

## ЭНЕРГОЁМКОСТЬ УБОРКИ НАВОЗА УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ СКРЕПЕРНОЙ УСТАНОВКОЙ

*Геннадий Голуб<sup>1</sup>, Виктор Теслюк<sup>1</sup>, Василий Хмельёвский<sup>1</sup>, Николай Икальчик<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины  
Украина, г. Киев, ул. Героев Обороны, 15*

<sup>2</sup>*ОП НУБиП Украины "Нежинский агротехнический институт"  
Украина, г. Нежин, ул. Шевченко, 10*

*Gennady Golub<sup>1</sup>, Viktor Teslyuk<sup>1</sup>, Vasily Chmielewski<sup>1</sup>, Nikolay Ikalchik<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine  
Str. Heroiv Oborony, 15, Kiev, Ukraine*

<sup>2</sup>*OI NULES of Ukraine "Nyzyn Agrotechnical Institute"  
Str. Shevchenko, 10, Nyzyn, Ukraine*

**Аннотация.** Приведены зависимости и графики влияния параметров усовершенствованной скреперной установки на ее удельную энергоёмкость.

**Ключевые слова:** скреперная установка, навоз, канал, энергоёмкость, угол раскрытия, угол наклона, скорость.

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Своевременное удаление навоза из животноводческих помещений [1] и эффективное его использование [2] – одна из важных народнохозяйственных проблем. При беспривязном боксовом содержании КРС навоз убирают скреперными установками [3–5]. Снижение энергозатрат скреперной установкой возможно при детальном исследовании особенностей взаимодействия скрепера с навозом.

### АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В 1980 году А.А. Шувалов, в своей диссертационной работе [6], исследовал зону разворота скребков дельта-скреперной установки, и нашел оптимальное распределение массы скребков по их длине. Также он впервые использовал кривошипно-шатунный механизм, соединяющий скребки между собой и с тяговым элементом. Исследуя механизм раскрытия скребков штанговых конвейеров Колде О.Ф. установил, что продолжительность разворота скребка на холостом ходе зависит от исходного угла установки скребка [7]. В 2010 году были проведены

государственные приемочные испытания скреперных установок для уборки навоза УС–80, УС–100 и УС–120 в УкрНИИПИТ им. Л. Погорелого [8]. А.Ф. Жук, исследовал влияние изменения параметров клина на энергозатраты почвообрабатывающих машин [9]. Было установлено, что использование обтекаемых форм рабочих элементов почвообрабатывающих орудий предотвращает появление зон с грунтовым наростом, и приводит к уменьшению тягового сопротивления рабочего органа. Нами был проведен расчет наклонной поверхности скребка навозоуборочной установки [10]. Получены уравнения и построены кривые ортогонального сечения цилиндрической поверхности, по которой двигается частичка навоза под действием сил подпора. Кривая сечения рассчитана из условия, что при постоянной скорости частички ее давление на поверхность тоже есть постоянным. В результате этого уменьшаются энергозатраты на уборку навоза. Для подтверждения теоретических расчетов нужно провести экспериментальные исследования влияния параметров усовершенствованной скреперной установки на ее удельную энергоёмкость.

### ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЙ

Определить зависимость удельной энергоёмкости процесса уборки навоза усовершенствованной скреперной установкой от угла раскрытия скрепера, угла наклона скребков и скорости движения скрепера.

# ЭНЕРГОЁМКОСТЬ УБОРКИ НАВОЗА УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ СКРЕПЕРНОЙ УСТАНОВКОЙ

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для установления взаимосвязи влияния угла раскрытия скрепера  $\gamma$  (град.), угла наклона скребков скрепера  $\varepsilon$  (град.) и скорости движения скрепера  $V_{СК}$  (м/с) на удельную энергоёмкость усовершенствованной скреперной установки  $E_n$  (кВт ч./т) были проведены эксперименты по плану Бокса-Бенкина [11–14]. При этом неизменными были размеры навозного канала и объем убранного навоза.

По результатам многофакторных экспериментов была получена математическая модель – уравнение регрессии в виде полиномов второго порядка.

