

УДК 519.8636519.61:004.052:638:620.192.46

ОЦІНКА ТОЧНОСТІ ЧИСЕЛЬНИХ РОЗРАХУНКІВ НАДІЙНОСТІ МОДЕЛЕЙ ФІЛЬТРУВАННЯ ВОЛОГИХ ДИСПЕРСНИХ МАТЕРІАЛІВ

В.М. Лисогор

Доктор технічних наук, професор
Кафедра тракторів, автомобілів та електротехнічних систем*

Контактний тел.: 097-575-25-48

О.В. Зелінська

Старший викладач
Кафедра економічної кібернетики*
E-mail: blachoksana@rambler.ru

*Вінницький національний аграрний університет
вул. Академічна, 36, м. Вінниця, Україна, 21008

Оцінка точності чисельних розрахунків надійності моделей фільтрування вологих дисперсних матеріалів. Запропоновані і розроблені підходи оцінки точності чисельних розрахунків надійності і ефективності фільтрування дисперсних матеріалів з алгоритмами захисту внутрішньої структури матеріалів від механічного пошкодження

Ключові слова: фільтрування, чисельні розрахунки, метод локального випадкового пошуку, алгоритмічні моделі

Оценка точности численных расчетов надежности моделей фильтрования влажных дисперсных материалов. Предложены и разработаны подходы оценки точности численных расчетов надежности и эффективности фильтрования дисперсных материалов с алгоритмами защиты внутренней структуры материала от механического повреждения

Ключевые слова: фильтрование, численные расчеты, метод локального случайного поиска, алгоритмические модели

1. Вступ

Запропоновані і розроблені підходи оцінки точності чисельних розрахунків надійності і ефективності моделей фільтрування вологих дисперсних матеріалів з алгоритмами захисту внутрішньої структури матеріалів від механічного пошкодження.

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Відомі опубліковані монографії, підручники та періодичні джерела з досліджуваної тематики. У двох монографіях [1, 2] розроблено вібропресове обладнання з гідроімпульсним приводом формоутворень ливарних форм і сумішей, ущільнення ґрунтів, фільтрування вологих дисперсних матеріалів. Більш уважний аналіз показує, що ефективність фільтрування вологих дисперсних матеріалів можна покращити, використавши метод локального випадкового пошуку [3] або алгоритмічну модель випадкового пошуку ідентифікації багатостадійного технологічного процесу [4]. Ефективність фільтрування також можна покращити за рахунок використання напрацювань експертних систем, де розроблені методи і метод досліджень різноманітних об'єктів, що функціонують в умовах невизначеності [5]. Фільтрування вологих дисперсних матеріалів якраз характеризується значною невизначеністю своєї поведінки. Відомий також підручник [6], де висвітлено питання забезпечення надійності машин на етапах проектування, виготовлення їх промислової експлуатації. Тут розглянуто взаємопов'язаний комплекс задач: тертя, старі зношування. Розкриті причи-

ни зміни технічного стану машин та фізики їх відмов. У монографії [7] представлений підхід оцінки надійності ефективності забезпечення умов безаварійності автоматизованого хіміко-технологічного процесу.

Підсумовуючи написане, видно, що існують як фундаментальні і періодичні джерела, де опубліковані результати роботи вібропресового обладнання. Однак, фактично відсутні публікації по оцінкам точності чисельних розрахунків надійності і ефективності фільтрування вологих дисперсних матеріалів у агропромисловому комплексі. У зв'язку з цим тема статті є достатньо актуальною.

3. Мета публікації

Розробити підходи і алгоритми оцінок точності чисельних розрахунків надійності та ефективності фільтрування дисперсних матеріалів зі способами захисту внутрішньої структури матеріалу від механічного пошкодження, а також захисту матеріалу від значних температурних перепадів.

