

снежная целина глубиной более 900 мм, заболоченная местность с участками сплавины, такой вид движителя просто не заменим для того, чтобы обеспечить технологической машине необходимую подвижность и проходимость.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вольский С. Г. Шнековые движители / С. Г. Вольский, Ю. И. Соболев, В. В. Цирульников // За рулем. – М.: «За рулем», 1969. – №4. – С. 24 – 26.
2. Крживицкий А. А. Снегоходные машины / А. А. Крживицкий. – М.: Машгиз, 1949. – 236 с.
3. Кириндас А. А. Роторно-винтовые ледоколы / А. А. Кириндас, Р. Г. Данилов // Техника и вооружение вчера, сегодня, завтра. – М.: Техинформ, 2013. – № 10. – С. 48 – 52.
4. Данилов Р. Г. Снегоболотоход «Шнек»: Автомобили для бездорожья / Р. Г. Данилов // Техника и вооружение вчера, сегодня, завтра. – М.: Техинформ, 2010. – № 9. – С. 42 – 46.
5. Данилов Р. Г. Шнековый снегоболотоход ПЭУ-3: Автомобили для бездорожья / Р. Г. Данилов // Техника и вооружение вчера, сегодня, завтра. – М.: Техинформ, 2010. – № 11. – С. 31 – 36.
6. Данилов Р. Г. Серийный шнекоход: Автомобили для бездорожья / Р. Г. Данилов // Техника и вооружение вчера, сегодня, завтра. – М.: Техинформ, 2011. – № 6. – С. 33 – 38.
7. Куляшов А. П. Экологичность движителей транспортно-технологических машин / А. П. Куляшов, В. Е. Колотилин. – М.: Машиностроение, 1993. – 228 с.

УДК 624.132.3

А. Б. КОВАЛЬ, к. т. н.

Національний транспортний університет

ФІЗИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ НАВАНТАЖЕНЬ НА РОБОЧИХ ОРГАНАХ УНІВЕРСАЛЬНИХ ЗЕМЛЕРИЙНИХ МАШИН

Актуальність проблеми. Землерийні машини безперервної дії за такими показниками як продуктивність та собівартість розробки одного кубічного метру

грунту набагато ефективніші екскаваторів одноковшових. Особливе місце в класі машин безперервної дії займають універсальні землерийні машини, що поєднують в собі вказані переваги землерийних машин безперервної дії та мають більш широке технологічне використання, порівняно з ними. Однак, універсальні землерийні машини до цього часу не отримали широкого використання причиною чого є ряд не вирішених питань створення простих та ефективних конструкцій їх робочого обладнання. Це, в першу чергу, відноситься до визначення оптимальної компоновальної схеми робочого обладнання машини, конструкції її ґрунторозробного робочого органа, забезпечення реалізації такої схеми взаємодії його з ґрунтом, при якій затрати енергії на розробку ґрунту будуть мінімальними. Вирішення перелічених питань можливе тільки на основі чіткого розкриття фізичної суті та механізмів можливого управління процесом копання ґрунту робочими органами УЗМ.

Аналіз результатів виконаних досліджень та публікацій. Характерною особливістю робочого процесу УЗМ у режимі копання виїмок різної ширини та глибини в ґрунті (на прикладі машини ПЗМ-2 із ланцюгово-балочним робочим органом) є зміна товщини стружки, що розробляється різцями, залежно від кута повороту робочого органа в плані. Фактично мінімальною є товщина стружки у початковий момент руху робочого органа від бічної стінки споруджуваної виїмки, а максимальною біля протилежної стінки (рис. 1).