Анализ зависимостей (рис. 1) показывает, что с изменением угла раскрытия скрепера  $\gamma$  от  $70^\circ$  до  $170^\circ$  удельная энергоёмкость  $E_n$  остается практически неизменной и равняется  $0,59$  кВт ч./т для соответствующих значений угла наклона скребков  $30^\circ$  и  $90^\circ$  и  $0,46$  кВт ч./т для угла наклона скребков  $60^\circ$ , что указывает на нецелесообразность в дальнейшем учете влияния данного фактора при оценке удельной энергоёмкости уборки навоза.

Установлено (рис. 2), что с увеличением угла наклона скребков скрепера  $\gamma$  от  $30^\circ$  до  $90^\circ$  удельная энергоёмкость  $E_n$  меняется за параболической функцией, которая имеет оптимум – минимальное значение удельной энергоёмкости в диапазоне угла наклона скребков скрепера от  $55^\circ$  до  $65^\circ$  и составляет  $0,46$  кВт ч./т для всех значений угла раскрытия скрепера, а именно  $70^\circ$ ;  $170^\circ$  и  $120^\circ$ .

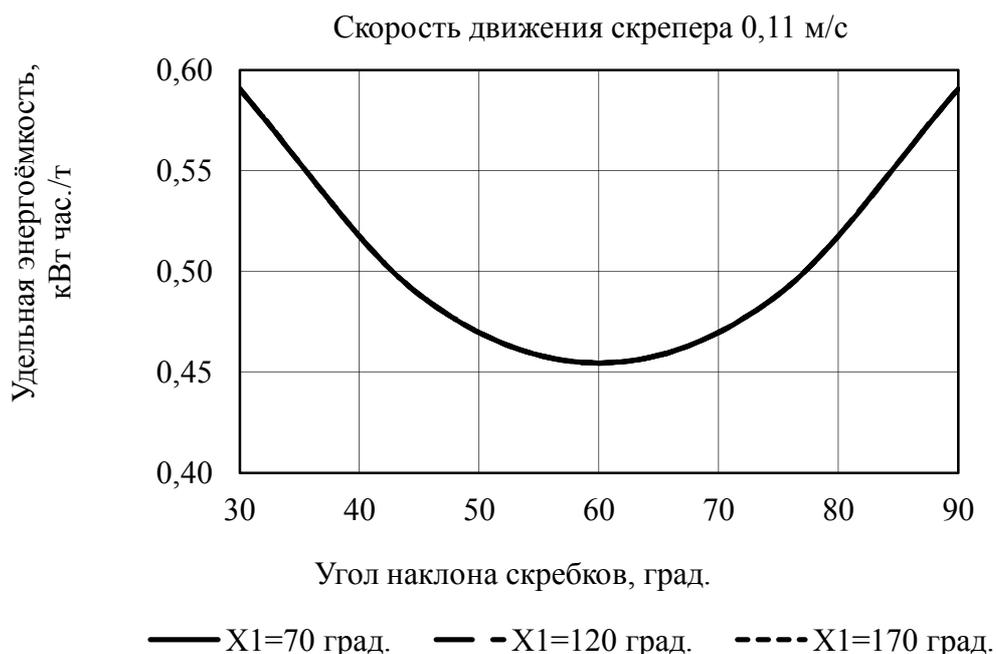
При углу наклона скребков  $30^\circ$  на поверхности передних стенок скребков будет наползать большое количество навоза и прижимать скребки до дна навозного канала с избыточным усилием. При углу наклона скребков от  $55^\circ$  до  $65^\circ$  пласт навоза будет подрезаться клинообразной формой скребков и на поверхность скребков будет наползать такое количество навоза, которое обеспечит оптимальное прижимание скребков до дна навозного канала.

При углу наклона скребков  $90^\circ$ , на скребки навоз не будет наползать, а отсутствие клина на передней стенке скребка приведет к тому что навоз будет не подрезаться, а отрываться от дна навозного канала, при этом будет возникать необходимость в большей мощности для перемещения скрепера.



