



УДК 62-192

А. Т. Свідерський, к.т.н. доцент КНУБА  
М. М. Делембовський, асистент КНУБА

## ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ МЕТОДОЛОГІЇ ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ ВІБРОМАШИН БУДІВЕЛЬНОЇ ІНДУСТРІЇ

*АНОТАЦІЯ:* Робота присвячена розгляду питань підвищення надійності вібромашин будівельної індустрії. На сьогодні проблемою є визначення оптимального запасу міцності при розрахунку на міцність в залежності від прогнозованих критеріїв надійності.

*Ключові слова:* вібромашина, критерії, проектування, експлуатація, ремонт, безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність, справний, несправний, працездатний, непрацездатний, граничний, еталонна модель.

*АННОТАЦИЯ:* Работа посвящена вопросам повышения надежности вибромашин строительной индустрии. На сегодня проблемой является определение оптимального запаса прочности при расчете на прочность в зависимости от прогнозируемых критериев надежности.

*Ключевые слова:* вибромашина, критерии, проектирование, эксплуатация, ремонт, безотказность, долговечность, ремонтпригодность, исправное, неисправное, работоспособное, неработоспособное, предельное, эталонная модель.

*ANNOTATION:* The work is devoted to increasing the reliability of vibrators construction industry. At present, the problem is to determine the optimal safety factor when calculating the strength depending on the projected reliability criteria.

*Keywords:* vibromachines, criteria, design, operation, maintenance, reliability, durability, maintainability, serviceability, broken, able-bodied, disabled, limit, reference model.

**Вступ.** Вібраційні машини (вібромашини) широко використовуються в будівельній індустрії при виготовленні бетонних та залізобетонних виробів. Ефективність їх роботи в значній мірі залежить від достатньо конкретного врахування діючих сил системи та надійності роботи елементів вібромашин. На даний момент часу практично відсутні роботи по розробці методів оцінки надійності вібромашин на різних стадіях проектування. Також, практика експлуатації вібромашин будівельної індустрії засвідчує частий вихід із ладу деталей та вузлів цих машин внаслідок недостатньої довговічності та безвідмовності.

**Постановка проблеми.** Прогнозування поведінки машин з точки зору критеріїв надійності вимагає більш точного прогнозування поведінки в різних умовах експлуатації, розробки нової методики розрахунку цих критеріїв на стадії розробки нормативно-технічної конструкторської документації.

Практично надійність зв'язана в першу чергу з прогнозуванням, так як констатація того чи іншого рівня надійності для вібромашин, вже відпрацювавши свій ресурс, мають малу цінність. Особливо на різних етапах створення вібромашин – при її проектуванні або при наявності експериментального зразку – необхідно дати оцінку її надійності в передбачуваних умовах експлуатації.

На сьогодні проблемою є визначення оптимального запасу міцності при розрахунку на міцність в залежності від прогнозованих критеріїв надійності.

**Актуальність роботи.** Розробка методів підвищення більш точного розрахунку критеріїв надійності конкретних вузлів та деталей машин залишається актуальною. Відмова хоча б одного з елементів машини призводить до порушення роботи всієї системи, а отже чим складніша машина, тим актуальніше стоїть питання розрахунку надійності вібромашини.

**Хід роботи.** Прогнозування надійності відбувається на всіх етапах проектування, експлуатації та ремонту.

Найбільша проблема і цікава для дослідження – проектування, а саме теоретичне обґрунтування конструктивної документації. При цьому актуальним є отримання

конструктивних параметрів деталей та вузлів в залежності від прогнозування показників надійності: напрацювання на відмову безвідмовності, довговічності і ремонтпридатності. Основним з них є показник безвідмовності, тому ставиться наукова задача обґрунтувати і розробити теорію математичного розрахунку даного показника.

