

## ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВІБРАЦІЙНОЇ МАШИНИ З ЧАСТОТНО-РЕГУЛЬОВАНИМ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ

### Вікторія Ноженко

кандидат технічних наук, доцент кафедри електротехніки

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Університетська, 20, Кременчук, Полтавська область, Україна, 39600, nozhenkovika@gmail.com

ORCID: 0000-0003-0126-6970

### Олександр Сьомка

кандидат технічних наук, доцент кафедри електротехніки

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Університетська, 20, Кременчук, Полтавська область, Україна, 39600, oleksandrsmk@gmail.com

ORCID: 0000-0003-1107-7858

У роботі проведено аналіз способів зменшення резонансних коливань робочого органу вібраційної машини під час пуску. Зазначено, що у більшості випадків до зарезонансних вібраційних машин застосовують нерегульовані двигуни завищеної потужності, що призводить до швидкого виходу з ладу обладнання та нераціонального використання електричної енергії. Застосування частотно-регульованого електроприводу дає змогу замінити приводні двигуни менш потужними та забезпечує збільшення моменту приводних двигунів у резонансі, а також зменшення динамічних навантажень на елементи конструкції вібраційної машини. Для визначення економічного ефекту розраховано річні витрати на обслуговування і ремонт однієї вібраційної машини, яка використовується для ущільнення бетонних сумішей у формі, для двох випадків: у разі використання нерегульованого електроприводу з приводними двигунами завищеної потужності та у разі використання частотно-регульованого електроприводу з двигунами потужністю, необхідною для роботи у технологічному режимі. Приведено розрахунок капітальних витрат для впровадження регульованого електроприводу до вібраційної машини та заміни приводних двигунів на менш потужні. Показано, що економічний ефект під час упровадження регульованого електроприводу досягається за рахунок зниження витрат на електричну енергію, збільшення терміну служби обладнання вібромашини, зниження витрат на ремонт. За допомогою методів, які засновані на дисконтованих оцінках, а саме чистого дисконтованого доходу та дисконтованого періоду окупності капітальних вкладень, підтверджено техніко-економічну ефективність застосування частотно-регульованого електроприводу до зарезонансних вібраційних машин.

**Ключові слова:** частотно-регульований електропривод, зарезонансна вібраційна машина, асинхронний двигун, пускові режими, техніко-економічна ефективність.

**Актуальність роботи.** Сьогодні в умовах можливої загрози енергетичній безпеці країни питання енергозбереження стає все більш актуальним. Як відомо, енергоємними галузями народного господарства країни є металургійна, нафтохімічна, машинобудівна, хімічна, будівельна, де потенціал енергозбереження становить близько 60%. Значна енергоємність цих галузей пояснюється високим ступенем фізичного зносу основних фондів, зокрема і виробничого обладнання.

Розглядаючи зарезонансні вібраційні машини (ВМ) із дебалансними віброзбудувачами [1; 2], які широко застосовуються для ущільнення бетонних сумішей, транспортування насипного вантажу, подрібнення феросплавів та абразивів, поділу сипучих сумішей і т. д., можна сказати, що вони характеризуються передчасним виходом обладнання з ладу. Це пов'язано з різким збіль-

шенням амплітуди коливань робочого органу ВМ під час пуску, що призводить до суттєвих динамічних навантажень на елементи конструкції вібраційної машини, збільшення струму в обмотках статора, можливого «застрягання» роторів приводних електродвигунів [1–4]. Часті ремонти та заміна обладнання ВМ призводять до додаткових фінансових затрат, незапланованих простоїв, втрати виробничого часу та невчасного виконання плану виробництва продукції.

