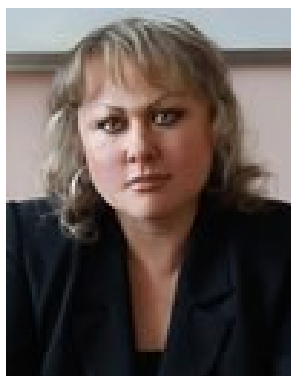


10. Gorshenina, E. Yu. Obespechenie rabotosposobnosti dvigateley bespilotnykh transportnykh sredstv / E. Yu. Gorshenina, A. S. Denisov // Progressivnye tekhnologii v transportnykh sistemakh: materialy XIX Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, Orenburg, 2025. – Orenburg, 2025. – S. 121-128.

11. Navesnye pyatikorpusnye oborotnye poluvintovye plugi PBS-4 // PluGIPBS. – URL: https://plugipbs.rf/stati/article_post/sravnitelnyye-issledovaniya-plugov-pln-5-35-po-41-40k-i-pbs-4?ysclid=mi8hmzxd1w159280741 (data obrashcheniya: 21.11.2025).



УДК 631.3:699.871

DOI: 10.53083/1996-4277-2025-254-12-75-80

**А.А. Мельберт, О.В. Ударцева,
М.Н. Вишняк, Е.А. Машенская**
A.A. Melbert, O.V. Udartseva,
M.N. Vishnyak, E.A. Mashenskaya

ВОЗМОЖНОСТЬ УЛУЧШЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В АПК, ВЫБОРОМ ТЕМПЕРАТУРЫ ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ

POSSIBILITY OF IMPROVING ENVIRONMENTAL SAFETY OF MOBILE ENERGY SOURCES USED IN THE AGRICULTURAL SECTOR BY SELECTING COOLANT TEMPERATURE

Ключевые слова: *двигатель, экологическая безопасность, окружающая среда, механизированное агропромышленное производство, температура, охлаждающая жидкость, мобильное энергетическое средство.*

Изложены результаты исследования, направленного на улучшение показателей экологической безопасности мобильных энергетических средств путем минимизации вредных выбросов с отработавшими газами дизельных двигателей, применяемых в сельскохозяйственном производстве путем выбора температуры охлаждающей жидкости. Авторами исследования были изучены эти возможности по результатам стендовых испытаний дизельных двигателей размерности 15/18. В результате испытания обнаружено, что при снижении температуры охлаждающей жидкости с 90 до 70°C выбросы NO_x снижаются на 12%. В то же время выбросы CO возрастают на

20,48%, C_xH_y – на 8,3%, ТЧ – на 27,2%. Степень превышения допустимых оценочных выбросов при $t_{\text{охл}}=90^\circ\text{C}$ по стандартам Stage 2 составила по NO_x в 2,06 раза, по CO – в 3,24, по ТЧ – в 1,65; Stage 3a по NO_x – в 3,09; по CO – в 3,24; по ТЧ – в 1,65; Stage 3b по NO_x – в 6,18, по CO – в 3,4, по ТЧ – в 1,65; Stage 4 по NO_x – в 30,88, по CO – в 3,24, по ТЧ – в 16,5; нормы России по NO_x – в 2,06, по CO – в 3,24, по ТЧ – в 3,3 раза. Выявлено, что при изменении температуры охлаждающей жидкости с 90 до 70°C перспективы выполнения требований стандартов Stage и России имеются только по углеводородам.

Keywords: *engine, environmental safety, environment, mechanized agricultural production, temperature, coolant, mobile energy source.*

The research findings on improving the environmental safety of mobile energy sources by minimizing harm-

ful emissions from exhaust gases of diesel engines used in agricultural production by choosing the temperature of the coolant are discussed. The authors studied these possibilities based on the results of bench tests of diesel engines of dimension 15/18. It was found when the coolant temperature was reduced from 90°C to 70°C, NO_x emissions decreased by 12%. At the same time, CO emissions increased by 20.48%, C_xH_y - by 8.3%, and particulate matter (PM) - by 27.2%. The degree of excess of permissible estimated emissions at the coolant temperature $t = 90^{\circ}\text{C}$ according to Stage 2 standards

was 2.06 times for NO_x, 3.24 times for CO, and 1.65 times for PM; Stage 3a for NO_x - 3.09 times; for CO - 3.24 times; for PM - 1.65 times; Stage 3b for NO_x - 6.18 times, for CO - 3.4 times, for PM - 1.65 times; Stage 4 for NO_x - 30.88 times, for CO - 3.24 times, for PM - 16.5 times; Russian standards for NO_x - 2.06 times, for CO - 3.24 times, for PM - 3.3 times. It was found that when the temperature of the coolant changed from 90°C to 70°C, there were prospects for meeting the requirements of the Stage and the Russian standards regarding hydrocarbons only.