**Рис. 1.** Зависимость удельной энергоёмкости усовершенствованной скреперной установки от угла раскрытия скрепера

**Fig. 1.** Dependence of the specific energy intensity of improved scraper system from the opening angle of the scraper



**Рис. 2.** Зависимость удельной энергоёмкости усовершенствованной скреперной установки от угла наклона скребков.

**Fig. 2.** Dependence of the specific energy intensity of improved scraper system from the angle of inclination of the scraper

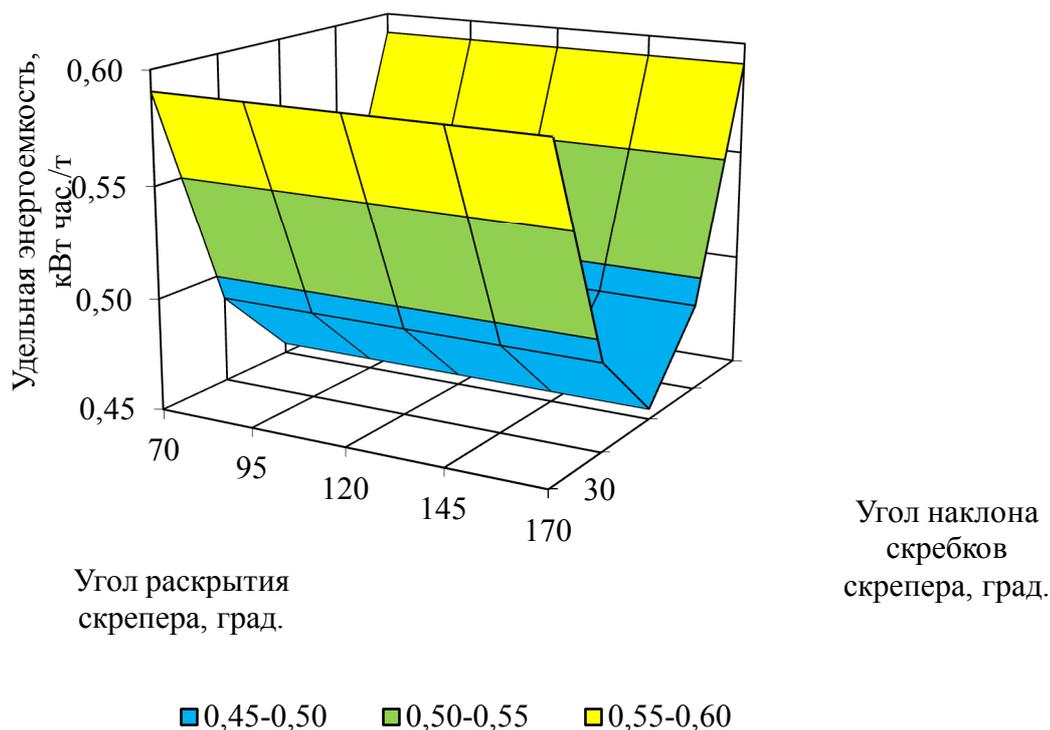
Анализ взаимного влияния угла раскрытия и угла наклона скребков скрепера (рис. 3) показал, что минимальное значение удельной энергоёмкости усовершенствованной скреперной установки равняется 0,46 кВт ч./т для соответствующего угла наклона скребков скрепера в диапазоне от 55° до 65°, при этом угол раскрытия скрепера на удельную энергоёмкость установки влияния не имеет. Анализ зависимостей (рис. 4) показывает, что с увеличением скорости движения скрепера  $V_{СК}$  от 0,04 м/с до 0,18 м/с удельная энергоёмкость  $E_n$  меняется за параболической функцией, которая имеет оптимум - минимальное значение удельной энергоёмкости в диапазоне скоростей 0,13...0,15 м/с составляет 0,4 кВт ч./т для угла раскрытия скрепера 70°, 120° и 170°. Это объясняется тем, что с увеличением скорости возрастает производительность, а ведь удельная энергоёмкость соответственно уменьшается, но при достижении скорости 0,15 м/с удельная энергоёмкость начинает возрастать за счет того что, с увеличением скорости в данном диапазоне интенсивность роста потребляемой мощно-

сти преобладает над интенсивностью роста скорости.

Анализ взаимного влияния скорости движения и угла раскрытия скрепера (рис. 5) показал, что минимальное значение удельной энергоёмкости усовершенствованной скреперной установки равняется 0,4 кВт ч./т для соответствующей скорости движения скрепера в диапазоне от 0,13 м/с до 0,15 м/с, при этом угол раскрытия скрепера на удельную энергоёмкость установки влияния не имеет.