4. Матеріали основного результату

У статті цифрові оцінки отримані на основі ряду підходів:

- аналізу процесів та машин вібраційних та віброударних технологій [1, 2];
- підвищення надійності і ефективності фільтрування вологих дисперсних матеріалів за рахунок використання методу локального випадкового пошуку [3];

- підвищення надійності та ефективності фільтрування вологих дисперсних матеріалів за рахунок використання алгоритмічної моделі випадкового пошуку ідентифікації багатостадійного технологічного процесу [4];

- стабілізації показників ефективності фільтрування за рахунок використання напрацьованих експертних систем, де вдалось значно понизити рівень інформаційної невизначеності досліджуваних процесів [5].

- перенесення результатів методики забезпечення безаварійності досліджуваного хіміко-технологічного процесу на терен фільтрування вологих дисперсних матеріалів у галузі агропромислового комплексу.

Використання методики останнього пункту дало несподівано ефективний результат.

Розглянемо більш докладно результат методики забезпечення безаварійності та безпеки фільтрування вологих дисперсних матеріалів.

У загальному випадку надійнісні ланки систем автоматичного захисту (САЗ) зводяться до послідовних з'єднань (рис. 1), оскільки не завжди вдається резервувати такі пристрої як давачі, функціональні блоки, виконавчі механізми та ін. Розглянемо методику розрахунку інтенсивності відмов λ - характеристик при послідовному з'єднанні САЗ фільтрування.

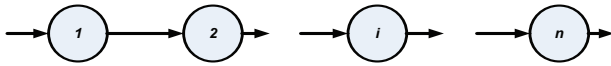


Рис. 1. Надійнісна ланка системи автоматичного захисту (САЗ) фільтрування

У випадку відмови i -го елемента (блоку) неспотворений сигнал проходить на вихід $(i-1)$ -елемента, а в подальшому або зовсім не проходить по ланцюгу, або спотворюється. Кожний елемент каналу САЗ у загальному випадку може знаходитись в трьох станах: справному, несправному 1, коли відмова елемента не визиває хибного спрацювання САЗ (небезпечна відмова), та несправному 2, коли відмова елемента визиває хибне спрацювання САЗ, якщо усі послідовні елементи справні.

Якщо в момент часу t відмовив елемент з індексом i , то в інтервалі часу $t, t + \Delta t$ стан каналу САЗ буде визначатись станом елемента з індексом i та усіх елементів більшими i . Стан елементів з індексами менших i , не впливають на стан каналу САЗ.

Припустимо, що канал САЗ знаходиться в даний момент часу у стані 1 i , якщо відмовив елемент з індексом i (при чому i – максимальне серед усіх, що відмовили) і елемент з індексом i має відмову виду 1. Аналогічно визначимо стан 2 i каналу САЗ.

Припустимо також, що кожний з функціональних блоків (послідовних елементів рис. 1. САЗ має експоненціальний закон розподілу розподілення часу безвідмовної роботи.)

Канал САЗ має наступні властивості:

- 1) переходи каналу САЗ зі стану 1 i в стан 2 i не виникає без зовнішнього впливу;
- 2) зі стану 1 i можливий перехід в стан з більшим індексом;
- 3) стан 2 i каналу є поглинаючим (кінцевим), тобто попадання в нього будь-якого з елементів визиває хибне спрацювання САЗ;

4) відмови каналу САЗ публічно не контролюються та не відновлюються впродовж робочого періоду фільтрування.

В прийнятих припущеннях процес переходів з стану в стан для САЗ будемо розраховувати методами теорії масового обслуговування, яке зведемо до процесів чистої [гибелі]. Усі можливі стани каналу САЗ та переходи з одного стану в інший зобразимо рис. 2.

