

**Яцюк Д.С., аспірант гр. 151А-21-2**

**Науковий керівник: Бублік В. В., д.т.н., завідувач кафедри кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем**

*(Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна)*

## **АНАЛІЗ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ВИДОБУВНИМИ КОМБАЙНАМИ СУЧАСНИМИ РЕГУЛЯТОРАМИ НАВАНТАЖЕННЯ**

**Актуальність.** На сьогоднішній день при підземному видобутку вугілля до складу вугледобувного комплексу гірничих машин здебільшого входить добувний комбайн, який здійснює руйнування вугільного пласта та, якщо передбачено конструкцією виконавчих органів, навантаження вугілля на забійний конвеєр. В залежності від технології видобутку вугілля, гірничо-геологічних умов та технічних параметрів, питоме енергоспоживання видобувних комбайнів за нормальних режимів роботи коливається в межах 0,25 – 0,55 кВт·год/т. Тому видобувні комбайни вважають основним енергоспоживачем серед гірничих машин, що працюють у вибої. Багато досліджень процесу руйнування вугілля виконавчими органами та її навантаження на вибійний конвеєр [1,2] показали тісну залежність рівня витрат електроенергії від режиму роботи видобувного комбайна. Відзначено, що для конкретних умов видобутку вугілля та технічних параметрів видобувного комбайна існує оптимальне значення товщини стружки вугілля, що знімається різцем виконавчого органу, за якого середні питомі енерговитрати мінімальні. Причому відхилення в деяких випадках від даного значення товщини стружки призводить до суттєвого завищення витрат електроенергії на руйнування та навантаження вугілля, а також погіршення його гранулометричного складу. Дослідження в цій роботі присвячені розгляду випадку, коли сучасне керування режимами роботи видобувних комбайнів не забезпечує раціональну роботу комбайнів за критеріями мінімальних питомих енерговитрат. Це є актуальним з оглядом на те, що відсоток розроблюваних вибоїв на тонких пластах у Донецькому басейні від загальної кількості становить приблизно 80% [2]. Тому алгоритм керування режимами роботи комбайнів, що застосовуються на тонких пластах, має бути проаналізований з позиції питомих енерговитрат на видобуток вугілля.

**Постановка завдання дослідження.** Мета наукової роботи полягає у підвищенні ступеню енергоефективності роботи видобувних комбайнів за рахунок аналізу впливу на питомі енерговитрати на видобуток вугілля режимів роботи видобувного комбайна. Головними критеріями якості роботи системи автоматичного керування є величина відхилення поточних питомих енерговитрат від мінімального значення.

Для досягнення поставленої мети сформовані такі наукові задачі:

- створити імітаційну модель системи автоматичного керування видобувним комбайном за умови реалізації алгоритму керування сучасних регуляторів навантаження;
- провести аналіз залежності питомих енерговитрат на видобуток вугілля від режимів роботи видобувного комбайна;
- запропонувати рекомендації щодо модифікації алгоритму керування видобувним комбайном, що наразі використовується в регуляторах навантаження.

**Інструмент дослідження.** Для дослідження енергоефективності процесу автоматичного керування видобувним комбайном у застосунку Simulink математичного пакету MATLAB розроблена імітаційна модель системи автоматичного керування.

**Запропоноване рішення поставленого завдання.** Для аналізу енергоефективності процесу автоматичного керування видобувним комбайном в результаті обчислювального експерименту отримані статичні залежності споживаної електродвигуном приводу різання потужності та питомих енерговитрат видобуток вугілля від швидкості подачі комбайна при різних значеннях потужності пласта. Оскільки кожен привід різання має свій електродвигун, момент від якого подається на один виконавчий орган, моделювання робочих характеристик комбайна проводилося тільки для випереджального органу, на який при роботі комбайна на тонких пластах припадає 80-100% загального навантаження.