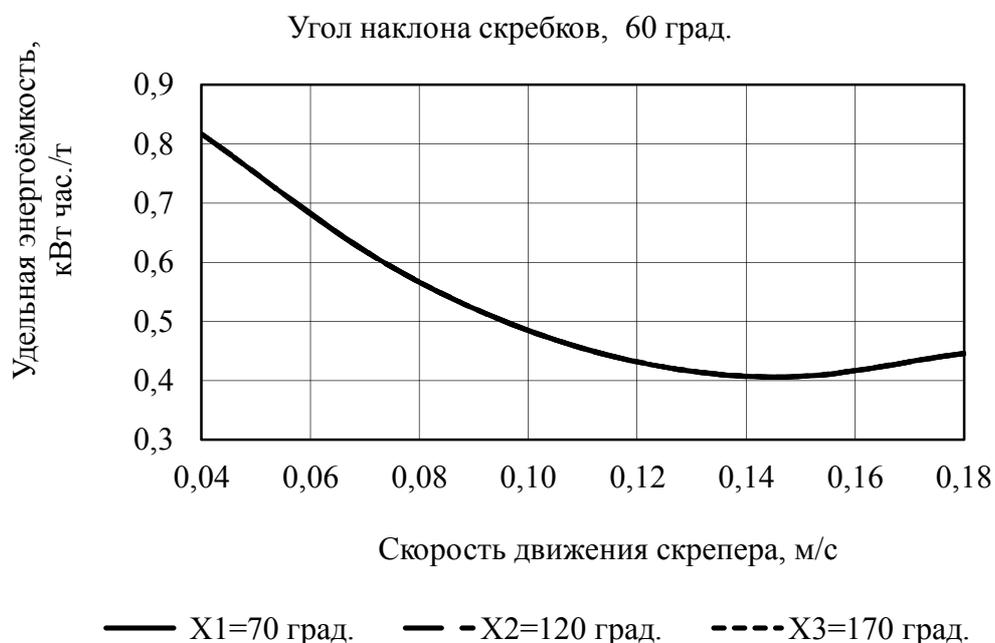
Анализ зависимостей (рис. 6) показывает, что с увеличением угла наклона скребков скрепера  $\gamma$  удельная энергоёмкость  $E_n$  будет изменяться за параболической функцией, которая имеет оптимум - минимальные показатели удельной энергоёмкости при углах наклона скребков скрепера 50°; 60° и 70° и имеет значение соответственно 0,44; 0,48 и 0,8 кВт ч./т для скоростей 0,04; 0,11 и 0,18 м/с. Потому что при углу наклона скребков в 30° на поверхность передней стенки скребка будет наползать большое количество навоза и прижимать скребок до дна навозного канала с избыточным усилием.

## ЭНЕРГОЁМКОСТЬ УБОРКИ НАВОЗА УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ СКРЕПЕРНОЙ УСТАНОВКОЙ



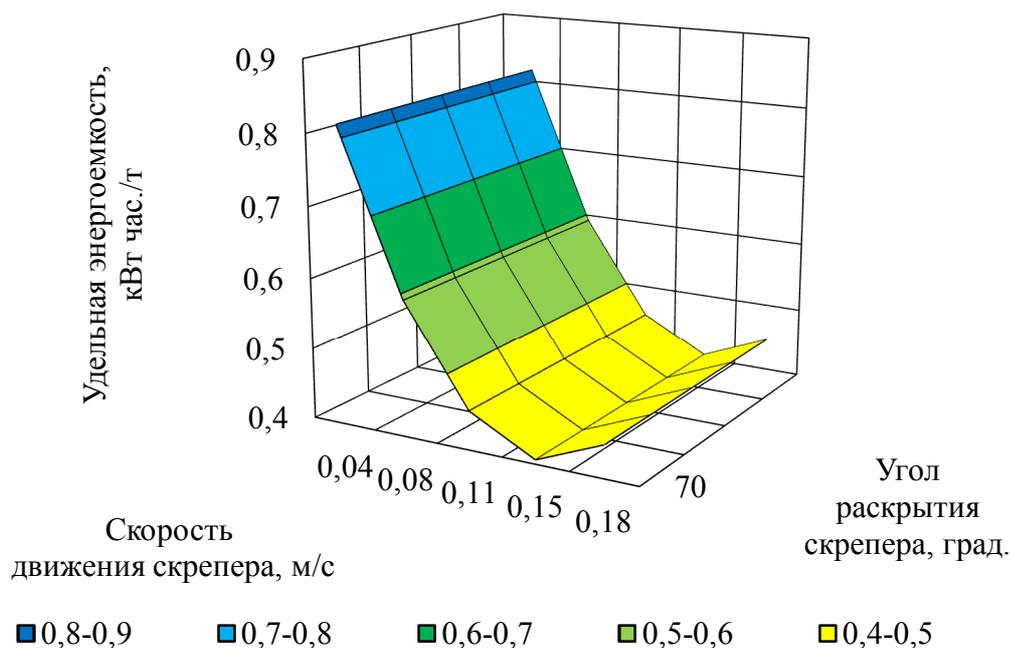
**Рис. 3.** Зависимость удельной энергоёмкости усовершенствованной скреперной установки от угла раскрытия и угла наклона скребков