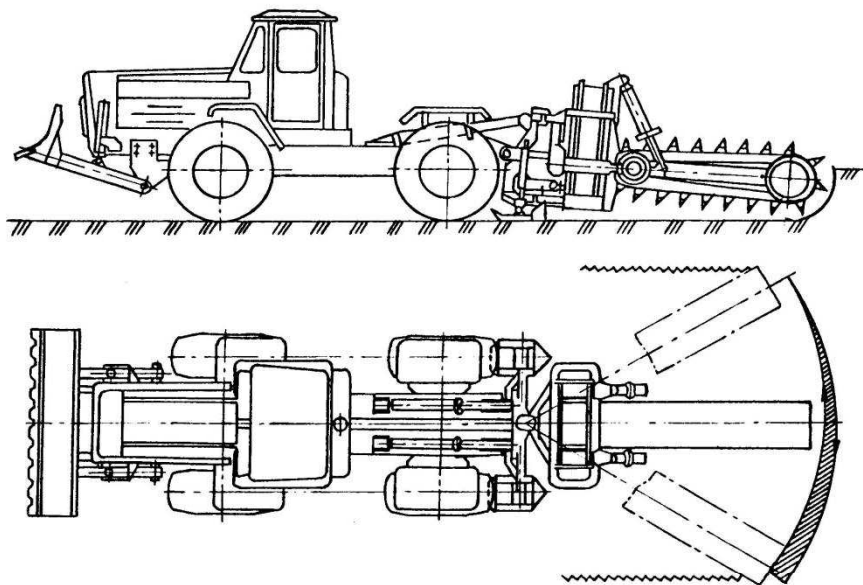


Рис. 1. Універсальна траншейно-котлованна машина.

Це призводить до значної пульсації величини навантажень на робочому органі машини і однозначно повинно враховуватись при конструюванні та розрахунку

робочого обладнання. Найбільш повно результати досліджень силового та енергетичного навантаження УЗМ викладено в роботі О.В. Бикова [1]. Тут же приведено результати досліджень роботи УЗМ по фазам робочого процесу, а саме: потужності привода ґрунторозробного ланцюгового робочого органа, сили тяги та сили опору його боковому переміщенню за час робочого циклу.

В результаті досліджень першої з універсальних землерийних машин – екскаватора УЕР-301 [2, 3] з роторним робочим органом встановлена можливість створення такої машини. Разом з тим не виявлено очікуваного ефекту від косоного, вільного та напіввільного різання ґрунту різцями ковшів ротора екскаватора внаслідок недосконалості кінематики переміщення його в забої. Це, в кінцевому рахунку, призвело до збільшення енергомісткості копання ґрунту порівняно з традиційним екскаватором на 10...15 %. Виявлена підвищена динамічність навантажень трансмісії екскаватора та його силової установки, що обумовлено розробкою ковшами стружок змінного поперечного перетину при роботі машини в режимі віяльно-поступальної подачі робочого обладнання на забій. Нерівномірність навантажень двигуна досягала 60 %, що приводило до неповного використання його потужності (недовикористання потужності двигуна сягало 25 %).

Удосконаленню конструкції УЗМ, в плані кінематики переміщення робочого обладнання в забої, присвячено одне з останніх опублікованих досліджень [4], що однак не дозволило в прийнятних межах знизити силове навантаження робочого обладнання в режимі копання ґрунту. В результаті слід відмітити, що в жодному з відомих досліджень не приділялось серйозної уваги в'ясненню фізичної суті процесу розробки ґрунту УЗМ, що і не дозволило знайти об'єктивні шляхи мінімізації та вирівнювання навантажень робочого обладнання та машини в цілому в процесі копання ґрунту.

Мета роботи. Визначення фізичних особливостей копання ґрунту роторним робочим обладнанням УЗМ в режимі віяльно-поступальної подачі його на забій та впливу кінематичних характеристик робочого процесу на величину параметрів силового навантаження машини.

Основна частина. Виконані експериментальні дослідження робочих процесів УЗМ з ланцюгово-балочним робочим органом на номінальному режимі його роботи (швидкість різання ґрунту $V_p = 2,05$ м/с, швидкість подачі машини $V_n = 56$ м/год.) виявили різке збільшення потужності привода робочого органа при копанні ґрунту біля бокової стінки забою, рис. 2 [1].

