УДК 631.171:631.3.06

DOI: 10.31279/2222-9345-2018-7-32-5-11

И. Ю. Богданчиков, Д. В. Иванов, Н. В. Бышов, А. Н. Бачурин, А. А. Качармин

Bogdanchikov I. Yu., Ivanov D. V., Byshov N. V., Bachurin A. N., Kacharmin A. A.

АГРЕГАТ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ НЕЗЕРНОВОЙ ЧАСТИ УРОЖАЯ В КАЧЕСТВЕ УДОБРЕНИЯ

THE AGGREGATE FOR UTILIZATION OF NOT GRAIN PART OF THE HARVEST AS FERTILIZER

Для решения проблем с эффективным использованием незерновой части урожая авторами предложен агрегат для её утилизации в качестве удобрения. Данная машина включает в себя: комплекс для подготовки к использованию незерновой части урожая, представляющий собой серийный измельчитель-мульчировщик, дополненный оборудованной системой подачи рабочего раствора препарата, ускоряющего процесс разложения растительного материала; модуль для дифференцированного внесения рабочего раствора, который состоит из сканирующего устройства аналитического блока и исполнительного механизма; комплекс для заделки готового удобрения в почву. Рассматривается конструкция машины и принцип её действия. Проведённые, производственные испытания на 12 га УИИЦ «Агротехнопарк» показали надёжную работу предлагаемой машины. Были получены эксплуатационные показатели разработанной машины: запас рабочего хода по объёму технологической ёмкости составляет 3000 метров, при средней длине гона 400 метров, часовая производительность составила 5 га/ч при средней рабочей скорости 7,5 км/ч. При использовании в качестве биологического препарата гуматов необходимо через каждые 800 метров прохода агрегата производить чистку основного фильтрующего элемента от торфяной крошки (это приводит к увеличению времени на технологическое обслуживание, в среднем на 27 %). Норма внесения рабочего раствора соблюдалась согласно рекомендациям производителей препаратов, отклонение не превышало 4,6 %. По урожайности последующей культуры в 2019 году планируется оценить эффективность применения данной машины для повышения плодородия почвы, а также оценить один из испытываемых биологических препаратов (Agrinos 1, Стернифаг, Экорост (гуматы), Биоконкомплекс БТУ).

Ключевые слова: сканирующее устройство, дальномер, валок, незерновая часть урожая, измельчение, утилизация, удобрение, агрегат.

For the problem resolution with effective use of not grain part of a harvest, authors offered the aggregate for its utilization as fertilizer. This machine includes: the complex for preparation for use of not grain part of a harvest representing the serial grinder-mulchirovshchik in addition equipped system of supply of working solution of the medicine accelerating process of decomposition of plant material; the module for the differentiated introduction of working solution which consists of the scanner of the analytical block and the executive mechanism; a complex for seal of ready fertilizer to the soil. The machine design and the principle of its action is considered. The carried-out, production testing for 12 hectares of UINTs «Agrotekhnopark» showed reliable operation of the offered machine. Operational indicators of the developed machine were received: the inventory of the working course on amount of technological reservoir constitutes 3000 meters, with an average length of rutting of 400 meters, hourly capacity made 5 hectares/h, at an average working speed of 7.5 km/h. When using as biological medicine of humates it is necessary to make through each 800 meters of pass of the aggregate cleaning of the basic filtering element from fragmented peat (it leads to increase in time for technological servicing, on average for 27 %). The rules of introduction of working solution were respected according to the recommendations of producers of medicines, the deviation didn't exceed 4.6 %. On productivity of subsequent culture in 2019 it is planned to estimate efficiency of use of this machine for increase in fertility of the soil and also to estimate one the tested biological medicines (Agrinos 1, Sternifag, Ekorost (humates), Biokompleks of BTU).

Key words: scanner, range finder, roll, not grain part of a harvest, crushing, utilization, fertilizer, unit.

Богданчиков Илья Юрьевич –

кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный
агротехнологический университет
им. П. А. Костычева»
г. Рязань
Тел.: 8-910-645-12-24
E-mail: cmu62.rgatu@mail.ru

Bogdanchikov Ilya Yuryevich –

Ph.D of Technical Sciences,
Associate Professor of the Department
of Machine and Tractor Fleet Operation
FSBEI HE «Ryazan State Agrotechnological University
named after of P. A. Kostychev»
Ryazan
Tel.: 8-910-645-12-24
E-mail: cmu62.rgatu@mail.ru

