

## АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ІМПУЛЬСНОЇ ПОДАЧІ ЗУБА РОЗПУШНИКА

Леонід Пелевін, Анатолій Фомін, Богдан Мельниченко

Київський національний університет будівництва і архітектури,  
03680, Повітрофлотський просп. 31, Київ, Україна, e-mail: Bogdan-Melnichenko@mail.ru

### ANALYSIS OF TOOTH RIPPER PULSE FEEDING

Leonid Pelevin, Anatolij Fomin, Bogdan Melnichenko

Kyiv National University of Construction and Architecture,  
03680, Povitroflotskyy Prospekt, 31, Kyiv, Ukraine

**АННОТАЦІЯ.** В статті представлені розробки конструкції навісок розпушників для динамічного руйнування ґрунту методом імпульсного відриву кусків ґрунту при заглибленні та виглибленні зуба розпушника, що дає змогу зменшити навантаження на ланки навіски та зменшити енергоємність розробки ґрунту. Імпульс рідини відбувається за рахунок конструкції циліндричного золотникового розподільника. Крім того, проведено аналіз процесу імпульсної подачі зуба розпушника в режимі заглиблення.

**Ключові слова:** землерійна машина, розпушувальне обладнання, навіска робочого органа, імпульсна подача гідрорідини, режим заглиблення, зуб розпушника

**АННОТАЦИЯ.** В статье представлены разработки конструкции навесок рыхлителей для динамического разрушения грунта методом импульсного отрыва кусков грунта при заглаблении и выглаблении зуба рыхлителя, что позволяет уменьшить нагрузку на звенья навески и уменьшить энергоёмкость разработки грунта. Импульс жидкости происходит за счет конструкции цилиндрического золотникового распределителя. Кроме того, проведен анализ процесса импульсной подачи зуба рыхлителя в режиме заглабления.

**Ключевые слова:** землеройная машина, рыхлительное оборудование, навеска рабочего органа, импульсная подача гидроридкости, режим заглабления, зуб рыхлителя

**ABSTRACT. Purpose.** Development of design gear control supply for pulse tooth of the ripper and analysis process feed tooth pulse mode for ripper deepening. **Methodology/approach.** The analysis of rippers active action and analysis of pulsed feeding mode of the rippers tooth recess. **Findings.** This article is designed for hydraulic dynamic destruction of soil by pulsed tear pieces of ground at recess of ripper tooth, which allows to reduce the load on the sample units and reduce the energy intensity of excavation. The momentum fluid is due to the design of cylindrical spool valve. **Research limitations/implication.** A technical solution that can improve the efficiency of development a ripper by providing an increase of force in the working environment due to pulsed supply of the tooth the ripper. Pulse supply hydraulic fluid is due to the design of spool distributor. **Originality/value.** Developed design the hinge of the working body that can increase productivity of the rippers and conducted analysis of pulsed supply rippers tooth.

**Key words:** digging machine, ripping equipment, the hinge of the working body, feed of impulses of the Hydraulic liquid, the mode of penetration, the ripper tooth.

## МЕТА РОБОТА

## ВСТУП

Найбільш важкими та трудомісткими роботами в будівництві є земляні, особливо - розробка мерзлих ґрунтів.

Вирішити дану проблему допоможе обладнання активної дії, при роботі якого робочий орган буде адаптуватись до зміни параметрів ґрунту, за рахунок чого продуктивність розробки ґрунту буде вищою, ніж при статичному руйнуванні.

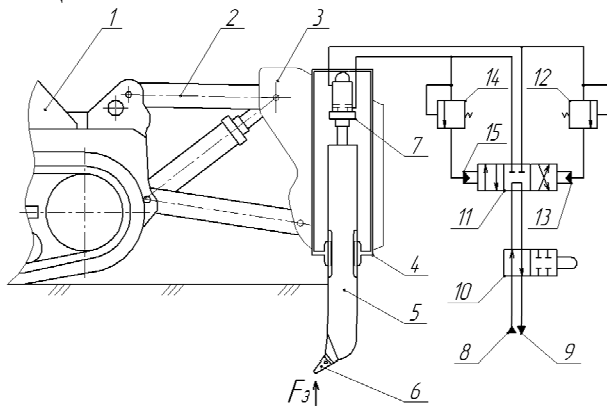
Метою роботи є розробка конструкції навіски розпушника, що забезпечує імпульсну подачу зуба, та проведення аналізу процесу імпульсної подачі зуба розпушника в режимі заглиблення.

