

П. М. АНДРЕНКО, І. А. ЄМЕЛЬЯНОВА, Д. Ю. СУБОТА

МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВИЗНАЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ГІДРАВЛІЧНОГО ПРИВОДА НА СТАДІЇ ПРОЕКТУВАННЯ УНІВЕРСАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКТІВ МАЛОГАБАРИТНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ БЕЗОПАЛУБНОГО БЕТОНУВАННЯ

Методологія визначення надійності побудована на основі результатів досліджень одного з нових технологічних комплектів малогабаритного обладнання для виконання робіт способом мокрого торкретування в умовах будівельного майданчика. В статті наведено результати аналітичних досліджень надійності роботи нового універсального технологічного комплекту малогабаритного обладнання при оснащенні його гідравлічним приводом або механічною системою керування. Комплект розглядається при використанні безопалубного бетонування з аналізом його структурних схем і імовірності безвідмовної роботи обладнання.

Ключові слова: технологічний комплект малогабаритного обладнання, надійність, імовірність безвідмовної роботи, гідропривод, механічна система керування, структурна схема.

П. Н. АНДРЕНКО, И. А. ЕМЕЛЬЯНОВА, Д. Ю. СУБОТА

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВОДА НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКТОВ МАЛОГАБАРИТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ БЕЗОПАЛУБОЧНОГО БЕТОНИРОВАНИЯ

Методология определения надежности построена на основе результатов исследований одного из новых технологических комплектов малогабаритного оборудования для выполнения работ способом мокрого торкретирования в условиях строительной площадки. В статье приведены результаты аналитических исследований надежности работы нового универсального технологического комплекта малогабаритного оборудования при оснащении его гидравлическим приводом или механической системой управления. Комплект рассматривается при использовании безопалубного бетонирования с анализом его структурных схем и вероятности безотказной работы оборудования.

Ключевые слова: технологический комплект малогабаритного оборудования, надежность, вероятность безотказной работы, гидропривод, механическая система управления, структурная схема.

P. M. ANDRENKO, I. A. EMEL'YANOVA, D. YU. SUBOTA

METHODOLOGICAL BASES FOR DETERMINING THE RELIABILITY OF HYDRAULIC DRIVE OPERATION AT THE STAGE OF DESIGNING UNIVERSAL TECHNOLOGICAL KITS OF SMALL-SIZED EQUIPMENT FOR THE OFF-FORMWORK CONCRETING

The methodology for determining reliability is based on the results of studies of one of the new technological kits of small-sized equipment for performing work using the wet shotcreting method at the construction site. The article presents the results of analytical studies of the reliability of the new universal technological kit of small-sized equipment when equipped with a hydraulic drive or mechanical control system. The kit is considered when using off-formwork concreting with the analysis of its structural schemes and the probability of equipment failure.

Key words: technological kit of small-sized equipment, reliability, probability of failure-free operation, hydraulic drive, mechanical control system, block diagram.

Вступ. Ефективність використання універсальних технологічних комплектів малогабаритного обладнання для безопалубного бетонування в умовах будівельного майданчика в значній мірі залежить від надійності роботи їх приводів.

Надійність є одним з основних показників технічного рівня машин [1]. Вона є функцією від наступних факторів: конструктивного виконання, режиму роботи обладнання, міцності конструктивних елементів, кваліфікації обслуговуючого персоналу, параметрів навколишнього середовища, стану робочої рідини, наявності засобів технічного діагностування тощо. При проектуванні універсальних комплектів на стадії вибору схемного рішення гідросистеми необхідно визначити гарантований час їх надійної роботи.

Аналіз останніх досліджень. Питанням розрахунку надійності гідравлічних елементів та систем присвячена достатньо велика кількість наукових робіт, наприклад, [2, 3]. Однак, в відомих роботах не розглядаються питання надійності гідравлічних систем будівельних машин та технологічного обладнання для умов будівництва. В цих роботах відзначено, що на сьогодні широко розповсюдження при розрахунку надійності отримав *метод структурних схем*.

З використанням метода структурних схем в статті [4] дана оцінка надійності *мехатронних гідроагрегатів*, а в статті [5] наведено результати порівняльних аналітичних досліджень надійності гідроагрегатів обертання верстатів для намотування обмоток електродвигунів. Врахування умов експлуатації обладнання за допомогою емпіричних коефіцієнтів пропонується в статті [6]. В статті [7] проведено порівняльний аналіз надійності безпоршневих шлангових бетононасосів з двома видами приводів – гідравлічним та механічним при ідентичних умовах їх використання. Встановлено, що більшою надійністю та часом безвідмовної експлуатації характеризується бетононасос із гідравлічним приводом, який увійшов як складова частина у новий технологічний комплект малогабаритного обладнання для умов будівельного майданчика.

