

Научная статья
 УДК 631.816.34
 doi:10.35694/YARCX.2021.55.3.014



ЭНЕРГООЦЕНКА МАШИНО- ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ ДЛЯ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ВНЕСЕНИЯ ЖИДКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Р. Е. Прокопчук (фото)
 аспирант кафедры сельскохозяйственной техники и технологий
 В. И. Беляев
 д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой
 сельскохозяйственной техники и технологий
 ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул

*Ликвилайзер,
 инъектор, точечное
 внесение удобрений,
 ресурсосберегающие
 технологии, рабочая
 скорость движения,
 расход топлива
 двигателя, жидкие
 минеральные удобрения*

*Liquiliser, injector,
 point application of
 fertilizers, resource-saving
 technologies, operating
 speed, engine fuel
 consumption, liquid mineral
 fertilizers*

Одним из перспективных направлений повышения урожайности сельскохозяйственных культур является применение минеральных удобрений. Они выпускаются в двух видах – твёрдые гранулированные и жидкие. Существенным преимуществом жидких минеральных удобрений является то, что они действуют весь период вегетации и не потребляют влагу из почвы, что особенно важно в засушливые годы [1].

Существует несколько способов внесения жидких удобрений, такие как поверхностное и внутрипочвенное. При внутрипочвенном внесении удобрение подаётся сразу к корневой системе, что способствует быстрому поглощению питательных веществ растениями [2].

Внутрипочвенное внесение удобрений может быть реализовано различными способами:

1. Внесение удобрений при основной и (или) предпосевной обработке почвообрабатывающим агрегатом при одновременном их заделывании в почвы.

2. Внесение удобрений посевным комплексом одновременно с посевом.

3. Точечное внесение удобрений.

При точечном внесении снижается вероятность механических повреждений растений рабочими органами агрегатов, сокращается расход жидкости, что делает этот способ перспективным.

Орудия для внутрипочвенного точечного внесения (ликвилайзеры) вносят раствор непосредственно в почву, на глубину корневой системы растений. Рынок сельхозтехники, оборудованной иглами для точного внесения жидких минеральных удобрений, невелик и представлен несколькими комплексами отечественного и зарубежного производства, такими как Dupont, Gustrower, «ЛиквилайРус», «Агристо» и «Алтай» [3].

В последнее время в Алтайском крае наблюдается рост количества используемых агрегатов для точечного внесения удобрений, что указывает на актуальность исследований, направленных на обоснование параметров и режимов работы этих агрегатов.

Целью исследования является повышение эффективности работы агрегатов для точечного внесения жидких минеральных удобрений.

Задачи исследования:

1. Провести энергетическую оценку агрегатов для точечного внесения жидких минеральных удобрений.

2. Дать сравнительную оценку агрегатов для точечного внесения жидких минеральных удобрений импортного и отечественного производства.

Результаты исследований послужат основой для обоснования рациональных параметров и режимов работы машинно-тракторных агрегатов (МТА) для внесения жидких минеральных удобрений.

Методика исследования

Объектом исследования в работе является технологический процесс внутрипочвенного внесения жидких минеральных удобрений с разным уровнем заполнения бочки. Исследования проводились согласно стандартным методикам полевого опыта, а обработка результатов экспериментов основана на корреляционно-регрессионном анализе [4]. Опыты проведены 25–26 мая 2021 года в трёх хозяйствах Алтайского края: ООО «Вирт» и ООО «Бочкари Агро» Целинного района и КФХ «Зайцев» Тюменцевского района Алтайского края.

Внесение удобрений проводилось агрегатами John Deere 8310R + ликвилайзер «Алтай», John Deere 8430 + Duport и Valtra T234 + Duport (рис. 1–3).

Параметры агрегатов приведены в таблице 1.

Первая серия опытов заключалась в замере расхода топлива каждого агрегата в режиме самопередвижения при изменении двух факторов: скорости движения (1,11; 1,66 и 2,22 м/с) и уровня заполнения бочки жидкими удобрениями (0 и 100%).