Иванов Дмитрий Владимирович –

кандидат технических наук, доцент кафедры машин и технологий АПК
ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный
аграрный университет»
г. Ставрополь
Тел.: 8(8652)35-45-91
E-mail: dmit.vlad.ivanov@ya.ru

Ivanov Dmitry Vladimirovich –

Ph.D of Technical Sciences, Associate Professor
of the Department of Machines and Technologies
of Agro-Industrial Complex
FSBEI HE «Stavropol State Agrarian University»
Stavropol
Tel.: 8(8652)35-45-91
E-mail: dmit.vlad.ivanov@ya.ru

Бышов Николай Владимирович –

доктор технических наук, профессор, ректор
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный

Byshov Nikolay Vladimirovich –

Doctor of Technical Sciences, Professor, Rector
FSBEI HE «Ryazan State Agrotechnological University

агротехнологический университет
им. П. А. Костычева»
г. Рязань
Тел.: 8(4912)35-88-31
E-mail: university@rgatu.ru

Бачурин Алексей Николаевич –
кандидат технических наук, доцент,
декан инженерного факультета
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный
агротехнологический университет
им. П. А. Костычева»
г. Рязань
Тел.: +8(4912)35-00-84
E-mail: engin.dec@rgatu.ru

Качармин Артемий Андреевич –
аспирант кафедры
эксплуатации машинно-тракторного парка
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный
агротехнологический университет
им. П. А. Костычева»
г. Рязань
Тел.: 8(4912)35-09-17
E-mail: cmy62.rgatu@mail.ru

named after of P. A. Kostychev»
Ryazan
Tel.: 8(4912)35-88-31
E-mail: university@rgatu.ru

Bachurin Alexey Nikolaevich –
Ph.D of Technical Sciences, Associate Professor,
Dean of Engineering Faculty
FSBEI HE «Ryazan State Agrotechnological University
named after of P. A. Kostychev»
Ryazan
Tel.: 8(4912)35-00-84
E-mail: engin.dec@rgatu.ru

Kacharmin Artemy Andreevich –
Postgraduate of the Department
of Machine and Tractor Fleet Operation
FSBEI HE «Ryazan State Agrotechnological University
named after of P. A. Kostychev»
Ryazan
Tel.: 8(4912)35-09-17
E-mail: cmy62.rgatu@mail.ru

Известно, что при формировании урожая сельскохозяйственных культур из почвы выносятся питательные элементы, и если их не восполнять, всё это приведёт к снижению её плодородия, уменьшению последующих урожаев и, как следствие, невозможности обеспечивать продовольственную безопасность страны [1, 2]. Применение минеральных удобрений затруднено высокими ценами, а входящие в их состав тяжелые металлы накапливаются в почве, что впоследствии отражается на качестве получаемой продукции и, как следствие, на здоровье людей [3]. Учёными установлено, что на здоровье человека влияют наследственность – 20 % и образ жизни – 80 %, из которых 57 % приходится на качество потребляемых продуктов питания [4, 5]. Незерновая часть урожая (НЧУ), используемая в качестве удобрения, – эффективное средство для восстановления почвенного плодородия и, самое главное, полностью органическое [6]. Однако на практике применение данного удобрения ограничено и не используется под озимые культуры [7]. В первую очередь это связано с тем, что заделанная в почву растительная масса не успевает полностью разложиться до начала сева, а выделяющиеся при ее разложении фенольные соединения негативно влияют на развитие растений, угнетая их [8, 9].

В Рязанском государственном агротехнологическом университете имени П. А. Костычева ведутся работы по разработке машин для эффективного использования НЧУ в качестве удобрения [10, 11], одной из которых является агрегат для утилизации незерновой части урожая в качестве удобрения (АДУ НЧУ). Данная машина предназначена для работы по валку солом в технологиях, когда весь биологический

урожай убирается зерноуборочным комбайном, зерно обмолачивается и собирается в бункере, а незерновая часть урожая укладывается в валок позади (рис. 1).

АДУ НЧУ включает в себя три основных элемента (рис. 2):

1) комплекс для подготовки к использованию незерновой части урожая в качестве удобрения, представляющий собой серийный измельчитель-мульчировщик, дополнительно оборудованный системой подачи рабочего раствора препарата, ускоряющего процесс разложения растительного материала;

2) модуль для дифференцированного внесения рабочего раствора – состоит из сканирующего устройства (рис. 3), аналитического блока и исполнительного механизма (выполнен в виде регулятора давления);

3) комплекс для заделки готового удобрения в почву – выполнен в виде дискового орудия.

