



17. Hakansson, Lars. A device for cleaning objects, preferably of metal [Text] / Lars Hakansson. – № SE91/00183; заявл. 12.03.1991; опubl. 01.10.1992. URL:

<https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=WO1992016314>

18. Jiang, X. Effect of flow velocity and entrained sand on inhibition performances of two inhibitors for CO₂ corrosion of N80 steel in 3% NaCl solution / X. Jiang, Y.G. Zheng, W. Ke // Corrosion Science. – 2005. – no. 47. – pp. 2636-2658. URL: https://www.researchgate.net/publication/248208905_Effect_of_flow_velocity_and_entrained_sand_on_inhibition_performances_of_two_inhibitors_for_CO_2_corrosion_of_N80_steel_in_3_NaCl_solution



УДК 631.331

DOI 10.36508/RSATU.2021.20.48.018

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПОСЕВНЫХ АГРЕГАТОВ В УСЛОВИЯХ РАЗЛИЧНОГО УВЛАЖНЕНИЯ ПОЧВ

ЯКОВЛЕВ Даниил Александрович, аспирант кафедры сельскохозяйственной техники и технологий, dyagro@yandex.ru

БЕЛЯЕВ Владимир Иванович, д-р тех. наук, профессор кафедры сельскохозяйственной техники и технологий, prof-belyaev@yandex.ru

Алтайский государственный аграрный университет

Проблема и цель. В статье рассмотрены особенности технологического процесса посева, связанные с уровнем увлажнения почвы, применяемым посевным агрегатом по типу сошника и рабочей скоростью посева. Установлено, что в весенний период из-за резко-континентального климата в крае часто изменяются погодные условия и, как следствие, уровни почвенных влагозапасов. Это тесно коррелирует с качественной составляющей посева по причине широкого диапазона изменений энергетических и агротехнических показателей. Поскольку в хозяйствах зачастую используется различная посевная техника, отличающаяся типами сошников, вопрос её выбора и обоснования достаточно проблемный. Поэтому актуальными являются теоретические исследования по обоснованию параметров и режимов работы посевных агрегатов, оборудованных анкерными и лаповыми сошниками в условиях различного увлажнения почв. Ц

елью исследований является усовершенствование математической модели работы посевных почвообрабатывающих МТА.

Методология. Многочисленными результатами испытаний МТА установлено, что расход топлива тракторного двигателя является функцией ширины захвата агрегата, глубины обработки почвы и скорости движения. В ходе анализа расходов топлива на разных влажностях почвы при помощи МНК были найдены коэффициенты пропорциональности E_0 и расхода топлива на самопередвижение $G_{то}$ для посевных агрегатов, оборудованных анкерным и лаповым типом сошников. При изменении влажности почвы коэффициенты пропорциональности E_0 и расхода топлива на самопередвижение $G_{то}$ возрастали на определенную величину, поэтому были получены значения их приростов, обозначены коэффициентами $K_{W_0}^{E_0}$ и $K_{W_0}^{G_{то}}$ и введены в математическую модель.

Результаты. Данные коэффициенты изменяются в диапазонах 0,59-1,00 и 0,49-1,00 в варианте с лаповыми и 0,77-1,41 и 0,78-1,08 с анкерными сошниками соответственно.

Заключение. Полученная математическая модель позволяет выполнять обоснование параметров и режимов работы посевных агрегатов, оборудованных анкерными и лаповыми типами сошников, по расходу топлива тракторного двигателя при изменении влажности почвы в диапазоне 15,4-30,2 %.

Ключевые слова: влажность почвы, прямой посев, сеялка, сошник, МТА, энергооценка, расход топлива.

Введение

На сегодняшний день в агропромышленном комплексе Сибирского округа существует множество проблем, связанных с рациональностью выбора и использования посевной и почвообрабатывающей техники. С развитием сельскохозяйственного машиностроения интенсивно наращивается её производство, в первую очередь

отечественной, но также увеличивается и импорт из-за рубежа. Как правило, сельхозмашины создаются под определенные природно-климатические условия, чаще всего те, где локализовано производство. В следствие этого, поступаая в другие регионы, техника может работать недостаточно качественно и производительность.

По данным министерства сельского хозяйства

© Яковлев Д. А., Беляев В. И. 2021 г.



