

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КОМБИНИРОВАННОГО ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО АГРЕГАТА

О.М.¹Досжанов, к.т.н.

В.К.²Юркевич, к.т.н.

Е.О.¹Досжанов, доктор PhD

М.А.¹Жуманов, к.т.н.

У.С.¹Камалова, магистрант

¹ Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Республика Казахстан, г. Алматы

² Белорусский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, Республика Беларусь, г. Минск.

Yerlan.Doszhanov@kaznu.kz

Аннотация

По результатам выполненных исследований зависимость сопротивления резанию почвы от скорости обусловлена ее релаксационными свойствами: если время релаксации значительно больше времени действия нагрузки, при деформировании происходит процесс накопления энергии. Система становится неуравновешенной и оказывает тем большее сопротивление, чем резче ее состояние отличается от равновесного.

Когда время релаксации намного меньше времени действия нагрузки, накопления энергии не происходит. При медленных внешних изменениях внутренние процессы успевают следовать за изменением состояния структуры почвы. В этом случае скорость деформации не влияет на сопротивление, оказываемое дисперсной системой рабочим органам. Релаксационные свойства почвы зависят от ее фильтрационной способности и ползучести скелета, определяющих степень влияния скорости на сопротивление сжатию.

Ключевые слова: комбинированные агрегаты активно-пассивного действия, фрезбарабан, ротационный нож, клювообразный нож, релаксация, плоскорезная лапа, перезалужения, рыхления-кротования, уплотненная ядра, пласт, лезвия, почвенная стружка.

Введение

Повышение продуктивности природных сенокосов и пастбищ, которых только

в Нечерноземной зоне СНГ насчитывается около 40 млн. га, - один из важнейших резервов

создания прочной кормовой базы для животноводства.

Основным методом улучшения сенокосов и пастбищ в

настоящее время является их вспашка, а также глубокое рыхления-кратования [1, 2] с последующей многократной разделкой пласта дисковыми боронами, культиваторами, прикатыванием и посевом трав. Однако такая технология не в полной мере удовлетворяет агротехническим и технико-экономическим требованиям и не позволяет своевременно и качественно производить посев, что снижает производство кормов.

В связи с этим во многих странах разрабатываются новые технологии и способы перезалужения, обеспечивающие снижение энергозатрат, повышение производительности и качества работ. С этой целью перспективно применение комбинированных агрегатов активно-пассивного действия на базе фрезерных машин, выполняющих за один проход обработку почвы и посев [3-6].

Материалы и методика исследований

При установившемся режиме работы мощность, потребляемая комбинированным почвообрабатывающим агрегатом с активно-пассивными рабочими органами:

$$N = N_{фр} + N_{рез} + N_{пер} - N_{подт}$$

где $N_{фр}$, N_t - мощность соответственно на фрезерование и на тягу.
Тяговая мощность

$$N_t = N_{рез} + N_{пер} - N_{под}$$

где $N_{рез}$, $N_{пер}$ - мощность соответственно на резание и рыхление почвы плоскорезными лапами и перекатывание агрегата.

Мощность на рыхление почвы плоскорезными лапами

$$N_{рез} = [R_z f + (K'_{уд} + K'_d v_n^2) h_p b] v_n$$

где R_z – вертикальная составляющая силы сопротивления плоскорезной лалы; f - коэффициент трения почвы по стали; $K'_{уд}$ - коэффициент удельного сопротивления резания; K'_d - коэффициент динамичности.

Как показывают результаты исследования, наибольший удельный вес в общем балансе имеет составляющая мощности на фрезерование почвы.

Процесс фрезерования почвы по характеру сил, действующих на нож фрезы, можно разделить на пять последовательных периодов [7]. В первом (рисунок 1) нож внедряется в почву до появления видимых трещин разрушения: происходит нарастание усилия резания до первого максимума, характеризующее фазу формирования уплотненного ядра. Во втором - кинетическая энергия вращающегося ножа передается пласту, заставляя его продвигаться с ускорением: усилие резания падает почти до нуля. При этом силы инерции и сопротивления разрушению неотделенной части стружки затормаживают ее движение. В третьем периоде нож догоняет пласт и продолжается дальнейшее отделение стружки от дна вплоть до отделения основной ее части от монолита: усилие резания достигает второго максимума.

