

УДК 624.132.3

Методика вибору основних параметрів системи керування розпушувального агрегату

Леонід Пелевін¹, Євгеній Горбатюк², Олександр Терентьєв³,
Володимир Волянчук⁴, Дмитро Міщук⁵

Київський національний університет будівництва і архітектури
Повітрофлотський просп. 31, Київ, Україна, 03037

¹pelevin_leonid@ukr.net, orcid.org/0000-0002-4010-8556

²gek_gor@i.ua, orcid.org/0000-0002-8148-5323

³terentyev79@ukr.net, orcid.org/0000-0001-6995-1419

⁴volian535@ukr.net, orcid.org/0000-0002-6852-9037

⁵tdmid@ukr.net, orcid.org/0000-0002-8263-9400

Отримано 04.01.2018; прийнято 10.04.2018

DOI: 10.26884/gbdmm1891.0402

Анотація. Сучасне будівництво неможливо без сучасної землерийної техніки, здатної розробляти міцні та мерзлі ґрунти. Вважаючи на те, що міцні та мерзлі ґрунти мають підвищену міцність, їх розробка землерийними машинами неможлива без попередньої обробки спрямованої на зниження опору ґрунту для подальшої його розробки.

Найбільш ефективним способом руйнування міцних та мерзлих ґрунтів з точки зору продуктивності машин і собівартості розробки ґрунту є горизонтальне пошарове розпушування навісними розпушувачами на базі потужних тракторів. Одним із шляхів підвищення ефективності розпушувального агрегату є удосконалення його системи керування, що частково або повністю виключає людину-оператора з контурів управління двигунами внутрішнього згоряння і положенням робочого органу.

Характеристики гідроприводу є визначальними при виборі параметрів системи керування розпушувального агрегату. Основним визначальним параметром є час запізнювання гідроприводу, оскільки цей параметр впливає на характер залежностей показника ефективності як від швидкості руху штока гідроприводу, так і від параметрів системи керування.

Основним завданням роботи є аналіз впливу параметрів гідроприводу та систем керування на ефективність роботи розпушувального агрегату та складання методики вибору основних параметрів системи керування розпушувальним агрегатом.

Метою роботи є підвищення ефективності

розпушувального агрегату шляхом удосконалення його системи керування.

Застосування вдосконаленої системи керування розпушувального агрегату дозволяє підвищити його ефективність на 17...20%.

Ключові слова: розпушувальний агрегат, система керування, раціональний параметр, блок-схема.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Інтенсивне освоєння родовищ корисних копалини, транспортування і будівництво нафто- і газопроводів неможливо без сучасної землерийної техніки, здатної розробляти міцні (мерзлі і скельні) ґрунти.

У зв'язку з тим, що міцні ґрунти мають підвищену міцність, їх розробка землерийними машинами неможлива без попередньої обробки спрямованої на зниження опору ґрунту для подальшої його розробки [1].

Нині використовуються різні способи розробки мерзлих і скельних ґрунтів [2, 3], основні з яких це буропідривні роботи та розпушування ґрунту навісними розпушувачами.

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Найбільш ефективним способом руйнування мерзлих та міцних ґрунтів з точки

зору продуктивності машин і собівартості розробки ґрунту є горизонтальне пошарове розпушування навісними розпушувачами на базі потужних тракторів [1].

В роботі [2] приведено аналіз існуючих конструкцій розпушувальних агрегатів та принципи їх реалізації, але не розглянуті тенденції розвитку розпушників та не наведено математичний апарат руху робочих органів.

При горизонтальному розпушуванні відрив стружки ґрунту від масиву відбувається у напрямку відкритої поверхні, що є найменш енергоємним способом. В цьому випадку переважають зусилля розтягнення (розриву) ґрунту, які у декілька разів менші ніж зусилля стиску або зсуву [4].

Розпушування ґрунту в порівнянні з буропідривним методом забезпечує зниження витрат, сприяє підвищенню якості робіт і є менш небезпечним для довкілля [5].

Ефективність розпушувального агрегату значною мірою залежить від раціональних режимів роботи силової установки. Системи керування, що серійно випускаються на цей час, прилади індикації, а також уповільнена реакція людини-оператора на умови робочого процесу, що швидко змінюються, не дозволяють повною мірою використати тягові можливості машини [6].

В процесі роботи розпушувального агрегату його ходове устаткування взаємодіє з ґрунтом, що викликає некеровані переміщення робочого органа в просторі. Це призводить до зміни глибини розпушування, і, відповідно, до зміни реакції ґрунту на робочому органі [7].