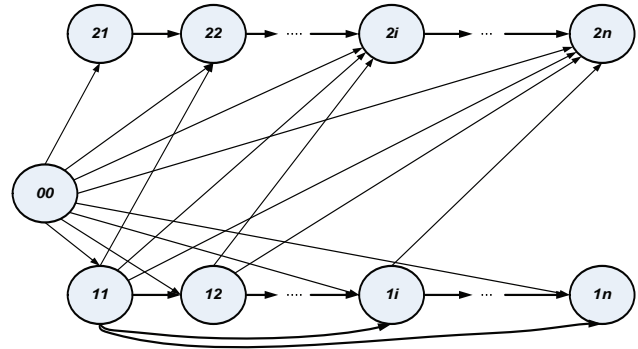


Рис. 2. Можливі стани та переходи САЗ фільтрування

Таким чином, ми отримали структурно-параметричну модель САЗ фільтрування, що описується наступною системою диференціальних рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} dP_{00}(t) / dt &= - \left(\sum_{i=1}^n \lambda_i \right) P_{00}(t) \\ d_{11}P_{11}(t) / dt &= - \left(\sum_{i=2}^n \lambda_i \right) P_{11}(t) + R_{11}\lambda_1 P_{00}(t) \\ &\dots \dots \dots \dots \dots \\ dP_{ii}(t) / dt &= - \left(\sum_{j=i+1}^n \lambda_j \right) P_{ii}(t) + R_{ii}\lambda_i P_{00}(t) + \sum_{j=1}^{i-1} R_{1ji}\lambda_j P_{ij} \\ &\dots \dots \dots \dots \dots \\ dP_{1n}(t) / dt &= R_{1n}\lambda_n P_{00}(t) + \sum_{j=1}^{n-1} R_{1jn}\lambda_j P_{1j}(t) \\ (1) \setminus \\ dP_{21}(t) / dt &= R_{21}\lambda_1 P_{00}(t) \\ &\dots \dots \dots \dots \dots \\ dP_{2i}(t) / dt &= R_{2i}\lambda_i P_{00}(t) + \sum_{j=1}^{i-1} R_{2ji}\lambda_j P_{1j}(t) \\ &\dots \dots \dots \dots \dots \\ dP_{2n}(t) / dt &= R_{2n}\lambda_n P_{00}(t) + \sum_{j=1}^{n-1} R_{2jn}\lambda_j P_{1j}(t) \end{aligned} \right\}$$

Тут, у системі рівнянь:

$P_{00}(t)$ – ймовірність знаходження САЗ у момент часу t в справному стані (00) при умові, що цього моменту часу САЗ ні разу не знаходилась в стані 2 i ;

$P_{2i}(t)$ – ймовірність знаходження САЗ у момент несправному стані 2 i ;

R_{1i} – ймовірність відмови САЗ виду 1 при відмові елемента з індексом i ;

R_{2i} - ймовірність відмови САЗ виду 2 при відмові елемента з індексом i ($R_{1i} + R_{2i} = 1$); R_{1ji} – ймовірність того, що при відмові елемента з індексом i відмови САЗ буде виду 1 та при цьому серед індексів відмовивших елементів до моменту часу t індекс j є максимальним;

R_{2ji} – ймовірність того, що при відмові елемента з індексом i відмова САЗ буде виду 2 та при цьому серед індексів відмовивших елементів до моменту часу t індекс j максимальним;

λ_i - інтенсивність відмов i -го елемента САЗ, якщо цей елемент відмовив першим;

λ_{ji} - інтенсивність відмов i -го елемента при умові, що до моменту часу t уже існують несправні елементи у САЗ, відмовив також елемент з номером j більшим номерів інших несправних елементів, але меншим номера i .

Перейдемо до оцінок точності чисельних розрахунків САЗ. Тут використанні первинні дані подібних аналогічних систем, на які існують статистичні матеріали, що розміщені у відповідних довідниках по надійності. Використані також джерела з довідників контрольно-вимірювальних приладів, які мають цифрові дані. Використавши первинні дані та користуючись експертними оцінками [3-7] для розрахунків отримані дані оцінок. Припустимо, що надійнісна модель САЗ зведена до чотирьох послідовно з'єднаних блоків. Мотивація використання чотирьох елементів співпадає з технічними умовами [1, 2]. Інтенсивності відмов будуть таким:

$$\lambda_1 = 3,5 \cdot 10^{-6} \text{ од./год.}; \lambda_2 = 1,3 \cdot 10^{-6} \text{ од./год.}$$

$$\lambda_3 = 4,35 \cdot 10^{-6} \text{ од./год.}; \lambda_4 = 20,6 \cdot 10^{-6} \text{ од./год.}$$

Окрім того, припустимо:

$$\lambda_i = \lambda_{ji}; R_{1i} = R_{2i} = \frac{1}{2}; R_{1ji} = R_{2ji} = \frac{1}{2}.$$

Як було сказано вище: $i=(1,2,3,4); j=(1,2,3)$.