На сьогодні відомі праці в цій галузі вчених Кравченко І. Н., Болотин В. В., Бараш А. Л., Проников А.С., Фролов К. В. та інші. Найбільш цікавою з точки зору поставленої наукової задачі є робота Кравченка І. Н. В даній роботі згідно досліджень, надійність вібромашини може знаходитися в одному з наступних станів: справному, несправному, працездатному, непрацездатному і граничному (рисунок 1).

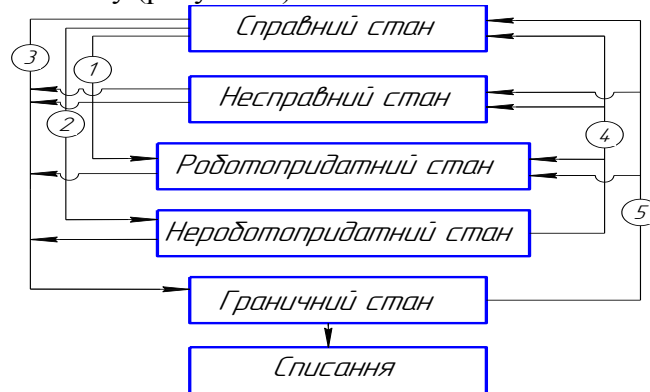


Рисунок 1. Схема основних станів вібромашини та подій.

1- пошкодження; 2- відмова; 3- перехід вібромашини в граничний стан; 4- відновлення; 5- ремонт. *Справний стан* – властивість вібромашини, при якій вона відповідає всім вимогам нормативно-технічної і конструктивної документації.

*Несправний стан* – властивість вібромашини, при якій вона не відповідає хоча б одній вимозі нормативно-технічної і конструктивної документації.

*Працездатний стан* – властивість вібромашини, при якому значення всіх параметрів, характеризуючи властивості виконання заданих функцій, відповідати вимогам нормативно-технічної і конструктивної документації.

*Непрацездатний стан* – властивість вібромашини, при якій значення хоча б одного параметра, характеризую чого властивість виконання заданої функції, не відповідає вимогам нормативно-технічної і конструктивної документації.

*Граничний стан* – властивість вібромашини, при якій її подальше використання по призначенню недопустимо та недоцільно або відновлення її справного чи працездатного стану неможливо чи недоцільно.

Оцінка граничного стану вібромашини здійснюється за критеріями (таблиця 1).

Таблиця 1

#### Критерії граничного стану складових частин вібромашин.

Найменування агрегату чи вузла	Критерії граничного стану
Рамні конструкції	1. Втомлювальні поперечні тріщини по периметру більші 40%; 2. Вгнутість, закручування та інші пошкодження, перевищуючі допустимі границі, для ліквідації яких необхідно повністю демонтувати рамну конструкцію.
Зубчасті передачі	1. Граничне зношення зубців; 2. Викришування робочої поверхні зуба загальною площею більше 25%.
Муфта щеплення	Зношення шліців або посадочного місця під підшипники на валу чи злам валу, при якому необхідна його заміна.
Карданний вал	1. Тріщина в трубах, вилках, по зварним швам; 2. Граничний знос шліцевих з'єднань; 3. Граничний знос отворів під стакани підшипників.



Властивість вібромашини безперебійно зберігати працездатний стан на протязі деякого часу або деякого напрацювання називається *безвідмовністю*.

Першоступеневе значення безвідмовності має для об'єкту відмова, яка викликає перебої в роботі вібромашин.

Основною класифікацією відмов являється характер виникнення і особистого протікання процесів призводячи до відмови (рисунок 2).