**Fig. 3.** Dependence of the specific energy intensity of improved scraper system from the opening angle and inclination angle of scrapers



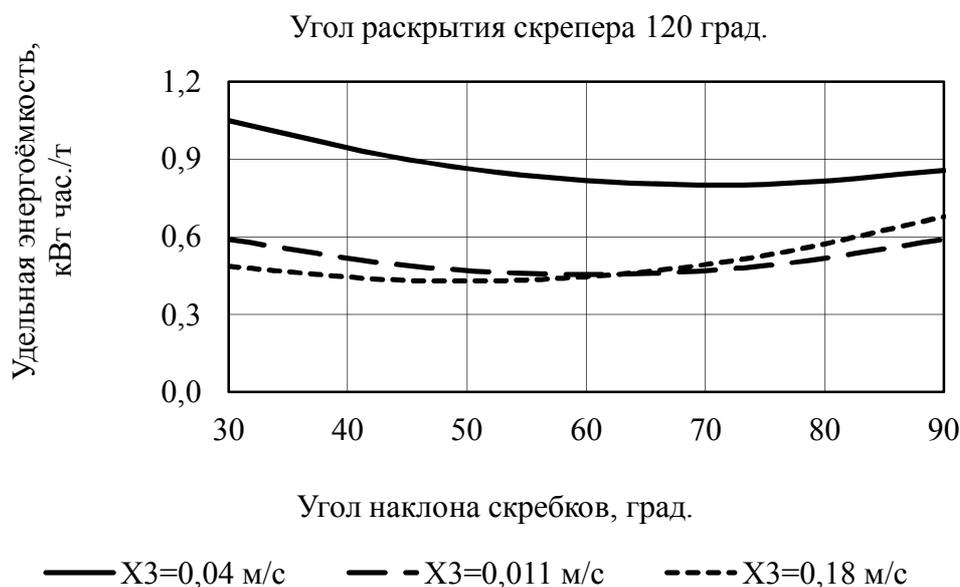
**Рис. 4.** Зависимость удельной энергоёмкости усовершенствованной скреперной установки от скорости движения скрепера

**Fig. 4.** Dependence of the specific energy intensity of improved scraper system from speed of the scraper



**Рис. 5.** Зависимость удельной энергоёмкости усовершенствованной скреперной установки от скорости движения и угла раскрытия скрепера

**Fig. 5.** Dependence of the specific energy intensity of improved scraper system from speed and opening angle of the scraper