Представимо моделі фільтрування у вигляді системи диференціальних рівнянь з цифровими коефіцієнтами. В загальному вигляді ці рівняння визначають ймовірності різних станів САЗ та їх представимо так:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dP_{00}(t)}{dt} &= -29,75 \cdot 10^{-6} P_{00}(t) \\ \frac{dP_{11}(t)}{dt} &= -26,25 \cdot 10^{-6} P_{11}(t) + 0,5 \cdot 3,5 \cdot 10^{-6} P_{00}(t) \\ \frac{dP_{12}(t)}{dt} &= -24,95 \cdot 10^{-6} P_{12}(t) + 0,5 \cdot 1,3 \cdot 10^{-6} P_{00}(t) + 0,5 \cdot 1,3 \cdot 10^{-6} P_{11}(t) \\ \frac{dP_{13}(t)}{dt} &= -20,6 \cdot 10^{-6} P_{13}(t) + 0,5 \cdot 4,35 \cdot 10^{-6} P_{00}(t) + 0,5 \cdot 4 \cdot 35 \cdot 10^{-6} P_{11}(t) + \\ &+ 0,5 \cdot 4,35 \cdot 10^{-6} P_{12}(t) \\ \frac{dP_{14}(t)}{dt} &= 0,5 \cdot 20,6 \cdot 10^{-6} P_{00}(t) + 0,5 \cdot 20,6 \cdot 10^{-6} P_{11}(t) + \\ &+ 0,5 \cdot 20,6 \cdot 10^{-6} P_{12}(t) + 0,5 \cdot 20,6 \cdot 10^{-6} P_{13}(t) \\ \frac{dP_{21}(t)}{dt} &= 0,5 \cdot 3,5 \cdot 10^{-6} P_{00}(t) \\ \frac{dP_{00}(t)}{dt} &= 0,5 \cdot 1,3 \cdot 10^{-6} P_{00}(t) + 0,5 \cdot 1,3 \cdot 10^{-6} P_{11}(t) \\ \frac{dP_{23}(t)}{dt} &= 0,5 \cdot 4,35 \cdot 10^{-6} P_{00}(t) + 0,5 \cdot 4,35 \cdot 10^{-6} P_{11}(t) + 0,5 \cdot 4,35 \cdot 10^{-6} P_{12}(t) \\ \frac{dP_{24}(t)}{dt} &= 0,5 \cdot 20,6 \cdot 10^{-6} P_{00}(t) + 0,5 \cdot 20,6 \cdot 10^{-6} P_{11}(t) + \\ &+ 0,5 \cdot 20,6 \cdot 10^{-6} P_{12}(t) + 0,5 \cdot 20,6 \cdot 10^{-6} P_{13}(t) \end{aligned} \right\} (2)$$

Перевіши набір елементарних моделей (2) з часової області в комплексну область, врахувавши початкові умови:

$P_{00}(0) = 1; P_{1i}(0) = 0 (i = 1,2,3,4); P_{2i}(0) = 0 (i = 1,2,3,4)$, отримаємо, відповідно набір елементарних моделей по перетворенню Лапласа.