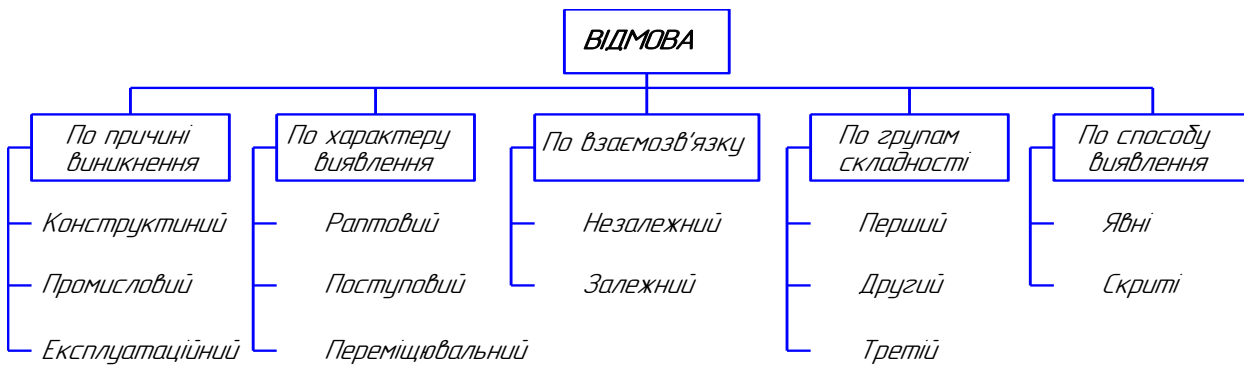


Рисунок 2. Класифікація відмов.

Відмови ділять по причині виникнення, характеру проявлення, взаємозв'язку, групах важності і способу проявлення. Крім того відмови бувають ресурсні і деградаційні.

Підвищення якості вібромашин залежить від багатьох причин, основа з яких – якісна вібраційного устаткування. Невід'ємною частиною якості є клас точності вібромашин або погрішність, з якою моделюються коливання. Тому основне завдання роботи – підвищення якості як існуючих моделей, так і створюваних вібромашин. Для цього пропонується сукупність критеріїв, оцінки якості вібромашин; показується зв'язок вимірювальної техніки із завданням підвищення якості вібромашин; розглядаються погрішності, що виникають на етапах проектування, виготовлення і експлуатації вібромашин; розглядається зв'язок виникаючих погрішностей з якістю вібромашин; пропонується, які завдання необхідно вирішувати на кожному з аналізованих етапів, щоб добитися зниження наявних погрішностей, а також добитись і підвищення якості вібромашин. Для оцінки якості до вібромашин пропонується наступна сукупність критеріїв:

$\psi$  — відповідність вібростенда рівню завдань, що покладаються на нього;

$\delta$  — відповідність вібростенда своєму технічному проекту;

$\zeta$  — відповідність технічного проекту вібростенда досягненням науки і техніки;

$\eta$  — відповідність вібростенда необхідній експлуатаційній надійності.

Таким чином, еталонна модель (модель, в якій відсутній цілий ряд частковостей, врахування яких є необхідною умовою при проектуванні реальної машини) — виріб, у якого критерії оцінки якості відповідно  $\psi = \psi_0$ ;  $\delta = \delta_0$ ;  $\eta = \eta_0$ ;  $\zeta = \zeta_0$ , де  $\psi_0$   $\delta_0$

$$M = \varphi(N). \quad (1)$$

Вид цієї залежності різний, наприклад в роботі  $M = N^{-1}$ .

Приведемо декілька припущень:

1. Зразку відповідає максимальна точність

$$M(\psi_0, \delta_0, \zeta_0, \eta_0) = M_{\max}. \quad (2)$$

2. Зразку відповідає мінімальна похибка

$$N(\psi_0, \delta_0, \zeta_0, \eta_0) = N_{\min}. \quad (3)$$

3. Зразку відповідає найвища якість

$$K(M_{\max}) = K(N_{\min}) = K_{\max}. \quad (4)$$

Всі три припущення цілком природні. Формалізація їх необхідна для постановки основного завдання, а також ряду завдань, і залучення до їх рішення відповідного математичного апарату.

На підставі приведених припущень сформульовані наступні умови ефективності роботи вібротрищин:

1. Для забезпечення найвищої якості віброплощадки, необхідно і достатньо, щоб вона мала найвищу точність (найменшу похибку) виготовлення (моделювання).

