

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МАШИН З АБРАЗИВНИМ ІНСТРУМЕНТОМ

Юрій Абрашкевич, Григорій Мачишин, Олена Човнюк, Тетяна Щербина

Київський національний університет будівництва і архітектури,
03680, Повітрофлотський просп. 31, Київ, Україна,
e-mail: abrashkevich@voliacable.com, ma4chin@ukr.net, e23@ukr.net, stfbm12@gmail.com

IMPROVING EFFICIENCY MACHINE WITH ABRASIVE TOOLS

Yuri Abrashkevych, Grygory Machyshyn, Elena Chovnyuk, Tetiana Shcherbyna

Kyiv National University of Construction and Architecture,
03680, Povitroflotskyu prosp., 31, Kyiv, Ukraine,
e-mail: abrashkevich@voliacable.com, ma4chin@ukr.net, e23@ukr.net, stfbm12@gmail.com

АННОТАЦІЯ. У роботі проведено дослідження, яке дозволяє спроектувати переносну відрізну машину з абразивним робочим органом та раціональним кутом встановлення металопрокату, що розрізається, відносно осі різання за рахунок затискного пристрою, що забезпечує збільшення терміну служби абразивного круга.

Ключові слова: абразивний армований круг, затискний пристрій, металопрокат, переносна машина.

АННОТАЦИЯ. В работе проведено исследование, которое позволяет спроектировать переносную отрезную машину с абразивным рабочим органом и рациональным углом установки разрезаемого металлопроката относительно оси резки за счет зажимного устройства, обеспечивающего увеличение срока службы абразивного круга.

Ключевые слова: абразивный армированный круг, зажимное устройство, металлопрокат, переносная машина.

ABSTRACT. Purpose. To design a portable machine with an abrasive working body angles and rational installation of metal, which is cut. **Methodology/approach.** Theoretical dependences allow to design effective portable machine for cutting metal. **Findings.** Results of the study can be used not only in the educational process and the manufacture of portable machines. **Research limitations/implications.** The results of research can increase the life of the abrasive wheel by reducing the length of the arc of contact that will reduce the number of used discs.. **Originality/value.** According to research in the design of new portable machine should consider setting angle of rolled metal for the shortest arc contact.

Key words: reinforced abrasive wheel, the clamping device, metal assortment, portable machine.

ВСТУП

На будівельно-монтажних роботах механічне різання металу виконується на виробничих базах і монтажних ділянках. В залежності від умов експлуатації до машин для різання діють різні вимоги. На виробничих базах можуть застосовуватись машини зі значною потужністю приводу і масою, а на монтажній ділянці, коли різання у багатьох випадках виконують в обмежених умовах, до машин крім вимог за продуктивністю, енергоємністю, зручністю у роботі пред'являють жорсткі вимоги за масою та габаритними розмірами.

Механічне різання виконується труборізами з різцевими інструментами, дисковими та стрічковими пилами. Труборізи з різцевими інструментами різних типороз-

мірів застосовують для різання труб діаметром до 510 мм та знаття фасок. Вони мають порівняно невисоку продуктивність внаслідок недостатньої жорсткості конструкції та неможливості використовувати охолоджуючу рідину. Різцевими труборізами неможливо обробляти тонкостінні труби, тому що при їх закріпленні відбувається деформація стінок труби. Різцевий інструмент труборізів потребує кваліфікованої заточки, що в монтажних умовах майже неможливо [1].

Машини з ножовими полотнами для роботи в стаціонарних умовах малопродуктивні та мають високі енергетичні показники із-за витрат на тертя при зворотному холостому ході, термін служби ножових полотен малий. Крім того, вони мають відносно великі габарити та масу.

Аналіз вітчизняного та закордонного досвіду показує, що з механічних способів різання найбільш продуктивним є абразивний. Перевага цього різання особливо очевидна в міру збільшення легованих домішок в розрізуваному матеріалі. Загальні витрати на різання високолегованих сталей дисковими пилами в 4,5 рази більші, ніж при абразивному різанні. Абразивне різання кругом діаметром 500 мм – найбільш продуктивний та економічний спосіб різання вуглецевих, легованих і високолегованих сталей.