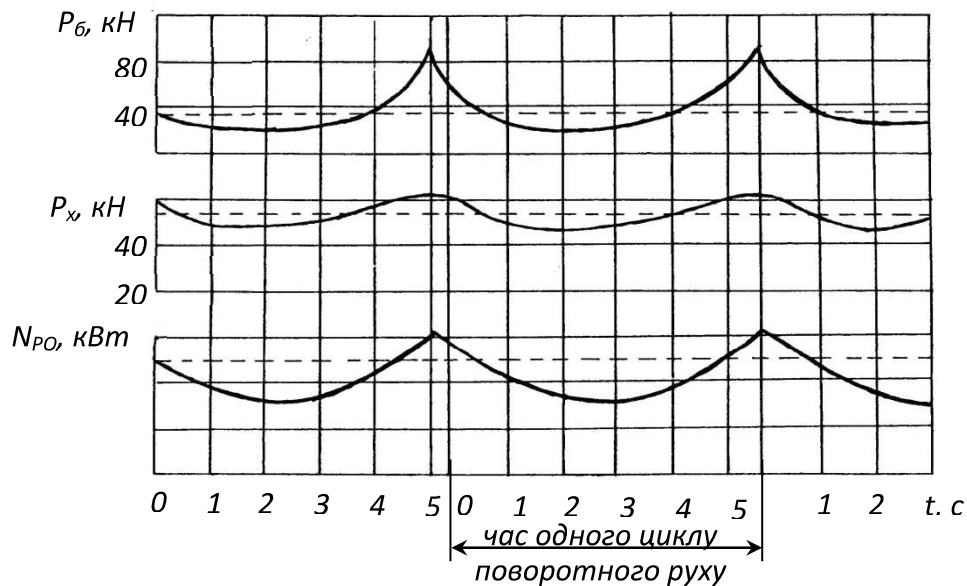


Рис. 2. Характер зміни потужності N_{PO} , сили тяги P_x і сили опору бічному переміщенню P_b ланцюгово-балочного робочого органа у процесі копання ґрунту.

Найменшою є потужність приводу, коли торцеві фрези робочого органа відходять від бічних стінок виїмки в ґрунті, а робочий орган знаходиться приблизно по центру виїмки. При цьому відношення максимального значення потужності до середньої складає 1,7...2,5.

Сила опору бічному переміщенню робочого органа P_b плавно збільшується від мінімального значення на початку циклу поворотного руху до певного значення, що відповідає розробці забою стружками найбільшої товщини, та досягає максимуму при включенні у роботу торцевих фрез. Відношення максимального значення цієї сили до її середнього значення складає 3-3,2. Сила тяги P_x для забезпечення поздовжнього переміщення робочого органа уповільнено зростає протягом циклу поворотного руху від мінімального значення на початку циклу до максимуму при включенні в роботу торцевих фрез. Відношення максимального значення сили тяги до її середнього значення складає 1-1,5. Можна стверджувати, що головною причиною зміни навантажень на робочому органі є коливання сумарної площі стружок, що розробляються всіма різцями ковшів, які знаходяться у забої, за час напівциклу.

Колективом кафедри дорожніх машин НТУ виконано комплекс наукових робіт зі створення універсальних роторних землерийних машин [5]. У ролі об'єктів експериментальних досліджень використовувались переважно фізичні моделі робочого обладнання УЗМ як із безківшовими роторами, так і з ковшовими робочими органами з відцентровим розвантаженням (рис. 3) [6, 7]. Як ґрунторозробний агрегат

використовувався ківшовий ротор, а як евакуатор розробленого ґрунту – роторний лопатевий металник.