В четвертом периоде нож продолжает зачищать неровности и отбрасывать основную массу пласта. Этот период продолжается до прекращения контакта лезвия с дном, однако после этого затрачивается работа на сообщение кинетической энергии части пласта, находящейся на поверхности ножа. При дальнейшем движении усилие резания падает до нуля.

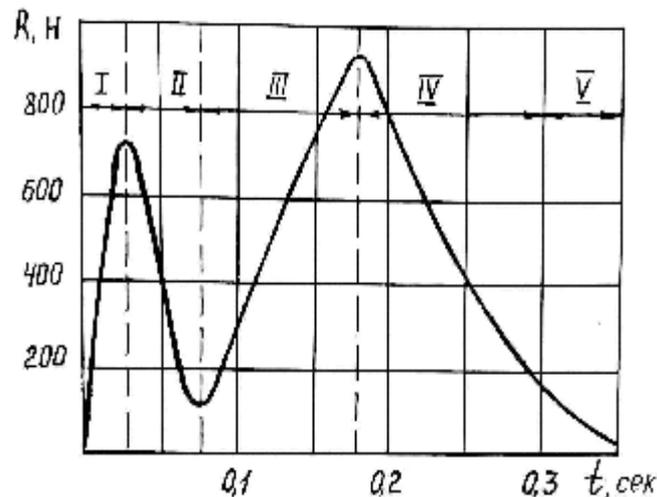


Рисунок 1 - Характер изменения усилия резания в зависимости от времени [7].

При взаимодействии ножа с предварительно разрыхленной почвой впереди ножа трещины не образуются - происходит лишь сдвиг элементов почвенной стружки. Таким образом, почва разрушается вследствие возникновения напряжений сжатия и скалывания.

Основные результаты исследований и их обсуждение

Мощность, затрачиваемая на фрезерование почвы:

$$N_{фр} = M \omega \quad (1)$$

где M - момент сопротивления фрезбарабана (предназначен для фрезерования верхнего слоя почвы), равный работе сил сопротивления резанию за один оборот барабана; ω - частота вращения фрезбарабана.

Элементарная работа при повороте одиночного ножа на угол $d\alpha$

$$dA_s = P dl$$

где P - сила сопротивления резанию; dl - элементарный путь ножа при повороте ножа на угол $d\alpha$.

Работа, осуществляемая одним ножом фрезбарабана:

$$A_s = \int P dl \quad (2)$$

Пределы интегрирования определяются углами (рисунок 2), соответствующими крайним точкам контакта ножа с почвой (α_1 и

α_2 при $h_{фр} = 0,1 \dots 0,12$ м и $R = 0,24$ м).

Сила сопротивления резанию почвы

$$P = K_{уд} \quad (3)$$

где b_H - ширина ротационного ножа; h_T - текущее значение глубины работы ножа.

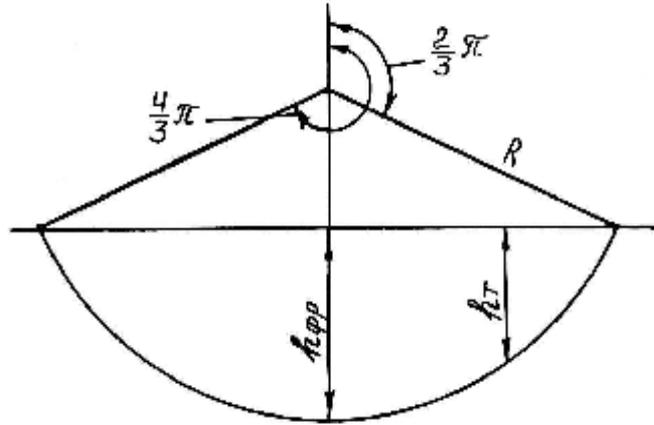


Рисунок 2 - Схема к определению текущей глубины хода ножа фрезбарабана

С учетом результатов анализа ряда исследований [7-11], а также принимая во внимание, что скорость ножей фрезбарабана изменяется в пределах 7...11 м/с, общее удельное сопротивление резанию предварительно разрыхленной почвы

$$K_{уд} = K_S + \quad (4)$$

где K_S - коэффициент удельного сопротивления резания, при $v_{\Pi} \rightarrow 0$; K_d - коэффициент динамичности.