Для зменшення негативних наслідків подолання резонансної зони під час пуску ВМ зазвичай використовують нерегульовані асинхронні двигуни (АД) із завищеною у 2–5 разів потужністю [1–3]. У цьому разі спостерігається суттєве недонавантаження приводних двигунів, і, відповідно, погіршуються енергетичні показники, що призводить до збільшення витрат електроенергії та економічних збитків. Для вирішення даної

проблеми у роботах [5; 6] запропоновано застосування частотно-регульованого ЕП із відповідним законом керування, що дає змогу зменшити амплітуду резонансних коливань та динамічні навантаження на елементи конструкції ВМ, а також установлювати приводні двигуни незалежної потужності. Такий підхід дає можливість збільшити міжремонтний період, виключити незаплановані простоя та знизити втрати електричної енергії.

**Метою роботи** є визначення та аналіз техніко-економічної ефективності зарезонансної вібраційної машини у разі використання частотно-регульованого електропривода з формуванням додаткових керуючих впливів у процесі пуску.

**Матеріал і результати досліджень.** У роботах [3; 4; 6] запропоновано способи зменшення амплітуди резонансних коливань робочого органу ВМ за допомогою систем електропривода. У табл. 1 наведено коротку характеристику способів та відзначено їхні основні недоліки. Через наявність цих недоліків наведені способи не знайшли широкого застосування на

практиці. Окрім того, не всі із зазначених способів дають змогу замінити приводні АД зарезонансних ВМ завищеної потужності менш потужними.

Застосуванню регульованого ЕП до зарезонансних ВМ для подолання резонансної зони приділено значно менше уваги, оскільки вважається, що економічно недоцільно використовувати його лише для пускового режиму. Тим не менше про позитивний ефект від використання частотно-регульованого ЕП до зарезонансної ВМ свідчать дослідження, які наведено у роботах [5; 6]. У цьому разі пуск приводних двигунів ВМ здійснюється із законом частотного керування  $\frac{U}{f} = const$  зі стрибкоподібним збільшенням напруги живлення під час підходу до резонансної зони. Це дає змогу збільшити момент приводних АД у резонансі, уникнути «застрягання» та зменшити динамічні навантаження на елементи конструкції ВМ у разі використання двигунів потужністю, необхідною для роботи в технологічному режимі.

Таблиця 1

Способи зменшення амплітуди резонансних коливань робочого органу вібраційної машини

Реалізація	Недоліки способу
<b>Використання приводних електродвигунів із підвищеним пусковим моментом</b>	
Робота двигунів із підвищеним пусковим моментом базується на ефекті витіснення струму, унаслідок чого пусковий момент значно більший, а пусковий струм менший порівняно з двигунами звичайного виконання.	Процес виготовлення спеціальних електричних двигунів із підвищеним пусковим моментом є досить матеріало- та енергоємним, який потребує додаткових фінансових затрат та може значно збільшити вартість і габарити вібраційної машини.
<b>Подвійний пуск електродвигуна вібромашини</b>	
Після увімкнення ЕП та досягнення дебалансним валом кутової швидкості, яка близька до частоти власних коливань робочого органу ВМ, двигун вимикають. Після деякої перерви, протягом якої кутова швидкість валу проходить значення, що відповідає резонансній частоті, повторно вмикають приводний двигун.	Виникнення значних піків пускових струмів та моментів, які перевищують відповідні значення цих величин під час пуску з нерухомого стану. Досить складно заздалегідь установити моменти часу вимикання та вмикання двигуна для подолання небезпечної зони.
<b>Роздільний (почерговий) пуск електродвигунів вібромашини</b>	
Даний спосіб застосовується для ВМ із двома двигунами. Пуск двигунів здійснюється по черзі. Спочатку вмикають один двигун. Після того як він досягне своєї номінальної швидкості обертання, а у коливальній системі загаснуть резонансні явища і встановиться стаціонарний режим, вмикають другий двигун.	Використання цього способу можливе лише для пуску вібромашин із двома самосинхронізуючими дебалансними вібробуджувачами, які не пов'язані між собою.
<b>Використання форсованого пуску електродвигунів вібромашини</b>	
Форсований пуск здійснюється за допомогою конденсаторів, що послідовно включаються з обмотками статора приводного двигуна і забезпечують компенсацію індуктивного опору АД. Це дає змогу збільшити пусковий момент і, відповідно, кутове прискорення ротора приводного двигуна. Після завершення процесу пуску конденсатори відключаються.	Неможливість застосування цього способу у випадках, коли виникає необхідність отримання форсованого режиму в емностях, які викликають неприпустиму напругу на обмотках. Застосування конденсаторів пов'язане з перенапругою у статорному колі через можливі резонансні явища. Це може призвести до підвищеного зносу ізоляції.