$$\left. \begin{aligned} (S + 29,75 \cdot 10^{-6}) P_{00}(S) &= 1 \\ (S + 26,25 \cdot 10^{-6}) P_{11}(S) &= 1,75 \cdot 10^{-6} P_{00}(S) \\ (S + 24,95 \cdot 10^{-6}) P_{12}(S) &= \\ &= 0,65 \cdot 10^{-6} P_{00}(S) + 0,65 \cdot 10^{-6} P_{11}(S) \\ (S + 20,6 \cdot 10^{-6}) P_{13} &= 2,18 \cdot 10^{-6} P_{00}(S) + \\ &+ 2,18 \cdot 10^{-6} P_{11}(S) + 2,18 \cdot 10^{-6} P_{12}(S) \\ SP_{14}(S) &= 10,3 \cdot 10^{-6} P_{00}(S) + 10,3 \cdot 10^{-6} P_{11}(S) + \\ &+ 10,3 \cdot 10^{-6} P_{12}(S) + 10,3 \cdot 10^{-6} P_{13}(S) \\ SP_{21}(S) &= 1,75 \cdot 10^{-6} P_{00}(S) \\ SP_{22}(S) &= 0,65 \cdot 10^{-6} P_{00}(S) + 0,65 \cdot 10^{-6} P_{11}(S) \\ SP_{23}(S) &= 2,18 \cdot 10^{-6} P_{00} + 2,18 \cdot 10^{-6} P_{11}(S) + 2,18 \cdot 10^{-6} P_{12}(S) \\ SP_{24}(S) &= 10,3 \cdot 10^{-6} P_{00}(S) + 10,3 \cdot 10^{-6} P_{11}(S) + \\ &+ 10,3 \cdot 10^{-6} P_{12}(S) + 10,3 \cdot 10^{-6} P_{13}(S) \end{aligned} \right\} (3)$$

Аналізуючи модель бачимо, що перетворення Лапласа дало можливість замінити системи диференціальних рівнянь (2) на систему лінійних алгебраїчних рівнянь. Саме в лінійних алгебраїчних рівняннях, як свідчить практика, значно легше отримувати прийнятні рішення.

Рішення алгебраїчних рівнянь (3) почнемо з знаходжень зображень для перехідних станів (00; 1i, i=1, 2, 3), а знаючи зображення по Лапласу для перехідних станів, обчислимо зображення поглинаючих станів:

$$\left. \begin{aligned} 1. \\ P_{00}(S) &= \frac{1}{(S + 29,75 \cdot 10^{-6})} \\ P_{11}(S) &= \frac{0,5}{(S + 26,25 \cdot 10^{-6})} - \\ &- \frac{0,5}{(S + 29,75 \cdot 10^{-6})} \\ P_{12}(S) &= \frac{0,3175}{(S + 24,95 \cdot 10^{-6})} - \\ &- \frac{0,25}{(S + 26,25 \cdot 10^{-6})} - \\ &- \frac{0,0675}{(S + 29,75 \cdot 10^{-6})} \\ P_{13}(S) &= \frac{0,372}{(S + 20,6 \cdot 10^{-6})} - \\ &- \frac{0,159}{(S + 24,95 \cdot 10^{-6})} - \\ &- \frac{0,097}{(S + 26,25 \cdot 10^{-6})} - \\ &- \frac{0,116}{(S + 29,75 \cdot 10^{-6})} \end{aligned} \right\} (4)$$

2.

$$\left. \begin{aligned} P_{14}(S) &= \frac{0,4186}{S} - \frac{0,186}{(S+20,6 \cdot 10^{-6})} - \frac{0,0656}{(S+2495 \cdot 10^{-6})} - \frac{0,060}{(S+26,25 \cdot 10^{-6})} - \frac{0,107}{(S+29,75 \cdot 10^{-6})} \\ P_{21}(S) &= \frac{0,059}{S} - \frac{0,059}{(S+29,75 \cdot 10^{-6})} \\ P_{22}(S) &= \frac{0,0234}{S} - \frac{0,0122}{(S+26,75 \cdot 10^{-6})} - \frac{0,042}{(S+29,75 \cdot 10^{-6})} \\ P_{23}(S) &= \frac{0,084}{S} - \frac{0,0273}{(S+24,95 \cdot 10^{-6})} - \frac{0,0208}{(S+26,25 \cdot 10^{-6})} - \frac{0,0323}{(S+29,75 \cdot 10^{-6})} \\ P_{24}(S) &= \frac{0,4186}{S} - \frac{0,186}{(S+20,6 \cdot 10^{-6})} - \frac{0,0656}{(S+24,95 \cdot 10^{-6})} - \frac{0,060}{(S+26,25 \cdot 10^{-6})} - \frac{0,0656}{(S+24,95 \cdot 10^{-6})} \end{aligned} \right\} (5)$$

Після проведення перерахунків отриманих результатів (12)-(14), уточнимо λ -характеристики інтенсивності апроксимуємо постійними значеннями у відповідності з методом [7].