За результатами аналізу літературних джерел встановлено, що для оцінки надійності гідравлічних систем на стадії їх проектування цілком правомірно використати метод структурних схем, який прийнято для даного виду обладнання. Таким чином, аналіз надійності гідравлічної системи комплексу, що проектується, дозволить обґрунтовано підійти до його експлуатації в умовах будівництва з позиції встановлення часу безвідмовної роботи такого обладнання.

Постановка задачі. Розробити методику розрахунку нового універсального технологічного комплексу малогабаритного обладнання, що пропонується, з позиції безвідмовної надійної роботи в умовах будівельного майданчика при безопалубному бетонуванні.

Розрахункові дослідження надійності гідравлічної системи комплексу, який розглядається, пропонується виконати з використанням методу структурних схем [2].

Принципову схему нового технологічного комплексу із гідравлічним приводом, представлено на рис. 1.

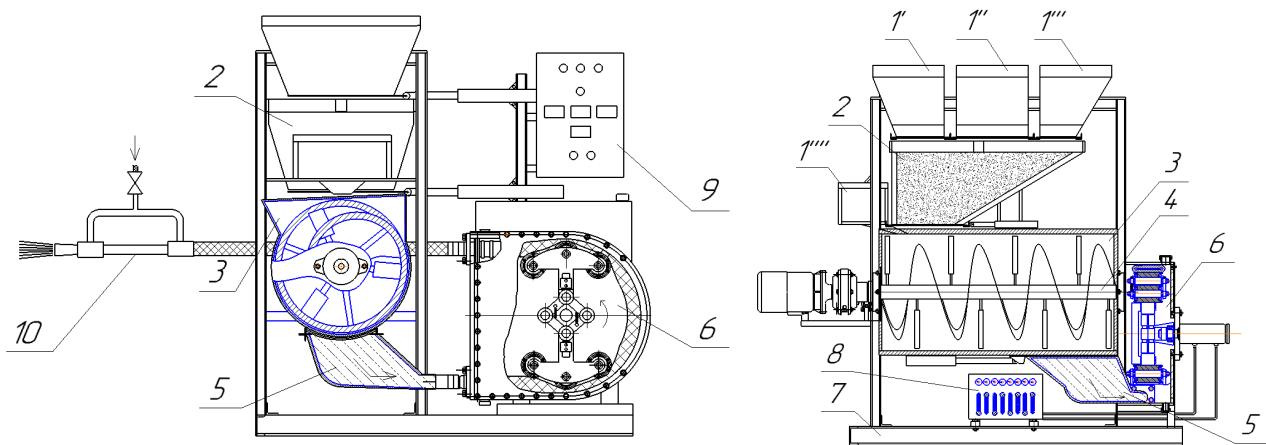


Рис. 1 – Технологічний комплект універсального малогабаритного обладнання для безопалубного бетонування з використанням способу мокрого торкретування: 1', 1'', 1''', 1'''' – дозувальні вузли; 2 – проміжний бункер; 3 – змішувач; 4 – горизонтальний стрічково-лопатевий вал; 5 – приймальний лоток готової бетонної суміші; 6 – універсальний безпоршневий шланговий бетононасос; 7 – загальна опорна рама; 8 – гідророзподільний вузол; 9 – щит керування та автоматизації технологічного комплексу обладнання; 10 – торкрет-сопло з кільцевим насадком.

Комплект складається із дозувального вузла 1, проміжного бункера 2 віддозованих компонентів бетонної суміші, яка готується у бункері-змішувачі 3 із робочим органом 4 у вигляді горизонтального стрічково-лопатевий вала; приймального лотка 5 готової суміші з бункера-змішувача і подачі її в універсальний шланговий бетононасос 6. Усе обладнання технологічного комплексу розміщено на загальній рамі 7. При виконанні торкрет-робіт будівельна суміш із бетононасоса поступає в транспортний трубопровід 8, а далі до робочого торкрет-сопла 9, відкля набризується на поверхню, що бетонується.