Из рисунка 2 следует, что $h_T = h_{фр}$: Элементарный путь ножа dl = Преобразовав выражение (2), получим

$$AЭ = \int_{\frac{2}{3}\pi}^{\frac{4}{3}\pi} (k_s + k_g v_{\alpha}^2) b_H R h_{фр} \sin. \quad (5)$$

Для одного ножа работа за один оборот фрезбарабана

$$AЭ = \frac{4}{3} (k_s + k_g v_{\alpha}^2) b_l. \quad (6)$$

Учитывая, что абсолютная скорость ротационного ножа, согласно уравнению

$$v_{\alpha} = v_{\Pi} \sqrt{\lambda^2 - 2\lambda \sin\alpha}$$

$$= v_{\Pi} \theta_{\Pi} \sqrt{\alpha^2}$$

$$M_{фр} = \frac{4}{3} [K_S + K_d v_{\Pi}^2 (\lambda^2 + 1)] b_H R, \quad (7)$$

где n_2 - общее количество ножей фрезбарабана.

Расчетные значения момента сопротивления фрезбарабана и опытные данные $M_{фр} = \frac{4}{3} [K_S + K_d v_{\Pi}^2 (\lambda^2 + 1)] b_H R h_{фр} n_2$ приведены в таблице 1, из

которой видно что отклонение между ними не превышает 4,7 %. Это подтверждает достоверность формулы (7).

Предельные сопротивления почв сжатию и скалыванию в значительной мере зависят от скорости деформации.

Таблица 1 Значения момента сопротивления фрезбарабана при разной окружной скорости агрегата

v_0 , м/с	v_{α} , м/с	$M_{фр}^{расч}$, Нм	$M_{фр}^{оп}$, Нм	Отклонение, %
5,52	5,61	1574,02	1528,38	2,9
7,29	7,36	1723,67	1723,67	4,3
9,06	9,12	1753,12	1835,51	4,7
11,06	11,11	1891,59	1944,53	2,8

Так, проф. Турецким Р.Л. [10] установлено, что зависимость предельного сопротивления сжатию от скорости для связных минеральных почв имеет экстремальный характер (рисунок 3): с повышением скорости до 10...0,15 м/с сопротивление уменьшается, при дальнейшем ее увеличении возрастает по параболической кривой:

$$P_c(v) = P_0 + A(v - v')^K$$

где P_0 - сопротивление сжатию при $v' = 0,10...0,15$ м/с; A и K - коэффициенты.

Наиболее интенсивно оно повышается до скорости 2,5...3,0 м/с, затем замедляется. При скоростях до 0,1 м/с преобладает процесс упрочнения вследствие того, что успевают преобразоваться и приобрести значительную прочность дополнительные внутренние связи. На песчаном грунте скорость незначительно влияет на сопротивление: при скорости от 0,003 до 4,96 м/с оно возрастает только на 24,4 % (кривая 2).

Для торфяного грунта (кривая 3) так же, как и для песчаного отсутствует зона экстремума. Наиболее интенсивный рост сопротивления

наблюдается при скоростях до 1,0...1,2 м/с.

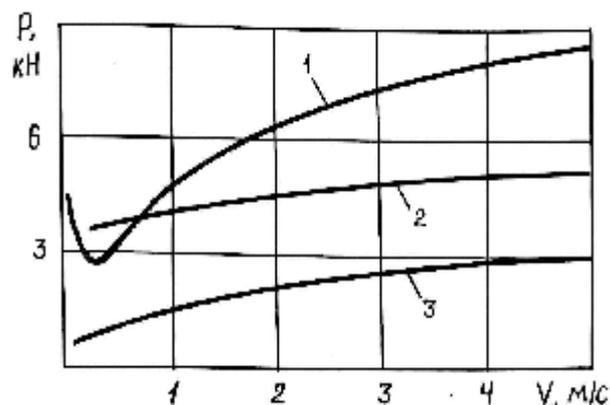


Рисунок 3 - Зависимость предельного сопротивления сжатию почв от скорости: 1 -

суглинистой ($C = 8-9$, $d_{ш} = 4$ см); 2 -
песчаной ($C = 5$, $d_{ш} = 6$ см);
3 - торфяной ($W = 83,6$ %, $d_{ш} = 4$
см) [10].