Фактично ми підійшли до кінця отримання результату, коли можна підвести підсумки дослідження.

Ймовірність перебування САЗ фільтрування в момент часу t в справному стані дорівнює $P_{00}(t)$. Ймовірність перебування САЗ фільтрування в момент часу t в несправному стані небажаної відмови $1i$ при умові, що до моменту часу t САЗ фільтрування ні разу не попадає в несправний стан хибної відмови дорівнює

$$Q_1(t) = \sum_{i=1}^n P_{1i}(t). \quad (6)$$

Ймовірність переходу САЗ фільтрування за час t у стан хибної відмови $2i$ з справного стану дорівнює

$$Q_2(t) = \sum_{i=1}^n P_{2i}(t). \quad (7)$$

Виходячи з властивості лінійності Лапласових зображень, отримаємо:

$$Q_1(S) = \sum_{i=1}^n P_{1i}(S), \quad (8)$$

Підставивши цифрові оцінки, отримаємо

$$Q_1(S) = \frac{0,4186}{S} - \frac{0,7905}{(S+29,75 \cdot 10^{-6})} + \frac{0,093}{(S+26,25 \cdot 10^{-6})} + \frac{0,0929}{(S+24,95 \cdot 10^{-6})} + \frac{0,186}{(S+20,6 \cdot 10^{-6})}. \quad (9)$$

$$Q_2(S) = \sum_{i=1}^n P_{2i}(S). \quad (10)$$

Підставивши цифрові оцінки, отримаємо:

$$Q_2(S) = \frac{0,5814}{S} - \frac{0,2095}{(S+29,75 \cdot 10^{-6})} - \frac{0,093}{(S+26,25 \cdot 10^{-6})} - \frac{0,00929}{(S+24,95 \cdot 10^{-6})} - \frac{0,186}{(S+20,6 \cdot 10^{-6})}. \quad (11)$$

Заключним результатом дослідження є перехід від комплексної області до часового простору. Виконавши цю роботу, отримаємо:

$$P_{00}(t) = \exp(-29,75 \cdot 10^{-6} t). \quad (12)$$

$$Q_1(t) = 0,1486 - 0,7905 \exp(-29,75 \cdot 10^{-6} t) + 0,093 \exp(-26,25 \cdot 10^{-6} t) + 0,0929 \exp(-24,95 \cdot 10^{-6} t) + 0,186 \exp(-20,6 \cdot 10^{-6} t) \quad (13)$$

$$Q_2(t) = 0,5814 - 0,2095 \exp(-29,75 \cdot 10^{-6} t) - 0,093 \exp(-26,25 \cdot 10^{-6} t) - 0,00929 \exp(-24,95 \cdot 10^{-6} t) - 0,186 \exp(-20,6 \cdot 10^{-6} t). \quad (14)$$

5. Висновки

Запропоновані та розроблені підходи оцінки точності чисельних розрахунків надійності та ефективності фільтрування дисперсних матеріалів. Характерною рисою публікації є використання двох просторів: часової області, комплексної області по Лапласу. Кінцеві результати знову представлені у часовій області.

Запропонований підхід включає алгоритм захисту внутрішньої структури матеріалу від механічного пошкодження.