Мельберт Алла Александровна, д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова», г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: aamelbert@mail.ru.

Ударцева Ольга Владимировна, д.т.н., доцент, профессор, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Российская Федерация, e-mail: oblاد@mail.ru.

Вишняк Мария Николаевна, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова», г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: vichnyak_mariya@mail.ru.

Машенская Екатерина Александровна, соискатель, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова», г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: suzuki468@mail.ru.

Melbert Alla Aleksandrovna, Dr. Tech. Sci., Prof., Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: aamelbert@mail.ru.

Udartseva Olga Vladimirovna, Dr. Tech. Sci., Prof., Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russian Federation, e-mail: oblاد@mail.ru.

Vishnyak Mariya Nikolaevna, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: vichnyak_mariya@mail.ru.

Mashenskaya Ekaterina Aleksandrovna, degree applicant, Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: suzuki468@mail.ru.

Введение

Ежегодный рост количества мобильных машин и энергетических установок с дизельными двигателями во много раз опережает темпы улучшения их экологических качеств [1-3].

Снижению вредных выбросов с отработавшими газами дизелей путем нейтрализации на выпуске посвящены работы Б.А. Адамовича, С.В. Белова и Л.Л. Морозова, И.Л. Варшавского и Р.В. Малова, В.Я. Груданова, Г.С. Дугина, О.И. Жегалина и Н.А. Китросского, Ю.С. Медведева, А.Л. Новоселова, М.О. Османова, В.И. Смайлиса, В.И. Сырбаева, Т. Kitamir, K.C. Taylor, J.B. Heywood, J.A. Dumesic, T. Lee, N.Y. Topsoe, G.C. Koltakis, K. Chanders, G.N. Pontikakis и др.

Вопросы обеспечения экологической безопасности в сельскохозяйственном производстве изложены в работах И.Я. Аксенова, В.В. Горбунова, О.И. Демочки, В.Н. Иванова, В.А. Михайлова, А.Л. Новоселова, Т.А. Стопаревой, Н.П. Стражева, О.В. Ударцевой, Т.Р. Филипосянца и других исследователей.

В настоящее время складывается ситуация, когда необходимо принимать комплекс мер, направленных на решение проблемы обеспечения экологической безопасности в аграрном секторе [4-6]. Свыше 70% сельскохозяйственных тракторов, зерноуборочных, кормоуборочных комбайнов и других мобильных энергетических средств находятся в эксплуатации свыше 10 лет и не удовлетворяют требованиям современных стандартов по вредным выбросам и уровню шума [7, 8]. С 2015 г. в России установлено ограничение по вредным выбросам двигателей тракторов и других МЭС на уровне этапа «3а» по европейской классификации, а с 2020 г. уже начался переход на оснащение мобильной сельскохозяйственной техники двигателями, соответствующей стандартам Stage и Tier IV [9]. Считается, что такой подход позволит снизить техногенную нагрузку на окружающую среду, минимизировав вредные выбросы [10, 11].

Возможности снижения токсичности отработавших газов дизеля путем выбора температуры охлаждающей жидкости отмечены рядом исследователей.

дователей. Настоящее исследование было направлено на решение этой задачи.

Цель исследования – повышение экологической безопасности мобильных энергетических средств, применяемых в АПК, путем выбора температуры охлаждающей жидкости для снижения техногенной нагрузки на окружающую среду.

Материалы и методы

Испытания дизельного двигателя 6НЧ15/18 проведены по ГОСТ 10448-2014 на топливе по ГОСТ 305-2013 Л-0,2-40, применялось масло МТ-16П. Использовался двигатель с номинальной мощностью 110 кВт при 1500 мин⁻¹.

Условия испытаний были следующими: температура окружающей среды в боксе $T_0=294-296$ К, атмосферное давление $P_0=747-752$ мм рт. ст., относительная влажность воздуха $W_0=76-80\%$.