## ВИКЛАД МАТЕРІАЛУ

Згідно з [1, 2], в режимі заглиблення робочого органа горизонтальна складова опору ґрунту наконечнику залежить як від дотичної, так в від нормальної сил опорів

грунту наконечнику відносно траєкторії його переміщення. Це збільшує величину горизонтальної складової опору ґрунту, яка не може перевищувати силу тяги базового трактора. Останньою умовою обмежується величина заглиблення зуба, від якої залежить продуктивність розпушника. В той же час сили тяги розпушника в сталому режимі достатньо для розпушування ґрунту на більшій глибині. Тому необхідно забезпечити збільшення зусиль заглиблення зуба.

Враховуючи вищезазначене, в КНУБА розроблено технічне рішення [3], яке дозволяє підвищити ефективність роботи розпушника за рахунок забезпечення збільшення силового впливу на робоче середовище.



**Рис. 1.** Розпушник з керованим гідроприводом:

- 1 - базова машина; 2 - навіска; 3 - робоча балка;
- 4 - рама робочого органа; 5 - стояк;
- 6 - наконечник; 7 - гідроциліндр; 8 - напірна магістраль;
- 9 - зливна магістраль; 10, 11 - розподільники;
- 12, 14 - перепускні клапани;
- 13, 15 - камери керування

**Fig. 1.** The ripper with controlled hydraulic drive:

- 1 - basic machine; 2 - the hinge of the working body;
- 3 - working beam; 4 - working body frame; 5 - risers; 6 - knife; 7 - cylinder; 8 - pressure line;
- 9 - drain manifold; 10, 11 - the distributor;
- 12, 14 - bypass valve; 13, 15 - camera control

Розпушник з керованим гідроприводом становить базову машину 1 з навіскою 2, до робочої балки 3 якої шарнірно приєднано раму 4 робочого органа у вигляді перевернутого стакана. В середині рами з можливістю вертикального переміщення розміщено стояк 5, на нижній частині якого встановлено наконечник, а до верхньої його части-

ни жорстко прикріплено шток гідроциліндра 7, корпус якого своїм днищем жорстко приєднано до внутрішньої частини дна стакана.

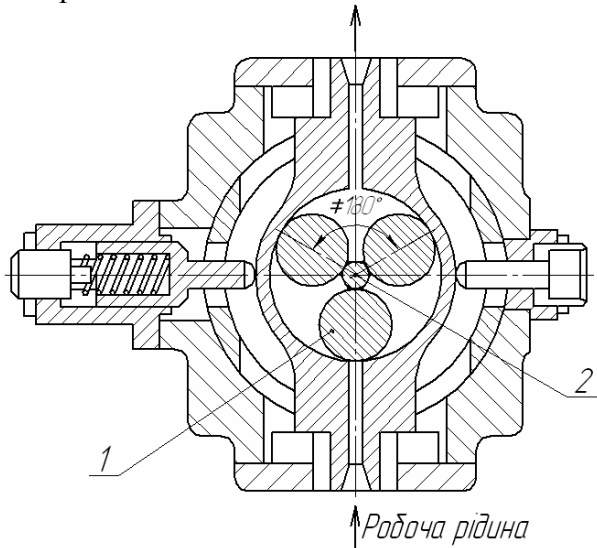
Гідроциліндр підключено до гідравлічної системи базової машини, від якої відведена напірна 8 та зливна 9 магістралі до двопозиційного двопровідного розподільника 10 з механічним керуванням та трипозиційного двопровідного розподільника 11 з гідравлічним керуванням. Після трипозиційного дволинійного розподільника з гідравлічним керуванням одна магістраль під'єднана до поршневої порожнини гідроциліндра, а друга – до його штокової порожнини. Крім того, магістраль, що підведена до поршневої порожнини гідроциліндра, під'єднана на вхід правого перепускового клапана 12, вихід якого підключено до правої камери 13 гідравлічного керування трипозиційного двопровідного розподільника з гідравлічним керуванням, а магістраль, що з'єднується зі штокової порожниною гідроциліндра, під'єднана на вхід лівого перепускового клапана 14, вихід якого підключено до лівої камери 15 гідравлічного керування трипозиційного двопровідного розподільника з гідравлічним керуванням.