**Рис. 6.** Зависимость удельной энергоёмкости усовершенствованной скреперной установки от угла наклона скребков

**Fig. 6.** Dependence of the specific energy intensity of improved scraper system on the inclination angle of scrapers

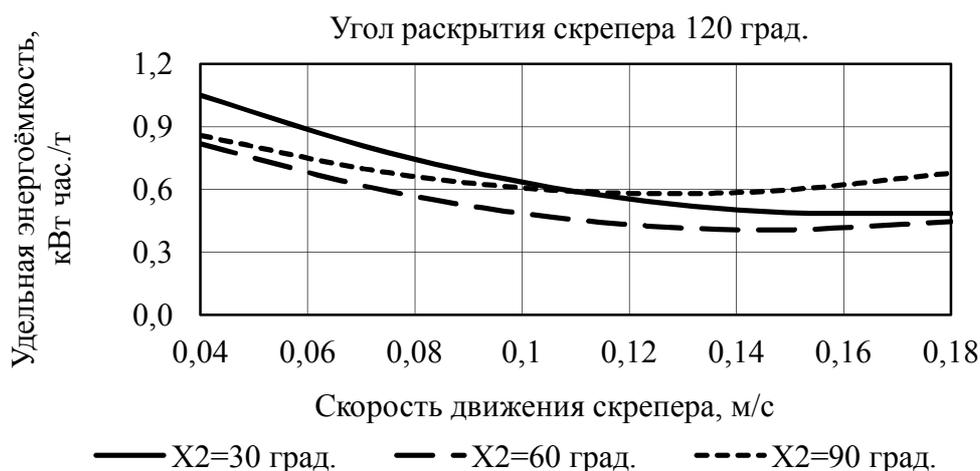
А при угле наклона скребков от  $50^\circ$  до  $70^\circ$  слой навоза будет подрезаться клинообразной формой скребка, и на поверхности скребка будет наползать такое количество навоза, которое обеспечит оптимальное прижимание скребка до дна навозного кана-

ла. При угле наклона скребков  $90^\circ$  на скребок навоз не будет наползать, и отсутствие клина на передней стенке скребка приведет к тому что навоз будет не подрезаться, а отрываться от дна навозного канала и на это будет использоваться большая мощность.

## ЭНЕРГОЁМКОСТЬ УБОРКИ НАВОЗА УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ СКРЕПЕРНОЙ УСТАНОВКОЙ

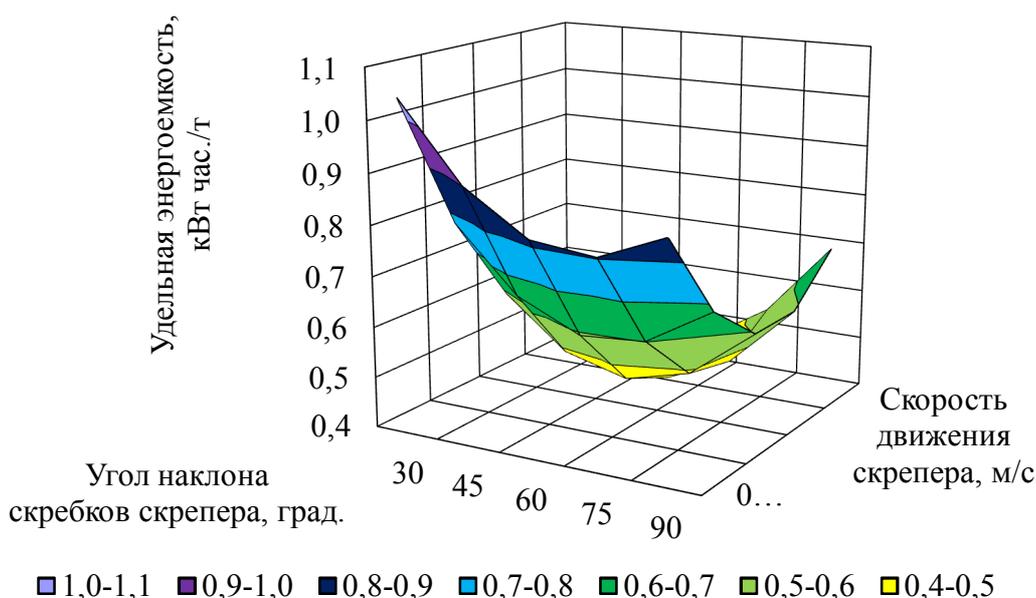
Определено (рис. 7), что с увеличением скорости движения скрепера  $V_{СК}$  удельная энергоёмкость  $E_n$  меняется за параболической функцией, которая имеет минимальное значение удельной энергоёмкости 0,4; 0,5 и 0,6 кВт ч./т при скорости движения скрепера соответственно 0,14; 0,16 и 0,12 м/с для скреперов с углом наклона скребков  $60^\circ$ ;  $30^\circ$  и  $90^\circ$ . Это объясняется тем что, с увеличением скорости возрастает производительность, а следовательно удельная энергоёмкость со-

ответственно уменьшается. Анализ взаимного влияния угла наклона скребков и скорости движения скрепера (рис. 8) показал, что минимальное значение удельной энергоёмкости усовершенствованной скреперной установки равняется 0,4 кВт ч./т для соответствующего угла наклона скребков скрепера в диапазоне от  $50^\circ$  до  $70^\circ$  и значение скорости движения скрепера в диапазоне от 0,13 м/с до 0,15 м/с.



