

Список літератури

1. Обережно, пил [електронний ресурс]: VENTS Magazine: грудень 2017 / Боярка, 2017.- С. 16-19.- Режим доступу до журналу: ukrblog.vents.ua/vents-magazine/vents-magazine-2-hruden-2017-rik.html#Vents/18-19
2. **Батруков М.А.** (Васильчевское карьероуправление) Экспериментальные исследования пылеподавления на карьерных транспортных коммуникациях. / **М.А. Батруков** //IV научно- техническая конференция по карьерному транспорту. Тезисы докладов.- 1978- С. 137-138.
3. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2021 році / Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. 514 ст.
4. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Дніпропетровській області за 2022 рік/ м. Дніпро, 2023.- 309 с.
5. Якість повітря у Кривому Розі у жовтні: [електронний ресурс] / 1 Первой городской. 12. 11.2023, 10:00.- Режим доступу до журналу <https://one.kr.ua/news/50232>
6. **Діяльність** з охорони атмосферного повітря на підприємстві. Посібник. /TECH-MEDIA GROUP, 2022 р.- 366 с.
7. Рішення міської ради від 28.09.2016 р. № 901 «Про затвердження міської програми вирішення екологічних проблем Кривбасу та поліпшення стану навколишнього природного середовища на 2016- 2025 роки» / Кривий Ріг: Міська рада.- 2016.
8. Дорожные артерии карьеров [електронний ресурс]/ 27.08.2021 г./ Режим доступу <https://mcet.com.ua/ru/dorozhnye-arterii-karerov/>
9. **Нестеренко О. В.** Исследования по пылеподавлению на щебеночной автодороге / **О. В. Нестеренко, Т. А. Комиссаренко, Н. В. Домничев** //ScientificJournal «ScienceRise».- 2017.- №11(40).- С 48-53.
10. **Тыщук В.Ю.** Разработка и исследование средств пылеподавления на карьерных автодорогах на основе микрокапсулированных растворов/ **В.Ю. Тыщук** //Гірничий вісник. Сб. наукових праць, вип. 96,- Кривий Ріг.- 2013.- С. 225-228.
11. Связывание частиц пыли мостиками жидкостей при ее загущении / Нестеренко О.В. [та інші] // КНУ Гірничий вісник, вип. 101.- Кривий Ріг.- 2016.- С. 153-157
12. Борьба с пылью в рудных карьерах / В.А. Михайлов [и др.]- М.: - «Недра», 1981.- 262 С.
13. **Карюк А.Н.** Методика оцінювання температурного режиму покриття автомобільних доріг/ **А.Н. Карюк, Б.В. Савенко**// Збірник наукових праць. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво. ПолтНТУ. Вип. 1 (46). – Полтава.- 2016. – С. 246-254.
14. Самопроизвольное темное образование радикалов ОН на границе атмосферных капель воды /Канвэй Ли [та інші], ред. Марка Тименса // Каліфорнійський університет в Сан-Дієго, Ла Хойя, Каліфорнія.- 03.04.2023. - Режим доступу <https://inscience.news › article › chemistry-and-materials>
15. Приглушення пилу та запахів. Придушення пилу та запахів за допомогою систем туманоутворення /ТОВ «Юнісол Україна» [електронний ресурс]// Режим доступу <https://unisol.in.ua/ua/p953167983-pushki-dlya-pylepodavleniya.html>
16. **Тыщук В.Ю.** Використання засобів біотехнології для пилоподавлення у кар'єрах / **В.Ю.Тыщук** // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Сталий розвиток промисловості і суспільства». ДВНЗ «Криворізький національний університет».- Кривий Ріг. – 2014.-С. 117-118.
17. **Перегудов В.В.** Проектирование соблюдения наиболее общих принципов/ **В.В. Перегудов, В.В. Аблец** // Вісник КНУ, вип. 31.- Кривий Ріг.- 2012.- С. 87-93.