Розпушник з керованим гідроприводом працює наступним чином.

Перед початком роботи шток гідроциліндра висунутий на максимальну довжину, навіска піднята, стояк з наконечником знаходяться вище рівня ґрунту. Двопозиційний двопровідний розподільник з механічним керуванням встановлено в крайньому правому положенні, а трипозиційний двопровідний розподільник з гідравлічним керуванням - в середньому положенні. Поршень гідроциліндра займає середнє положення. При русі базової машини та вмиканні гідронасосу (на рис. не показано) базової машини стояк розпушника з наконечником починає заглиблюватись в ґрунт.

В процесі заглиблення стояка в ґрунт, на задню грань наконечника діє реакція опору ґрунту заглибленню  $F_z$ , яка намагається заштовхнути стояк у раму робочого органа, що приводить до руху стояка, та заштовхування штоку гідроциліндра у його корпус, завдяки чому збільшується тиск у поршне-

вій порожнині гідроциліндра; камера керування перемикає трипозиційний двопровідний розподільник у праве положення. При цьому гідрорідина від бака через двопозиційний двопровідний розподільник та трипозиційний дволінійний розподільник подається до поршневої порожнини гідроциліндра.



**Рис. 2.** Дросельний розподільник:  
1 - золотник; 2 – приводний вал золотника

**Fig.2.** Throttle distributor:  
1- valve; 2 - drive shaft spool

Імпульсний рух наконечника відбувається за рахунок двопозиційного двопровідного керуючого розподільника (рис. 2). При обертанні золотник 1, послідовно перекриває входні та вихідні отвори робочих камер розподільника, створюючи на виході пульсуючу (імпульсну) подачу робочої рідини, що залежить від кількості куль золотника. Таким чином, завдяки даній конструкції, при підвищенні міцності ґрунту в сталому режимі роботи або збільшенні опору ґрунту при заглибленні зуба розпушника відбувається імпульсна подача робочого органу розпушника, і як наслідок збільшується продуктивність роботи.

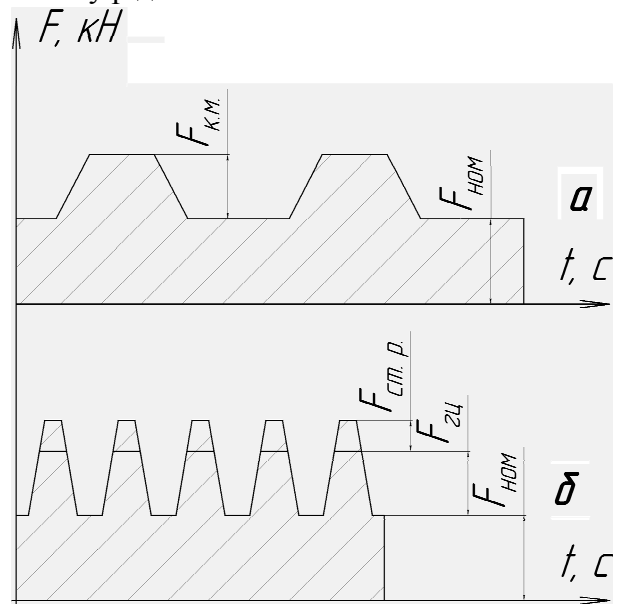
Оскільки вихідний патрубок перекривається на певний час, а гідромотор працює постійно, подаючи гідрорідину до золотникового розподільника, та приймаючи до уваги, що однією з характеристик гідрорідини є можливість стиснення, до зусилля на робочому органі додатково додається

енергія стиснення гідрорідини  $\delta A_{ст.рід.}$ , (рис. 3).

Стиснення враховується коефіцієнтом об'ємного стиснення  $\beta_p$ , що становить відносно зменшення об'єму рідини на одиницю тиску:

$$\beta_p = -\frac{\Delta V}{V_0} \frac{1}{\Delta p},$$

де  $\Delta V$  зменшення об'єму при збільшенні тиску на  $\Delta p$ ;  $V_0$  - початкове значення об'єму рідини.