Алтайского края в хозяйствах региона представлены различные сеялки и посевные комплексы с различными рабочими органами, такими как дисковые, лаповые и анкерные сошники, но наибольшее распространение все-таки получили анкерные и лаповые посевные машины, поскольку большинство хозяйств края на протяжении уже долгого времени работает в рамках ресурсосберегающих технологий (minimal-till, no-till), которые подразумевают использование машин, оборудованных данными рабочими органами, что позволяет проводить посев в необработанную почву [1].

Как известно, в Сибири преобладает резко континентальный климат, что характеризуется длинной зимой и коротким летом. По причине того, что сумма эффективных температур в регионах недостаточно высокая, зачастую растения не успевают сформироваться до нужных кондиций, к тому же срок вегетации может сокращаться и по причине несистемных изменений природно-климатических условий в весенний период посева. На практике это проявлялось как невозможность вести посев. Многими исследователями неоднократно отмечалось, что физико-механические свойства почвы при изменении её влажности могут существенно изменяться, что сказывается на работе почвообрабатывающих и посевных орудий [2-4].

Например, в весенний период 2018 года в Алтайском крае по причине высоких весенних запасов влаги в почве и большого количества осадков почва была чрезмерно увлажнена и не достигала своей физической спелости, что существенно осложняло посев. В таких условиях оказался практически весь край, но более всего степные и восточные районы края. Хозяйства, имеющие в распоряжении посевные агрегаты, сформированные на базе сеялок и посевных комплексов, оборудованных рабочими органами (сошниками) по типу диска и стрельчатой лапы, столкнулись со следующими проблемами. Переувлажненная почва залипала в пространство между дисками, из-за чего не формировалась бороздка, и семена оказывались на поверхности либо вообще не высыпались из семяпроводов, т.к. они тоже были забиты влажной почвой. Сошники по типу стрельчатой лапы сильно сгужали почву перед собой, создавая борозды и нарушая агротехнические требования по равномерности распределения семян по глубине. Это происходило потому, что площадь сопротивления таких рабочих органов достаточно большая и земля налипала на их поверхность. Также, помимо проблем, связанных с нарушением агротехники, возрастало и тяговое сопротивление агрегатов и, как следствие, расход топлива тракторных двигателей.

Зачастую очень трудно сказать, посевной агрегат с каким типом сошника будет эффективнее и производительнее, поскольку при работе в оптимальных условиях данным требованиям соответствует почти 90 % посевных агрегатов. Но поскольку Сибирские регионы относятся к зоне рискованного земледелия, в этих условиях очень часто на повестке дня встают вопросы выбора посевных агрегатов по типу рабочего органа [5-7].

При анализе данной ситуации становится понятным, что тип рабочего органа оказывает наибольшее влияние на эффективность посева, что подтверждается работой посевных агрегатов с анкерными сошниками. Такие посевные агрегаты в условиях переувлажнения почвы оказались единственными, при использовании которых получалось проводить посев на рекомендованных скоростях движения без потерь производительности. Это объясняется особенностью и простотой их конструкции. Анкерный сошник имеет наименьшую площадь сопротивления в сравнении с диском и лапой и не имеет каких-либо вращающихся элементов, которые бы забивались почвой [8,9].

Целесообразно отметить, что при работе на разных скоростях движения посевные агрегаты, оборудованные данными типами сошников, по-разному оказывают влияние на качественную и энергетическую составляющую посева в условиях изменяющегося уровня увлажнения почвы. Известно, что средняя скорость движения посевных агрегатов 8-10 км/ч. Данный диапазон устанавливается заводами-изготовителями техники – это аргументируется соблюдением агротехнических требований к посеву и подтверждается многочисленным опытом учёных и практиков [10,11].

В связи с этим являются актуальными исследования по обоснованию параметров и режимов работы посевных агрегатов в условиях различного увлажнения почв, а целью данного исследования является усовершенствование математической модели работы посевных агрегатов, оборудованных различными типами сошников в условиях различного увлажнения почв.

Материалы и методы

Многочисленными результатами испытаний агрегатов установлено, что в условиях реальной эксплуатации машинно-тракторных агрегатов расход топлива тракторного двигателя является функцией ширины захвата агрегата, глубины обработки почвы и скорости его движения, а уравнение аппроксимации будет иметь следующий вид [12-17]:

$$G_T = G_{T0} + E_0 \cdot B_p \cdot h \cdot V^2, \quad (1)$$

где G_{T0} – математическое ожидание расхода топлива на самопередвижение агрегата и потерь в передаточных механизмах системы, г/с;

h – математическое ожидание глубины обработки почвы, м;

E_0 – коэффициент пропорциональности, учитывающий влияние физико-механических свойств почвы, параметров трактора, типов рабочих органов орудий на интенсивность прироста расхода топлива двигателя при увеличении B_p , h , V – рабочей ширины захвата, глубины обработки и рабочей скорости движения соответственно.