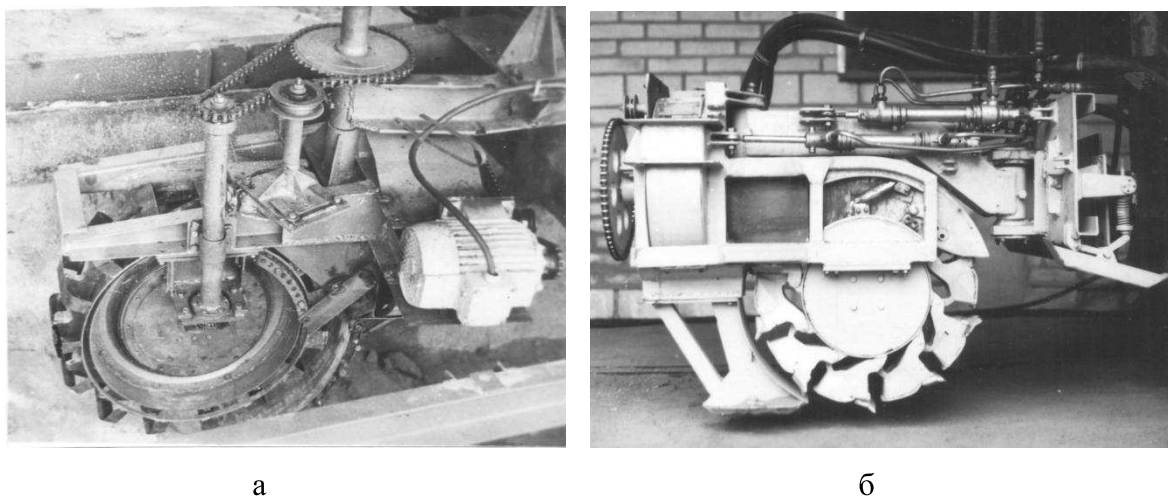


Рис. 3. Моделі робочого обладнання універсальної землерийної машини: а - безковшовий робочий орган; б - ковшовий робочий орган.

Результатами досліджень О. В. Бикова [1], В. Д. Мусійка, Ю. Б. Лейченка [7] підтверджено можливість створення високопродуктивної УЗМ із роторним або ланцюговим робочим органом, яка ефективно розробляє як траншеї, так і широкі виїмки типу котлованів в ґрунті у режимі віяльно-поступальної подачі робочого органа на забій.

При виконанні досліджень розробка широких виїмок роторним робочим органом УЗМ забезпечувалась поєднанням обертання робочого органа з певною швидкістю ω_p , поздовжнього переміщення його зі швидкістю V_n і бічної подачі на забій зі швидкістю V_{bn} . Потрібний профіль виїмки розроблявся послідовними проходами машини (рис. 4).

Експериментально встановлено, що за бічної подачі перед робочим органом утворюється призма волочіння ґрунту. Наприкінці напівциклу бічного переміщення, коли робочий орган підходить до бічної стінки виїмки, ґрунт поступає у ковші робочого органа як із цілика забою стружкою максимальної товщини, так і з призми волочіння, що притискається ротором до бічної стінки забою. Утворення призми волочіння є негативним моментом, адже призводить до значного збільшення силового навантаження робочого органа, причому величину цього збільшення (порівняно з розрахунковим) можна встановити лише експериментально. Має місце збільшення кількості залишкового ґрунту на дні відкопаної виїмки, максимальний об'єм якого може досягати 15-17 % її об'єму.

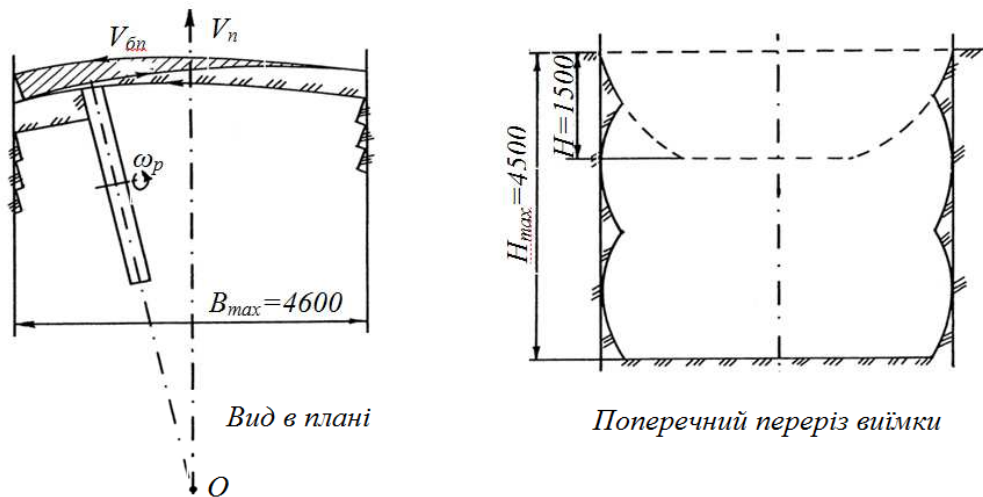


Рис. 4. Схема розробки широкої виїмки (котловану).