Необхідна умова: віброплощадка має найвищу якість  $K_{\max}$ . Доведемо, що воно має найвищу точність або найменшу похибку. Оскільки віброплощадка має  $K_{\max}$  то по припущення (4) його можна прийняти за зразок. Зразку відповідає рівність критеріїв  $\psi = \psi_0, \zeta = \zeta_0, \eta = \eta_0$ . З припущення (2, 3) слідує найвища точність  $M(\psi_0, \delta_0, \zeta_0, \eta_0)$  найменша похибка  $N(\psi_0, \delta_0, \zeta_0, \eta_0) = N_{\min}$ . Тоді отримується умова забезпечення якості:

$$K_{\max} \rightarrow \text{віброплощадка} : \psi = \psi_0, \delta = \delta_0, \zeta = \zeta_0, \eta = \eta_0 \rightarrow M_{\max}, N_{\min}. \quad (5)$$

2. Найвища точність  $M_{\max}$  (найменшу похибку  $N_{\min}$ ) вібротрищин досягається шляхом забезпечення найвищої якості:

$$M_{\max} \rightarrow M_{\max} = M(\psi_0, \delta_0, \zeta_0, \eta_0) \rightarrow \text{віброплощадка} \rightarrow K_{\max}, \quad (6)$$

$$N_{\min} \rightarrow N_{\min} = N(\psi_0, \delta_0, \zeta_0, \eta_0). \quad (7)$$

Отже, підвищення якості вібротрищин може бути забезпечено при виготовленні її в максимальному наближенні до еталону, тобто при прагненні кількісних значень критеріїв якості до заданих значень  $\psi \rightarrow \psi_0, \delta \rightarrow \delta_0, \zeta \rightarrow \zeta_0, \eta \rightarrow \eta_0$ .

З технічної точки зору рішення цієї задачі пов'язано з виявленням, вимірюванням, аналізом і мінімізацією похибки на безлічі введених критеріїв  $\{\psi, \delta, \zeta, \eta\}$  на всіх етапах створення та експлуатації віброплощадки.

### Висновки.

1. Підвищення якості вібротрищин може бути забезпечено при виготовленні їх в максимальному наближенні до еталону.

2. Ефективність роботи в значній мірі залежить від достатньо конкретного врахування діючих сил системи та надійність роботи елементів вібротрищин.

Необхідно враховувати, що підвищення якості вібротрищин в роботі зв'язується з рішенням задачі про підвищення точності моделюючих коливань.

### Література

1. А.С. Проников. Надежность машин. – М.: Машиностроение, 1978 – 592 с.
2. А.С. Проников. Параметрическая надежность машин. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002 – 560 с.
3. І.І. Назаренко. Вібраційні машини і процеси будівельної індустрії: Навчальний посібник. – К.: КНУБА, 2007.
4. І.І. Назаренко. Машини для виробництва будівельних матеріалів: Підручник. – К.: КНУБА, 1999
5. Назаренко І. І. Прикладні задачі теорії вібраційних систем. Навчальний посібник (2-е видання). К.: Видавничий дім «Слово», 2010. – 440 с.
6. Назаренко І. І., Гарнець В. М., Свідерський А. Т., Пентюк Б. М. Системний аналіз технічних об'єктів. К.: КНУБА, 2009. – 164 с.
7. Ловейкин В.С. Расчеты оптимальных режимов движения механизмов строительных машин: Учеб. пособие для вузов. – К.: УМК ВО Украины. – 1990. – 166 с.
8. Назаренко І.І. Прикладные задачи теории вибрационных систем: Учеб. пособие. – К.: ИСИО, 1993, – 216 с.
9. Кравченко І. Н., Зорін В.А, Пучин Е.А. та Бондарева Г.І. Основы надежности машин.: Учеб. пособие – Часть 1– М.: Изд-во, 2007 – 224 с.