Різання абразивними армованими кругами, яке забезпечує велику продуктивність, чистоту поверхні, незмінність структури розрізуваного матеріалу, не потребує додаткової обробки та має суттєві переваги порівняно з вогневим та іншими механічними способами.

Різання ручними машинами доцільно використовувати тільки у тому випадку, коли розрізуваний виріб неможливо або недоцільно встановлювати на маятникову пилу.

Різання труб і металопрокату на виробничих базах та монтажних площадках виконується за допомогою маятникових пил, робочим органом в яких є абразивні армовані круги діаметром 300, 400 та 500 мм. Затискні пристрої таких машин не дозволяють забезпечити ефективні способи різання, які мінімізують вплив теплових процесів і, відповідно, збільшити зносостійкість абразивного круга. Крім того, такі машини мають велику масу [2, 3, 5].

МЕТА РОБОТИ

Мета роботи – визначення основних параметрів, що впливають на енергоємність різання та збільшення терміну роботи абразивних армованих кругів як робочих органів переносних відрізних машин.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

На будівельно-монтажних роботах абразивне різання труб і металопрокату здійснюється

ручними машинами та маятниковими пилами, маючих порівняно невеликі потужність приводу та вагу. Ефективність різання у значному ступені залежить від взаємного розташування круга та розрізуваного виробу. Найбільшого розповсюдження отримали схеми різання, реалізовані на маятникових пилах і різних пристосуваннях до шліфувальних машин, в яких круг за один прохід розрізає всі перерізи оброблюваного виробу, тобто максимальна глибина різання залежить від його діаметра. Так, круг з розміром 500x5x32 мм можливо використовувати для різання труб із зовнішнім діаметром до 159мм. Трубу більшого діаметра можливо розрізати шляхом обертання шліфувальної машини з кругом навколо труби або при нерухомій машині – провертаннім труби навколо своєї осі. Однак цей спосіб різання широкого розповсюдження не отримав.

Робота абразивного круга розглядається як процес тертя та зношення двох тіл – круга та розрізуваного матеріалу. Зношення круга відбувається у результаті механічних, теплових та хімічних процесів в зоні різання. Визначити енергію, витрачену на кожний із цих процесів окремо, неможливо, тому приймаємо, що тангенціальна складова зусилля різання у розрахунковій схемі сил (рис. 1) враховує ці процеси у цілому, при цьому увага акцентована на різанні абразивними зернами [6, 7].

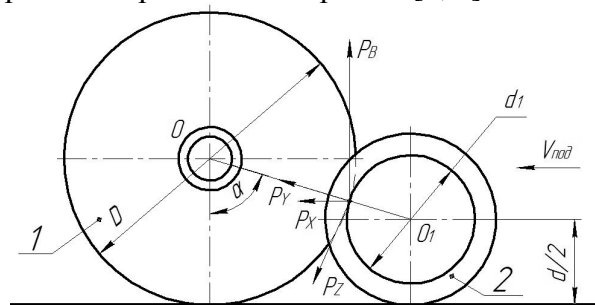


Рис.1. Схема зусиль, діючих на абразивний армований круг: 1 – круг, 2 – труба

Fig.1. Circuit current efforts to reinforced abrasive wheel: 1 – round, 2 – pipe

У відповідності з викладеним прийнято, що точки прикладених результуючих сил, утворених у процесі різання, розташовані

на внутрішній поверхні стінки труби на лінії, що з'єднує центр круга та розрізувану трубу.

Із рис. 1:

$$\cos \alpha = \frac{D-d}{D+d_1}; \quad (1)$$

$$\alpha = \arccos\left(\frac{D-d}{D+d_1}\right); \quad (2)$$

$$P_y = P_y \cos \alpha - P_z \sin \alpha; \quad (3)$$

$$P_x = P_y \sin \alpha + P_z \cos \alpha. \quad (4)$$

Із рівнянь (3) та (4) маємо

$$P_y = P_y \cos \alpha - P_x \sin \alpha; \quad (5)$$

$$P_z = P_x \cos \alpha + P_y \sin \alpha; \quad (6)$$

де P_y – вертикальна складова зусилля різання, H ; P_x – нормальна складова зусилля різання, H ; P_z – тангенціальна складова зусилля різання, H ; P_x – горизонтальна складова зусилля різання, H ; α – кут, що визначає точку прикладення результуючих зусиль різання, $град$; D – діаметр круга, $мм$; d – зовнішній діаметр труби, $мм$; d_1 – внутрішній діаметр труби, $мм$.