Полученное выражение представляет собой энергетическую характеристику агрегата в целом, при воздействии его на почву [18].

Важным условием эффективного использования МТА является правильный выбор рабочих скоростей движения агрегата [19]:



$$V_p = N_{ен} \cdot \frac{\lambda N_e \cdot \eta_{тр} (A_0 + A_1 \varphi + A_2 \varphi^2)}{G_3(\varphi + f)}, \quad (2)$$

где A_0, A_1, A_2 – коэффициенты аппроксимации для определения математического ожидания к.п.д. буксования движителей;

φ – математическое ожидание коэффициента использования сцепного веса трактора;

G_3 – эксплуатационный вес трактора.

В свою очередь, величины расхода топлива тракторного двигателя и его мощности связаны линейной зависимостью. Тогда совместное решение уравнений (1) и (2) будет отражать физическую сущность процесса почвообработки.

В связи с тем, что низкая энергоэффективность использования почвообрабатывающих посевных агрегатов и несоблюдение агротехнических требований к посеву обусловлены особенностями физико-механических свойств почвы, конкретно, её влажностью, были рассмотрены теоретические вопросы влияния степени увлажнения почвы на энергетические показатели посевных агрегатов.

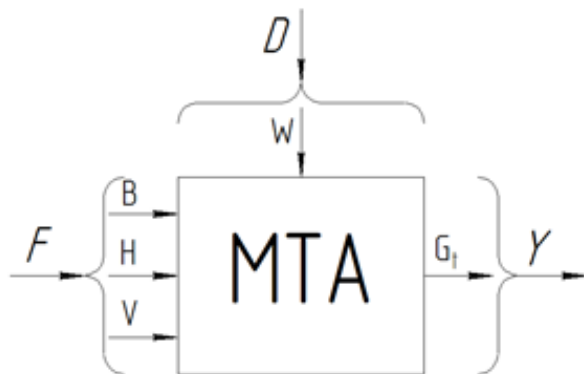


Рис. 1 – Схема модели функционирования машинно-тракторного агрегата

На схеме F – вектор внешних воздействий; D – вектор возмущающих воздействий; Y – вектор функциональных параметров.

Предлагаемая математическая модель «почва – орудие – трактор» описывает процесс функ-

ционирования посевного агрегата как сложной динамической системы, учитывающей влияние: – вектора внешних воздействий на процесс почвообработки F , подразумевающего в конкретном случае изменение таких параметров моделирования работы агрегата как его ширина захвата – B , глубина обработки почвы – H и скорость движения – V ;

– вектора возмущающих воздействий – D , включающего один из наиболее значимых, а в большинстве случаев являющегося даже обобщающим для остальных физико-механических свойств почвы параметром – её влажность W ;

– вектора функциональных параметров Y , представленных в виде часового расхода топлива – G_t по принципу «вход-выход».

Представленное уравнение аппроксимации (1) достаточно адекватно описывает процесс изменения данной системы взаимодействия параметров и характеристик машинно-тракторных агрегатов. В свою очередь нас интересуют только некоторые изменяемые характеристики при конкретных воздействиях на систему, в частности уровень влажности почвы.

В ходе анализа расходов топлива, обусловленных четырьмя различными уровнями увлажнения почвы, при помощи метода наименьших квадратов по алгоритму Левенберга-Марквардта [20] были найдены коэффициенты пропорциональности E_0 и расхода топлива на самопередвижение $G_{то}$ в уравнении (1) для посевных агрегатов, оборудованных двумя типами рабочих органов – анкерным и лаповым.