Література

1. Іскович-Лотоцький, Р. Д. Процеси та машини вібраційних і віброударних технологій: Монографія. [Текст] / Р. Д. Іскович-Лотоцький, Р. Р. Обертюх, І. В. Севастьянов. – Вінниця. : УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2006.-291с.
2. Іскович-Лотоцький, Р. Д. Вібраційні та віброударні процеси і машини у ливарному виробництві: Монографія. [Текст] / Р. Д. Іскович-Лотоцький, М. М. Вірник, Н. Р. Веселовська. –Вінниця.: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2007. - 198с.
3. Растринин, Л. А. Введение в идентификацию объектов управления. [Текст] / Л. А. Растринин, Н. Е. Маджаров. – М.: Энергия, 1997. – 215с.
4. Лисогор, В.М. Алгоритмічна модель випадкового пошуку задач ідентифікації багатостадійного технологічного процесу. [Текст] / В. М. Лисогор, С. В. Сорокун // Вісник Хмельницького університету.- 2009 - №1. С.217-220.
5. Джарратано, Д. Ж. Экспертные системы: Принципы разработки и программирование. [Текст] / Дж. Джарратано, Г. Райли. Пер.с англ. –М.ООО «И. Д. Вильямс», 2007. – 1152с.
6. Канарчук, В. Є. Надійність машин: підручник. [Текст] –К.:Либідь, 2003. – 424с.
7. Обновленский, П. А. Эффективность автоматического управления химико-технологическими процессами. [Текст] / П. А. Обновленский, С. В. Егоров, Г. Н. Никищенкова. – Ленинград.: Машиностроение, 1969,- 160с.

Abstract

Proposed and developed approaches to assess the accuracy of numerical calculations of reliability and filtration efficiency models moist particulate materials alhorytmaty protect the internal structure of materials from mechanical damage.

Recognized published monographs, books and periodical sources of study subjects. A closer analysis shows that the effectiveness of filtering moist disperse materials can be improved by using the method of local random search or algorithmic model identification multistage random search process. The effectiveness of filtering also can be improved through the use of expert systems developments, where methods and researches of various objects which function in the conditions of vagueness. Filtering moist disperse materials precisely characterized by considerable uncertain of their behavior. Also known the source, where the problematic issues of reliability of machines during the design, manufacture their commercial operation. Considered interconnected complex problems: friction, wear old. Disclosed causes changes in the technical condition of machines and physics of failure. An approach assessing the reliability of performance conditions breakage automated chemical process. Summarizing written, it is clear that there are both fundamental and recurring sources where published results Vibropress equipment. However, virtually no publications to assess the accuracy of numerical calculations of reliability and efficiency filtration moist disperse materials in agriculture. In connection with this subject of the article is quite relevant

Keywords: filtration, numeral calculations, method of local random search, algorithmic models, consulting models, systems of automatic defence

Висвітлені основні елементи математичної моделі щодо визначення тривалості оборотного рейсу при виконанні міжнародних автоперевезень з урахуванням витрат часу, викликаних рядом основних та непередбачених простоїв. Складено алгоритм розрахунку оптимального часу виконання рейсу з метою узгодження роботи автотранспорту і навантажувально-розвантажувальних засобів та подальшої розробки графіків руху автомобілів при організації міжнародних перевезень

Ключові слова: міжнародні автоперевезення, управління автоперевезеннями, графік роботи автотранспорту, оборотний рейс

Представлены основные элементы математической модели к определению длительности оборотного рейса при выполнении международных автоперевозок с учетом расхода времени, вызванного рядом основных и непредвиденных простоев. Составлен алгоритм расчета оптимального времени выполнения рейса с целью согласования работы автотранспорта и погрузочно-разгрузочных средств и дальнейшей разработки графиков движения автомобилей при организации международных перевозок

Ключевые слова: международные автоперевозки, управление автоперевозками, график работы автотранспорта, оборотный рейс

УДК 631.173.2/075.8

ОБҐРУНТУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТРИВАЛОСТІ РЕЙСУ ПРИ МІЖНАРОДНИХ АВТО- ПЕРЕВЕЗЕННЯХ

С.І. Бондарев

Кандидат технічних наук

Кафедра транспортних технологій

та засобів у АПК

Національний університет біоресурсів і

природокористування

вул. Героїв Оборони 11, м. Київ, 03041

Контактний тел.: (044) 527-88-57

E- mail: bondarevfall@meta.ua

1. Вступ

Процес доставки вантажів у ринкових умовах ґрунтується на логістичних принципах. Логістика як на транспорті, так і в цілому розглядає систему постачання товарів не окремо по операціях, а комплексно.

Основними компонентами логістичних систем мають бути понесені витрати часу у процесі доставки продукції до кінцевого споживача. Обмежені можливості транспортних систем вимагають упорядкування навантажувально-розвантажувальних робіт з метою узгодження роботи транспортної підсистеми. Роз-