В роботах [8, 9] здійснено аналіз факторів і наведені математичні рівняння для визначення положення робочого органа розпушника. В роботі [8] не наведено математичні моделі взаємодії рушія з ґрунтом. В роботі [9] автори не дослідили вплив реакції ґрунту при його руйнуванні на некеровані переміщення робочого органа.

МЕТА ТА ЗАВДАННЯ РОБОТИ

Актуальною проблемою є вдосконалення систем керування розпушувальних агрегатів, що частково або повністю виключає

людину-оператора з контурів управління двигунами внутрішнього згоряння і положенням робочого органу.

Основним завданням роботи є аналіз впливу параметрів гідроприводу та систем керування на ефективність роботи розпушувального агрегату та складання методики вибору основних параметрів системи керування розпушувальним агрегатом.

Метою роботи є підвищення ефективності розпушувального агрегату шляхом удосконалення його системи керування.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

У відповідності з прийнятими задачами теоретичних досліджень [10] необхідно визначення параметрів пропонованої системи керування розпушувального агрегату, при яких буде дотримуватися прийнятий в роботі критерій ефективності E_p . Виходячи з визначення ефективності робочого процесу землерийної машини як критерій ефективності використовується відношення експлуатаційної продуктивності до годинного розходу палива. Критерій ефективності використовується для оцінки ефективності робочого процесу розпушувального агрегату. Збільшення ефективності розпушувального агрегату можливе зниженням дисперсії коливань робочого обладнання. Таким чином, збільшується значення ефективної глибини розпушування, а відповідно, і об'єм ґрунту, який розроблюється.

У Табл. 1 представлені значення варіюваних при дослідженнях на математичній моделі параметрів: τ_3 – час запізнювання гідроприводу; $v_{шт}$ – швидкість штока виконавчого гідроциліндра; b_1 – поріг спрацьовування порогового елемента системи керування для регуляторної гілки; b_2 – поріг спрацьовування порогового елемента системи керування для коректурної гілки; c – поріг спрацьовування порогового елемента системи керування на відключення. Гідропривід розглядається як частина системи керування.

Табл. 1. Значення варійованих параметрів гідроприводу та системи керування

Table 1. Value of the varied parameters of hydraulic occasion and control system

№ з/п	Параметри, які фіксуються				
	$v_{шт},$ м/с	$b_1,$ Н·м	$b_2,$ Н·м	$c,$ Н·м	τ_3, c
1	0...0,3	0...100	0	0	0,1...0,5
2	0...0,3	0	0...100	0	0,1...0,5
3	0...0,3	0...100	0...100	0...30	0,1...0,5

Аналіз залежності показника ефективності від значення порогу b_1 при різних значеннях швидкості штока гідроциліндра і часу запізнення гідроприводу показав, що:

– при малих значеннях швидкості руху штока гідроциліндра $v_{шт}$ потрібно більш швидко спрацьовування системи керування (менші значення порогу b_1);

– збільшення швидкості руху штока гідроциліндра $v_{шт}$ до деякого значення (для $\tau_3 = 0,1...0,4$ с, $v_{шт} = 0,2...0,25$ м/с) веде до збільшення раціонального значення порогу b_1 . Подальше збільшення $v_{шт}$ призводить до необхідності знижувати значення b_1 ;

– для кожного значення τ_3 існує раціональне значення швидкості руху штока гідроциліндра $v_{шт}$, якому відповідає своє значення b_1 .

Аналіз залежностей ефективності та раціонального значення порога b_2 від параметрів гідроприводу $v_{шт}$ та τ_3 показав, що залежність раціональних значень порогу системи керування для коректної ланки b_2 від параметрів гідроприводу аналогічна залежності порогу системи керування b_1 .

Аналіз залежності $E_{п} = f(c, \tau_3)$ показав, що для кожного значення τ_3 залежність має виражений максимум, і зі зменшенням часу запізнення гідроприводу необхідно зменшувати поріг на відключення системи керування. Останнє пов'язано з необхідністю збільшення швидкості спрацьовування системи керування зі збільшенням часу запізнення гідроприводу при поданні на нього командних дій.

Проведені дослідження дозволяють скласти методика вибору основних параметрів системи керування розпушувальним агрегатом (Рис. 1, 2), яка складається з двох частин:

1) визначення робочої точки системи керування розпушувальним агрегатом;

2) визначення основних параметрів системи керування розпушувальним агрегатом.