В рамках эксперимента на установившихся режимах был проведен отбор отработавших газов дизеля по ГОСТ, осуществлялся анализ их состава, затем определялась дисперсность твердых частиц при изменении температуры охлаждающей жидкости.

Результаты и их обсуждение

При снижении температуры охлаждающей жидкости с 90 до 70°C выбросы NO_x снижаются на 12%. В то же время выбросы CO возрастают на 20,48%, C_xH_y – на 8,3%, ТЧ – на 27,2%.

Наблюдалось изменение выбросов NO_x (рис. 1), это можно объяснить тем, что температура цикла ввиду увеличения теплообмена со стенками снижается и создаются температурные условия для образования оксидов азота.

Изменение выбросов CO при снижении температуры $t_{\text{охл}}$ до 70°C и ниже объясняется растягиванием процессов испарения и выгорания топлива.

Выбросы C_xH_y возрастают в связи со снижением температур в пристеночных зонах цилиндрических втулок (рис. 2).

Выбросы твердых частиц с отработавшими газами обусловлены особенностями теплообмена в период подачи и испарения топлива, образования зародышей сажи в процессе прогрева капель топлива (рис. 3).

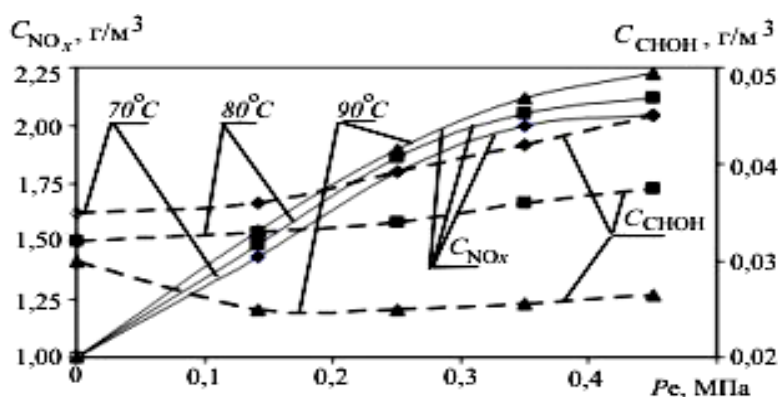


Рис. 1. Влияние температуры охлаждающей жидкости на уровни выбросов NO_x

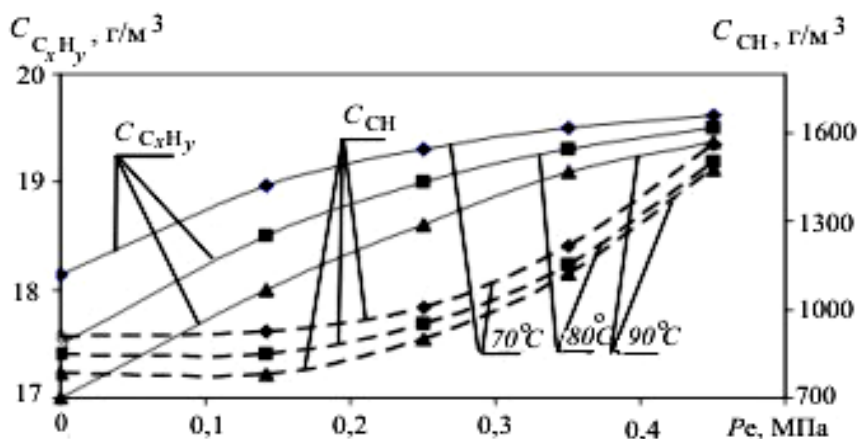


Рис. 2. Влияние температуры охлаждающей жидкости на уровни выбросов C_xH_y

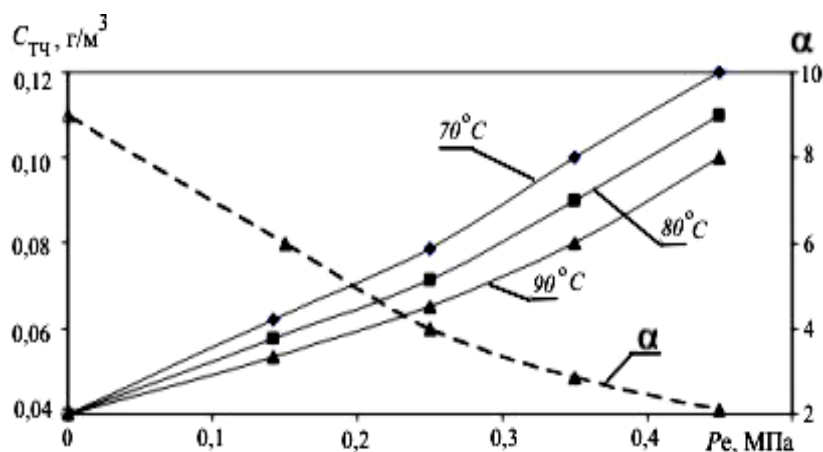


Рис. 3. Влияние температуры охлаждающей жидкости на уровни выбросов ТЧ

Таблица

**Влияние температуры охлаждающей жидкости
на уровни вредных веществ в составе отработавших газов**

Показатель	Значение показателя, г/(кВт·ч)						Степень превышения допустимых оценочных выбросов по стандартам: Stage 2/3a/3b/4/РФ при $t_{охл}=90^{\circ}\text{C}$	