**Рис. 7.** Зависимость удельной энергоёмкости усовершенствованной скреперной установки от скорости движения скрепера

**Fig. 7.** Dependence of the specific energy intensity of improved scraper system from speed of the scraper



**Рис. 8.** Зависимость удельной энергоёмкости усовершенствованной скреперной установки от угла наклона скребков и скорости движения скрепера

**Fig. 8.** Dependence of the specific energy intensity of improved scraper system from inclination angle of the scrapers and speed of movement of the scraper

Уравнение регрессии зависимости удельной энергоёмкости  $E_n$  (кВт ч./т) от изменения угла раскрытия скрепера  $\gamma$  (град.), угла наклона скребков скрепера  $\varepsilon$  (град.), и скорости движения скрепера  $V_{СК}$  (м/с) по результатам проведенного ПФЕ 3<sup>3</sup> в раскодированном виде уравнение регрессии имеет вид:

$$E_n = 2,0302 - 0,0232\varepsilon - 13,3448v_{ск} + 0,0002\varepsilon^2 + 36,1134v_{ск}^2 + 0,0458\varepsilon v_{ск}$$

Статистическое оценивание [15–16] полученных результатов включало проверку на однородность дисперсий по критерию Кохрена. Адекватность полученной математической модели и ее пригодность для описания исследуемого процесса проверяли по критерию Фишера. Определение значимости коэффициентов регрессии проводили по критерию Стьюдента [17–20]. Гипотеза об адекватности уравнения подтверждается и его можно использовать для описания процесса.

## ВЫВОДЫ

Применение методики планирования многофакторного эксперимента дало возможность установить взаимосвязь основных параметров скреперной установки и режимов ее работы в виде уравнения регрессии. На основе анализа этого уравнения, было установлено, что удельная энергоёмкость процесса удаления навоза принимает минимальное значение при углу раскрытия скрепера  $\gamma = 118^\circ$ , углу наклона скребков скрепера  $\varepsilon = 57,5^\circ$ , и скорости движения скрепера  $V_{СК} = 0,15$  м/с.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Demchuk M.V. 1996: Gigiyena tvarin / M.V. Demchuk, M.V. Chorniy, M.P. Visokos, Ya.S. Pavlyuk; Za red. M.V. Demchuka. – K. : Urozhay, 1996. – 384.
2. Dubrovin V.O. 2010: Obruntuvannya parametriv biotekhnologichnogo protsesu vermi-

kompostuvannya pidstilkovogo gnoyu ta obladnannya dlya yogo realizatsii / V.O. Dubrovin, V.S. Targonya, O.O. Shevchenko // MOTROL. Motoryzacja i energetyka rolnictwa. – Lublin, 2010, Vol. 12B, – 27–34.

3. Revenko I.I. 2009: Mashini ta obladnannya dlya tvarinnitstva: pidruchnik / Revenko I.I., Braginets M.V., Rebenko V.I. – K.: Kondor, 2009. – 731.

4. Dorte Marcussen 2008: The basics of dairy cattle production / Dorte Marcussen, Annette Krog Laursen; translator: Gitte Grand Graversen; editorial group of the English version: Stewart Grant; editor of the English version: Pernille Ryge Koch. – 1. edition. – Århus: Landbrugsforlaget: Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret, 2008. – 240.

5. Boltyanskaya N. 2012: Puti razvitiya otrasli svinovodstva i povysheniye konkurentosposobnosti yeyo produktsii / Natalya Boltyanskaya // motrol. commission of motorization and energetics in agriculture – 2012, Vol. 14, No 3, – 164–175.

6. Shuvalov A.A. 1980: Shuvalov A.A. Skrepernaya ustanovka dlya uborki navoza na fermakh i kompleksakh krupnogo rogatogo skota. Avtoref. diss. ... kand. tekhn. nauk. – L., 1980. – 24.