Моделювання на комп'ютері робочого процесу розпушувального агрегату робилося з використанням пакету програм для інженерних і наукових розрахунків MATLAB 6.5. Найбільш відомі сфери застосування системи MATLAB [11]:

- математика і обчислення;
- розробка алгоритмів;
- обчислювальний експеримент, імітаційне моделювання, макетування;
- аналіз даних, дослідження і візуалізація результатів;
- наукова і інженерна графіка;
- розробка додатків, включаючи графічний інтерфейс користувача.

Безпосередньо для моделювання робочого процесу розпушувального агрегату використовувався додаток MATLAB Simulink версії 5.0, призначений для імітаційного моделювання. При моделюванні в Simulink використовується принцип візуального програмування, відповідно до якого користувач на екрані з бібліотеки стандартних блоків створює модель пристрою і здійснює розрахунки [12].

Алгоритм визначення раціональних параметрів системи керування розпушувального агрегату був реалізований на мові MATLAB, при цьому робилося завдання параметрів моделі, запуск моделювання і аналіз отриманих даних.

Реальний час одного проходу при тривалості моделювання 150 секунд складав від 1 до 1,5 хвилин. Тривалість повного циклу від завдання початкових даних до виведення на екран отриманих раціональних значень параметрів гідроприводу і системи керування при невідомій швидкості руху штока гідроприводу $v_{шт}$ та восьми інтервалів для кожного варійованого параметра, складала 2...3 години.

