

3. Moldovan C.E., Lovasz E.-C., Perju D., Modler K.-H., Maniu I.: On the Kinematic Analysis of the fourth class Mechanisms, Proc. of the 14th IFToMM World Congress, Taipei, Taiwan, 25-30 oct. 2015, OS8-023, (2015) www.iftomm2015.tw.

4. С.О. Кошель, Г. В. Кошель. 2016. Аналіз плоских механізмів вищих класів з рухомим замкненим контуром. Вісник Хмельницького технічного університету. Технічні науки. №4. С. 15-19.

УДК 621.879.31

ВИБІР І РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗМІННОЇ ФРЕЗЕРНОЇ ГОЛОВКИ ДЛЯ ОДНОКІВШОВОГО ЕКСКАВАТОРА

М.М. Балака¹, Д.А. Паламарчук², А.О. Кім³

¹кандидат технічних наук, доцент кафедри будівельних машин, e-mail: balaka.mm@knuba.edu.ua

²кандидат технічних наук, доцент кафедри професійної освіти, e-mail: palamarchuk.da@knuba.edu.ua

³студентка групи ІЛС-51, e-mail: kim_ao@knuba.edu.ua

^{1,2,3}Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна

Анотація. В роботі розглянуто вибір і розрахунок основних параметрів запроєктованої фрезерної головки, що застосовується в якості змінного робочого органу для одноківшового екскаватора. В обертальну дію фрезерну головку приводить вбудований мотор-редуктор, який поєднує всі переваги планетарної передачі. Визначено конструктивну та експлуатаційну маси екскаватора зі змінною фрезерною головкою.

Ключові слова: фрезерна головка, параметр, планетарна передача, екскаватор.

SELECTION AND CALCULATION OF THE REPLACEABLE MILLING HEAD MAIN PARAMETERS FOR THE SINGLE-BUCKED EXCAVATOR

Maksym Balaka¹, Dmytro Palamarchuk², Anna Kim³

¹Ph.D., Associate Professor of Building Machines, Department, e-mail: balaka.mm@knuba.edu.ua

²Ph.D., Associate Professor of Professional Education, Department, e-mail: palamarchuk.da@knuba.edu.ua

³Student of ILS-51 group, e-mail: kim_ao@knuba.edu.ua

^{1,2,3}Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

Abstract. The selection and calculation of the designed milling head main parameters, which is used as a replaceable operating element for the single-bucked excavator, are considered in this paper. The milling head is driven by a built-in gear motor that combines all the advantages of planetary gears. The constructive and operational mass of the excavator with a replaceable milling head is determined.

Keywords: milling head, parameter, planetary gear, excavator.

Вступ. Одноківшові екскаватори займають важливе місце серед будівельних машин для виконання земляних робіт. Техніко-експлуатаційні показники екскаватора значною мірою визначаються типом привода, досконалістю конструкцій, якістю виготовлення і належним рівнем експлуатації. Машинобудівна промисловість випускає достатньо широку номенклатуру універсальних одноківшових екскаваторів із гнучкою і жорсткою підвісками робочого обладнання на гусеничному і пневмоколісному ході, оснащених різним змінним робочим обладнанням та робочими органами.

Одним з основних напрямів підвищення ефективності роботи одноківшових екскаваторів є удосконалення робочих органів шляхом переходу від простих металоконструкцій до систем багатофункціональних пристроїв [1]. Так запроєктовано змінну фрезерну головку для розкриття підземних комунікацій, для планування стінок і дна траншей та котлованів, земляної полотної під фундаменти, для розпушування мерзлих нерудних матеріалів, для аварійно-відбудовних робіт в умовах стихійних лих та катастроф.

Фрезерна головка (рис. 1) містить корпус 1, всередині якого розташовано планетарний двоступінчастий редуктор, гідромотор 2, фрези 3 з боковими 4 і торцевими 5 різцями. З корпусом жорстко з'єднана опорна плита 6, на якій закріплено кронштейн 7. Це дозволяє шарнірно з'єднати фрезерну головку з рукояттю 8 і тягою 9 робочого обладнання екскаватора [2].