Поскольку, при изменении влажности почвы коэффициенты пропорциональности E_0 и расхода топлива на самопередвижение $G_{то}$ возрастают на определенную величину, то в соответствии с этим получим значения их приростов, а далее найдем их для каждого уровня влажности почвы и типа рабочего $K_W^{E_0}$ и $K_W^{G_t}$ органа агрегата и обозначим коэффициентами

Результаты и их обсуждения

Полученные уравнения связи после анализа расходов топлива по уравнению (1) имеют высокую значимость (R_2) и представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Коэффициенты $G_{то}$ и E_0 посевных агрегатов

Влажность почвы (W), %	Уравнение	Коэффициент детерминации, R^2
1. Анкерного посевного агрегата		
15,4	$G_t = 1,634 + 4,437 \cdot V^2$	0,96
20,7	$G_t = 1,516 + 3,193 \cdot V^2$	0,94
25,8	$G_t = 1,268 + 2,174 \cdot V^2$	0,90
30,2	$G_t = 1,771 + 3,400 \cdot V^2$	0,94
2. Лапового посевного агрегата		
15,4	$G_t = 1,707 + 5,614 \cdot V^2$	0,96
20,7	$G_t = 1,480 + 3,534 \cdot V^2$	0,96
25,8	$G_t = 1,318 + 3,341 \cdot V^2$	0,84
30,2	$G_t = 2,400 + 3,980 \cdot V^2$	0,94



При изменении влажности почвы значения свободных членов уравнений существенно изменяются, что говорит о степени влияния данного фактора на процесс. В результате была найдена степень влияния данного фактора на величину

расхода топлива G_T относительно принятого нами базового нижнего уровня влажности почвы $W = 15,4\%$ для посевного агрегата, оборудованного лаповым и анкерным сошниками в диапазоне исследуемой влажности $15,4-30,2\%$ (табл. 2).

Таблица 2 – Величины приростов коэффициентов G_{T0} и E_0 посевных агрегатов

Влажность почвы (W), %	Анкерного		Лапового	
	$K_W^{G_T}$	$K_W^{E_0}$	$K_W^{G_T}$	$K_W^{E_0}$
15,4	1	1	1	1
20,7	0,93	0,72	0,87	0,63
25,8	0,78	0,49	0,77	0,59
30,2	1,08	0,77	1,41	0,71

Проанализировав данные коэффициенты, получим зависимости коэффициентов для посевных агрегатов, оборудованных анкерными и лаповыми сошниками, от уровня увлажнения почвы.

Для анкерного сошника данное уравнение связи коэффициента $K_W^{G_T}$ будет иметь вид:

$$K_W^{G_T} = -5,868 + 1,0424 \cdot W - 0,051 \cdot W^2 + 0,0008 \cdot W^3, R^2 = 0,99, \quad (3)$$

где W – влажность почвы, %.

Для лапового:

$$K_W^{G_T} = -7,864 + 1,3861 \cdot W - 0,0702 \cdot W^2 + 0,0011 \cdot W^3, R^2 = 0,99. \quad (4)$$

Графическая интерпретация уравнений (3) и (4) представлена на рисунке 2.

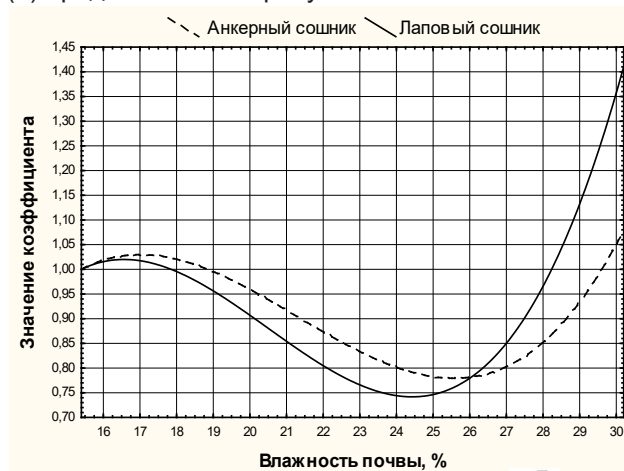


Рис. 2 – Изменение коэффициента $K_W^{E_0}$, учитывающего влияние влажности почвы, на интенсивность прироста расхода топлива тракторного двигателя

Для анкерного сошника данное уравнение связи коэффициента $K_W^{E_0}$ будет иметь вид:

$$K_W^{E_0} = -3,8968 + 0,8244 \cdot W - 0,044 \cdot W^2 + 0,0007 \cdot W^3, R^2 = 0,99, \quad (5)$$

для лапового:

$$K_W^{E_0} = 5,2316 - 0,476 \cdot W + 0,0154 \cdot W^2 - 0,0002 \cdot W^3, R^2 = 0,99. \quad (6)$$

Графическая интерпретация уравнений (5) и (6) представлена на рисунке 3.