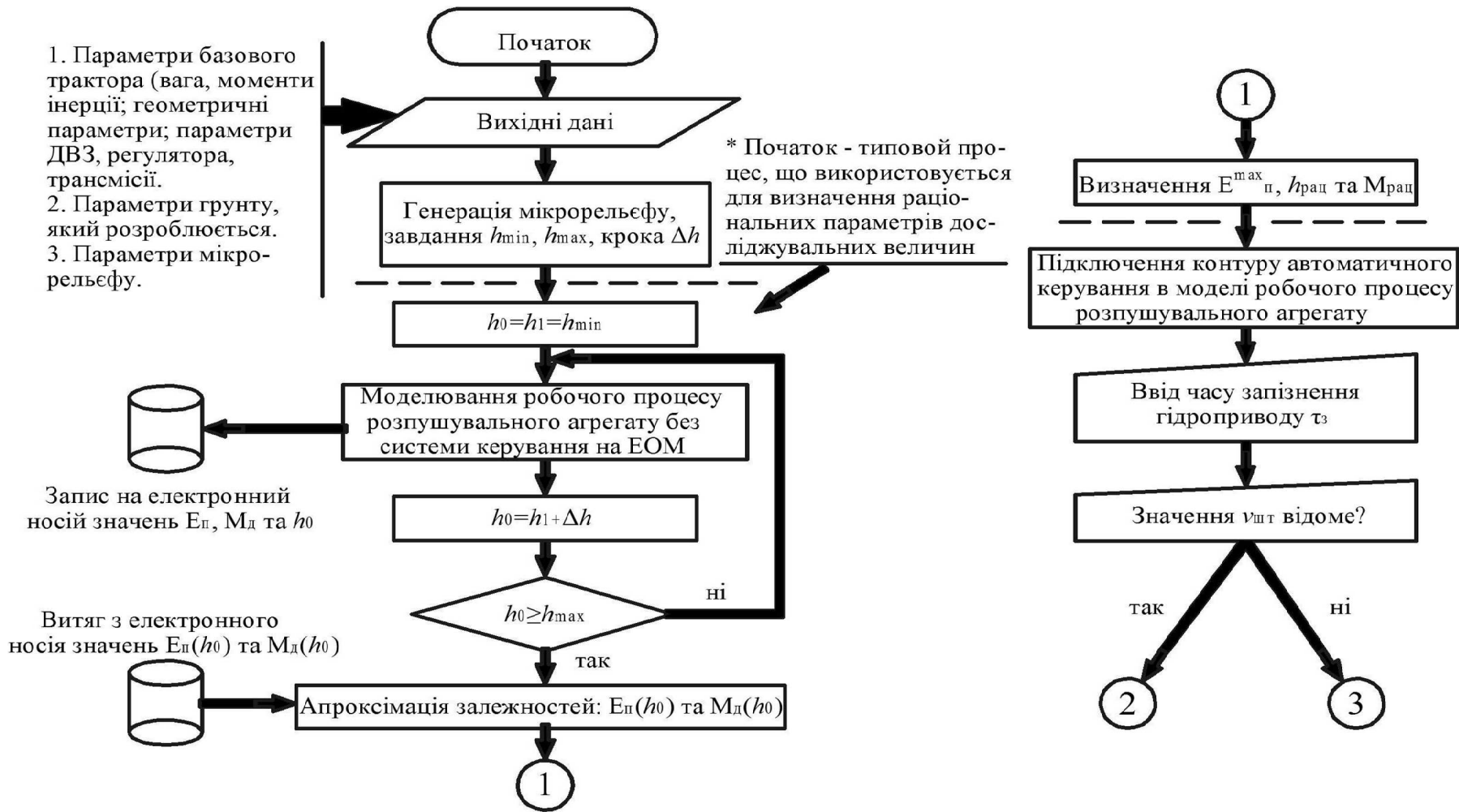


Рис. 1. Блок-схема вибору раціональних параметрів системи керування розпушувального агрегату
 Fig. 1. Block diagram of the vibration parameters in the systems of the cherrv-nicking aggregate

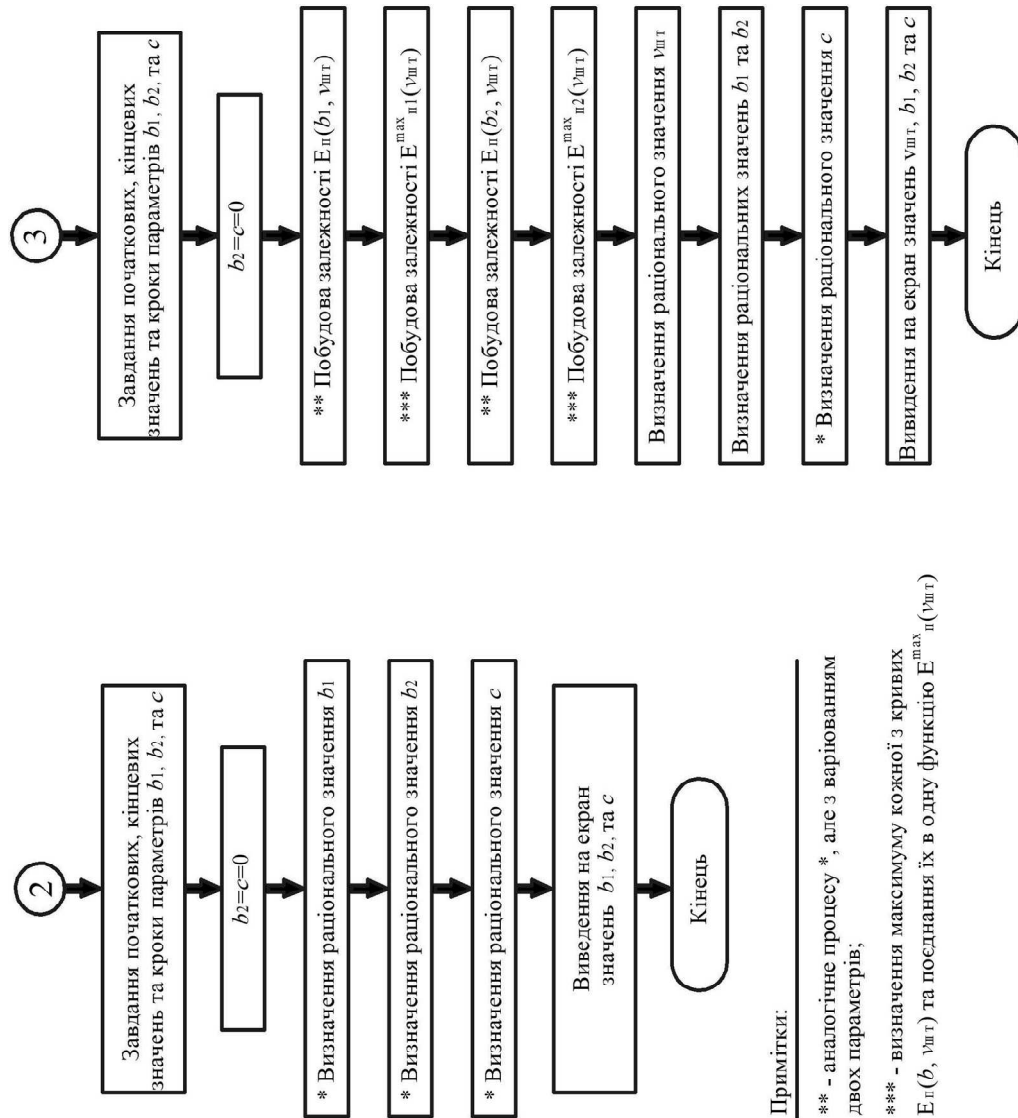


Рис. 2. Блок-схема вибору раціональних параметрів системи керування розпушувального агрегату
 Fig. 2. Block diagram of the vibration parameters in the systems of the cherry-picking unit