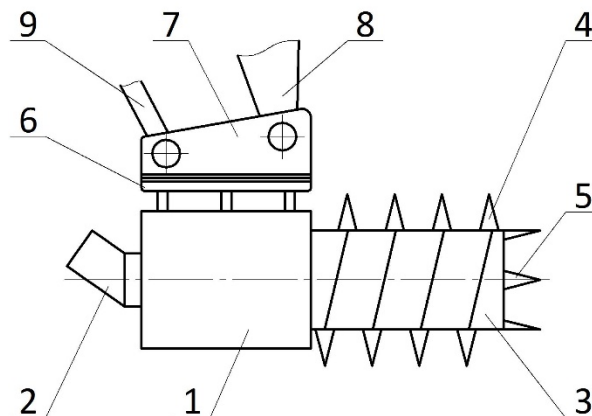


Рис. 1 – Принципова схема змінної фрезерної головки

За допомогою гідроциліндра керування робочим обладнанням екскаватора фрезерна головка змінює свою просторову орієнтацію відносно оброблюваної ґрунтової поверхні. Гідромотор через планетарний редуктор приводить в обертальну дію фрезу, різці якої руйнують ґрунт.

Мета роботи. Вибрати і розрахувати основні параметри фрезерної головки, що застосовується в якості змінного робочого органу для одноківшового екскаватора, а також визначити конструктивну та експлуатаційну маси екскаватора зі змінною фрезерною головкою.

Матеріал та результати досліджень. В основу конструкції фрезерної головки покладена змінна фрезерна головка ГФ-41 для екскаваторів IV розмірної групи [3], технічні характеристики якої наведено у таблиці 1.

До основних параметрів фрезерної головки відносяться:

- максимальна частота обертання фрези $n_{фр}$, $хв^{-1}$;
- діаметр фрези по різцях $D_{фр}$, мм;
- довжина фрези $L_{фр}$, мм;
- потужність привода $N_{пр}$, кВт.

Таблиця 1 – Технічні характеристики фрезерної головки ГФ-41

Показник	Значення
Максимальний крутний момент при тиску 20 МПа, кН·м	7
Максимальна частота обертання фрези, $хв^{-1}$	60
Діаметр фрези по різцях, мм	720
Довжина фрези по торцевим різцям, мм	960
Кут повороту головки навколо осі підвіски, град	360
Габаритні розміри, мм	1840×720×870
Маса, кг	1300

Зважаючи, що на цей час у технічних джерелах інформації відсутні аналітичні методи розрахунку основних параметрів фрезерних головок, як змінного робочого органу до навісного обладнання одноківшових екскаваторів, скористаємося методами подібності та моделювання [4], прийнявши за базовий варіант змінну фрезерну головку ГФ-41.

Визначаємо потужність привода фрезерної головки $N_{пр}$

$$N_{пр} = k_{пр} \cdot N_e = 0,5 \cdot 125 = 62,5 \text{ кВт},$$

де $k_{пр}$ – частина потужності силового обладнання екскаватора, що витрачається на привод фрезерної головки $k_{пр} = 0,5$ [3]; N_e – потужність силового обладнання екскаватора, $N_e = 125$ кВт для екскаватора ЭО-5123 [5].

Визначаємо частоту обертання фрези $n_{фр}$

$$n_{фр} = n'_{фр} = 60 \text{ хв}^{-1},$$

де $n'_{фр}$ – частота обертання фрези ГФ-41 (див. табл. 1).

Застосовуючи методи подібності, визначаємо діаметр фрези по різцях $D_{фр}$ і довжину фрези $L_{фр}$:

$$D_{фр} = D'_{фр} \cdot k_{под} = 720 \cdot 1,25 = 900 \text{ мм};$$

$$L_{фр} = L'_{фр} \cdot k_{под} = 960 \cdot 1,25 = 1200 \text{ мм},$$

де $D'_{фр}$, $L'_{фр}$ – діаметр і довжина фрези ГФ-41 (див. табл. 1); $k_{под}$ – коефіцієнт подібності для робочих органів екскаваторів, $k_{под} = 1,25$ [4].

Кількість різців, що руйнують ґрунтову поверхню, приймаємо 35, аналогічно конструкції фрезерної головки ГФ-41.

В результаті проведеного аналізу існуючих схем вбудованих мотор-редукторів, які застосовуються в конструкціях будівельних і дорожніх машин [6], прийнята кінематична схема з двома послідовно розташованими планетарними передачами з одним ступенем вільності (рис. 2).