	допустимые стандартами					действительные		
	Stage 2	Stage 3a	Stage 3b	Stage 4	для РФ (с 2021 г.)	$t_{охл}=90^{\circ}\text{C}$	$t_{охл}=70^{\circ}\text{C}$	
$q_{O_2 NO_x}$	6,00	4,0	2,00	0,40	6,00	12,35	10,86	2,06/3,09/6,18/30,88/2,06
$q_{O_2 CO}$	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	11,35	15,06	3,24/3,24/3,24/3,24/3,24
$q_{O_2 C_xH_y}$	1,00	1,00	0,19	0,19	0,40	0,24	0,26	0,24/0,24/1,26/1,26/0,6
$q_{O_2 TЧ}$	0,20	0,20	0,20	0,02	0,10	0,33	0,42	1,65/1,65/1,65/16,5/3,3

В рамках решения задачи исследования была изучена и определена дисперсность ТЧ при изменении температуры охлаждающей жидкости. Результаты представлены на рисунке 4.

Из анализа данных таблицы следует, что степень превышения допустимых оценочных выбросов при $t_{охл}=90^{\circ}\text{C}$ по стандартам Stage 2

составила по NO_x в 2,06 раза, по CO – в 3,24, по ТЧ – в 1,65; Stage 3a по NO_x – в 3,09; по CO – в 3,24; по ТЧ – в 1,65; Stage 3b по NO_x – в 6,18, по CO – в 3,4, по ТЧ – в 1,65; Stage 4 по NO_x – в 30,88, по CO – в 3,24, по ТЧ – в 16,5; нормы России по NO_x – в 2,06, по CO – в 3,24, по ТЧ – в 3,3 раза.

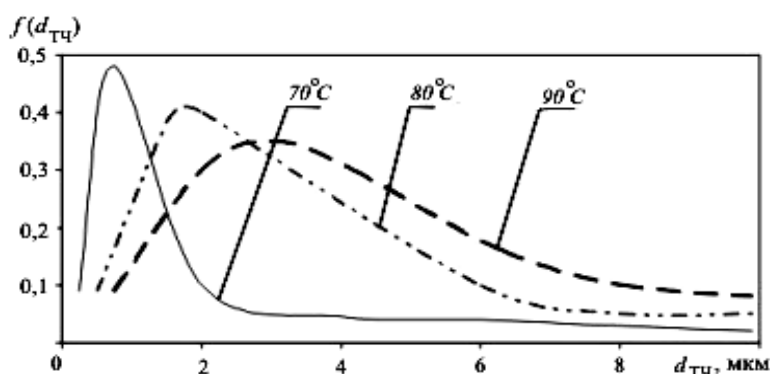


Рис. 4. Влияние температуры охлаждающей жидкости на дисперсность ТЧ

Выявлено, что при изменении температуры охлаждающей жидкости с 90 до 70°C перспективы выполнения требований стандартов Stage и России имеются только по углеводородам. Особенное внимание следует уделять снижению выбросов твердых частиц и оксидов азота, так как их уровни значительно превышают нормативы. Становится очевидным, что выполнение требований норм Stage-IV в ближайшей перспективе не представляется возможным без применения комплексных технических методов и средств снижения вредных выбросов.