Вторая серия опытов направлена на измерение расхода топлива при работе ликвилайзера. Рабочая скорость МТА определялась агротехническими требованиями и составляла 2,22 м/с.

В качестве факторов рассматривались уровень заполнения бочки жидкими удобрениями (0,50% и 100%) и влажность почвы в поверхностном слое (14,84%; 18,12%; 23,71%).

Расход топлива двигателя в обоих случаях определялся при помощи встроенного в топливную систему датчика мгновенного расхода топли-



Рисунок 1 – John Deere 8310R + ликвилайзер «Алтай»



Рисунок 2 – Valtra T234 + Duport



Рисунок 3 – John Deere 8430 + Duport

Таблица 1 – Параметры агрегатов

Параметр	John Deere 8310R + «Алтай»	John Deere 8430 + Duport	Valtra T234 + Duport
Масса трактора эксплуатационная, кг	9850	10346	13500
Номинальная мощность двигателя, кВт	195	225	173
Рабочая ширина захвата агрегата, м	12	12	12
Объём бочки для жидких удобрений, л	6000	8500	8500

ва, информация с которого обновлялась на дисплее в кабине трактора [5].

Измерение расхода топлива тракторного двигателя на каждом уровне варьирования фактора проводилось в пятнадцатикратной повторности [6].

Результаты и их обсуждение

Средние значения расхода топлива тракторного двигателя в составе испытываемых МТА при исследуемых сочетаниях уровней факторов опытов № 1 и 2 приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Расход топлива при самопередвижении МТА на различных скоростях (опыт №1)

Скорость движения, м/с	Состав агрегата					
	John Deere 8310R + «Алтай»		Valtra T234 + Duport		John Deere 8430 + Duport	
	G_r , г/с (0%)	G_r , г/с (100%)	G_r , г/с (0%)	G_r , г/с (100%)	G_r , г/с (0%)	G_r , г/с (100%)
1,11	11,33	14,75	6,57	8,05	11,5	12,33
1,66	11,64	15,53	8,47	12,35	13,32	17,29
2,22	12,21	19,09	14,65	15,63	14,32	20,18

Таблица 3 – Расход топлива при работе МТА с различным уровнем заполнения бочки (опыт № 2)

Уровень заполнения бочки	Состав агрегата		
	John Deere 8310R + «Алтай»	Valtra T234 + Duport	John Deere 8430 + Duport
0	21,07	23,53	19,16
50%	21,47	23,61	20,29
100%	21,56	23,89	21,13

Результаты опыта обработаны методом регрессионного анализа в программе Statistica. В результате получено обобщённое уравнение (1), устанавливающее связь между расходом топлива двигателя МТА на самопередвижение, рабочей скоростью движения и массой.

$$G_{mxx} = 0,28 + 0,463 \cdot V_p + 0,071 \cdot V_p^2 + 0,000288 \cdot G_{МТА}, \quad (1)$$

где V_p – рабочая скорость, м/с;
 $G_{МТА}$ – масса машинно-тракторного агрегата, кг.

Уравнение имеет высокую статистическую значимость ($R^2 = 0,99$).

Анализ показывает, что наблюдается квадратичная зависимость увеличения расхода топлива от скорости движения, а с ростом массы агрегата – линейная. Причём на каждые 1000 кг увеличения

массы агрегата расход топлива увеличивается на 0,288 г/с.

По результатам второго эксперимента получено обобщённое уравнение (2), устанавливающее связь между влажностью поверхностного слоя почвы, массой трактора и соотношением массы трактора и массы машинно-тракторного агрегата. Коэффициент детерминации $R^2 = 0,96$.

$$G_{mp} = 20,55 - 0,82 \cdot W_n + 0,00126 \cdot G_{mp} - 1,119 \cdot \frac{G_{mp}}{G_{МТА}}, \quad (2)$$

где W_n – влажность почвы, %;

G_{mp} – масса трактора, кг.