Зависимость сопротивления
резанию почвы от скорости
обусловлена ее релаксационными
свойствами: если время релаксации
(процесс установления равновесия
в системе) значительно больше
времени действия нагрузки, при
деформировании происходит
процесс накопления энергии.
Система становится
неуравновешенной и оказывает тем
большее сопротивление, чем резче

Заключение

На основании проведенных
нами исследований были
определены и установлен общее
удельное сопротивление резанию
предварительно разрыхленной
почвы, который состоит: K_S -
коэффициента удельного
сопротивление резания и K_d -
коэффициента динамичности.

Для определения
коэффициентов K_S и K_d были
проведены экспериментальные
исследования комбинированного
агрегата АПР-2,6, оснащенного

ее состояние отличается от
равновесного.

Когда время релаксации
намного меньше времени действия
нагрузки, накопления энергии не
происходит. При медленных
внешних изменениях внутренние
процессы успевают следовать за
изменением состояния структуры
почвы. В этом случае скорость
деформации не влияет на
сопротивление, оказываемое
дисперсной системой рабочим
органами. Релаксационные свойства
почвы зависят от ее
фильтрационной способности и
ползучести скелета, определяющих
степень влияния скорости на
сопротивление сжатию.

клювообразными ножами и тремя
плоскорезными лапами шириной
0,5 м. Поступательная скорость $v_{п} = 0,1$ м/с,
окружная изменялась от 5,52 до 11,06 м/с. При $h_{фр} = 0,1$ м;

$h_p = 0,25$ м; $D = 0,48$ м;

$b_H = 0,1$ м; $n_2 = 52$ получены

следующие значения
коэффициентов: $K_S = 8826,21$ Н·м⁻²;

$K_d = 20,85$ Нс² м⁻⁴.

Список литературы

1 Досжанов О.М., Досжанов Е.О., Зульбухарова Э.М., Оразбаев Э.Е.,
Умбетбеков А.Т. Азып-тозган жерлерді тереңдетіп қопсыту арқылы жақсарту
// «Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты». - 2019. - №4(84). – Б.
117-122.

2 Досжанов О.М., Досжанов Е.О. Эффективность применения рыхлителя-кратователя для регулирования водного режима почвы // Вестник КазНУ. Сер. экол. - 2003. №2(13). – С. 33-37.

3 Марченко О.С., Балод В.Э., Котельникова Т.А. Исследование эффективности работы комбинированного агрегата ускоренного залужения АЗ-3,6 // Науч.-техн. Бюл./ ВИМ. – М., 1985. – Вып. 61. – С.12-14.

4 Жуламанов К.Р. Орудия для предпосевной поверхностной обработки почв и щелевание трав // Комплексная механизация производственных процессов в целинном земледелии. – Алма-Ата, 1986. – С.60-64.

5 Stoppel A., Reinhard R. Rotierende Werkzeuge zur Saat-bettbereitung // Landtechnik. – 1983. - № 2. –S. 53-54.

6 Панов И.М. Механико-технологические основы расчета и проектирования почвообрабатывающих машин с ротационными рабочими органами: Автореф. дис...докт. техн. наук. – Челябинск, 1984. – 23 с.

7 Виноградов В.И., Леонтьев Ю.О. Взаимодействие ротационных рабочих органов с почвой // Тракторы и сельхозмашины. – 1969. - №8. – С. 29-31.

8 Турищев Г.Ф. Зависимость удельного сопротивления почвогрунта резанию от угла установки фрезы // Земледельческая механика / МИИСП. – М., 1985. – С. 23-24.