Библиографический список

1. Хазин, М. Л. Экологические стандарты стран мира для горных машин и оборудования / М. Л. Хазин. – Текст: непосредственный // Недропользование. – 2020. – Т. 20, № 3. – С. 291-300.
2. Мельберт, А. А. Результаты моделирования техногенной нагрузки на окружающую среду от вредных выбросов дизелей мобильных машин, используемых при проведении сельскохозяйственных работ / А. А. Мельберт, Ч. Х. Нгуен. – DOI 10.53083/1996-4277-2022-215-9-101-106. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2022. – № 9 (215). – С. 101-106.
3. Эфрос, В. В. Улучшение экологических показателей дизелей внедорожной техники / В. В. Эфрос, П. В. Горбунов. – Текст: непосредственный // Известие вузов. Серия: Машиностроение. – 2007. – № 8. – С. 25-27.
4. Жегалин, О. И. Снижение токсичности автомобильных двигателей / О. И. Жегалин, П. Д. Лупачев. – Москва: Транспорт, 1985. – 120 с. – Текст: непосредственный.
5. Головатенко, А. Г. Повышение экологичности и экономичности автотракторных двигателей / А. Г. Головатенко. – Текст: непосредственный // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2004. – № 9. – С. 16-17.
6. Стрельников, В. А. Снижение токсичных выбросов автотракторных дизелей / В. А. Стрельников, С. В. Истомин, В. И. Цыпцын. – Текст: непосредственный // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2003. – № 10. – С. 6-8.
7. Мельберт, А. А. Применение топливopдающей аппаратуры с увеличенным давлением впрыска для снижения техногенной нагрузки на окружающую среду / А. А. Мельберт, Ч. Х. Нгуен, А. В. Машенский. – Текст: непосредственный // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2022. – Т. 89, № 5. – С. 325-331.
8. Etminan, M., et al. (2016). Radiative forcing of carbon dioxide, methane, and nitrous oxide: A significant revision of the methane radiative forcing: Greenhouse gas radiative forcing. *Geophysical Research Letters*. 43. DOI: 10.1002/2016GL071930.
9. Распоряжение Правительства РФ от 7 июля 2017 г. № 1455-р. О Стратегии развития сельскохозяйственного машиностроения РФ на период до 2030 г. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71616626/> (дата обращения: 18.11.25). – Текст: электронный.
10. Ladommatos, N., Abdelhalim, S., Zhao, H. (2000). The Effects of Exhaust Gas Recirculation on Diesel Combustion and Emissions. *International Journal of Engine Research*. 1. 107-126. DOI: 10.1243/1468087001545290.
11. Badamasi M., Nura M., Gali H.M. (2016). Diesel Engine Modification Techniques to Minimize its Exhaust Emission (Theoretical Survey). *International Journal on Theoretical and Applied Research in Mechanical Engineering*. 5. 1-7.

References

1. Khazin, M.L. Ekologicheskie standarty stran mira dlya gornyx mashin i oborudovaniya / M.L. Khazin // Nedropolzovanie. 2020. T. 20. No. 3. S. 291-300.
2. Melbert, A. A. Rezultaty modelirovaniya tekhnogennoy nagruzki na okruzhayushchuyu sredu ot vrednykh vybrosov dizeley mobilnykh mashin, ispolzuemykh pri provedenii selskokhozyaystvennykh rabot / A. A. Melbert, Ch. Kh. Nguen // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2022. – No. 9 (215). – S. 101-106. – DOI 10.53083/1996-4277-2022-215-9-101-106.
3. Efros, V.V. Uluchshenie ekologicheskikh pokazateley dizeley vnedorozhnoy tekhniki / V.V. Efros, P.V. Gorbunov // Izv. vuzov. Mashinostroenie. 2007. № 8. S. 25-27.
4. Zhegalin O.I., Lupachev P.D. Snizhenie toksichnosti avtomobilnykh dvigateley. Moskva: Transport, 1985. 120 s.
5. Golovatenko, A.G. Povyshenie ekologichnosti i ekonomichnosti avtotraktornykh dvigateley / A.G. Golovatenko // Traktory i selskokhozyaystvennye mashiny. 2004. No. 9. S. 16-17.
6. Strelnikov, V.A. Snizhenie toksichnykh vybrosov avtotraktornykh dizeley / V.A. Strelnikov, S.V. Istomin, V.I. Tsyptsyn // Traktory i selskokhozyaystvennye mashiny. – 2003. – No. 10. – S. 6-8.