Рукопис подано до редакції 07.11.23

УДК 622.235: 622.271

Д.Ю. МАЛИХ, гірн. інж., заст. ген. директора з виробництва
ПАТ «Інгулецький гірничо-збагачувальний комбінат»
Г.І. ЄРЕМЕНКО, канд. техн. наук, доц., Д.А. ТІТОВ, магістр, аспірант
Криворізький національний університет

ОСОБЛИВОСТІ ІМПУЛЬСНОГО ВИБУХОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ ПОРОДНОГО МАСИВУ, ЩО РУЙНУЄТЬСЯ ГРУПАМИ РОЗОСЕРЕДЖЕНИХ ЗАРЯДІВ

Основною метою дослідження є вдосконалення математичної моделі, а також уточнення розрахунків при математичному моделюванні взаємодії свердловинних зарядів, у яких частини вибухової речовини розосереджені по довжині свердловини інертним матеріалом, і які підриваються послідовно. При цьому проаналізовано особливості динамічного навантаження скельного масиву, який підривається, в залежності від послідовності підривання цих зарядів та їх частин. Це уточнення стосується удосконалення методики параметричних розрахунків і спрямоване на вирішення актуальної проблеми – зниження питомої витрати вибухових речовин для руйнування скельних гірських порід.

Методами дослідження є аналіз геомеханічних процесів математичним моделюванням динамічного напруження породного масиву вибухом на відкритих гірничих розробках.

Наукова новизна дослідження полягає в уточненні закономірностей взаємодії енергії вибуху свердловинних зарядів спеціальної конструкції з оточуючим їх скельним масивом.

Практичне значення. Подальший розвиток і виробниче застосування результатів досліджень забезпечить значне зниження собівартості залізорудної продукції за рахунок підвищення ефективності бурових і вибухових робіт у залізорудному кар'єрі.

Результати. Для теорії і практики ведення вибухових робіт важливо знати особливості формування і взаємодії силових полів свердловинних зарядів ВР, які підривають із затримкою. Основну роль в процесі руйнування гірського масиву за цих умов відіграє конструкція підривних свердловинних зарядів. Підбором мас зарядів з різним співвідношенням їх частин в свердловинах послідовних рядів і варіюванням тривалості затримки між вибухами можна регулювати процес вибухового навантаження в залежності від конкретних гірничо-геологічних умов ведення підривних робіт. За рахунок зміни способів формування і порядку підривання зарядів ВР в руйнованому середовищі можна впливати на процес руйнування, знаючи особливості формування силових полів. З огляду на часові та геометричні характеристики породного масиву, можна припустити, що його напружений стан буде повністю відповідати фізичним параметрам інтегральної зони, за яких втрата енергії вибухових хвиль мінімізується. Отримані результати можуть бути використані для розробки вибухових технологій, заснованих на руйнуванні гірського масиву, приведення його попередньо в напружений стан від вибуху зарядів ВР, конструкція яких пропонується авторами даного дослідження.

Ключові слова: гірська порода, вибух, вибухове руйнування, скельне середовище, свердловинні заряди.

doi: 10.31721/2306-5451-2023-1-57-116-121

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Особливості та варіативність технології БПР неминуче ускладнюють параметричне її обґрунтування внаслідок фактичної неможливості визначення достовірно повного тензору напруженого стану гірського масиву при його динамічному навантаженні. У зв'язку з цим фактично всі відомі на сьогоднішній день математичні моделі вибуху у виключно статистично визначеному кристалічному середовищі є певною мірою хибними та вимагають у кожному конкретному випадку належної параметричної їх адаптації. Зрештою, проблема полягає в неможливості на задовільному рівні (для потреб гірничих технологій) прогнозуванні та цільовому забезпеченні належного гранулометричного складу підірваної гірничої маси. Тому саме на даному напрямку зосереджено більшість науковими і практичних завдань сучасної гірничої науки.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Основні положення теорії вибухового руйнування кристалічних масивів [1-7] і досвід практики БПР [8-11] переконливо доводить, що одним з найменш досліджених теоретично і невирішених практично питань є нерівномірний розподіл енергії вибуху в об'ємі масиву, особливо при формуванні навантаження крайової зони уступу, оптимізувати що стає можливим при цілеспрямованому використанні ефектів розвитку тензора напружень динамічної зони руйнування, створюваної силовими полями взаємодіючих свердловинних зарядів приконтурних рядів [12-14], спеціальної конструкції [15-17]. Саме це й зумовило, що в дослідження закладалася ідея можливості штучного створення та продуктивного використання динамічних ефектів, які проявляються при взаємодії свердловинних зарядів, для вирішення чого задачі досліджень формулювалися згідно з нею.