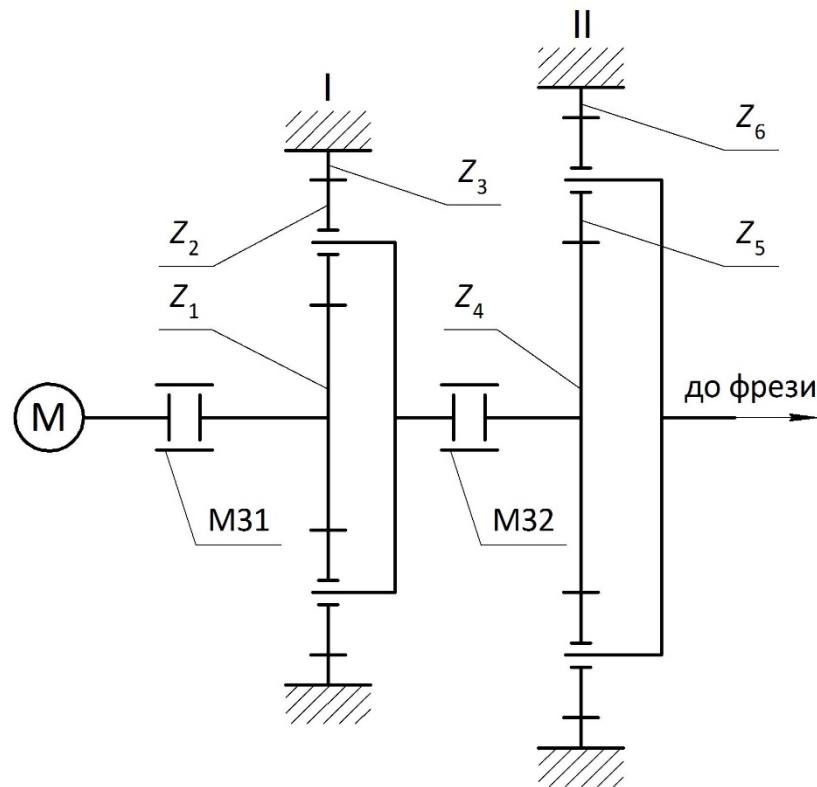


Рис. 2 – Кінематична схема редуктора приводу фрезерної головки: I та II ступені планетарних передач; М31, М32 – зубчасті муфти

Передаточне число редуктора згідно з рекомендаціями [7] розіб'ємо:

$$i_I = 4; i_{II} = 4;$$

$$i_p = i_I \cdot i_{II} = 4 \cdot 4 = 16.$$

Кількість сателітів приймемо $C = 4$, а кількість зубів сонячного колеса – $Z_1 = 22$ ($18 < Z_1 < 180$) [7].

Визначаємо величину γ

$$\gamma = \frac{Z_1 \cdot i_l}{C} = \frac{22 \cdot 4}{4} = 22.$$

Визначаємо кількість зубців вінця Z_3

$$Z_3 = (i_l - 1) \cdot Z_1 = (4 - 1) \cdot 22 = 66.$$

З умови співвісності визначаємо кількість зубів сателіта Z_2

$$Z_2 = \frac{Z_3 - Z_1}{2} = \frac{66 - 22}{2} = 22.$$

Перевіряємо умову складання передачі:

$$Z_1 + Z_2 = \gamma \cdot C; \quad 22 + 66 = 22 \cdot 4; \quad 88 = 88.$$

Перевіряємо зубчасті колеса за умовою сусідства:

$$Z_3 < \frac{Z_1 \cdot \left(1 + \sin \frac{\pi}{C}\right) - 4}{1 - \sin \frac{\pi}{C}}; \quad 66 < \frac{22 \cdot \left(1 + \sin \frac{180}{4}\right) - 4}{1 - \sin \frac{180}{4}}; \quad 66 < 111,3.$$

Перевіряємо передаточне число

$$i_l = 1 + \frac{Z_3}{Z_1} = 1 + \frac{66}{22} = 4.$$

Таким чином, кількість зубів коліс планетарної передачі I ступені редуктора визначено вірно. Для коліс планетарної передачі II ступені редуктора приймаємо таку ж саму кількість зубів, тобто $Z_4 = 22$; $Z_5 = 22$; $Z_6 = 66$.