7. Melbert A.A. Primenenie toplivopoddayushchey apparatury s uvelichennym davleniem vpryska dlya snizheniya tekhnogennoy nagruzki na okruzhayushchuyu sredy / A.A. Melbert, Ch.Kh. Nguen, A.V. Mashenskiy // *Traktory i selkhoz mashiny*. 2022. T. 89. No. 5. S. 325-331.

8. Etminan, M., et al. (2016). Radiative forcing of carbon dioxide, methane, and nitrous oxide: A significant revision of the methane radiative forcing: Greenhouse gas radiative forcing. *Geophysical Research Letters*. 43. DOI: 10.1002/2016GL071930.

9. Rasporyazhenie Pravitelstva RF ot 7 iyulya 2017 g. No. 1455-r. O strategii razvitiya sel'skokhozyaystvennogo mashinostroeniya RF na period do

2030 g. <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71616626/> (data obrashcheniya 18.11.25).

10. Ladommatos, N., Abdelhalim, S., Zhao, H. (2000). The Effects of Exhaust Gas Recirculation on Diesel Combustion and Emissions. *International Journal of Engine Research*. 1. 107-126. DOI: 10.1243/1468087001545290.

11. Badamasi M., Nura M., Gali H.M. (2016). Diesel Engine Modification Techniques to Minimize its Exhaust Emission (Theoretical Survey). *International Journal on Theoretical and Applied Research in Mechanical Engineering*. 5. 1-7.



УДК 631.58:005.745(06)

DOI: 10.53083/1996-4277-2025-254-12-80-89

Н.В. Овчарова, В.И. Беляев,
Л.В. Соколова, Е.Е. Квасов
N.V. Ovcharova, V.I. Belyaev,
L.V. Sokolova, E.E. Kvasov

ОПЕРАТИВНЫЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ПОСЕВОВ С ПОМОЩЬЮ БПЛА

OPERATIONAL MONITORING OF CROP CONDITION WITH UNMANNED AERIAL VEHICLES

Ключевые слова: точное земледелие, мониторинг, БПЛА, RGB-изображение, ортофотоплан, дифференцированный подход, вегетационный индекс.

Изучен и предложен алгоритм мониторинга и прогнозирования урожайности с помощью беспилотных летательных аппаратов при построении электронных карт для дифференцированного посева сельскохозяйственных культур. Разработка и апробация технологии дифференцированного внесения посевного материала проводились в течение 4 лет с 2022 по 2025 гг. на 8 полях посевов кукурузы и подсолнечника в ООО «Золотая осень» Алейского района. Хозяйство расположено в Приалейской почвенно-климатической зоне, работает по классической плоскорезной обработке почвы. В результате исследования раскрыты показатели оценки структуры урожая, установление связей средней массы зерна в корзинке от количества всходов, средние запасы влаги в метровом слое почвы на исследуемых посевах. Выявление признаков недостатка увлажнения на полях производилось с помощью определения индекса S2WI и наземными методами. На подготовленных картах зоны стабильности почвенных контуров достигают 50% и выше. Выявлено, что влажность почвы поля является важным и лимитирую-

щим фактором при развитии агроценозов. В рамках проведенного полевого эксперимента с переменной нормой высева в зависимости от зон почвенного плодородия подготовлены ортофотопланы мониторинговых полей для всех стадий онтогенетического развития культур в динамике вегетационного периода. Выполненные карты с индексом NDVI (диапазон от -1 до 1) показали детальную информацию о состоянии растений. Оперативный мониторинг состояния посевов с помощью беспилотных летательных аппаратов позволил контролировать этапы роста, развития культур, плотность посевов, эффективность применения сельскохозяйственной техники и контроль выполнения технологических операций при дифференцированном подходе.

Keywords: precision farming, monitoring, unmanned aerial vehicle (UAV), RGB image, orthophotoplan, differentiated approach, vegetation index.

The algorithm for monitoring and forecasting yields using unmanned aerial vehicles when building electronic maps for differentiated crop sowing is studied and proposed. The development and testing of the technology of differentiated seed placement was carried out over 4 years from 2022 through 2025 in 8 fields of maize and sunflower crops of the agricultural enterprise ООО