У процесі досліджень встановлено, що відношення тангенціальних зусиль до нормальних залежить від коефіцієнта тертя та складає

$$\frac{P_z}{P_y} \approx 0,35. \quad (7)$$

Потужність, що витрачається на різання, визначається за формулою

$$N = \frac{P_z \cdot V_g}{1000}, \quad (8)$$

де V_g – колова швидкість різання, $м/с$.

Потужність приводу маятникових пил

$$N_d = \frac{M_n}{9750000 \cdot \eta} = \frac{P_z \cdot \frac{D}{2} \cdot n}{9750000 \cdot \eta}, \quad (9)$$

де D – діаметр круга, $мм$; n – частота обертання круга, $об/хв$; M_n – обертальний момент шпинделя, $Н \cdot м$; η – коефіцієнт корисної дії машини, $\eta = 0,95$.

Зусилля на рукоятці (рис. 2) визначається за формулою

$$Q = \frac{P_z \cdot l_4 + P_y \cdot l_3 + 0,1 \cdot Q_m \cdot \cos \alpha_1 \cdot l_2}{l_1}, \quad (10)$$

де Q_m – маса електродвигуна, $кг$; α_1 – кут нахилу маятника, $град$; l_1 – відстань від точки прикладення навантаження на рукоятці до точки закріплення маятника, $м$; l_2 – відстань від точки закріплення двигуна до точки закріплення маятника, $м$; l_3 – відстань від центра круга до точки закріплення маятника, $м$; l_4 – відстань від центра круга до точки торкання круга з матеріалом, що розрізається, $м$.

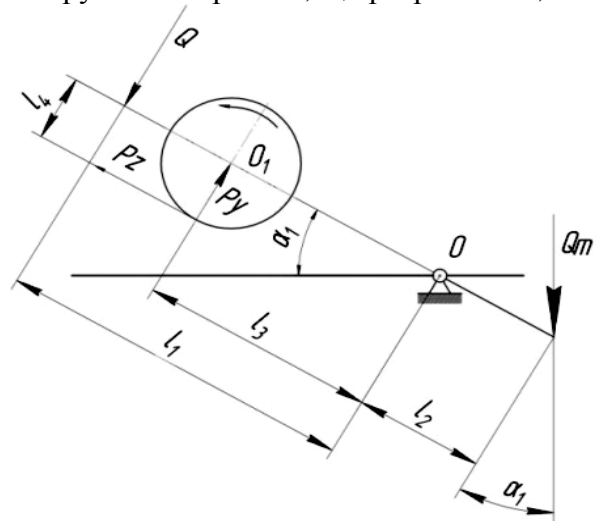


Рис. 2. Розрахункова схема для визначення зусиль на рукоятці маяткової пили

Fig. 2. Diagram for determining the effort to handle circular saws

Враховуючи, що сила ваги електродвигуна повинна бути зрівноважена силою тяжіння $Q_m \cdot \cos \alpha_1 \cdot l_2 = 0$, зусилля на рукоятці машини буде наступним

$$Q = \frac{P_z \cdot l_4 + P_y \cdot l_3}{l_1}. \quad (11)$$

Максимальне зусилля повинне бути не більшим за $85H$. Більше зусилля призведе до швидкої втомленості оператора.

В результаті розрахунків отримано основні технічні характеристики для проектування переносної машини для різання металопрокату абразивними кругами: $V_b = 80 м/с$; $V_p = 1,3 \cdot 10^{-2} м/с$; $P_y = 180H$;

$P_z = 65H$; $\alpha_1 = 60^\circ$; $P_g = 3371H$; $P_x = 188H$;
 $N_o = 5,4кВт$.

З врахуванням пускового ходу вибирається двигун з більшою потужністю $N_o = 7,5кВт$

Зусилля на рукоятці дорівнює $75H$, що менше за $85H$.

Наведених залежностей достатньо для розрахунків та проектування звичайної переносної машини для різання металопрокату за один прохід – коли вісь металопрокату, що розрізається, співпадає з віссю круга.