Такий комплект складається із окремих машин (обладнання) – модулів, які характеризуються відповідною надійністю при експлуатації і дозволяють використовувати його при різних компоновках складових:

- «дозувальний вузол → проміжний бункер → бетонозмішувач → універсальний безпоршневий шланговий бетононасос → транспортний трубопровід → робоче сопло із кільцевим насадком»;
- «дозувальний вузол → проміжний бункер → бетонозмішувач → лоток подачі готової суміші у бетононасос → універсальний безпоршневий шланговий бетононасос → маніпулятор із робочим соплом»;
- «дозувальний вузол → проміжний бункер → бетонозмішувач → лоток видачі готової суміші».

При цьому, слід акцентувати увагу на перевагах таких комплектів:

- на 25 ... 30 % підвищена продуктивність завдяки суміщенню у часі виконання усіх технологічних операцій;
- можливість виконання одним комплектом в умовах будівельного майданчика повного технологічного циклу усіх операцій.

Визначення надійності. Для оцінки надійності роботи гідравлічного привода нового технологічного комплексу обладнання прийняті наступні умови [8, 9]:

- усі складові елементи технологічного комплексу є одновідмовні, а відмови елементів незалежні;
- зв'язки між окремими складовими елементами та час їх функціонування відомі;
- однотипні елементи є рівнонадійні, режими їх роботи відповідають номінальним умовам;
- параметри оточуючого середовища відповідають технічним вимогам.

Прийнято, що термін роботи окремих елементів технологічного комплексу визначається за експоненціальним законом розподілення, а ймовірність їх безвідмовної роботи розраховується за залежністю:

$$P(t) = \exp\left(-\sum_{i=1}^n \lambda_i t_i\right), \quad (1)$$

де λ_i , t_i – інтенсивність відмов та час справної роботи i – того елементу; n – кількість елементів.

Розрахунок імовірності безвідмовної роботи згідно залежності (1) правомірний для невідновлюваних елементів і систем. Для відновлюваних елементів і систем залежність (1) дає дещо занижені результати, однак, маючи на увазі невизначеність часу відновлення, в подальших розрахунках використовується залежність (1).

При послідовному з'єднанні i – тих елементів, з 1 по n , імовірності їх безвідмовної роботи розраховувати слід відповідно залежності:

$$P(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t), \quad (2)$$

де $P_i(t)$ – імовірність роботи i – го елементу.

Для системи, яка складається з k паралельних ланцюжків, у кожному з яких n елементів, то імовірність безвідмовної роботи системи знаходиться за залежністю:

$$P(t) = 1 - \prod_{i=1}^k \left[1 - \prod_{j=1}^n P(t)_j \right], \quad (3)$$

де $P(t)_i$ – імовірність безвідмовної роботи системи з n елементів в залежності від i – го проміжку часу t .

Гідравлічну схему комплексу для безопалубочного бетонування представлено на рис. 2. Паралельно слід розглядати *принципову* схему комплексу (рис. 1) у варіанті, коли його оснащено механічним приводом.