9 Грибановский А.П., Глейберзон Д.А. Относительная и абсолютная скорости перемещения почвы под воздействием прямого клина // Механизация и электрификация соц.сел. хоз-ва. – 1972. - №2. – С. 21-24.

10 Турецкий Р.Л. Закономерности влияния скорости на усилие резания грунта // Механизация почвообработки, приготовления и использования удобрений / ЦНИИМЭСХ. – Мн.. 1986. – С. 7-23.

11 Попов Г.Ф. Обоснование диаметра фрезбарабана, формы рабочих органов и скоростных режимов работы фрез ФПН-2,8 и ФПН-4,2 // Материалы НТС / ВИСХОМ. – М., 1963. – Вып.27. – С. 129-145.

References

1 Doszhanov O.M., Doszhanov Ye.O., Zul'bukharova E.M., Orazbayev A.Ye., Umbetbekov A.T. Azyp-tozgan zherlerdi terendetep kopsytu arkyly zhaksartu // «Ízdenister, naatizheler – Issledovaniya, rezul'taty». - 2019. - №4(84). – P. 117-122.

2 Doszhanov O.M., Doszhanov Ye.O. Effektivnost' primeneniya rykhlitelya-krotovatelya dlya regulirovaniya vodnogo rezhima pochvy // Vestnik KazNU. Ser. ekol. - 2003. №2(13). – P. 33-37.

3 Marchenko O.S., Balod V.E., Kotel'nikova T.A. Issledovaniye effektivnosti raboty kombinirovannogo agregata uskorennoy zaluzheniya AZ-3,6 // Nauch.-tekhn. Byul./ VIM. – M., 1985. – Vyp. 61. – P.12-14.

4 Zhulamanov K.R. Orudiya dlya predposevnoy poverkhnostnoy obrabotki pochv i shchelevaniye trav // Kompleksnaya mekhanizatsiya proizvodstvennykh protsessov v tselinnom zemledelii. – Alma-Ata, 1986. – P. 60-64.

5 Stoppel A., Reinhard R. Rotierende Werkzeuge zur Saat-bettbereitung // Landtechnik. – 1983. - № 2. – P. 53-54.

6 Panov I.M. Mekhaniko-tehnologicheskoye osnovy rascheta i proyektirovaniya pochvoobrabatyvayushchikh mashin s rotatsionnymi rabochimi organami: Avtoref. dis...dokt. tekhn. nauk. – Chelyabinsk, 1984. – P. 23.

7 Vinogradov V.I., Leont'yev YU.O. Vzaimodeystviye rotatsionnykh rabochikh organov s pochvoy // Traktory i sel'khoz mashiny. – 1969. - №8. – P. 29-31.

8 Turishchev G.F. Zavisimost' udel'nogo soprotivleniya pochvogrunta rezaniyu ot ugla ustanovki frezy // Zemledeleycheskaya mekhanika / MIISP. – M., 1985. – P. 23-24.

9 Gribovskiy A.P., Gleyberzon D.A. Otnositel'naya i absolyutnaya skorosti peremeshcheniya pochvy pod vozdeystviyem pryamogo klina // Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sots.sel. khoz-va. – 1972. - №2. – P. 21-24.

10 Turetskiy R.L. Zakonomernosti vliyaniya skorosti na usiliye rezaniya grunta // Mekhanizatsiya pochvoobrabotki, prigotovleniya i ispol'zovaniya udobreniy / TSNIIMESKH. – Mn. 1986. – P. 7-23.

11 Popov G.F. Obosnovaniye diametra frezbarabana, formy rabochikh organov i skorostnykh rezhimov raboty frez FPN-2,8 i FPN-4,2 // Materialy NTS / VISKHOM. – M., 1963. – Vyp.27. – P. 129-145.

ҚИЫСТЫРЫЛҒАН ТОПЫРАҚ ӨНДЕУ АГРЕГАТЫНЫҢ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІНЕ КЕСУ ЖЫЛДАМДЫҒЫНЫҢ ӘСЕРІ

О.М.¹Досжанов, т.ғ.к.

В.К.²Юркевич, т.ғ.к.