Визначення техніко-економічної ефективності від застосування регульованого ЕП до зарезонансних ВМ проводилося на прикладі вібраційної площадки (ВП) із двовальними дебалансними вібробудувачами (рис. 1), яка використовується для ущільнення бетонної суміші під час виготовлення залізобетонних шпал типу СБ 3-0 та Ш 1-1 відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.6-209:2016 [7]. У табл. 2 наведено технічну характеристику ВП. Для такої ВП використовуються два нерегульовані асинхронні двигуни із завищеною потужністю 30 кВт кожен. Періодичність ремонту основних вузлів ВП та витрати на обслуговування і ремонт за один рік показано в табл. 3.

Тоді поточні експлуатаційні витрати за базовим варіантом, тобто у разі використання нерегульованого ЕП, визначаються як:

$$C_1 = C_{r1} + C_{en1}, \quad (1)$$

де  $C_{r1}$  – витрати на обслуговування і ремонт ВП за базовим варіантом (табл. 3);  $C_{en1}$  – вартість споживаної енергії:

$$C_{en1} = P_{n1} t_s t_g k_e, \quad (2)$$

де  $P_{n1}$  – споживана потужність ВП;  $t_s = 4$  год – час роботи ВП за одну зміну;  $t_g = 264$  днів – кількість робочих днів у році;  $k_e = 5,87218$  грн/кВт – діючий тариф на електроенергію для групи промислових споживачів (із ПДВ) з урахуванням послуги на розподіл у Полтавській області (від 01.06.2023) [8].

Вартість споживаної енергії  $C_{en1}$  за базовим варіантом за рік становить 260 442,93 грн.

Отже, поточні експлуатаційні витрати за базовим варіантом за рік становлять 649 684,06 грн.

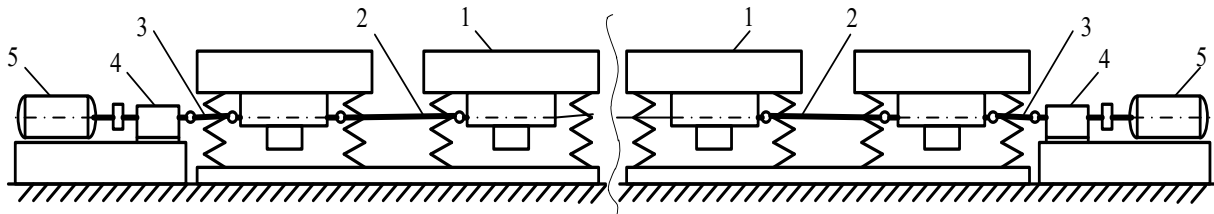


Рис. 1. Схема вібраційної площадки: 1 – віброблоки; 2 – довгі карданні вали; 3 – короткі карданні вали; 4 – синхронізатори; 5 – електричні двигуни

Таблиця 2

Технічна характеристика вібраційної площадки

Параметр	Значення
Повна приведена маса коливних частин ВМ	11000 кг
Частота коливань	50 Гц
Амплітуда коливань	0,2...0,6 мм
Маса дебалансів	22 кг
Відстань дебалансної маси від осі обертання	0,1 м
Сумарна жорсткість опор ВМ	1,268·10 <sup>8</sup> Н/м
Коефіцієнт демпфування	30600 Нс/м
Установлена потужність двигунів	60 кВт

Таблиця 3

Витрати на ремонт вібраційної площадки за рік

№ з/п	Найменування обладнання	Кількість обладнання, шт.	Вартість 1 шт., грн	Періодичність ремонту	Витрати за 1 рік, грн
1	Асинхронний двигун	2	11690	3 рази за рік	70130
2	Синхронізатор	2	13560	2 рази за рік	54230
3	Віброблок	8	9039	1 раз за рік	72310
4	Магніт	16	20880	1 раз за 2 роки	167000
5	Довгий карданний вал	14	2938	1 раз за 2 роки	20560
6	Короткий карданний вал	4	2486	1 раз за 2 роки	4971
Разом					<b>389241</b>

Фонд заробітної плати під час розрахунку не враховувався, оскільки чисельність обслуговуючого персоналу ВП не змінюється.