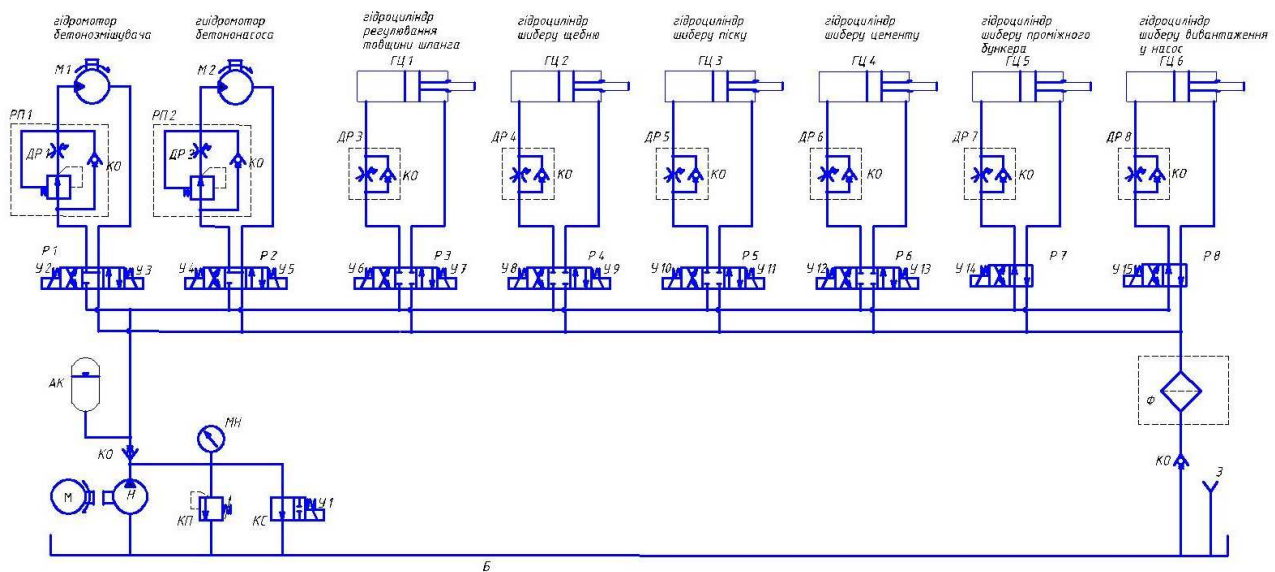


Рис. 2. Гідравлічна схема нового технологічного комплексу:

Б – бак; М – електродвигун; Н – насос; АК – пневмогідравлічний акумулятор; КЗ – запобіжний клапан; КС – зливний клапан; Ф – фільтр; МН – манометр; Р1, Р2 – гідророзподільники (чотирьохлінійні, трьохпозиційні з електрокеруванням за схемою виконання 34); Р3 – Р6 – гідророзподільники (чотирьохлінійні, трьохпозиційні з електроуправлінням за схемою виконання 44); Р7, Р8 – гідророзподільники (дволінійні, двохпозиційні з електроуправлінням за схемою виконання 574); РП1 – РП2 – регулятор потоку; М1, М2 – високомоментні гідромотори; ДР – дроселі, що регулюються; ГЦ – гідроциліндр; КО – зворотній клапан; 3 – залівна горловина.

Технологічний комплект працює наступним чином. Робоча рідина з виходу шестеренного насоса Н через зворотний клапан КО надходить на входи гідророзподільників Р1, Р2, які управляють роботою бетонозмішувача та бетононасоса (гідромоторами М1 і М2), а також на вхід гідророзподільника Р3 регулятора продуктивності (ГЦ1), і далі на входи гідророзподільників Р4, Р5, Р6, які управляють гідроциліндрами шиберних затворів (ГЦ2 – ГЦ4), що перекривають відповідно входні отвори бункерів щебеню, піску, цементу. Гідророзподільники Р7 і Р8 управляють роботою гідроциліндрів шиберів (ГЦ5 і ГЦ6). ГЦ5 перекриває подачу віддозованих сухих компонентів для приготування суміші в бетонозмішувач із стрічково-лопатевим валом. Готова суміш поступає на приймальний лоток при відкритті шиберу гідроциліндром ГЦ6 і далі на вхід бетононасоса. Тиск в гідросистемі підтримується запобіжним клапаном КЗ, який працює у переливному режимі і контролюється манометром МН.

Лінії зливу всіх гідророзподільників через зливний фільтр Φ та зворотний клапан KO з'єднані з баком B .

При з'єднанні гідромотора $M1$ через гідророзподільник $P1$ з магістраллю живлення та його виходу зі зливом, починає обертатися гідромотор $M1$ та вал стрічково-лопатевого змішувача – відбувається процес приготування суміші. Для зупинки гідромотора $M1$ гідророзподільник $P1$ переводиться в нейтральну позицію. Обертання ротора бетононасоса здійснюється гідромотором $M2$, включенням/виключенням якого управляє гідророзподільник $P2$. Управління частотою обертання гідромоторів $M1$ та $M2$ здійснюється регулюванням дроселів DP регуляторів потоку з зворотним клапаном PPI і $PPI2$ відповідно, які підтримують потрібну витрату робочої рідини через гідромотори.

Особливістю спроектованої гідравлічної схеми є те, що максимальна потужність виконавчих механізмів споживається при роботі $M1$ та $M2$, які працюють постійно. Гідроциліндри $ГЦ1 - ГЦ6$ працюють згідно розробленої циклограми. Тому для підвищення енергетичної ефективності застосовано гідропневматичний акумулятор.

Особливістю розробки технологічного комплексу з механічним приводом для безопалубного бетонування при зведенні об'єктів із монолітного залізобетону є те, що його складові приводяться в дію мотор-редукторами. Причому, обертання валів бетонозмішувача та бетононасоса здійснюється мотор-редукторами великої потужності, а переміщення засувки дозуючих бункерів і регулювання продуктивності бетононасоса здійснюється мотор-редукторами малої потужності.