У дослідженні УЗМ із ковшовими роторами, що мають відцентрове розвантаження в роторний лопатевий евакуатор ґрунту та двошарнірний механізм поперечного переміщення робочого органа (див. рис. 3 б), встановлено, що характер змін, наприклад, крутного моменту $M_{кр}$ на роторі за час циклу, залишається однаковим на різних режимах роботи.

Найбільш навантаженим (рис. 5) є режим максимальної продуктивності при розробці ґрунту ротором на швидкостях $V_p = 6$ м/с і $V_{он} = 0,7$ м/с; максимальне значення $M_{кр} = 74$ кН·м, мінімальне – 14 кН·м [8]. Коефіцієнт зміни крутного моменту за напівцикл складає $k_{M_{кр}} = 5,3$, причому у момент зміни напрямку бічного переміщення робочого органа зменшення значень крутного моменту від максимального до мінімального відбувається протягом 0,8-1,1 с.

Аналогічний характер мають графіки зміни опорів бічному переміщенню робочого органа у

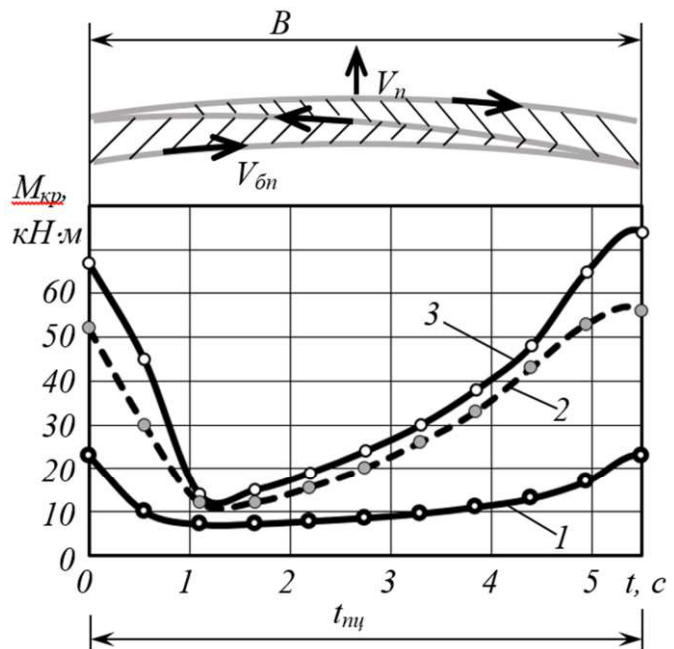


Рис. 5. Форма стружки, що розробляється у горизонтальній площині забою та зміна крутного моменту на роторі за час напівциклу: 1 – $V_n = 27$ м/год., $V_p = 6$ м/с; 2 – $V_n = 104$ м/год., $V_p = 9$ м/с; 3 – $V_n = 104$ м/год., $V_p = 6$ м/с.

забої, причому зміна величини бічної сили від максимальної до нуля відбувається за ті ж 0,8-1,1 с. А це удар, що є абсолютно неприпустимим. Така різка зміна навантажень на роторі під час роботи за кожний напівцикл є вкрай негативним явищем, яке суттєво знижує надійність привода робочого органа та може призвести до втрати курсової стійкості машини.

Збільшення швидкості різання ґрунту до 9 м/с (порівняно з $V_p = 6$ м/с) обумовлює зменшення крутного моменту на роторі. Так, максимальне значення $M_{кр}$ зменшується до 52-56 кН·м, тобто на 24-30 %, мінімальне – збільшується до 12 кН·м, тобто на 14 % [8]. Зменшення швидкості поздовжньої подачі робочого органа на забій із 104 м/год. до 27 м/год. (за інших рівних умов) забезпечує зниження як максимальних значень крутного моменту на роторі до 22-23 кН·м, тобто у середньому на 70 %, так і коефіцієнта зміни крутного моменту до значень $k_{Mкр} = 2,8$.