Упровадження частотно-регульованого ЕП до зарезонансної ВП потребує капітальних витрат для придбання та встановлення двох нових асинхронних двигунів потужністю 11 кВт, шафи та пульта керування, датчиків, кабелю. Відповідно до вартості нового обладнання капітальні витрати (табл. 4) становили 274 209,75 грн.

Поточні експлуатаційні витрати для нового варіанта, тобто у разі використання частотно-регульованого ЕП, визначаються за виразом:

$$C_2 = C_a + C_{r2} + C_{en2}, \quad (3)$$

де  $C_a$  – відрахування на амортизацію, які для електричного обладнання становлять 7,8% від капіталовкладень;  $C_{r2}$  – витрати на обслуговування та ремонт;  $C_{en2}$  – вартість споживаної енергії.

Відрахування на амортизацію  $C_a$  для нового варіанта становитимуть 21 388,36 грн. Витрати на обслуговування та ремонт обладнання вібраційної площадки з частотно-регульованим ЕП, згідно з попередніми дослідженнями [4–6; 9], на 26% менші, ніж за базовим варіантом, а витрати на ремонт АД – на 35% менші, тому  $C_{r2}$  становлять 281 726,82 грн на рік. Вартість споживаної енергії у разі використання частотно-регульованого ЕП визначалася за виразом (2) та становила 105 417,38 грн. Отже, поточні експлуатаційні витрати за новим варіантом за рік  $C_2$  становлять 389 390,62 грн.

Порівняння поточних експлуатаційних витрат за базовим і новим варіантами, а також отримана економія наведені на рис. 2.

Для з'ясування економічної доцільності впровадження частотно-регульованого ЕП до

зарезонансної ВП виконаємо аналіз ефективності інвестицій (капітальних витрат), використовуючи методи, що засновані на дисконтованих оцінках [10–12], оскільки вони є найбільш уживаними та враховують різні види інфляції, норми прибутковості й ін. Одним із таких методів є чистий дисконтований дохід  $NPV$  (net present value), який визначається за виразом:

$$NPV = \sum_{t=1}^n PV_t - I_0C = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{\left(1 + \frac{r}{100}\right)^t} - I_0C, \quad (4)$$

де  $n$  – порядковий номер року;  $PV_t$  – дисконтований грошовий потік наприкінці періоду  $t$ ;  $CF_t$  – чистий грошовий потік наприкінці періоду  $t$  (прибуток);  $r$  – дисконтна ставка;  $I_0C$  – інвестиції (капітальні витрати).

Під час визначення чистого дисконтованого доходу  $NPV$  приймаємо:

– величину чистого грошового потоку ( $CF_t$ ) як величину заощаджень за рахунок упровадження частотно-регульованого ЕП (рис. 2);

– величину інвестицій ( $I_0C$ ) рівну капітальним витратам на придбання та встановлення нового обладнання (табл. 4);

– дисконтну ставку ( $r$ ) рівну 25%.

У табл. 5 наведено результати розрахунку чистого дисконтованого доходу протягом трьох років. Аналіз отриманих розрахунків показав, що встановлення частотно-регульованого ЕП є економічно доцільним, оскільки  $NPV > 0$ .