Для розрахунку надійності технологічного комплексу з гідравлічним і механічним приводами пропонуються структурні схеми (рис. 3, 4).

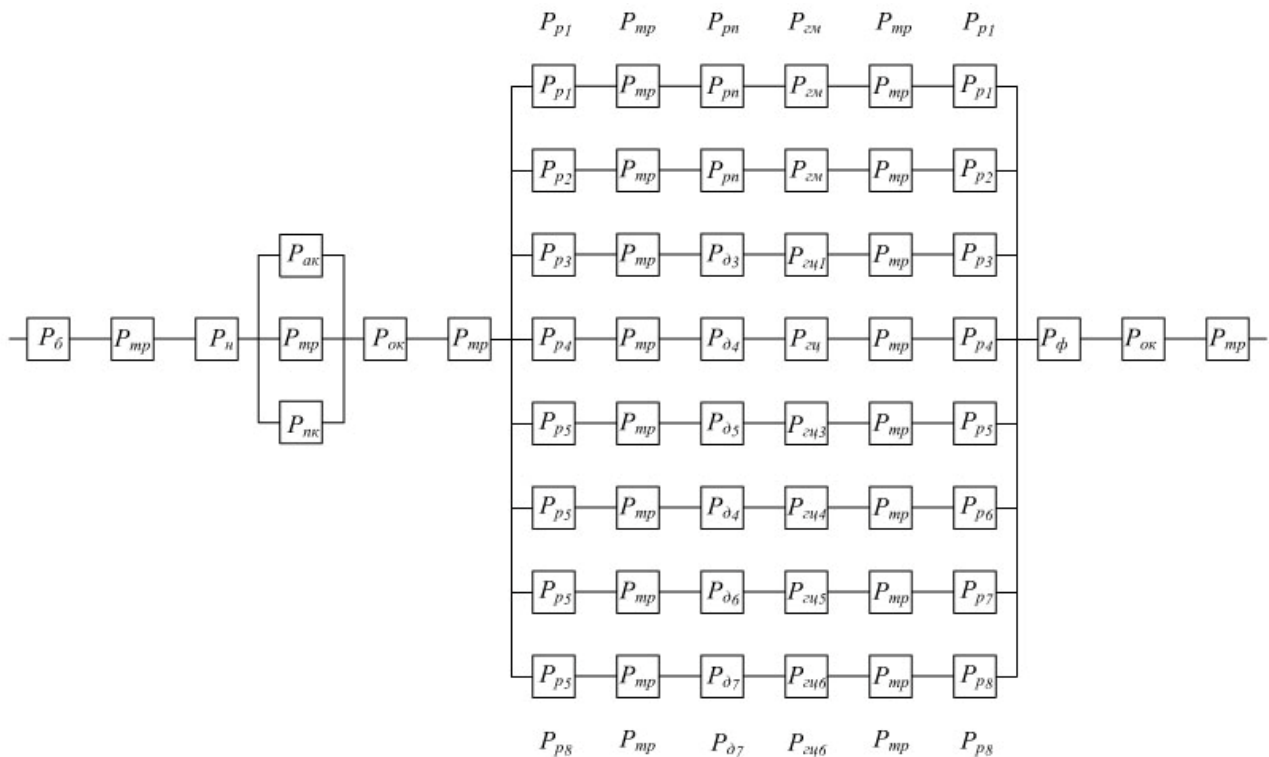


Рис. 3 – Структурна схема нового технологічного комплексу з гідравлічною системою.

На рис. 3 літерою P позначено імовірність безвідмовної роботи елементів гідравлічної системи нового технологічного комплексу, рис. 2, яка у загальному випадку залежить від часу t , який для скорочення запису не показуємо. Індеси при P позначають відповідний елемент гідравлічної системи, наприклад: $P_б$ – імовірність безвідмовної роботи бака;

$P_{тр}$ – імовірність безвідмовної роботи трубопроводу ($P_{тр} = 1$) і так далі; ($P_{AK} = 1$), ($P_{\phi} = 1$).