Ефективна потужність привідної машини визначається за формулою

$$N_{ef} = q_i^0 \frac{n_3}{2\pi R} l_k, \quad (12)$$

де $q_i^0 = \frac{A_0}{\tau} \cdot \frac{n_3}{2\pi R} l_k$ – потужність, що витрачається при роботі одиничним зерном; n_3 – кількість абразивних зерен на різальній кромці круга; A_0 – енергія, що витрачається на різання; τ – час різання; R – радіус круга; l_k – довжина дуги контакту абразивного круга з металопрокатом.

З цієї формули видно, що на ефективність різання впливають два фактори, а саме l_k – довжина дуги контакту круга з металопрокатом та q_i^0 – потужність, що витрачається при роботі одиничним зерном. Довжина дуги контакту l_k (табл. 1) залежить від поперечного перерізу металопрокату, що розрізається, та кута α_3 , на який зміщено деталь, яку розрізають, відносно вертикальної осі різання [4].

Для труб різного діаметру було визначено раціональний кут α_3 (табл. 2).

Спроекована переносна машина для різання металопрокату абразивними армованими кругами становить відрізний агрегат шарнірно–коромислового типу (рис. 3).

Основні вузли машини: станина 1, стіл поворотний 2, шарнірно роликівий механізм 3, плита станини верхня 5, затискний механізм 17 (пневмотиски), підшипник 4, шестерня 7 та гальмівний пристрій 6.

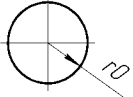
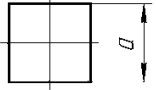
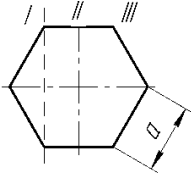


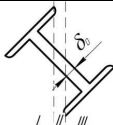
Станина 1 машини – об’ємна зварна конструкція із кутників, з фундаментами та майданчиками для закріплення та переміщення функціональних вузлів і деталей машини. Стіл поворотний 2 – плоска зварна конструкція з зубчастим сектором 9 і шкалою, опорним вузлом повороту, гальма 6 та опорними роликами 10. Поворотний стіл розташований під верхньою плитою станини. Поворот стола на необхідний кут виконується за допомогою маховика 11 шестернею 7, встановленими на валу підшипника 4. Шестерня 7 взаємодіє із зубчастим сектором 9, прикріпленим під плитою поворотного стола 2. На зубчастий сектор 9 нанесена шкала (в градусах), по якій за допомогою нерухої стрілки встановлюється кут повороту стола, що відповідає куту різання. Для фіксації стола після повороту його на необхідний кут служить гальмовий пристрій 6 фрикційного типу (гальмо), керований маховиком 8. Навантажена частина поворотного стола опирається на опорні ролики 10, які при повороті стола 2 рухаються по доріжці станини 1.

Шарнірно–коромисловий механізм становить важіль першого роду, який шарнірно закріплений у кронштейнах 12, що встановлений на поворотному столі. На кінці одного плеча важеля встановлено електродвигун 13, який також використовується як противага для повернення коромисла у вихідне положення після виконання операції різання. На кінці другого плеча важеля встановлено привідна головка 14, на вісь якої встановлюється відрізний круг 15. До корпусу головки закріплена рукоятка 16 для подачі відрізного круга на розрізувану трубу.

Затискний механізм 17 – пневмоциліндр, встановлений на кронштейн, який прикріплюється до верхньої плити станини з можливістю руху вздовж шарнірно-коромислового механізму для забезпечення кута $\alpha = 60^\circ$. Труба встановлюється на нерухому призму 18, закріплену на верхній плиті, та затискається рухомою призмою 19, закріпленою на штоці пневмоциліндра. Затискний пристрій керується розподільним клапаном 20.