Как показывает анализ, увеличение влажности почвы в исследуемых пределах от 14,84% до 23,71% приводило к снижению расхода топлива на выполнение рабочего процесса в среднем

на 0,82 г/с на каждый процент, то есть условия увлажнения почвы являются одним из наиболее значимых факторов увеличения энергозатрат при обработке. При этом с ростом массы трактора расход топлива возрастает линейно на 1,26 г/с на каждую тонну увеличения массы. С увеличением же соотношения массы трактора и агрегата расход топлива снижается линейно.

Измерения в ходе опыта показали, что с увеличением заполнения объема бочки ликвилайзера расход топлива двигателя трактора John Deere 8310R в агрегате с ликвилайзером «Алтай» увеличивается с 21,07 до 21,56 г/с, Valtra T234 в агрегате с Dupont – с 23,53 до 23,89 г/с и John Deere 8430 с агрегатом Dupont – с 19,16 до 21,13 г/с соответственно.

Установлено, что с увеличением объема жидкости с удобрениями расход топлива двигателя трактора в агрегате с ликвилайзером на единицу ширины захвата увеличивается: John Deere 8310R в агрегате с ликвилайзером «Алтай» – с 1,76 до 1,80 г/с, Valtra T234 в агрегате с Dupont – с 1,96 до

1,99 г/с и John Deere 8430 с агрегатом Dupont – с 1,60 до 1,76 г/с соответственно.

Выводы

1. На основании энергетической оценки ликвилайзеров с разным заполнением бочки жидкостью установлено, что все исследуемые факторы (скорость, влажность почвы и уровень заполнения бочки, выраженной в массе МТА) оказывают значимое влияние на величину среднего расхода топлива тракторного двигателя.

2. Полученные уравнения связи послужат основой для обоснования выбора рациональных параметров и режимов работы ликвилайзера с разной массой трактора, массой машинно-тракторного агрегата с энергетической, агротехнической и экономической точек зрения.

Финансирование: исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-316-90013\20.

Список источников

1. Беляев, В. И. Современная техника и информационные технологии в земледелии / В. И. Беляев. – Текст : непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2018. – № 8 (166). – С. 158–162. – ISSN 1996-4277.
2. Максимов, Д. А. Результаты исследования поверхностного способа внесения жидкого органического удобрения / Д. А. Максимов, А. С. Оглуздин, Э. В. Васильев – Текст : непосредственный // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2012. – № 83.– С. 93–100. – ISSN 0131-5226.
3. Прокопчук, Р. Е. Точная инъекция жидких минеральных удобрений / Р. Е. Прокопчук, В. И. Беляев, В. В. Щербинин. – Текст : непосредственный // Аграрная наука – сельскому хозяйству : сборник материалов XVI Международной научно-практической конференции. В 2-х книгах. Книга 2. – Барнаул : Изд-во Алтайский государственный аграрный университет, 2021. – С. 11–13. – ISBN 978-5-94485-338-7.
4. Бачурин, Р. Н. Энергооценка машинно-тракторного агрегата при внесении жидких минеральных удобрений / Р. Н. Бачурин, В. И. Беляев, Д. Н. Пирожков. – Текст : непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2019. – № 11 (181). – С. 144–149. – ISSN 1996-4277.
5. Яковлев, Д. А. Сравнительная энергооценка рабочих органов посевных машин для прямого посева в условиях различного увлажнения почв / Д. А. Яковлев, В. И. Беляев, Р. Е. Прокопчук. – Текст : непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2020. – № 16 (188). – С. 144–150. – ISSN 1996-4277.
6. Беляев, В. И. Оценка тяговых энергозатрат посевного комплекса «Кузбасс» при различных рабочих скоростях движения / В. И. Беляев, Д. А. Яковлев. – Текст : непосредственный // Аграрная наука – сельскому хозяйству : сборник материалов XIV Международной научно-практической конференции. В 2-х книгах. Книга 2. – Барнаул: Изд-во Алтайский государственный аграрный университет, 2019. – С. 13–15. – ISBN 978-5-94485-311-0.