За структурними схемами технологічного комплексу, враховуючи формули (2) і (3), отримано розрахункові залежності імовірності безвідмовної роботи:

– для технологічного комплексу з гідравлічною системою:

$$P_{\Sigma}(t) = P_б P_{тр}^3 P_n (P_{AK} + P_{тр} + P_{кн} - P_{AK} P_{тр} - P_{AK} P_{кн} - P_{кн} P_{тр} + P_{AK} P_{тр} P_{кн}) P_{ок}^2 \times \\ \times [2P_p^2 P_{тр}^2 P_{рн} P_{зм} - 4P_p^4 P_{тр}^4 P_{рн}^2 P_{зм}^2 + (6P_i - 15P_i^2 + 26P_i^3 - 15P_i^4 + 6P_i^5 - P_i^6) -$$

$$-\left(2P_p^2 P_{mp}^2 P_{pn} P_{zm} - 4P_p^{4P} P_{mp}^4 P_{pn}^2 P_{zm}^2\right) \left(6P_i - 15P_i^2 + 26P_i^3 - 15P_i^4 + 6P_i^5 - P_i^6\right) \Big] P_\phi, \quad (4)$$

де $P_i = P_p^2 P_{mp}^2 P_{op} P_{zy}$;

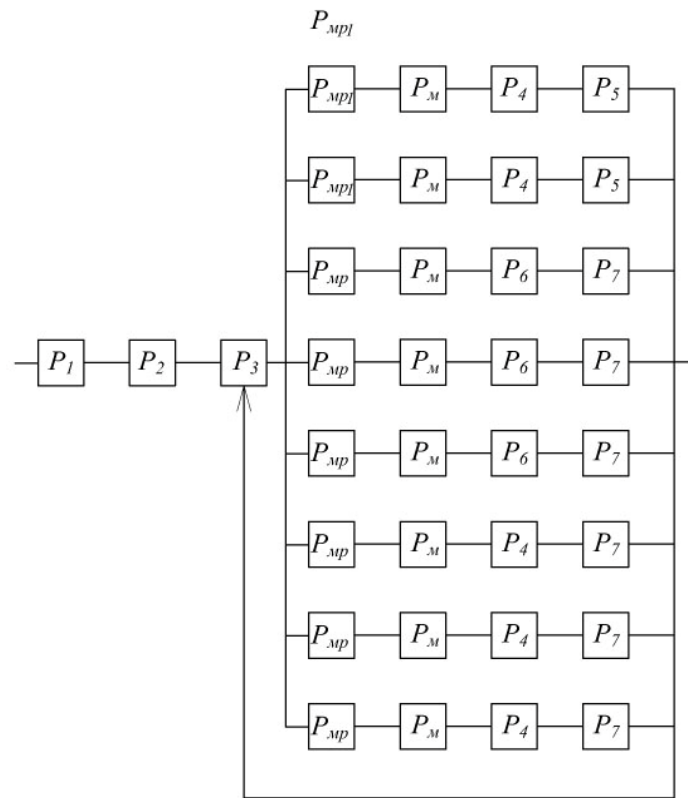


Рис. 4 – Структурна схема нового технологічного комплексу із механічним приводом.

Для структурної схеми рис. 4: P_1 – імовірність безвідмовної роботи пускача; P_2 – імовірність безвідмовної роботи запобіжника; P_{mpl} – імовірність безвідмовної роботи мотор-редуктора бетонозмішувача (бетононасоса);

P_{mp} – імовірність безвідмовної роботи мотор-редуктора бункерів; P_m – імовірність безвідмовної роботи фрикційної муфти; P_4 – імовірність безвідмовної роботи вала; P_5 – імовірність безвідмовної роботи датчика;

P_6 – імовірність безвідмовної роботи засувки; P_7 – імовірність безвідмовної роботи перемикача.

– для технологічного комплексу з електромеханічною системою:

$$P_{\Sigma em}(t) = P_1 P_2 P_3 \left\{ \begin{aligned} &2P_{mpl} P_m P_4 P_5 - \left(P_{mpl} P_m P_4 P_5\right)^2 + P_{елз} - 2P_{mpl} P_m P_4 P_5 P_{елз} + \\ &+ \left(P_{mpl} P_m P_4 P_5\right)^2 P_{елз} + 9P_j^2 - 9P_j^3 + 6P_j^4 - 6P_j^5 + P_j^6 - \\ &- \left[2P_{mpl} P_m P_4 P_5 - \left(P_{mpl} P_m P_4 P_5\right)^2 + P_{елз} - \right. \\ &- 2P_{mpl} P_m P_4 P_5 P_{елз} + \left. \left(P_{mpl} P_m P_4 P_5\right)^2 P_{елз} \right] \times \\ &\times \left(9P_j^2 - 9P_j^3 + 6P_j^4 - 6P_j^5 + P_j^6 \right) \end{aligned} \right\}, \quad (5)$$

де $P_{елз}$ – імовірність безвідмовної роботи електричної лінії зв'язку; $P_j = P_{mpl} P_m P_6 P_7$.