Домогтися вирівнювання та мінімізації значень параметрів силового навантаження, у тому числі величини сили опору бічному переміщенню робочого органа в забої та крутного моменту на його приводі, можливо за умови надання робочому органу необхідної кінематики переміщення в забої, за реалізації якої ґрунт розробляється ротором стружками постійної товщини при різних швидкостях поздовжньої подачі машини на забій. Вказаний ефект досягається шляхом навіски ґрунторозробного ротора на тягачі з допомогою двохарнірного, дволанкового механізму з гідравлічним приводом бічного коливального переміщення кожної ланки. Це дозволяє забезпечити підвищення продуктивності УЗМ, але лише за умови забезпечення курсової стійкості машини як визначальної характеристики її працездатності.

З урахуванням результатів раніше виконаних досліджень можна відзначити, що для створення високопродуктивної УЗМ раціональної конструкції необхідно як вихідні позиції подальших досліджень прийняти такі: як робочий орган УЗМ може бути прийнятий ківшевий ротор із відцентровим розвантаженням ковшів, як евакуатор ґрунту – лопатевий роторний металник, а надвіска робочого обладнання на тягачі має бути двохарнірною, дволанковою, з гідравлічним приводом бічного переміщення кожної ланки.

Висновки. Створення ефективної конструкції УЗМ можливо за умов компонування робочого робочого обладнання як дволанкової системи з індивідуальним приводом бічного переміщення кожної ланки. При конструюванні приводів бічного переміщення необхідно враховувати утворення перед ротором при

його бічному переміщенні призми ґрунту вплив якої найбільш значний біля бічних стінок розроблюваних виїмок в ґрунті.

ЛІТЕРАТУРА

1. Быков А. В. Исследование конструктивно-кинематических параметров цепнобалочного рабочего органа универсальной землеройной машины: дис. ... канд. тех. наук / Быков Александр Владимирович. – К., 1986. – 205 с.

2. Ковалев Е. П. Результаты исследований экскаватора УЭР / Е. П. Ковалев, С. Н. Николаев // Строительство трубопроводов. – М.: «Недра», 1965. – № 2. – С. 14 – 17.

3. Покровский В. В. Результаты испытаний экскаваторов типа УЭР / В. В. Покровский, В. П. Успенский // Строительство трубопроводов. – М.: «Недра». – 1966. – № 5. – С. 20 – 23.

4. Лейченко Ю. К расчету конструктивных и кинематических параметров универсальной землеройной машины. / Ю. Лейченко, А. Коваль // Metody obliczeniowe i badawcze w rozwoju systemow pojazdow samochodowych i maszyn roboczych samojedznych. SAKON'93. – Rzeszów (Polska) : Politechnika Rzeszowska, 1993. – Р. 99 – 104.

5. Экспериментальные исследования рабочих процессов перспективных землеройных машин с целью определения их основных параметров: отчет о НИР / Киев. Автом.-дор. ин-т ; рук. Маевский А. Г. ; исполн.: Мусийко В. Д. [и др.]. – № ГР 01.84.0000355. – К., 1983. – 146 с.

6. Теоретические и экспериментальные исследования по определению основных параметров траншейно-котлованного рабочего органа. Отчет о НИР (Приложение 2) // 15 ЦНИИ МО. – М., 1987. – 110 с.

7. Выбор и обоснование технических решений по определению рациональных типов, основных параметров, возможностей унификации рабочих органов траншейных машин и создание системы автоматического управления ВЗМ. Отчет о НИР (промежуточный) / Киев. автом.-дор. ин-т. – № ГР 01.88.0004646. – К., 1989. – 140 с.

8. Определение оптимальных кинематических параметров рабочего процесса и компоновочного решения универсальной роторной землеройной машины. Отчет о НИР / Киев. автом.-дор. ин-т. – № ГР 01.86.0017418. – К., 1987. – 196 с.