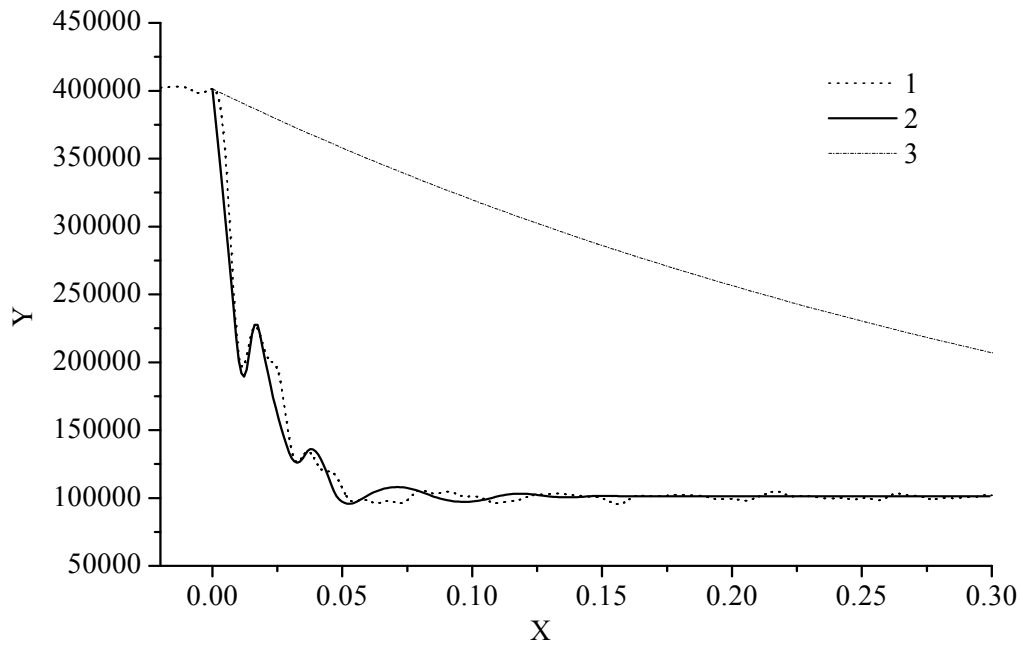


Рисунок 4.46. Залежність тиску повітря у відсіку (Y , Па) від часу (X , с) для «рваного» отвору за $F_{\text{від}} = 0,49$: 1 – експеримент; 2 – розрахунок відповідно до рівняння (4.3); 3 – розрахунок відповідно до [41]

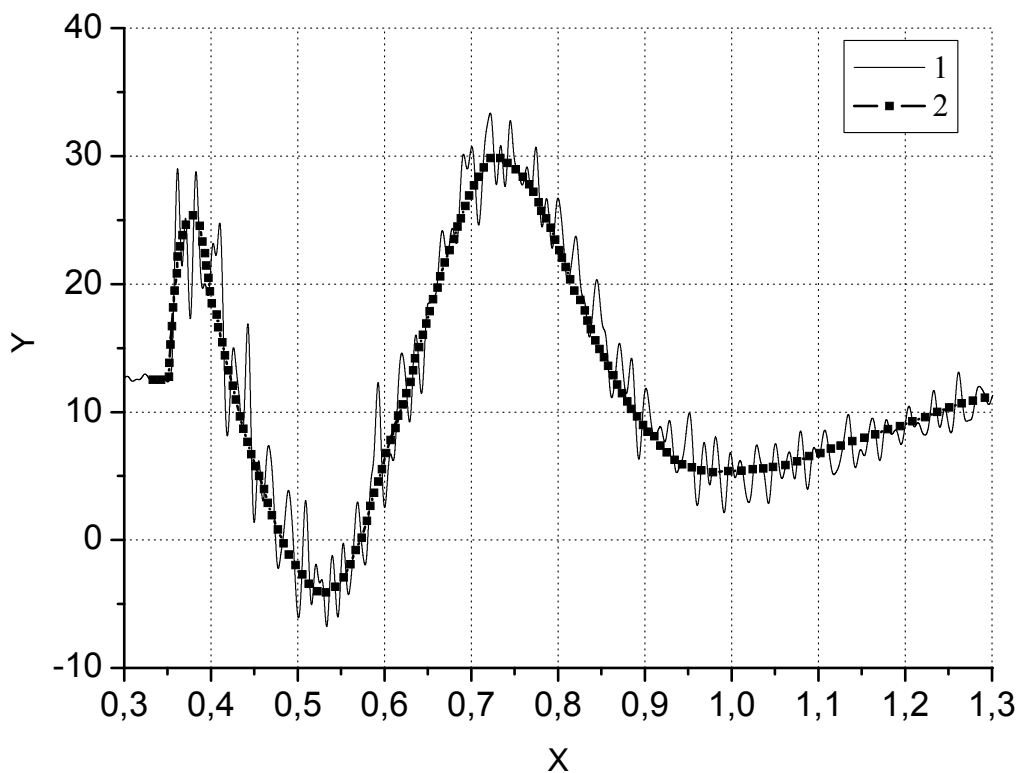


Рисунок 4.47. Залежність пульсацій тиску повітря (Y , Па) від поточного часу (X , с): 1 – експеримент; 2 – розрахунок відповідно до рівняння (4.3)