Рис. 3 – Изменение коэффициента $K_W^{E_0}$, учитывающего влияние влажности почвы, на интенсивность прироста расхода топлива тракторного двигателя

Анализ данных зависимостей показал, что коэффициент $K_W^{G_T}$, учитывающий влияние влажности почвы на интенсивность прироста расхода топлива на самопередвижение при моделировании работы посевного агрегата с анкерными рабочими органами изменяется в диапазоне $0,78-1,08$, с лаповыми – в диапазоне $0,77 - 1,41$.

Коэффициент $K_W^{E_0}$, учитывающий влияние влажности почвы на изменение прироста расхода топлива тракторного двигателя, зависящее от его параметров и рабочей скорости движения при моделировании работы посевного агрегата с анкерными рабочими органами, изменяется в диапазоне $0,49-1,00$, с лаповыми – $0,59-1,00$.

Данные зависимости позволяют определять



величины коэффициентов при конкретном уровне увлажнения почвы в диапазоне влажности почвы 15,4 – 30,2 %.

Подставив коэффициенты $K_W^{E_0}$ и $K_W^{G_T}$ в уравнение (1), получим зависимость часового расхода топлива МТА от различных уровней увлажнения почвы при посеве в диапазоне влажности почвы 15,4-30,2 %:

$$G_T = K_W^{G_T} G_{T_0} + K_W^{E_0} E_0 \cdot B_p \cdot h \cdot V^2, \quad (7)$$

где $K_W^{E_0}$ - коэффициент, учитывающий влияние влажности почвы на интенсивность прироста расхода топлива двигателя при увеличении B_p , h , V^2 рабочей ширины захвата, глубины обработки и рабочей скорости движения соответственно;

$K_W^{G_T}$ - коэффициент, учитывающий влияние влажности почвы на интенсивность прироста расхода топлива двигателя при увеличении расхода топлива на самопередвижение агрегата G_{T_0} .

Закключение

На основании результатов энергооценки посевных агрегатов по расходу топлива тракторного двигателя данная математическая модель позволяет устанавливать рациональные составы и режимы работы посевных агрегатов в зависимости от рабочей скорости движения, уровня увлажнения почвы и типа рабочего органа (анкерный, лаповый).

Определены значения коэффициентов $K_W^{E_0}$, учитывающих влияние влажности почвы на интенсивность прироста расхода топлива тракторного двигателя при изменении параметров и режимов работы посевных агрегатов и коэффициентов $K_W^{G_T}$ учитывающих влияние влажности почвы, на интенсивность прироста расхода топлива при увеличении расхода топлива на самопередвижение агрегата, которые изменяются в диапазоне от 0,59-1,00 и 0,49-1,00 в варианте с лаповыми и 0,77-1,41 и 0,78-1,08 с анкерными сошниками соответственно.

Таким образом, на основании эмпирических данных предложено усовершенствование математической модели, позволяющей по расходу топлива тракторного двигателя проводить энергооценку посевного агрегата с учетом типа сошника и уровня влажности почвы. Данная модель позволяет выполнять обоснование параметров и режимов работы посевных агрегатов, оборудованных анкерным и лаповым типами сошников в условиях изменяемого уровня увлажнения почвы в диапазоне 15,4-30,2 %.

Список литературы

1. Яковлев, Д.А. Рациональное комплектование посевных машин рабочими органами для условий повышенного увлажнения почв / Д.А. Яковлев, В.И. Беляев, Г.Н. Поляков // Информационные технологии, системы и приборы в АПК. 7-я Междунар. Науч.-практ. конф. - Новосибирск-Краснообск. - 2018. - С. 497-500. URL: <https://www.>

[elibrary.ru/item.asp?id=36445976](https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36445976)

2. Яковлев, Н.С. Качество обработки почвы в зависимости от размера культиваторных лап, скорости агрегата и влажности почвы / Н.С. Яковлев, А.П. Цегельник, В.И. Черных // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. - 2016. - №1. - С. 73-81. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26687267>

3. Nemtsev A., Voronin D., Demenok I. Application of service technical clusters for agroindustrial complex of the Novosibirsk region // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. - 2019. - № 403 012054 DOI: 10.1088/1755-1315/403/1/012053

4. Nazarov N., Yakovlev N., Ivanov N., Blynsky Y. Project designing of crop production agricultural technologies // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. - 2019. - № 403 012054 DOI: 10.1088/1755-1315/403/1/012054

5. Hasim A., Chen Y. Soil disturbance and draft force of selected seed openers. // Soil and Tillage Research. - 2014. - №140. - P. 48-54. DOI: 10.1016/j.still.2014.02.011