Наступним важливим методом є дисконтований період окупності  $DPP$  (discounted payback period) – це термін, за який окупляться капітальні витрати на впровадження нового обладнання за

Таблиця 4

Капітальні витрати на впровадження частотно-регульованого електропривода

Найменування обладнання	Кількість, шт.	Вартість, грн
Асинхронний двигун потужністю 11 кВт	2	35328
Датчик струму	2	2620
Датчик напруги	2	3476
Шафа керування (перетворювач частоти, автоматичний вимикач)	1	175000
Пульт керування	1	14700
Кабель	–	2246
Разом, вартість обладнання:		233370
Транспортні витрати – 7,5% від вартості обладнання		17502,75
Монтажні та пусконаладжувальні роботи – 10% від вартості обладнання		16860
Разом		23337
<b>Капітальні витрати</b>		<b>274209,75</b>

рахунок доходів, дисконтованих за заданою відсотковою ставкою:

$$DPP = \min n \Rightarrow \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{\left(1 + \frac{r}{100}\right)^i} > I_0 C. \quad (5)$$

Дисконтований період окупності впровадження частотно-регульованого ЕП становив 1,38 року, що свідчить про високу техніко-економічну ефективність запропонованого способу подолання резонансної зони під час пуску ВМ.

Із проведених розрахунків також слідує, що впровадження частотно-регульованого ЕП до зарезонансної ВП та відповідно заміна приводних АД потужністю 30 кВт кожен на АД потужністю 11 кВт дають змогу отримати економічний ефект за рахунок зниження витрат на електричну енергію, збільшення терміну служби обладнання ВП, зниження витрат на ремонт.

**Висновки.** Проведений аналіз існуючих способів подолання резонансної зони під час пуску зарезонансних вібраційних машин показав, що

вони мають певні недоліки, тому зазвичай використовують нерегульовані двигуни завищеної потужності у 2–5 разів. На прикладі вібраційної площадки для ущільнення бетонної суміші показано, що поточні експлуатаційні витрати у разі використання нерегульованого ЕП за рік становлять 649 684,06 грн. Застосування регульованого електропривода з пропорційним законом частотного керування та зі стрибкоподібним збільшенням напруги живлення під час підходу до резонансної зони дає змогу зменшити поточні експлуатаційні витрати до 389 390,62 грн. Це досягається за рахунок зниження витрат на електричну енергію, збільшення терміну служби обладнання ВП, зниження витрат на ремонт.

Аналіз проведених розрахунків за допомогою методів, заснованих на дисконтованих оцінках, підтвердив економічну доцільність установаження частотно-регульованого ЕП до зарезонансної вібраційної площадки, оскільки дисконтований період окупності становив 1,38 року.