Постановка задачі. Побудова найбільш адекватної, наскільки це можливо, математичної моделі руйнування скельного масиву вибухом є першочерговим завданням гірничої науки сьогодні. Відомо, що наявність негабаритних фракцій в підірваній гірничій масі, зазвичай, пов'язана з тим, що гірський масив має неоднорідну цілісність через утворення в його верхній частині хаотичної штучної системи структурних порушень і заколів від дії раніше виконаних вибухів, як на верхніх, так і на суміжних уступах. Цей фактор необхідно по-новому враховувати під час визначення параметрів БПР, враховуючи значні непродуктивні втрати енергії вибуху.

Основну роль в процесі руйнування гірського масиву за цих умов відіграє конструкція підривних свердловинних зарядів. Підбором мас зарядів з різним співвідношенням їх частин в свердловинах послідовних рядів і варіюванням тривалості затримки між вибухами можна регулювати процес вибухового навантаження скельного масиву в залежності від конкретних гірничо-геологічних умов. За рахунок зміни способів формування і порядку підривання зарядів ВР в руйнованому обсязі, можна цілеспрямовано впливати на процес руйнування, знаючи особливості формування силових полів.

Викладення матеріалу та результати. Суцільне середовище, яке в нашому випадку є гірським масивом, будемо розглядати як абсолютно нестисливе, нехтуючи зміною його об'єму. Другою умовою є припущення, що вибух свердловинного заряду відбувається миттєво.

Енергія, що виділяється при вибуху, має кінцеву величину, тому й кінетична енергія середовища також буде кінцевою, що обумовлює кінцеві значення швидкостей частинок середовища. За умови миттєвої дії вибуху частинки середовища лише отримують деяку початкову швидкість, з якою будуть рухатися вже після того, як закінчиться фаза імпульсної дії вибуху.

Для розв'язання поставленого завдання розглянемо в прямокутній системі координат, навколо довільної точки середовища, елементарний прямокутний паралелепіпед, ребра якого розташовані паралельно до осей координат системи Декарта й однакові відповідно dx , dy , dz . Користуючись методикою, викладеною в праці [14], координати вектора початкової швидкості для довільної точки позначимо $\bar{U}_0(ux, uy, uz)$.

Розглянемо рух середовища в об'ємі даного паралелепіпеда. На його межі, розташовані перпендикулярно до осі OX , під час вибуху буде діяти імпульсний тиск. На ближню грань тиск P , на грань, яка розташована й знаходиться від неї на відстані dx : $P+(\partial P/\partial x)$. Так як площі цих граней рівні dy , dz , то сили, що діють на ці межі, відповідно будуть однакові, Н,

$$F_1 = P \cdot dy \cdot dz ; \quad (1)$$

$$F_2 = \left(P + \frac{\partial P}{\partial x} dx \right) \cdot dy \cdot dz . \quad (2)$$

Звідси рівнодіюча F цих сил визначається як

$$F = F_1 - F_2 = \frac{\partial P}{\partial x} dx \cdot dy \cdot dz . \quad (3)$$

Розглянемо прискорення, що виникає в середовищі в результаті імпульсного впливу вибуху.

При цьому відзначимо, що маса, укладена всередині розглянутого об'єму середовища, дорівнює, кг

$$m = \rho dx \cdot dy \cdot dz ,$$

Прискорення в напрямку осі OX дорівнює зміні за одиницю часу швидкості du_x/dt . Оскільки сила дорівнює добутку маси на прискорення, то

$$\frac{\partial P}{\partial x} = \rho \frac{du_x}{dt} \quad \text{або} \quad \frac{du_x}{dt} = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial P}{\partial x} . \quad (5)$$

Аналогічно розмірковуючи, розглядаючи межі, перпендикулярні до осей OY і OZ , отримаємо

$$\frac{du_y}{dt} = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial P}{\partial y} ; \quad (6)$$

$$\frac{du_z}{dt} = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial P}{\partial z} . \quad (7)$$

Рівняння (5)-(7) проінтегруємо за часом.

Розглянемо рівняння (5).

У момент часу $t=0$, тобто до вибуху, середовище знаходиться в спокої. При імпульсному впливі вибуху швидкість набуває значення \bar{U}_0 . Перетворимо вираз (5)

$$u_x = \frac{1}{\rho_0} \int_0^t \frac{\partial p}{\partial x} dt . \quad (8)$$

Змінюючи порядок інтегрування й диференціювання в (5), отримуємо

$$u_x = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{1}{\rho_0} \int_0^t P dt \right) . \quad (9)$$

Інтеграл, що стоїть у правій частині в останній формулі, визначає величину питомого імпульсу вибухового впливу на середовище $i = \int_0^t P dt$.