Перспективи подальших досліджень. Основні положення методології, що пропонується для визначення надійної роботи гідравлічного привода універсальних технологічних комплексів малогабаритного обладнання, можуть бути взяті за основу при аналізі експлуатації окремих будівельних машин, які використовуються в умовах будівельних майданчиків та оснащені гідравлічним приводом.

Наочність цієї методології дозволяє рекомендувати її до широкого впровадження оцінки надійної роботи обладнання при виконанні окремих операцій в умовах використання також і комплексів, які задіяні при виконанні підготовчих робіт на будівельних майданчиках з використанням спеціалізованої техніки для земляних ро-

біт. Таким чином, методологія, яка розглядається, може бути корисна при аналізі роботи землерийних та земле-рично-транспортних машин, вантажопідіймальної техніки та, особливо, вібраційної техніки.

Висновки. Таким чином, залежності (4), (5) дозволяють визначити імовірність безвідмовної роботи техно-логічного комплексу обладнання, що пропонується, при оснащенні його різними структурними схемами.

Запропонована методологія визначення надійності роботи привода нового технологічного комплексу мало-габаритного обладнання в умовах безопалубного бетонування з використанням способу мокрого торкретування.

Список літератури

1. OST2 N06-35 – 84. Гидроприводы объемные, пневмоприводы, и смазочные системы. Оценка технического уровня и качества (Отраслевой стандарт). – М. : ВНИИТЭМР, 1985. – 39 с.
2. Сырицын Т. А. Надежность гидро- и пневмопривода. – М. : Машиностроение, 1981. – 216 с.
3. Фінкельштейн З. Л., Андренко П. М., Дмитрієнко О. В. Експлуатація, обслуговування та надійність гідравлічних машин і гідроприводів : навч. посіб. // Під ред. проф. П. М. Андренка. – Харків : НТУ «ХПІ», 2014. – 308 с.
4. Батлук В. А., Федоренко І. М. Оцінка надійності мехатронних гідроагрегатів на стадії їх проектування // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2009. – № 5/6(41). – С. 21 – 24.
5. Андренко П. М., Гречка І. П., Хованський С. О., Свинаренко М. С. Оцінка надійності гідроагрегатів обертання на стадії їх проектування / Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь : ТДАУ, 2017. – Вип. 17. – Т. 3. – С. 23 – 32.
6. Ащеулов А. В. Анализ интенсивности отказов гидравлического оборудования // Гидравлика, Пневматика, Приводы. – 2010. – № 1 (3). – С. 8 – 9.
7. Ємельянова І. А., Андренко П. М., Чайка Д. О. Оцінка надійності безпоршневого шлангового універсального бетононасоса на стадії його проектування // Збірник наукових праць українського державного університету залізничного транспорту. – Харків, 2016. – Вип. 162. – С. 5 – 11.
8. Андренко П. М., Лебедев А. Ю., Дмитрієнко О. В., Свинаренко М. С. // Під ред. проф. П. М. Андренка. – Харків : Видавничий центр НТУ «ХПІ», 2018. – 520 с.
9. Андренко П. М. Методичні вказівки до практичних занять «Вивчення принципу дії, експлуатації та розрахунку надійності гідроапаратів із вібраційною лінеаризацією» з курсу «Надійність та експлуатація гідромашин і гідроприводів» // Уклад. П. М. Андренко. – Харків : НТУ «ХПІ», 2003. – 72 с.