References

1. Belyaev, V. I. Sovremennaja tehnika i informacionnye tehnologii v zemledelii / V. I. Belyaev. – Tekst : neposredstvennyj // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – № 8 (166). – S. 158–162. – ISSN 1996-4277.
2. Maksimov, D. A. Rezul'taty issledovanija poverhnostnogo sposoba vnesenija zhidkogo organicheskogo udobrenija / D. A. Maksimov, A. S. Ogluzdin, Eh. V. Vasil'ev – Tekst : neposredstvennyj // Tehnologii i tehniczeskie sredstva mehanizirovannogo proizvodstva produkcii rastenievodstva i zhivotnovodstva. – 2012. – № 83.– S. 93–100. – ISSN 0131-5226.

3. Prokopchuk, R. E. Tochnaja in#ekcija zhidkih mineral'nyh udobrenij / R. E. Prokopchuk, V. I. Belyaev, V. V. Shcherbinin. – Tekst : neposredstvennyj // Agrarnaja nauka – sel'skomu hozjajstvu : sbornik materialov XVI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. V 2-h knigah. Kniga 2. – Barnaul : Izd-vo Altajskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021. – S. 11–13. – ISBN 978-5-94485-338-7.

4. Bachurin, R. N. Jenergoocenka mashinno-traktornogo agregata pri vnesenii zhidkih mineral'nyh udobrenij / R. N. Bachurin, V. I. Belyaev, D. N. Pirozhkov. – Tekst : neposredstvennyj // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2019. – № 11 (181). – S. 144–149. – ISSN 1996-4277.

5. Yakovlev, D. A. Sravnitel'naja jenergoocenka rabochih organov posevnyh mashin dlja prjamogo poseva v uslovijah razlichnogo uvlazhnenija pochv / D. A. Yakovlev, V. I. Belyaev, R. E. Prokopchuk. – Tekst : neposredstvennyj // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2020. – № 16 (188). – S. 144–150. – ISSN 1996-4277.

6. Belyaev, V. I. Ocenka tjavovyh jenergozatrjat posevnogo kompleksa «Kuzbass» pri razlichnyh rabochih skorostjah dvizhenija / V. I. Belyaev, D. A. Yakovlev. – Tekst : neposredstvennyj // Agrarnaja nauka – sel'skomu hozjajstvu : sbornik materialov XIV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. V 2-h knigah. Kniga 2. – Barnaul: Izd-vo Altajskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2019. – S. 13–15. – ISBN 978-5-94485-311-0.

О. А. ПУСТОВАЯ, Е. А. ПУСТОВОЙ

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И АСУ ТП

Учебник

Авторы:

*Пустовая Олеся Александровна – канд. с.-х. наук, доцент
кафедры электропривода и автоматизации технологических процессов;*

*Пустовой Евгений Анатольевич – канд. с.-х. наук, доцент
кафедры электропривода и автоматизации технологических процессов
(электроэнергетический факультет ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ)*



Учебник «Информационно-измерительные системы и АСУ ТП» издательства «Инфра-Инженерия» рекомендован широкому кругу студентов, аспирантов, вузов различного профиля и специалистам в области энергетики и автоматизированных систем управления.

Информация, представленная в издании, позволит получить базовое образование в области создания и проектирования автоматизированных систем управления и информационно-измерительных систем, поможет в дальнейшем развить навыки построения таких систем под конкретные нужды производства.

Представляемый материал активно используется при обучении по таким дисциплинам как «Электрические измерения», «Информационно-измерительная техника», «Автоматизация сельскохозяйственного производства» и пр.

Предлагаемый к вниманию читателей материал позволит составить представления о современных информационных системах и направлении развития современного сельскохозяйственного и промышленного производства.

Учебник представлен в библиотеке ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ и на сайте издательства «Инфра-Инженерия» <https://infra-e.ru/products/informatsionno-izmeritelnye-sistemy-i-asu-tp>.

УДК 681.5; ISBN 978-5-9729-0829-5

**ПО ВОПРОСАМ ПРИОБРЕТЕНИЯ ОБРАЩАТЬСЯ
В ИЗДАТЕЛЬСТВО «ИНФРА-ИНЖЕНЕРИЯ»**