Отже, маємо що

$$u_x = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{1}{\rho} i \right). \quad (10)$$

Оскільки розглядаємо абсолютно не стиснене середовище, то в цьому випадку щільність середовища залишається сталою навколо кожної рухомої частини $\rho = \text{const}$. Тому остаточно маємо

$$u_x = \frac{1}{\rho} \times \frac{\partial i}{\partial x}. \quad (11)$$

Аналогічно розмірковуючи, отримуємо u_y, u_z інші координати вектора \bar{U}_0

$$u_y = \frac{1}{\rho} \times \frac{\partial i}{\partial y}; \quad (12)$$

$$u_z = \frac{1}{\rho} \times \frac{\partial i}{\partial z}. \quad (13)$$

Отже, координати вектора початкової швидкості \bar{U}_0 для довільної точки середовища, що спричинила дію імпульсного вибухового навантаження, може бути визначено як

$$\bar{U}_0 = (i'_x; i'_y; i'_z) \quad (14)$$

Тоді значення початкової швидкості довільної точки середовища визначається як, м/с

$$|\bar{U}_0| = \sqrt{i'^2_x + i'^2_y + i'^2_z}. \quad (15)$$

Отже, виникнення поля швидкостей і пов'язаної з ним кількості руху залежить від імпульсу зовнішніх сил. Під час вибуху свердловинного заряду передається кінцева кількість кінетичної енергії, а отже, й імпульс вибуху має кінцеві значення.

Дослідимо взаємозв'язок між розподіленням енергії вибуху в середовищі й величиною питомого імпульсу вибухової енергії.

Кінетична енергія певної зони породного масиву утворюється виключно за рахунок енергії, що передається в середовище, яке руйнується вибухом свердловинного заряду ВР. Енергія, що передається в середовище, коли відбувається вибух заряду, відповідно до закону її збереження, повинна дорівнювати роботі, реалізованій при передачі цієї енергії. Якщо позначити елемент поверхні свердловинного заряду через dS , а тиск у вибуховій камері – через P , то сила, що діє на дану поверхню, буде дорівнювати $P \cdot dS$. Відповідно, елементарна робота dA буде визначатися як $dA = P h dL$, де h – відповідні зміщення. З урахуванням тривалості дії вибуху t останній вираз набуде вигляду

$$dA = P t \frac{h}{t} dL. \quad (16)$$

Так як добуток $P t$ дорівнює локальному питомому імпульсу i , частка h/t дорівнює середньому значенню нормальної складової швидкості $U/2$, то можна записати

$$dA = (iU/2) dL. \quad (17)$$

Швидкість U може бути визначена як похідна від i за нормами \bar{n} і поверхні L , тобто $U = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial i}{\partial n}$ і тоді остаточно маємо

$$dA = \frac{i}{2\rho} \cdot \frac{\partial i}{\partial n} dL. \quad (18)$$

Поверхневий інтеграл по всій поверхні L , $Q = \int_L dA$ дає повну енергію середовища та з урахуванням формули $T = (1/U) + \Delta t$ (тривалість уповільнення взаємодії зарядів) значення кінетичної енергії, отриманої середовищем, і може бути визначеним як (Дж)

$$Q = \frac{i}{2\rho} \int_L \frac{\partial i}{\partial n} dL. \quad (19)$$

Дослідимо розподіл енергії вибуху в середовищі. Щільність енергії q визначається як

$$q = \frac{\rho}{2} (\varphi'^2_x + \varphi'^2_y + \varphi'^2_z). \quad (20)$$

Беручи до уваги, що $\varphi=i/\rho$ і $\rho=\text{const}$, для конкретного середовища маємо

$$q = \frac{1}{2\rho} (i_x'^2 + i_y'^2 + i_z'^2). \quad (21)$$

Формула (21) встановлює взаємозв'язок між щільністю енергії, акумульованої середовищем після вибуху, і величиною початкового питомого імпульсу в будь-якій точці з координатами x, y, z .

Оскільки значення початкової швидкості, що виникає у середовищі після вибуху, безпосередньо пов'язана з імпульсом зовнішніх сил, то формула (21) може бути записана у вигляді

$$q = \frac{\rho}{2} |\bar{U}_0|^2. \quad (22)$$

Згідно отриманої залежності маємо, що щільність енергії у довільній дочці середовища, що руйнується, – прямо пропорційна квадрату значення початкової швидкості в цій точці, отриманої в результаті імпульсного вибухового впливу заряду ВР.