Аналіз випадкових процесів робився за допомогою пакету програм Statistics Toolbox, що входить до складу MATLAB. Визначення максимуму функцій, а також їх апроксимація робилися за допомогою пакету програм Optimization Toolbox, що також входить до складу MATLAB.

ВИСНОВКИ

Характеристики гідроприводу є визначальними при виборі параметрів системи керування розпушувального агрегату.

Основним визначальним параметром є час запізнювання гідроприводу τ_3 , оскільки цей параметр впливає на характер залежностей показника ефективності як від

швидкості руху штока гідроприводу, так і від параметрів системи керування.

Швидкість руху штока гідроприводу визначає характер залежностей показника ефективності від параметрів системи керування.

Застосування вдосконаленої системи керування розпушувального агрегату дозволяє підвищити його продуктивності на 17...20% [10].

ЛІТЕРАТУРА

1. **Лівінський О.М., Єсипенко А.Д., Курок О.І., 2013.** Будівельна техніка. Підручник під ред. Лівінського О.М. Київ, КНУБА, Українська академія наук, МП Леся, 614.
2. **Toshov J.B., Shukurov M.K., 2014.** Questions modeling of dynamics of drilling tools on the bottom hole. Austrian Journal of Technical and Natural Sciences, "East West" Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH. Vienna, 1–2 (1), 116–122.
3. **Хмара Л.А., Кравець С.В., Нічке В.В., Назаров Л.В., Скоблюк М.П., Нікітін В.Г., 2010.** Машины для земляних робіт. Навчальний посібник під ред. Хмари Л.А. та Кравця С.В., Рівне – Дніпропетровськ – Харків, 557.
4. **Доценко А.И., Карасев Г.Н., Кустарев Г.В., Шестопалов К. К., 2012.** Машины для земельных работ. Учебник для студентов вузов. Москва, Издательский дом БАСТЕТ, 688.
5. **Road and Bridge Construction Equipment.** – Satya Narayan Shah: B.Sc. In Mechanical Engineering (India) MS in Manufacturing Engineering & Management (UK), January, 2012, 1, 112.
6. **Горбатюк Є.В. Шевченко Т.В., 2008.** Аналіз тенденцій розвитку розпушувачих агрегатів. Техніка будівництва, Вип. 21, 5–10.
7. **Pirmatov S.T., 2015.** Necessary conditions of summability of spectral expansion on eigenfunction of the operator laplace. European science review, "East West" Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH. Vienna. no. 5–6 (3), 29–32.
8. **Сівко В.Й., Кузьмінець М.П., 2009.** Прикладна механіка робочих процесів машин. Монографія, Київ, НТУ, 349.
9. **Сухарев Р.Ю., 2008.** Методика оптимізації параметрів системи управління положенням робочого органа цепного траншейного экскаватора. Омский научный вестник.

Серия Приборы, машины и технологии, 2(68), 61–64.

10. **Pelevin L., Gorbatyuk Ie, Zaichenko S., Shalenko V., 2017.** Developing a mathematical substantiation for the physical modelling of the soil-ripping equipment work process. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Vol.6, Nr.2(90), Information technology. Industry control systems, 52–60.
11. **Дьяконов В.П., 2010.** MATLAB R2006/2007/2008 + Simulink 5/6/7. Основы применения. Москва, СОЛОН-ПРЕСС, 800.
12. **Черных И.В., 2003.** Simulink: среда создания инженерных приложений. Москва, Диалог-МИФИ, 496.