Таблиця 1. Довжина дуги контакту абразивного круга з металопродуктом

Table 1. The length of the arc of contact of the abrasive disk of metal products

Схеми різання	Залежність, що описує довжину дуги контакту
	$l_k = 2R \arccos \left[1 - \frac{2r_0 h_0 - h_0^2}{2R(R + r_0 - h_0)} \right]$
	$l_k = 2R \arccos \frac{a}{2R}$
	$l_{k1} = 2R \arccos \frac{h\sqrt{3}}{R},$ $l_{k2}^{\max} = 2R \arccos \frac{a\sqrt{3}}{2R},$ $l_{k3} = 2R \arccos \frac{2a - h}{R}$
	$l_k = \delta_0 \sqrt{2}$
	$l_{k1} = 2\delta_0 \sqrt{2}, l_{k2} = l_{k2} = \delta_0 \sqrt{2}$
	$l_{k1} = 2\delta_0 \sqrt{2}, l_{k2} = \delta_0 \sqrt{2}$

h_0 - глибина різання

Таблиця 2. Значення кута α_3
Table 2. The angle α_3

Умовний діаметр труби, мм	Початковий діаметр круга, мм	Діаметр зношеного круга, мм	α_3^{\max} , рад	α_3^{\min} , рад
150	500	440	0,54	0,49
125	500	385	0,64	0,51
100	500	335	0,69	0,54
80	500	295	0,77	0,57
125	400	385	0,52	0,51
100	400	335	0,61	0,54
80	400	295	0,69	0,57
70	400	270	0,75	0,60
50	400	234	0,85	0,66
70	300	270	0,64	0,60
50	300	235	0,75	0,66

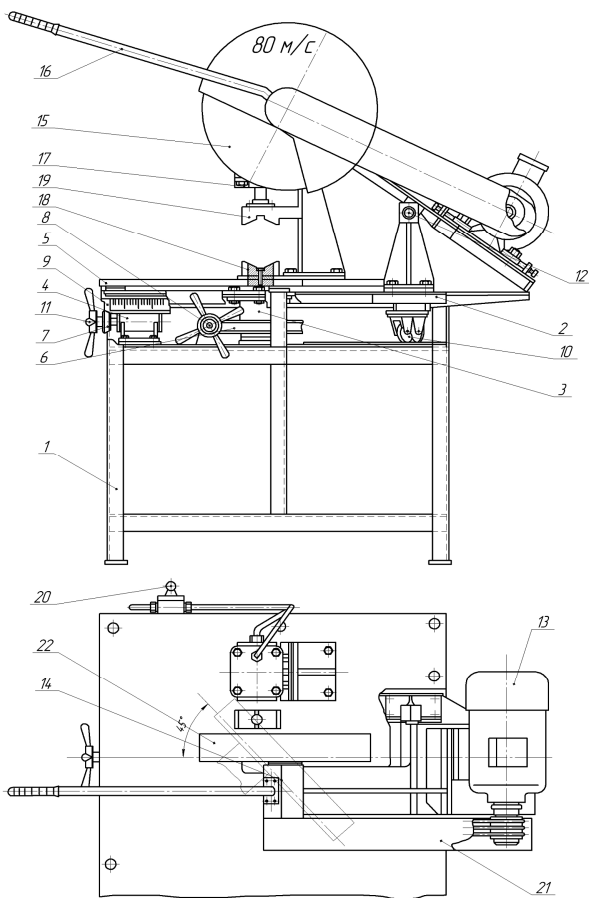


Рис. 3. Переносна машина для різання металопрокату

Fig. 3. Portable machine for cutting metal assortment

Обертальний момент від електродвигуна 13 до привідної головки передається трьома пасами. Абразивний круг та пасова передача захищені кожухами 21 та 22.

Різнання труб виконується шляхом натиснення на рукоятку 16.

ВИСНОВОКИ

При проектуванні нових або переоснащенні вже існуючих переносних машин для різання абразивними армованими кругами необхідно враховувати кут α_3 встановлення металопрокату відносно вертикальної осі абразивного відрізного круга, що дозволить отримати найменшу довжи-