Графічно залежність (22) представлена на рис. 1, де $c_i = c(\rho)$ – функціонально залежить від щільності середовища, що розглядається.

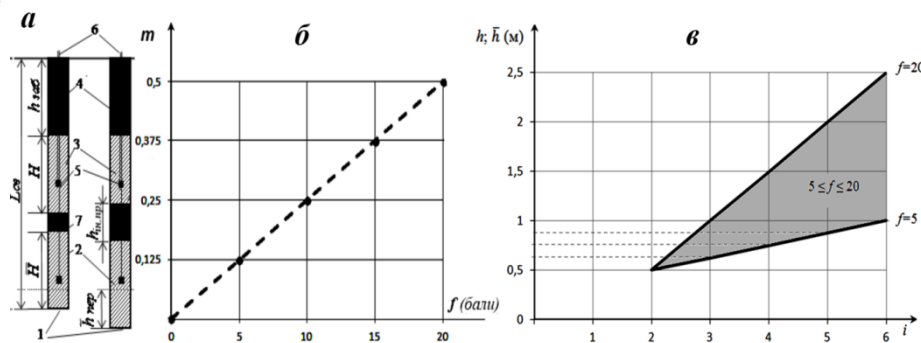


Рис. 1. а – конструкція свердловинних зарядів з авторського способу руйнування гірських порід зарядами з лінійно диференційованою ВР: 1 – свердловини, 2 – нижні частини зарядів, 3 – верхні частини зарядів, 4 – забивка, 5 – проміжні детонатори, 6 – хвилеводи, 7 – інертний проміжок; б – залежність між коефіцієнтом лінійної диференціації зарядів ВР (m) і коефіцієнтом міцності гірських порід (f); в – до розрахунку параметрів свердловинних зарядів ВР (i – номер позиції свердловини)

Згідно [13] величина енергії дроблення при зміні розміру породного куска від X до x дорівнює

$$W = A \int_x^X x^{-k} dx. \quad (23)$$

Висновки та напрямок подальших досліджень. Отримані закономірності імпульсного впливу вибуху, пов'язаного із загальним балансом енергії в сполученому зруйнованому середовищі, можуть слугувати шкалою оцінки ефективності руйнуючої дії свердловинних зарядів, що підриваються одночасно або через певне уповільнення.

Список літератури

1. Власов О.Е., Смирнов С.А. Основы расчета дробления горных пород под действием взрыва. - М.: Изд-во АН СССР, 1962. - 107 с.
2. Физика взрыва / Баум Ф.А., Орленко Л.П., Станюкович К.П. и др./ Под. ред. К.П.Станюковича. - М.: Наука, 1975. - 407 с.
3. Комплексное исследование действия взрыва в горных породах / Э.О. Миндели, Н.Ф. Кусов, А.А. Корнеев, Г.И. Марцинкевич, - М.: Недра, 1978. - 253 с.
4. Григорян С.С. Некоторые вопросы математической теории деформирования и разрушения твердых горных пород // ПММ, 1967. - Т.31. - С. 157-245.
5. Партон В.З., Черепанов Г.П. Механика разрушения // Механика в СССР за 50 лет. - М.: Наука, 1972. - Т.3.
6. Griffith A.A. The phenomenon of rupture and flow in solids. Phil. Trans. Roy. Soc. A 221, 1920, p.1201-1206.
7. Рижов П.А. Математическая статистика в горном деле. М.: Высшая школа, 1973. - 286 с.
8. Родионов В.Н. К вопросу о повышении эффективности взрыва в твердой среде. - М.: Изд-во ИГД АН СССР, 1962. - 29 с.
9. Кузюков Б.Н. Методы ведения взрывных работ. Ч. 1. - М.: Горная книга, 2009. - 471 с.
10. Друкованый М.Ф. Об оценке использования энергии взрыва при различных параметрах буровзрывных работ / М.Ф. Друкованый, В.М. Комир // Взрывное дело. - 1966. - С. 45-49.
11. Перегудов В.В., Жуков С.А. Пути повышения качества взрывных работ при разрушении горных пород сложной структуры. Монография. - Кривой Рог: Издательский дом, ISBN 966-7388-47-6. 2002. - 305 с.