References (transliterated)

1. OST2 N06-35–84. *Gidroprivody ob'emye, pnevmoprivody, i smazochnye sistemy. Otsenka tekhnicheskogo urovnya i kachestva (Otraslevoy standart)* [State Standard OST2 N06-35–84. Volumetric hydraulic drives, pneumatic drives, and lubrication systems. Assessment of the technical level and quality (Industry-specific standard)]. Moscow, VNIITEMR Publ., 1985. 39 p.
2. Syritsyy T. A. *Nadezhnost' gidro- i pnevmoprivoda* [Reliability of hydraulic and pneumatic drive]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1981. 216 p.
3. Finkel'shteyn Z. L., Andrenko P. M., Dmitrienko O. V. *Ekspluatatsiya, obslugovuvannya ta nadiynist' gidravlichnykh mashyn i gidroprivodiv : navch. posib. b. Pid red. prof. P. M. Andrenka* [Operation, maintenance and reliability of hydraulic machines and hydraulic drives. : textbook. Ed. by Prof. P. M. Andrenko]. Kharkiv, NTU «KhPI» Publ., 2014. 308 p.
4. Batluk V. A., Fedorenko I. M. *Otsinka nadiynosti mekhatronnykh gidroagregativ na stadiyi yikh proektuvannya* [Reliability evaluation of mechatronic hydroelectric units at the design stage]. *Skhidno-Yevropeys'kyi zhurnalпередovikh tekhnologiy* [Eastern European Journal of Advanced Technology]. 2009, no. 5/6 (41), pp. 21–24.
5. Andrenko P. M., Grechka I. P., Khovans'kyi S. O., Svyarenko M. S. *Otsinka nadiynosti gidroagregativ obertannya na stadiyi yikh proektuvannya* [Estimation of reliability of rotary hydraulic units at their design stage]. *Pratsi Tavriys'kogo derzhavnogo agrotekhnologichnogo universitetu* [Proceedings of the Taurida State Agrotechnological University]. Melitopol', TDAU Publ., 2017, no. 17, vol. 3, pp. 23–32.
6. Ashheulov A. V. *Analiz intensivnosti otkazov gidravlicheskogo oborudovaniya* [Hydraulic equipment failure rate analysis]. *Gidravlika, Pnevmatika, Privody* [Hydraulics, Pneumatics, Drives]. 2010, no. 1 (3), pp. 8–9.
7. Emel'yanova I. A., Andrenko P. M., Chayka D. O. *Otsinka nadiynosti bezporshneвого shlangovogo universal'nogo betononasosa na stadiyi yogo proektuvannya* [Reliability assessment of pistonless hose universal concrete pump at its design stage]. *Zbirnyk naukovykh prats' ukrayins'kogo derzhavnogo universitetu zaliznychnogo transportu* [Collection of scientific works of the Ukrainian State University of Railway Transport]. Kharkiv, 2016, vol. 162, pp. 5–11.
8. Andrenko P. M., Lebedev A. Yu., Dmytrenko O. V., Svyarenko M. S. *Nadiynist', tekhnichne diagnostuvannya ta ekspluatatsiya gidro- i pnevmoprivodiv : navch. posib. Pi'd red. prof. P.M. Andrenka* [Reliability, technical diagnosis and operation of hydraulic and pneumatic actuators. Ed. by Prof. P. M. Andrenko]. Kharkiv, Vydavnychyy tsentr NTU «KhPI» Publ., 2018. 520 p.
9. Andrenko P. M. *Metodychni vkazivky do praktychnykh zanyat' «Vyvchennya pryntsyphu diyi, ekspluatatsiyi ta rozrakhunku nadiynosti gidroaparativ iz vibratsiynoyu linearyzatsiyeyu» z kursu «Nadiynist' ta ekspluatatsiya gidromashin i gidroprivodiv».* Uklad. P. M. Andrenko [Methodology instructions for practical lesson on the topic «Studying the operation principles, maintenance, and reliability computation for vibration linearization units» when studying the discipline «Reliability and operation of hydraulic units and drives»]. Kharkiv, NTU «KhPI» Publ., 2003. 72 p.

Надійшла (received) 16.10.2019

Відомості про авторів / Сведения об авторах / Information about authors

Андренко Павло Миколайович (Андренко Павел Николаевич, Andrenko Pavel Nikolaevich) – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків; тел.: (050) 240-39-52; e-mail: andrenko1947@gmail.com.

Ємельянова Інга Анатоліївна (Ємельянова Инга Анатольевна, Emelyanova Inga Anatolyevna) – доктор технічних наук, професор, Харківський національний університет будівництва та архітектури, м. Харків; тел.: (050) 325-26-84; e-mail: emeljanova-inga@ukr.net.

Субота Дмитро Юрійович (Субота Дмитрий Юрьевич, Subota Dmytro Yuriyovich) – аспірант, Харківський національний університет будівництва та архітектури, м. Харків; тел.: (067) 787-94-27; e-mail: dm.subota@gmail.com.