Е.О.¹Досжанов, PhD докторы

М.А.¹Жуманов, т.ғ.к.

У.С.Камалова¹, магистрант

*¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.*

*² Беларусь ауыл шаруашылығын механикаландыру
ғылыми-зерттеу институты, Беларусь Республикасы, Минск қ.*

Yerlan.Doszhanov@kaznu.kz

Түйін

Қазіргі кезеңде көптеген елдерде энергия шығынын төмендетуді, жұмыс өнімділігі мен сапасын арттыруды қамтамасыз ететін, қайта қызмет көрсетудің жана технологиялары мен тәсілдері әзірленуде. Осы мақсатта қарастырылып отырған мақалада топырақты өңдеу мен себуді бір өткенде орындайтын фрезерлік машиналар негізінде белсенді-пассивті әрекеттегі құрамдастырылған топырақ өңдейтін агрегаттарды қолдану қарастырылған.

Мақалада негізінен шабындықтар мен жайылымдықтардың өнімділігін артыру жолында жасалатын агроелиоративтік іс-шараларды жақсарту тұрғысында оның өнімділігін арттыру көзделген. Бұл шаралар негізінде келесідей операциялардың кезектесіп орындалуымен жүзеге асырылса: дискілі боронамен өту, култиваторлармен өңдеу, катоктармен нығыздау және көпжылдық шөптің дәнін себулер жеке - жеке бөлек атқарылса, нақты жағдайда белсенді-пассивті әсер ететін құрамдастырылған агрегаттың көмегімен бір жүріп өткенде іске асырылады. Сол себепті белсенді-пассивті әсер ететін құрамдастырылған агрегатты фрезалық машинаның базасында бір өткенде жоғарыда аталған операцияларды қосып, топырақты өңдеу мен дәнді себуді атқару ең тиімді және перспективті іс-шара болып табылады.

Жүргізілген зерттеулер негізінде алдын ала қопсытылған топырақты кесудің жалпы үлестік кедергісі анықталып, ол кесудің үлестік кедергісі мен серпінділік коэффициенті анықталды.

Жоғарыда көрсетілген коэффициенттерді анықтау үшін АПР-2,6 құрама агрегатына, тұмсық тәрізді пышақтармен және ені 0,5м үш жалпақ кескіш табандармен тәжірибелік зерттеулер жүргізілді.

Кілттік сөздер: белсенді-пассивті әсер ететін құрамдастырылған агрегаттар, фрезбарабан, ротациялық пышақ, тұмсық тәрізді пышақ, релаксация, жалпақ кескін табаны, қайта шалғындандыру, қопсыту-кrottтау, тығыздалған ядро, пласт, жүздер, топырақ жаңқасы.

INFLUENCE OF CUTTING SPEED ON ENERGY INDICATORS OF COMBINED SOIL PROCESSING AGGREGATE

O.M.¹Doszhanov, candidate of technical Sciences

V.K.²Yurkevich, candidate of technical Sciences

Ye.O.¹Doszhanov, PhD

M.A.¹Zhumanov, candidate of technical Sciences

U.S.¹Kamalova, master

¹*Al-Farabi Kazakh National University, Republic of Kazakhstan, Almaty*

²*Belarusian Research Institute agricultural mechanization,*

Republic of Belarus, Minsk.

Yerlan.Doszhanov@kaznu.kz

Summary

At the present stage, many countries are developing new technologies and methods of reloading, which reduce energy costs, increase productivity and quality of work. To this end, this article discusses the perspective use of combined active-passive combined tillage units based on milling machines that perform soil cultivation and sowing in one pass.

Based on the studies, the total specific resistance to cutting of previously loosened soil was determined and established, which consists of the coefficient of specific resistance to cutting and the coefficient of dynamism.

To determine the above coefficients, experimental studies of the APR-2.6 combined unit equipped with beak-shaped knives and three flat-cut legs with a width of 0.5 m were carried out.

Key words: combined units of active-passive action, a drum, a rotary knife, a beak-shaped knife, relaxation, a plane-cut paw, overfilling, loosening-mowing, compacted core, formation, blades, soil chips.