6. Поляков, Г. Н. Ресурсосберегающие технологии возделывания зерновых культур в условиях Восточной Сибири / Г.Н. Поляков, С.Н. Шуханов, П.А. Болоев // Саратовский ГАУ: Аграрный научный журнал. - 2015. - №10. - С. 31-35. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24311008>

7. Belyaev V.I., Vol'nov V.V., Iakovlev D.A., Sokolova L.V. The influence of the sowing coulters type on the seeding quality and the spring wheat yield // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. - 2020. - № 941 DOI: 10.1088/1757-899X/941/1/012042

8. Obermayr M., Dressler K., Vrettos C., Eberhard P. Prediction of draft forces in cohesionless soil with the discrete element method // J. Terramech. - 2011. - №48 (5). - P. 347-358. DOI: 10.1016/j.jterra.2011.08.003

9. Chen Y., Gao, Q., Zhou H., Sadek M. A. Simulation of soil dynamic properties of a seed opener using the discrete element method (dem) // Agricultural Engineering International: CIGR Journal. - 2015. - №17 (3) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29809249>

10. Kushwaha R. L., Linke C. Draft-speed relationship of simple tillage tools at high operating speeds // Soil Tillage Res. - 1996. - №39 (12). - P. 61-73. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=537243>

11. Harker K. N., O' Donovan J. T., Blackshaw R. E., Johnson E. N., Lafond G. P., May W. E. Seeding depth and seeding speed effects on no-till canola emergence, maturity, yield and seed quality // Canadian Journal of Plant Science. - 2012. - №92 (4). - P. 795-802. DOI: 10.4141/cjps2011-189

12. Беляев, В.И. Обоснование критерия эффективности использования почвообрабатывающих агрегатов / В. И. Беляев, Н.И. Коваль // Повышение эффективности ремонта и эксплуатации сельскохозяйственной техники. - Барнаул: АСХИ, 1988. - С. 46-55. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30726515>

13. Беляев, В.И. Повышение эффективности обработки почвы и посева зерновых культур при



использовании перспективных машинно-тракторных агрегатов специальность 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства»: автореф. дис. докт. техн. наук / Беляев Владимир Иванович; Алтайский ГАУ. – Барнаул, 2000. 44 с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15981581>

14. Мударисов, С. Г. Результаты полевых экспериментов по энергетической и качественной оценке секции сеялки для посева по нулевой технологии / С.Г. Мударисов, И.М. Фархутдинов, Р.Ф. Юсупов // Вестник башкирского государственного аграрного университета. - 2016. - № (38). - С. 80-84. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26320463>

115. Соловьёв, С.В. Оценка часового расхода топлива при внесении органических удобрений модернизированным полуприцепом-разбрасывателем / С.В. Соловьёв, В.И. Оробинский, Н.М. Дерканосова // Материалы междунар. Науч.-практ. конф. - Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2016. - С. 100-105. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28094018&pf=1>

16. Антипин, В.П. Производительность и энергозатраты машинно-тракторного агрегата / В.П. Антипин, Е.Н. Власов, Г.В. Каршев, В.Н. Куликова, А.Ю. Епифанова // Тракторы и сельхозмашины, 2013. - № 8. - С. 23-28. URL: <https://www.elibrary.ru/>

[item.asp?id=20196610](https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20196610)

7. Хафизов, К.А. Методика расчета часового расхода топлива двигателя трактора, работающего в составе посевного агрегата / К.А. Хафизов, Р.Н. Хафизов, А.А. Нурмиев // Материалы I Междунар. Науч.-практ. конф., посвященной памяти проф. А.К. Юлдашева. - Казань: Казанский ГАУ, 2018. - С. 30-34. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36637273>

18. Беляев, В.И. Теоретическое обоснование эксплуатационных параметров и режимов работы почвообрабатывающих посевных агрегатов / В.И. Беляев, Д.В. Беляев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. - 2007. - № 9 (35). - С. 49-51. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=10293495>

19. Соколов, В.В. Аппроксимация зависимости тягового сопротивления почвообрабатывающего агрегата от скорости движения / Повышение эффективности ремонта и эксплуатации сельскохозяйственной техники, Алтайский сельскохозяйственный институт. – 1988. – 42 – 46. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30726521>

20. Marquardt, D. An algorithm for least-squares estimation of nonlinear parameters // SIAM J. Appl. Math. - 1963. - №11. - С. 431-444. DOI:10.1137/0111030