12. Баренблатт Г.И. Математическая теория равновесных трещин, образующихся при хрупком разрушении. – ПМТФ, 1969. - № 4. - С. 3-56.
13. Фролов О.О. Використання ефекту зустрічі детонаційних хвиль для підсилення дії вибуху на рівні підшви уступу // Вісник НДУУ «КПІ» / Гірництво. – Київ: НГУУ «КПІ»: ЗАТ «Техновибух», 2002. – С.63-65.
14. Бичук В.Е. Результаты исследования характера распределения напряжений вокруг зарядов сложной конструкции // Совершенствование буровзрывных работ. М.: Недра, 1977. – С. 89-92.
15. Баранов Е.Г., Фролов В.П. Изыскание эффективной конструкции заряда ВВ // Цветная металлургия. – 1965. – № 22. – С. 23–26.
16. Бетин В.Д. Развитие детонации в скважинных зарядах с полыми цилиндрами // Разработка рудных месторождений. Научно-техн. сб. – Кривой Рог: изд-во КТУ, 2003. – Вып. 83. – С. 68-74.
17. Кашель Н.Я. Результаты промышленной проверки скважинных зарядов с воздушными промежутками / Н.Я. Кашель, П.И. Федоренко, С.Н. Кузьмич // Взрывное дело. – 1964. – № 54/11
- Рукопис подано до редакції 09.11.23

УДК 621.311

Т.М. БЕРІДЗЕ, д-р екон. наук, доц., І.В. КАСАТКІНА, канд. техн. наук, доц.
Криворізький національний університет
С.М. БОЙКО, канд.техн. наук, доц.
Національний університет «Запорізька політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ КРИТЕРІЇВ ОЦІНЮВАННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Мета. Метою даної роботи є дослідження підходів щодо оцінки показників якості електричної енергії в розподільчих мережах промислових підприємств.

Впровадження сучасних потужних електротехнічних комплексів до систем електропостачання промислових підприємств змінює властивості енергосистеми. У той же час ефективне їх функціонування потребує виконання ряду вимог, пов'язаних із забезпеченням стійкості і надійності роботи, однією з таких вимог є рівень якості електричної енергії. Для досягнення поставленої мети проаналізовано основні показники якості електричної енергії та визначено найбільш значимі для розподільчих мереж промислових підприємств.

Методи дослідження. Для розв'язання поставлених задач і аналізу статистичних даних використано аналітичні методи – для дослідження рівнів відхилень електричної енергії у мережі промислового підприємства.

Наукова новизна. Вперше запропоновано методику аналізу рівня якості електричної енергії в розподільчих мережах промислових підприємств, за результатами якої запропоновано шляхи щодо підвищення рівня якості електричної енергії в електричних мережах до 1 кВ.

Практична значимість. За результатами проведених досліджень можна зробити висновок про те що, рівень напруги якісно впливає на показники якості електричної енергії розподільчих мереж промислових підприємств що підвищує ефективність функціонування їх електромеханічних комплексів та систем. Проведені дослідження підтвердили необхідність та склали підґрунтя для вирішення проблеми вибору відповідного рівня напруги розподільчих мереж, як до 660В і більше 1000В. Статистичний матеріал, який підтверджує наші висновки.

Результати. Впровадження сучасних систем та комплексів в системи технологічних процесів підприємств має базуватися на умовах щодо їх ефективного функціонування, основним з яких перед електрообладнанням постає якість електричної енергії в розподільчих мережах промислових підприємств.

Напруга 600 В має відчутні переваги на промислових підприємствах, серед яких підвищення надійності електропостачання та покращення якості напруги, що надасть можливість підвищити продуктивність промислових електричних машин і механізмів.

Ключові слова: система електропостачання, реконфігурація систем електропостачання, електропостачання, надійність електропостачання, якість електричної енергії.

doi: 10.31721/2306-5451-2023-1-57-121-127

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Впровадження сучасних потужних електротехнічних комплексів до систем електропостачання промислових підприємств змінює властивості енергосистеми. У той же час ефективне їх функціонування потребує виконання ряду вимог, пов'язаних із забезпеченням стійкості і надійності роботи, однією з таких вимог є рівень якості електричної енергії.

Якість електроенергії оцінюється рядом показників [1 - 3]. Стандартні значення кожного з показників не повинні бути перевищені з інтегральною ймовірністю