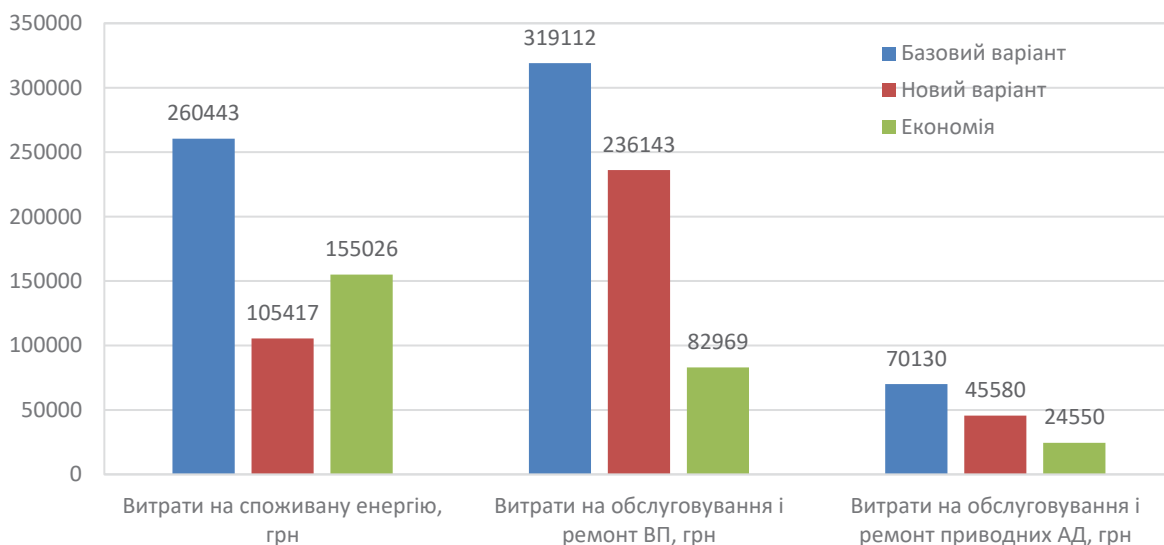


Рис. 2. Поточні експлуатаційні витрати за базовим та новим варіантами ЕП

Таблиця 5

Розрахунок чистого дисконтованого доходу

Рік	$I_0 C$ , грн	$CF_t$ , грн	$PV_t$ , грн	$NPV_t$ , грн
1	274209,75	262545	210036	-64174
2		262545	168029	103855
3		262545	134423	238278
<b>Усього</b>		<b>787635</b>	<b>512488</b>	<b>277959</b>

ЛІТЕРАТУРА

1. Повідайло В.О. Вібраційні процеси та обладнання : навчальний посібник. Львів : Львівська політехніка, 2004. 248 с.
2. Blekhman I.I. *Vibration Mechanics*. Singapore: World Scientific, 2000. 509 p.
3. Ярошевич О.М., Забродець І.П., Мартинюк В.Л., Ярошевич М.П. Коливання привода вібраційних машин із дебалансними збудниками. *Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні*. 2018. Вип. 52. С. 114–128.
4. Ярошевич М.П., Толстушко М.М., Тимошук В.М. Перехідні процеси при пуску вібраційних машин із дебалансним приводом. *Вісник Севастопольського національного технічного університету*. 2010. Вип. 110. С. 85–89.
5. Nozhenko V., Rodkin D., Bohatyrov K. Control of Passing the Resonance Zone During Start-up of Above Resonance Vibration Machine. *Proceedings of the 2019 IEEE International conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES)*. 2019. P. 146–149. DOI: 10.1109/MEES.2019.8896625.
6. Nozhenko V., Rodkin D., Tytiuk V. et al. Features of the Control Actions Formation During the Start-up of Vibration Machines at Passing of the Resonance Zone. *Proceedings of the 25th IEEE International conference on Problems of automated electric drive. Theory and practice (PAEP)*. 2020. P. 18–21. DOI: 10.1109/PAEP49887.2020.9240835.
7. ДСТУ Б В.2.6-209:2016. Шпали залізобетонні попередньо напружені для залізниць колії 1520 і 1435 мм. Технічні умови. Київ, 2016. 28 с.
8. Полтаваенергозбут. URL: <https://www.energo.pl.ua/kom-prognozysii/> (дата звернення: 05.07.2023).
9. Прус В.В., Сьомка О.О., Дегтяренко О.О. Шляхи підвищення ефективності ремонту та післяремонтної експлуатації електричних машин. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2020. Вип. 4(123). С. 110–115.
10. Стасюк Н.Р., Гресків І.Р. Методи оцінювання ефективності інвестиційних проєктів: переваги та недоліки. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2015. Вип. 6. С. 306–309.
11. Нестерова С.В. Методи оцінки ефективності інвестицій: сутність та характеристики. *Економіка і суспільство*. 2018. Вип. 19. С. 1105–1110.
12. Шаровська Т.С. Оцінка та аналіз реальних інвестицій. *Вісник Запорізького національного університету*. 2010. Вип. 1(5). С. 67–76.

TECHNICAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF A VIBRATION MACHINE WITH A FREQUENCY-REGULATED ELECTRIC DRIVE

**Viktoriia Nozhenko**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Electrical Engineering  
Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, 20 University str., Kremenchuk, Poltava region, Ukraine,  
39600, nozhenkovika@gmail.com  
**ORCID: 0000-0003-0126-6970**

**Oleksandr Somka**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Electrical Engineering  
Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, 20 University str., Kremenchuk, Poltava region, Ukraine,  
39600, oleksandrsmk@gmail.com  
**ORCID: 0000-0003-1107-7858**

The paper analyzes methods of reducing resonant vibrations of the working body of the vibration machine during start-up. It is noted that in most cases, unregulated motors of overpowered power are used for above resonance vibration machines, which leads to rapid equipment failure and irrational use of electrical energy. The use of a frequency-regulated electric drive allows you to replace the drive motors with less powerful ones, which provides an increase in the moment of the drive motors in resonance, as well as a reduction of dynamic loads on the structural elements of the vibrating machine. To determine the economic effect, the annual maintenance and repair costs of one vibrating machine, which is used for compacting concrete mixtures in the form, were calculated for two cases: in the case of using an unregulated electric drive with drive motors of overpowered power and in the case of using a frequency-regulated electric drive with motors with power necessary for work in technological mode. The calculation of capital costs for the introduction of an adjustable electric drive to the vibrating machine and the replacement of drive motors with less powerful ones is given. It is shown that the economic effect of the introduction of an adjustable electric drive is achieved due to a decrease in the cost of electric energy, an increase in the service life of the vibrating machine equipment, and a decrease in repair costs. With the help of methods that are based on discounted estimates, namely net discounted income and discounted capital investment payback period, the technical and economic efficiency of using a frequency-regulated electric drive for above resonance vibration machines has been confirmed.

**Key words:** frequency-regulated electric drive, above resonance vibration machine, induction motor, starting modes, technical and economic efficiency.

REFERENCES

1. Povadaylo, V.O. (2004). Vibrational processes and equipment: teaching manual. Lviv: Vydavnytstvo Natsionalnoho universytetu «Lvivska politehnika».
2. Blekhman, I. I. (2000). *Vibration Mechanics*. Singapore: World Scientific.
3. Yarosevych, O.M., Zabrodets, I.P., Martyniuk, V.L., and Yarosevych, M.P. (2018). Oscillations of the drive of vibrating machines with unbalanced exciters. *Automation of production processes in mechanical engineering and instrument engineering*, 52, 114–128.
4. Yaroshevych, M.P., Tolstushko, M.M., and Tymoshchuk, V.M. (2010). Transient processes during the start-up of vibrating machines with an unbalanced drive. *Bulletin of the Sevastopol National Technical University*. 110, 85–89. [in Ukrainian]
5. Nozhenko, V., Rodkin, D., and Bohatyrov, K. (2019). Control of Passing the Resonance Zone During Start-up of Above Resonance Vibration Machine. *Proceedings of the 2019 IEEE International conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES)*, 146–149. DOI: 10.1109/MEES.2019.8896625.
6. Nozhenko, V., Rodkin, D., Tytiuk, V. et al. (2020). Features of the Control Actions Formation During the Start-up of Vibration Machines at Passing of the Resonance Zone. *Proceedings of the 25th IEEE International conference on Problems of automated electric drive. Theory and practice (PAEP)*, 18–21. DOI: 10.1109/PAEP49887.2020.9240835.
7. DSTU B B.2.6-209: 2016. Reinforced concrete sleepers are prestressed for 1520 and 1435 mm tracks. Specifications. (2016), Kiev.
8. Poltava energy sales. URL: <https://www.energo.pl.ua/kom-propozytsii/>.
9. Prus, V.V., Syomka, O.O., and Degtyarenko, O.O. (2020). Ways to improve the efficiency of repair and post-repair operation of electric machines. *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, 4 (123), 110-115.
10. Stasyuk, N. R., and Greskiv, I. R. (2015). Methods of evaluation efficiency of investment projects: advantages and disadvantages. *Globalni ta natsionalni problemy ekonomiky*, 6, 306–309.
11. Nesterova, S.V. (2018). Methods of investment efficiency assessment: essence and characteristics. *Ekonomika i suspilstvo*, 19, 1105–1110.
12. Sharovska, T.S. (2010). Assessment and analysis of real investments. *Bulletin of Zaporizhzhya National University*, 1 (5), 67–76.

Стаття надійшла 24.08.2023