SEEDING UNITS PARAMETERS AND OPERATING MODES THEORETICAL JUSTIFICATION IN DIFFERENT SOIL MOISTURE CONDITIONS

Iakovlev Daniil A., Postgraduate student of the chair «Agricultural Machinery and Technologies», dyagro@yandex.ru

Belyaev Vladimir I., Dr. Sci. (Engineering), Professor, head of the chair «Agricultural Machinery and Technologies», prof-belyaev@yandex.ru
Altai State Agricultural University

Introduction. This article discusses the features of the sowing technological process associated with the level of soil moisture, seed unit opener type and working speed of sowing. It has been established that in the spring, due to the sharply continental climate in the region, weather conditions often change, and as a result, the levels of soil moisture reserves. This fact is closely correlated with the qualitative component of sowing because the range of changes in energy and agrotechnical indicators is very wide. Since farms often use different sowing equipment, differing in the types of openers, the issue of its choice and justification is quite problematic. Theoretical studies on the substantiation of the parameters and operating modes of seeding units equipped with chisel and v-type openers in conditions of various soil moisture are relevant, the purpose of which is to improve the mathematical model of the operation of sowing soil-cultivating MTU.

Materials and methods. Numerous results of MTU tests have established that the fuel consumption of a tractor engine is a function of the relationship between the working width of the unit, the depth of tillage and the speed of movement. In the course of analyzing fuel consumption at different soil moisture with the help of OLS, proportionality coefficients E_o and fuel consumption for self-propelling G_{mo} were found for seeding units equipped with chisel and v-type openers. With a change in soil moisture, the proportionality coefficients E_o and the fuel consumption for self-movement G_{mo} increased by a certain amount, so the values of their increments were obtained, denoted by the coefficients $K_W^{E_o}$ and $K_W^{G_{tr}}$ and entered into the mathematical model.

Results and Discussion. These coefficients vary in the ranges of 0.59-1.00 and 0.49-1.00 in the variant with v-type openers and 0.77-1.41 and 0.78-1.08 with chisel openers, respectively.

Conclusion. The obtained mathematical model makes it possible to substantiate the parameters and operating modes of seeding units equipped with chisel and v-type openers according to the fuel consumption of a tractor engine when soil moisture changes in the range of 15.4-30.2%.

Key words: soil moisture, direct sowing, seeder, opener, machine-tractor unit, energy consumption estimate, fuel consumption.

Literatura

1. Iakovlev, D.A. Racional'noe komplektovanie posevnyh mashin rabochimi organami dlya uslovij povyshennogo uvlazhneniya pochv / D.A. Iakovlev, V.I. Belyaev, G.N. Polyakov // Informacionnye tekhnologii,