Для прийнятої кінематичної схеми редуктора коефіцієнт корисної дії ступенів складає $\eta_I = \eta_{II} = 0,98$ [7]. Разом з тим, для забезпечення довговічності трансмісії та належного її функціонування під час проведення робіт на екскаваторі необхідно підтримувати оптимальний рівень рідин [8, 9].

Конструктивну масу екскаватора ЭО-5123 зі змінною фрезерною головою визначаємо за формулою

$$m_k = m_w + m_{p.ob} + m_{p.o},$$

де m_w – маса шасі екскаватора, $m_w = 29600$ кг [5]; $m_{p.ob}$ – маса робочого обладнання, для зворотної лопати $m_{p.ob} = 5030$ кг [5]; $m_{p.o}$ – маса робочого органу – змінної фрезерної головки, кг.

Масу змінної фрезерної головки визначаємо за формулою

$$m_{p.o} = m'_{p.o} \cdot k_m = 1300 \cdot 1,15 = 1500 \text{ кг},$$

де $m'_{p.o}$ – маса фрезерної головки ГФ-41 для гідравлічного екскаватора IV розмірної групи, $m'_{p.o} = 1300$ кг; k_m – коефіцієнт, що враховує зміну маси фрезерної головки в залежності від розмірної групи екскаватора $k_m = 1,15$.

Тоді у підсумку отримуємо конструктивну масу екскаватора:

$$m_k = 29600 + 5030 + 1500 = 36130 \text{ кг.}$$

Експлуатаційну масу екскаватора ЭО-5123 зі змінною фрезерною головою визначаємо за формулою

$$m_e = m_k + m_{em} = 36130 + 700 = 36830 \text{ кг,}$$

де m_{em} – маса експлуатаційних матеріалів, $m_{em} = 700$ кг [6].

Висновки. В результаті розрахунку основних параметрів фрезерної головки, що застосовується в якості змінного робочого органу для гідравлічного одноківшового екскаватора ЭО-5123, за технічними характеристиками можна підібрати гідромотор, розрахувати на міцність елементи планетарного двоступінчастого редуктора та ріжучі елементи фрези.

Застосування фрезерної головки дозволяє розширити функціональні можливості одноківшового екскаватора та, за рахунок зміни технології виконання земляних робіт [1], збільшити годинну технічну продуктивність.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зозуля Є. В. Технічна і виробнича експлуатація екскаватора ЭО-5123 зі змінною фрезерною голівкою / Є. В. Зозуля, М. М. Ходневич, М. М. Балака // Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта 2018: материалы Междунар. науч.-техн. конф., 27–28 апр. 2018 г. – Днепр: Нац. горный ун-т, 2018. – С. 76–83.
2. Balaka M. Excavator with active working element / M. Balaka, E. Zozulya // Build-Master-Class-2017: International scientific-practical conference of young scientists, 28 November – 01 December, 2017: Proceedings. – Kyiv: KNUCA, 2017. – P. 269–270.
3. Сменная фрезерная головка ГФ-41 // Строительные и дорожные машины, 1990. – № 8. – С. 33.
4. Баловнев В. И. Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин / В. И. Баловнев. – М.: Высш. шк., 1981. – 355 с.
5. Раннев А. В. Одноковшовые гидравлические экскаваторы ЭО-5123 и ЭО-6122А / А. В. Раннев. – М.: Высш. шк., 1988. – 143 с.
6. Волков Д. П. Строительные машины и средства малой механизации / Д. П. Волков, В. Я. Крикун. – М.: Академия, 2014. – 480 с.
7. Паламарчук Д. А. Деталі машин. Курсове проектування: навчальний посібник / Д. А. Паламарчук. – К.: «ЦП Компринт», 2019. – 220 с.
8. Міщук Д. О. Вимоги до робочих рідин об'ємного гідроприводу / Д. О. Міщук, А. В. Бойченко, М. М. Балака // Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта 2019: материалы Междунар. науч.-техн. конф., 26–27 апр. 2019 г. – Днепр: НТУ «Днепровская политехника», 2019. – С. 64–73.
9. Міщук Д. О. Гідравлічні рідини для автоматичних коробок передач / Д. О. Міщук, М. М. Балака, М. М. Ходневич // Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта 2019: материалы Междунар. науч.-техн. конф., 26–27 апр. 2019 г. – Днепр: НТУ «Днепровская политехника», 2019. – С. 73–79.