REFERENCES

1. **Livinskij O.M., Esipenko A.D., Kurok O.I. Pelevin L.E., Smirnov V.M., Voljanjuk V.O., 2013.** Budivelna tehnika [Building technique]. Kyiv, KNUBA, Ukrainiska akademija nauk, MP Lesja Publ., 614. (in Ukrainian).
2. **Toshov J.B., Shukurov M.K., 2014.** Questions modeling of dynamics of drilling tools on the bottom hole. Austrian Journal of Technical and Natural Sciences, "East West" Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH. Vienna. Nr.1-2 (1), 116–122.
3. **Hmara L.A., Kravec S.V., Nichke V.V., Nazarov L.V., Skobljuk M.P., Nikitin V.G., 2010.** Mashini dlja zemljanih robit [Machines are for earthmovings]. Rivne-Dnipropetrovsk-Harkiv, 557. (in Ukrainian).
4. **Docenko A.I., Karasev G.N., Kustarev G.V., Shestopalov K.K., 2012.** Mashiny dlja zemelnyh rabot [Machines for the landed works]. Moscow, BASTET Publ., 688. (in Russian).
5. **Road and Bridge Construction Equipment, 2012.** Satya Narayan Shah: B.Sc. In Mechanical Engineering (India) MS in Manufacturing Engineering & Management (UK), January, Nr.1, 112.
6. **Gorbatjuk E.V., Shevchenko T.V., 2008.** Analiz tendencij rozvitku rozpushujuchih agregativ [Analysis of progress of loosening aggregates trends]. Tehnika budivnictva [Building technique], Nr.21, Kyiv, KNUBA, 5–10. (in Ukrainian).
7. **Pirmatov S.T., 2015.** Necessary conditions of summability of spectral expansion on eigenfunction of the operator laplace. European science review, "East West" Association for

- Advanced Studies and Higher Education GmbH. Vienna. no. 5–6 (3), 29–32.
8. **Sivko V.J., Kuzminec' M.P., 2009.** Prikladna mehanika robochih procesiv mashin [Applied mechanics of working processes of machines]. Kyiv, NTU, monograph, 349. (in Ukrainian).
 9. **Suharev R.Ju., 2008.** Metodika optimizacii parametrov sistemy upravlenija polozheniem rabocheho organa cepnogo transhejnogo jekskavatora [Methodology of optimization of parameters of control system by position of working organ of chain trench power-shovel]. Omskij nauchnyj vestnik. Serija: Pribory, mashiny i tehnologii [Omsk scientific announcer. Series: Devices, machines and technologies], Nr.2(68), Omsk, OmGTU Publ., 61–64. (in Russian).
 10. **Pelevin L., Gorbatyuk Ie, Zaichenko S., Shalenko V., 2017.** Developing a mathematical substantiation for the physical modelling of the soil-ripping equipment work process. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Vol.6, Nr.2(90), Information technology. Industry control systems, 52–60.
 11. **Djakonov V.P., 2010.** MATLAB R2006/2007/2008 + Simulink 5/6/7. Osnovy primenenija [MATLAB R2006/2007/2008 + Simulink 5/6/7. Bases of application]. – Moscow, SOLON-PRESS, 800.
 12. **Chernyh I.V. Pod. obshh. red. V.G. Potemkina., 2003.** Simulink: sreda sozdanija inzhenernyh prilozhenij [Simulink. Environment of creation of engineering applications]. Moscow, Dialog-MIFI, 496.

Methodology of choice of basic parameters of control system of soil-ripping aggregate

*Leonid Pelevin, Ievgenii Gorbatyuk,
Olexander Terentyev, Volodymer Voliyanuk,
Dmytro Mischuk*

Abstract. Modern building it is impossible without a modern earth-moving technique able to develop strong and frozen soils. Considering on that strong and frozen soils have an increase durability, their development is impossible earthmovers without previous treatment of sent to the decline of resistance of soil for his further development.

The most effective method of destruction of strong and frozen soils from the point of view of the productivity of machines and prime price of development of soil is the horizontal layer loosening by hanging scarifiers on the base of powerful tractors. One of ways of increase of efficiency of burster aggregate there is an improvement of his control system, that partly or fully eliminates a man-operator from the contours of management of internal combustion engines and by position of working organ.

Descriptions of hydraulic drive are qualificatory at the choice of parameters of control system of burster aggregate. A basic qualificatory parameter is time of delay of гідроприводу, as this parameter influences on character of dependences of index of efficiency both from the rate of movement to piston rod of hydraulic drive and from the parameters of control system.

The basic task of work is an analysis of influence of parameters of hydraulic drive and control system on efficiency of work of burster aggregate and stowage of methodology of choice of basic parameters of control system by a burster aggregate.

The aim of work is an increase of efficiency of burster aggregate by the improvement of his control system.

Application of improved control system of burster aggregate allows to promote його efficiency on 17...20%.

Key words: soil-ripping aggregate, control system, rational parameter, flow-chart.