- sistemy i pribory v APK. 7-ya Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya. - Novosibirsk-Krasnoobsk. - 2018. - S. 497-500. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36445976>
2. Yakovlev, N.S. Kachestvo obrabotki pochvy v zavisimosti ot razmera kul'tivatornyh lap, skorosti agregata i vlazhnosti pochvy / N.S. Yakovlev, A.P. Cegel'nik, V.I. Chernyh // Sibirskij vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki. - 2016. - №1. - S. 73-81. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26687267>
3. Nemtsev A., Voronin D., Demenok I. Application of service technical clusters for agroindustrial complex of the Novosibirsk region // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. - 2019. - № 403 012054 DOI: 10.1088/1755-1315/403/1/012053
4. Nazarov N., Yakovlev N., Ivanov N., Blynsky Y. Project designing of crop production agricultural technologies // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. - 2019. - № 403 012054 DOI: 10.1088/1755-1315/403/1/012054
5. Hasim A., Chen Y. Soil disturbance and draft force of selected seed openers. // Soil and Tillage Research. - 2014. - №140. - P. 48-54. DOI: 10.1016/j.still.2014.02.011
6. Polyakov, G. N. Resursosberegayushchie tekhnologii vozdeleyvaniya zernovyh kul'tur v usloviyah Vostochnoj Sibiri / H.N. Polyakov, S.N. Shuhanov, P.A. Boloev // Saratovskij GAU: Agrarnyj nauchnyj zhurnal. - 2015. - №10. - S. 31-35. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24311008>
7. Belyaev V.I., Vol'nov V.V., Iakovlev D.A., Sokolova L.V. The influence of the sowing coulters type on the seeding quality and the spring wheat yield // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. - 2020. - № 941 DOI: 10.1088/1757-899X/941/1/012042
8. Obermayr M., Dressler K., Vrettos C., Eberhard P. Prediction of draft forces in cohesionless soil with the discrete element method // J. Terramech. - 2011. - №48 (5). - P. 347-358. DOI: 10.1016/j.jterra.2011.08.003
9. Chen Y., Gao, Q., Zhou H., Sadek M. A. Simulation of soil dynamic properties of a seed opener using the discrete element method (dem) // Agricultural Engineering International: CIGR Journal. - 2015. - №17 (3) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29809249>
10. Kushwaha R. L., Linke C. Draft-speed relationship of simple tillage tools at high operating speeds // Soil Tillage Res. - 1996. - №39 (12). - P. 61-73. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=537243>
11. Harker K. N., O' Donovan J. T., Blackshaw R. E., Johnson E. N., Lafond G. P., May W. E. Seeding depth and seeding speed effects on no-till canola emergence, maturity, yield and seed quality // Canadian Journal of Plant Science. - 2012. - №92 (4). - P. 795-802. DOI: 10.4141/cjps2011-189
12. Belyaev, V.I. Obosnovanie kriteriya effektivnosti ispol'zovaniya pochvoobrabatyvayushchih agregatov / V.I. Belyaev, I.N. Koval' // Povyshenie effektivnosti remonta i ekspluatsii sel'skohozyajstvennoj tekhniki. - Barnaul: ASKHI, 1988. - S. 46-55. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30726515>
13. Belyaev, V.I. Povyshenie effektivnosti obrabotki pochvy i poseva zernovyh kul'tur pri ispol'zovanii perspektivnyh mashinno-traktornyh agregatov special'nost' 05.20.01 «Tekhnologii i sredstva mekhanizatsii cel'skogo hozyajstva»: avtoref. dis. dokt. tekhn. nauk / Belyaev Vladimir Ivanovich; Altajskij GAU. - Barnaul, 2000. 44 s. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15981581>
14. Mudarisov, S. G. Rezul'taty polevyh eksperimentov po energeticheskoj i kachestvennoj ocenke sekcii seyalki dlya poseva po nulevoj tekhnologii / S.G. Mudarisov, I.M. Farhutdinov, R.F. Yusupov // Vestnik bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2016. - № (38). - S. 80-84. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26320463>
15. Solov'yov, S.V. Ocenka chasovogo raskhoda topliva pri vnesenii organicheskikh udobrenij modernizirovannym polupricepom-razbrasyvatelem / S.V. Solov'ev, V.I. Orobinskij, N.M. Derkanosova // Sovremennye nauchno-prakticheskie resheniya XXI veka Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. - Voronezh: Voronezhskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. Imperatora Petra I, 2016. - S. 100-105. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28094018&pff=1>
16. Antipin, V.P. Proizvoditel'nost' I energozatraty mashinno-traktornogo agregata / V.P. Antipin, E.N. Vlasov, G.V. Karshev, V.N. Kulikova, A.Yu. Yepifanova // Traktory i sel'hozmashiny, 2013. - № 8. - S. 23-28. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20196610>
17. Hafizov, K.A. Metodika rascheta chasovogo raskhoda topliva dvigatelya traktora, rabotayushchego v sostave posevnogo agregata / K.A. Hafizov, R.N. Hafizov, A.A. Nurmiev // Materialy I Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvyashchennoj pamyati professora A.K. Yuldasheva. - Kazan': Kazanskij GAU, 2018. - S. 30-34. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36637273>
18. Belyaev, V.I. Teoreticheskoe obosnovanie ekspluatacionnyh parametrov i rezhimov raboty pochvoobrabatyvayushchih posevnyh agregatov / V.I. Belyaev, D.V. Belyaev // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2007. - № 9 (35). - S. 49-51. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=10293495>
19. Sokolov, V.V. Approksimatsiya zavisimosti tyagovogo soprotivleniya pochvoobrabatyvayushchego agregata ot skorosti dvizheniya / Povyshenie effektivnosti remonta i ekspluatsii sel'skohozyajstvennoj tekhniki, Altajskij sel'skohozyajstvennyj institut. - 1988. - S. 42 - 46. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30726521>
20. Marquardt, D. An algorithm for least-squares estimation of nonlinear parameters // SIAM J. Appl. Math. - 1963. - №11. - C. 431-444. DOI:10.1137/0111030