7. Kolde O.F. 1981: Kolde O.F. Issledovaniye rabocheho protsessa shtangovogo transporterа dlya uborki navoza v korovnike: avtoref. diss. na soiskaniye uch. stepeni kand. tekhn. nauk: spets. 05.20.01 "Mekhanizatsiya selskokhozyaystvennogo proizvodstva" / Kolde Oskar Fridrikhovich; Tsentralnyy nauchno-issledovatel'skiy institut mekhanizatsii i elektrifikatsii selskogo khozyaystva necher-nozemnoy zony SSSR. – Minsk, 1981. – 16.

8. Protokol viprobuvan 2010: Protokol derzhavnikh priymalnikh viprobuvan tekhnichnogo zasobu dlya APK № 1314/1103-01-2010 «Ustanovki skreperni dlya pribirannya gnoyu US–80, US–100 ta US–120» UkrNDIPVT im. L. Pogorilogo.

9. Zhuk A.F. 2013: Issledovaniye pochvo-obrabatyvayushchego klina s pochvennym narostom / A.F. Zhuk / Mekhanizatsiya ta yelektrifikatsiya silskogo gospodarstva. – Glevakha, 2013 – Vip. 97. T.1. – 148–161.

10. Pilipaka S.F. 2013: Rozrakhunok pokhiloj poverkhni skrebka gnoyepribiralnoi ustanovki /

S.F. Pilipaka, G.A. Golub, V.S. Khmelovskiy, M.I. Ikalchik / Visnik Kharkivskogo natsionalnogo tekhnichnogo universitetu silskogo gospodarstva imeni Petra Vasilenka. – Kharkiv, 2013. – Vip. 132. – 404 – 410.

11. Adler Yu.P. 1976: Planirovaniye eksperimenta pri poiske optimalnykh usloviy / Yu.P. Adler, Ye.V. Markova, Yu.V. Granovskiy. – M.: Nauka, 1976. – 276.

12. Zazhigayev L.S. 1978: Zazhigayev L.S. Metody planirovaniya i obrabotki rezultatov fizicheskogo eksperimenta / Zazhigayev L.S., Kityan A.A., Romannikov Yu.I. – M.: Atomizdat, 1978. – 232.

13. Melnikov S.V. 1972: Planirovaniye eksperimenta v issledovaniyakh selskokozyaystvennykh protsessov / Melnikov S.V., Aleshkin V.R., Roshchin P.M. – L.: Kolos, 1972. – 200.

14. Markova Ye.V. 1973: Planirovaniye eksperimenta v usloviyakh neodnorodnostey / Ye.V. Markova, A.N. Lisenkov. – M.: Nauka, 1973. – 120.

15. Prikladnaya statistika 1975: Prikladnaya statistika. Pravila opredeleniya otsenok i doveritelnykh granits dlya normalnogo raspredeleniya: GOST 11.004–74 ST SEV 876–798. – M.: Izd-vo standartov, 1975. – 20.

16. Rumshinskiy L.Z. 1971: Matematicheskaya obrabotka rezultatov eksperimenta / L.Z. Rumshinskiy. – M.: Nauka, 1971. – 192.

17. Vedenyapin G.V. 1973: Obshchaya metodika eksperimentalnykh issledovaniy i obrabotki opytnykh dannykh / G.V. Vedenyapin. – M.: Kolos, 1973. – 199.

18. Kasandrova O.N. 1970: Obrabotka rezultatov izmereniy / O.N. Kasandrova, V.V. Lebedev. – M.: Nauka, 1970. – 104.

19. Bryanskiy L.N. 1991: Kratkiy spravochnik metrologa / L.N. Bryanskiy, A.S. Doynikov. – M.: Izd-vo standartov, 1991. – 79.

20. Anistratenko V O. 1993: Matematichne planuvannya yeksperimentiv v APK / V.O. Anistratenko, V.G. Fedorov. – K.: Vishcha shk. – 375.

**ADVANCED ENERGY CONSUMPTION  
MANURE SCRAPER SYSTEMS**

**Summary.** The analytical dependence and impact parameters improved graphics winches installed on its relative energy intensity are given.

**Key words:** Scraper systems, manure, feed, energy intensity, the opening angle, inclination angle, speed.