**Рис. 3.** Зміна додаткового зусилля заглиблення зуба при:

а - імпульсній подачі зуба розпушника з використанням гідравлічної системи, показаної на рис. 1; б - імпульсній подачі зуба розпушника з використанням вищезазначеної схеми та з врахуванням властивості стиснення гідрорідини

**Fig. 3.** Change additional effort hollow tooth at:  
а - pulse supply ripper tooth using a hydraulic system shown in Fig. 1; б - pulse supply ripper tooth using the above scheme and in view of the properties of compression of the hydraulic fluid

Таким чином, повна механічна енергія  $\delta A_M$  частини імпульсного об'єму гідрорідини, створюваного дросельним розподільником, становить суму потенційної  $\delta A_{II}$ , кінетичної  $\delta A_K$  та енергії стиснення рідини  $\delta A_{ст.рід.}$ :

$$\delta A_M = \delta A_{II} + \delta A_K + \delta A_{ст.рід.}$$

Значення коефіцієнта об'ємного стиснення  $\beta_p$  для деяких рідин наведені в табл. [4].

**Таблиця.** Властивості рідин  
**Table.** Properties of Liquids

Рідина, масло	Густина $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Коефіцієнт об'ємного		Кінематична в'язкість, мм <sup>2</sup> /с (при температурі °С)	
		стиснення $\beta_p$ , 10 <sup>3</sup> /°С	розширення $\beta_T$ , 10 <sup>3</sup> /°С	20	50
Масло И-50	910	0,68		400	47-55
Масло АМГ-10	850	0,74	0,83	18	10
Масло турбінне-57	920	0,56	0,65		55-59

Механічна енергія в об'ємному приводі передається від двигуна до робочого органа за допомогою рідини чи газів. Проаналізуємо процес енергозбереження при передачі механічної енергії в об'ємному приводі. Для цього в сталому потоці робочого середовища виділяємо елементарний об'єм. Мала величина виділеного об'єму дозволяє прийняти всередині нього рівномірно розподілений тиск  $p$  та однакову густину  $\rho$  робочої рідини. Крім того, застосуємо метод заміни швидкостей окремих шарів рухомої робочої рідини середньою по перерізі потоку швидкістю  $u$ .

Потужність  $N_p$  потоку рідини на робочому органі розпушника визначається за формулою

$$N_p = Q_H p_H,$$

де  $Q_H$ ,  $p_H$  - витрата і тиск робочої рідини на виході із насоса.

З врахуванням коефіцієнту стиснення рідини визначаємо підвищення тиску для рідин, вказаних в табл., при якому початковий об'єм зменшено на 0,1%, 0,25%, 0,5%, 0,75% та 1%.

$$\Delta p = \frac{\Delta V}{V_0} \frac{1}{\beta_p},$$

де за умовами  $\frac{\Delta V}{V_0}$  відповідно дорівнює 0,001; 0,0025; 0,005; 0,0075; 0,01, а коефіцієнт об'ємного стиснення для масла И-50  $\beta_p = 6,8 \cdot 10^{-10} \text{ Па}^{-1}$ , для масла АМГ-10  $\beta_p = 7,4 \cdot 10^{-10} \text{ Па}^{-1}$ , для масла турбінного-57  $\beta_p = 5,6 \cdot 10^{-10} \text{ Па}^{-1}$ .

Таким чином, тиск для масла И-50 за умови стиснення:

$$\Delta p_1 = \frac{0,001}{6,8 \cdot 10^{-10}} = 1,471 \cdot 10^6 \text{ Па} = 1,471 \text{ МПа};$$

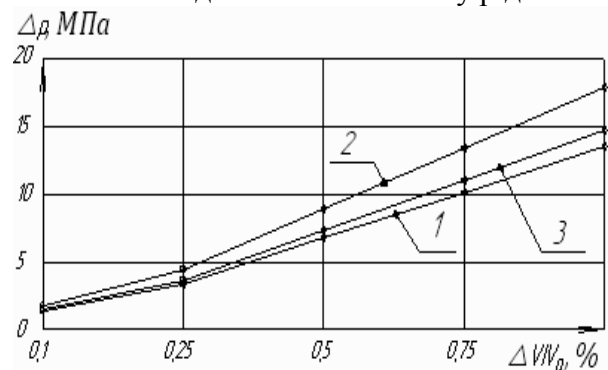
$$\Delta p_2 = \frac{0,0025}{6,8 \cdot 10^{-10}} = 3,6765 \cdot 10^6 \text{ Па} = 3,6765 \text{ МПа};$$