**Результати проведених досліджень.** При потужності пласта, що дорівнює метру, коли орган піднятий над бортом конвеєра на 0,1 метр, процес його заштибування незначний і якийсь час (біля 17 обертів) протікає при відносно стійкій динамічній рівновазі, коли об'єм зруйнованого вугілля та циркулюючого вугілля ненабагато перевищує робочий об'єм виконавчого органу. З часом поступово відбувається накопичення циркулюючого вугілля, його тиск на лопату і споживана двигуном потужність істотно збільшуються, проте регулятор навантаження, згідно з проведеним на математичній моделі експериментом, встигає зреагувати і знизити швидкість подачі, поки орган не пройде зону вугілля, що накопичилося. Робота видобувного комбайна при цьому протікає з коливанням швидкості подачі між 2,0 і 2,9 м/хв та утримуванням деякий час цих значень. Питоме енергоспоживання також коливається між значеннями 0,4766 та 0,5257 кВт·год/т. Тобто, має місце часткове заштибування органу з підвищенням середніх питомих енерговитрат на 6,5 %.

При збільшенні опірності вугілля різання робочий режим комбайна переміститься в зону зменшених швидкостей подачі, завдяки чому регулятор режимів роботи виключить виникнення заштибування органу, оскільки споживана електродвигуном потужність досягне стійкого значення раніше, ніж швидкість подачі критичного значення заштибування. При зменшенні опірності вугілля різанню, в момент досягнення потужності стійкого значення її зростання через заштибування органу може виявитися настільки інтенсивним, що зменшення швидкості подачі регулятором навантаження навіть до нульового значення не запобіжить активному заштибуванню органу. Аналогічна ситуація виникає у разі зменшення потужності пласта. Так, при зменшенні потужності пласта видобувний комбайн через заштибування шнека споживає потужність в рази більше, ніж при роботі в режимі на межі заштибування. Щоразу, коли регулятор навантаження задає швидкість подачі істотно правіше критичного значення заштибування, відбувається зупинка комбайну.

#### **Висновки.**

- енергоефективність керування видобувними комбайнами для тонких пластів сучасними регуляторами режимів роботи залежить від взаємного розташування точок, що відповідають режиму роботи на межі заштибування та з максимальною продуктивністю, на графіку статичної залежності споживаної потужності та питомих енерговитрат від швидкості подачі. При розташуванні останньої значно правіше першої, робота видобувного комбайна в нормальному режимі неможлива. При розташуванні останньої правіше першої, але за умови незначної різниці координат цих точок, видобувний комбайн працюватиме з частковим заштибуванням органу з підвищеними питомими енерговитратами. Якщо швидкість подачі, при якій електродвигун приводу різання максимально навантажений, менше критичної швидкості заштибування, як це часто буває при роботі видобувних комбайнів на середніх і високих пластах, заштибування шнека не буде спостерігатися.

- на взаємне розташування точок, що відповідають режиму роботи комбайна на межі заштибування та з максимальною продуктивністю, впливають зовнішні впливи, що випадково змінюються в процесі роботи видобувного комбайна (потужність пласта та опірність вугілля різанню). Тому рівень енергоефективності керування режимами роботи

видобувних комбайнів для тонких пластів сучасними регуляторами на тій чи іншій ділянці вибою буде різним. Однак результати моделювання та досвід роботи цих гірничих машин показали, що досить рідко (при слабкій міцності вугілля та завищеній потужності пласта) обмеженням швидкості подачі є обмеження перевантажувальної здатності приводу. Основним обмеженням швидкості подачі видобувних комбайнів на тонких пластах є запобігання заштибування виконавчого органу. Тому з точки зору забезпечення енергоефективного режиму роботи комбайна він має керуватися таким чином, щоб орган постійно знаходився на межі заштибування.

#### Перелік посилань

1. Бубліков А. В., Прядко Н. С., & Папаїка Ю. А. (2021) Система нечіткого автоматичного керування режимом руйнування вугільного масиву виконавчим органом очисного комбайна. *Технічна механіка*. 3. 99 – 110. <https://doi.org/10.15407/itm2021.03.099>

2. Автоматизація технологічних процесів підземних гірничих робіт : підручник / А.В. Бубліков, М.В. Козарь, С.М. Проценко та ін. – Д. : Національний гірничий університет, 2012. – 320 с.