ну дуги контакту l_k круга з металопрокатом. Це забезпечить економію абразивних армованих кругів на ремонтних площадках та монтажних дільницях.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Абрашкевич Ю.Д.* Механізація трудомістких процесів / Ю.Д. Абрашкевич, В.М. Смірнов, Л.Є. Пелевін, В.П. Рашківський. – Київ: КНУБА. – 2006. – 180 с.
2. *Абрашкевич Ю.Д.* Вплив армування на безпеку експлуатації абразивних кругів / Ю. Д. Абрашкевич, Г. М. Мачишин, В. П. Тишковець. // Всеукраїнський збірник наукових праць. Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – Київ, 2015. – №86. – С. 54 – 59.
3. *Абрашкевич Ю.Д.* Експлуатація абразивних армованих кругів / Ю. Д. Абрашкевич, Л. Е. Пелевін, Г. Н. Мачишин. // Монтажные и специальные работы в строительстве. Ежемесячный научно-технический и производственный журнал. – 2016. – №4. – С. 30 – 32.
4. *Абрашкевич Ю.Д.* Кінематичні та силові параметри машин з абразивними армованими кругами / Ю.Д. Абрашкевич, Л.Є. Пелевін, В.П. Рашківський, Д.А. Соловей. // Всеукраїнський збірник наукових праць. Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – Київ, 2011. – №78. – С. 59 – 65.
5. *Добровольський О.* Абразивна зносостійкість аустенітних сталей в умовах зношування закріпленим абразивом / О. Добровольський, В. Косенко // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. — Київ, 2015. – №85. – С. 73-78.
6. *Абрашкевич Ю.* Вплив теплових процесів на роботоздатність відрізнних інструментів / Ю. Абрашкевич, А. Поліщук // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – Київ, 2013. – № 81. – С. 37-42.
7. *Абрашкевич Ю.* Силові параметри машин з абразивним інструментом / Ю. Абрашкевич, В. Рашківський, А. Поліщук, О. Човнюк // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – Київ, 2015. – № 85. – С. 67-71.

REFERENCES

1. *Abrashkevich Ju.D., Smirnov V.M., Pelevin L.E., Rashkivs'kij V.P., 2006.* Mehanizacija trudomistkih procesiv [Mechanization of labor-intensive processes]. Kyiv, KNUCA, 180. – (in Ukrainian).
2. *Abrashkevich Ju.D., Machishin G.M., Tishkovec V.P., 2015.* Vpliv armuvannja na bezpeku ekspluatacii abrazivnih krugiv [The impact on reinforcing safety of abrasive wheels]. *Girnichy, budivel'ni, dorozhni ta meliorativni mashini* [Mining, constructional, road and melioration machines], No.86, 54-59. – (in Ukrainian).
3. *Abrashkevich Ju.D., Pelevin L.E., Machishin G.N., 2016.* Jekspluatacija abrazivnyh armirovannyh krugov [Operation reinforced abrasive wheels]. *Montazhnye i special'nye raboty v stroitel'stve. Ezhemesjachnyj nauchno-tehnicheskij i proizvodstvennyj zhurnal* [Assembly and special works in construction. Monthly scientific-technical and production journal], No.4, 30-32. – (in Russian).
4. *Abrashkevich Ju.D., Pelevin L.E., Rashkivs'kij V.P., Solovej D.A., 2011.* Kinematichni ta silovi parametri mashin z abrazivnimi armovanymi krugami [Kinematical and power parameters of vehicles with reinforced abrasive circles]. *Girnichy, budivel'ni, dorozhni ta meliorativni mashini* [Mining, construction, road and melioration machines], No.78, 59-65. – (in Ukrainian).
5. *Dobrovol'skij O., Kosenko V., 2015.* Abrazivna znosostijkist' austenitnih stalej v umovah znosuvannja zakriplenim abrazivom / O. Dobrovol'skij [Abrasive wear resistance under austenitic steels are fixed abrasive wear]. *Girnichy, budivel'ni, dorozhni ta meliorativni mashini* [Mining, constructional, road and melioration machines], No.85, 73-78. – (in Ukrainian).
6. *Abrashkevych Y., Polishchuk A., 2013.* [Effect of thermal processes on workability detachable tools]. *Girnichy, budivel'ni, dorozhni ta meliorativni mashiny* [Mining, constructional, road and melioration machines], No.81, 37-42. – (in Ukrainian).
7. *Abrashkevich Ju., Rashkivs'kij V., Polishhuk A., Chovnjuk O., 2015.* Silovi parametri mashin z abrazivnim instrumentom [Power of the machine's abrasive tool]. *Girnichy, budivel'ni, dorozhni ta meliorativni mashini* [Mining, constructional, road and melioration machines], No.85, 67-71. – (in Ukrainian).