$$\Delta p_3 = \frac{0,005}{6,8 \cdot 10^{-10}} = 7,35 \cdot 10^6 \text{ Па} = 7,35 \text{ МПа};$$

$$\Delta p_4 = \frac{0,0075}{6,8 \cdot 10^{-10}} = 11,03 \cdot 10^6 \text{ Па} = 11,03 \text{ МПа};$$

$$\Delta p_5 = \frac{0,1}{6,8 \cdot 10^{-10}} = 14,71 \cdot 10^6 \text{ Па} = 14,71 \text{ МПа}.$$

Аналогічно визначаємо підвищення тиску масел АМГ-10 та турбінного-57. Результати розрахунків наведено у вигляді графіків залежностей підвищення тиску рідин в залежності від зменшення об'єму рідини.



**Рис. 4.** Залежності підвищення тиску від зменшення об'єму рідини:  
1 – масло АМГ-10; 2 – масло И-50; 3 - масло турбінне-57

**Fig. 4.** Dependence increasing pressure from reduced fluid volume:  
1 - oil AMG-10; 2 - Oil I-50; 3 --57 turbine oil.

## ВИСНОВКИ

Розроблено технічне рішення, яке дозволяє підвищити ефективність роботи розпушника за рахунок забезпечення збільшення силового впливу на робоче середовище внаслідок імпульсної подачі зуба розпушника. Імпульсна подача гідрорідини відбувається за рахунок конструкції золотникового розподільника, що дозволяють створювати різні режими імпульсної подачі зуба розпушника. Створення додаткових зусиль заглиблення зуба розпушника дозволяє збільшити максимальну глибину заглиблення робочого органа, що забезпечує збільшення продуктивності розпушника.

pushnika v rezhimi zagliblennja robochogo organa. [Reducing soil resistance the ripper tooth mode recess working body]. [Journal of Kharkiv National Automobile-road university], No 65-66, 256-263. – (in Ukrainian)

3. Pelevin L.E., Melnichenko B.M., 2013. Rozpushuvach aktivnoї дії [Active ripper]. Patent of Ukraine No 81980 U, Publication details 07.10.2013, Bull. No 13, 7. – (in Ukrainian)
4. Vakyna V.V., Denisenko Y.D., Stolyarov A.L., 1987. Mashynostroytel'naya gidravlika [Hydraulics Engineering]. Moscow, Higher shkola Publ., 208. – (in Russian)

## ЛІТЕРАТУРА

1. Фомін А.В., Пелевін Л.Є., Мельниченко Б.М. Стабілізація режиму заглиблення робочого органа розпушника. Вестник харьковського національного автомобільно-дорожного університету. – 2012 р. - № 57. – С. 174-179.
2. Фомін А.В., Пелевін Л.Є., Мельниченко Б.М. Зменшення опорів ґрунту зуба розпушника в режимі заглиблення робочого органа. Вестник харьковського національного автомобільно-дорожного університету. – 2014 р. - № 65-66. – С. 256-263.
3. Пелевін Л.Є., Мельниченко Б.М. «Патент України на корисну модель № 81980 U. Розпушувач активної дії; власник «Київський національний університет будівництва і архітектури». – № у 2013 02813; дата подання заявки 06.03.2013; публікація відомостей 10.07.2013, Бюл. № 13 – 7 с.
4. Вакина В.В., Денисенко И.Д., Столяров А.Л. «Машиностроительная гидравлика». Изд. Высшая школа - Москва 1987 - с.208.

## REFERENCES

1. Fomin A.V., Pelevin L.E., Melnichenko B.M., 2012. Stabilizacija rezhimu zagliblennja robochogo organa rozpushnika [Stabilization mode recess the ripper working body]. [Journal of Kharkiv National Automobile-road university], No 57, 174-179. – (in Ukrainian)
2. Fomin A.V., Pelevin L.E., Melnichenko B.M., 2014. Zmenschennja oporiv gruntu zubu roz-