Сканирующее устройство располагается спереди трактора перед догружающими противовесами на расстоянии 1,0–1,2 м от поверхности поля и представляет собой раму с установленными на ней тремя дальномерами (лазерными или ультразвуковыми). Перед началом работы механизатор выставляет дальномеры таким образом, чтобы один из них измерял расстояние до валка в центральной части (вершине), а два других по его краям. Значения ширины валка и его плотности задаются в аналитический блок (расположен в кабине трактора) вручную. Таким образом, значение высоты валка определяется автоматически по выражению

$$H = \frac{(H_1 + H_2)}{2} - H_{\text{ц}}, \quad (1)$$

где H_1, H_2 – расстояние от дальномера до почвы по краю валка, м;
 $H_{\text{ц}}$ – расстояние от дальномера до центральной части валка, м.

Рисунок 1 – Место АДУ НЧУ в технологическом процессе

Рисунок 2 – Агрегат для утилизации незерновой части урожая в качестве удобрения:

V_p – рабочая скорость машинно-тракторного агрегата, м/с; $L_{изм}$ – шаг измерения сканирующего блока, м; L_1 – расстояние между сканирующим блоком и аналитическим блоком, м; L_2 – расстояние между аналитическим блоком и исполняющим механизмом

Рисунок 3 – Сканирующее устройство:

1 – рама сканирующего устройства; 2 – дальномер; 3 – валок НЧУ; B_v – ширина вала, м; H_1, H_2 – расстояние от дальномера до почвы по краю вала, м; H_c – расстояние от дальномера до центральной части вала, м

Масса НЧУ в валке определяется как [12]

$$m_{\text{НЧУ}} = V_{\text{НЧУ}} \cdot \rho = \frac{\pi \cdot B_v \cdot H \cdot V_p \cdot t \cdot \rho}{4}, \quad (2)$$

где $m_{\text{НЧУ}}$ – масса незерновой части урожая, поступившая в устройство за время t , кг;
 ρ – плотность незерновой части урожая, кг/м³;
 B_v – ширина вала, м;
 H – высота вала, м;
 V_p – рабочая скорость машинно-тракторного агрегата, м/с.

Принято допущение, что валок НЧУ представляется в виде половины эллиптического цилиндра с большим радиусом основания, равным половине ширины вала – $B_v/2$, меньшей высоте вала – H , и высотой в виде пройденного пути агрегата $S = V_p t$ [13].

Рассмотрим работу АдУ НЧУ в составе машинно-тракторного агрегата. АдУ НЧУ движется по валку со скоростью V_p , сканирующий блок производит сбор информации с шагом $L_{\text{изм}}$ (другими словами – это расстояние между двумя измерениями), информация по проводам передаётся в аналитический блок со скоростью, близкой к скорости света ($\approx 3 \cdot 10^8$ м/с), на расстояние L_1 . В аналитическом блоке по заданному алгоритму [14, 15] осуществляется расчёт требуемой нормы внесения рабочего раствора и подаётся необходимый сигнал к исполнительному механизму для регулировки нормы внесения (сигнал подаётся по проводам с той же скоростью на расстояние L_2 , однако для регулирования используются механические элементы, характеризующиеся более медленными скоростями). Исполнительному механизму требуется некоторое время t для того, чтобы установить требуемую норму внесения рабочего раствора. Таким образом, время принятия решения ис-

полнительным механизмом можно определить из выражения

$$t_{\text{п.р}} = \frac{(L_{\text{изм}} + L_1 + L_2)}{V_p} = \frac{L_{\text{изм}} + L_{\text{кон}}}{V_p}, \quad (3)$$

где $t_{\text{п.р}}$ – время принятия решения исполнительным механизмом, с;
 $L_{\text{изм}}$ – шаг измерения сканирующего блока (расстояние между двумя измерениями), м;
 L_1 – расстояние между сканирующим блоком и аналитическим блоком, м;
 L_2 – расстояние между аналитическим блоком и исполняющим механизмом;
 $L_{\text{кон}}$ – конструктивное расстояние между оборудованием, $L_{\text{кон}} = L_1 + L_2$, м (также обуславливает расположение сканирующего блока впереди трактора, а не впереди сельскохозяйственной машины).

Анализируя выражение (3), видим, что на время принятия решения исполнительным механизмом влияют скорость, с которой движется МТА, и шаг измерения. Конструктивное расстояние между оборудованием является величиной постоянной и зависит от компоновки МТА.

В августе 2018 году на полях УИИЦ «Агротехнопарк» ФГБОУ ВО РГАТУ проводились производственные испытания АдУ НЧУ (без комплекса для заделки готового удобрения в почву, данная операция осуществлялась дополнительным МТА). В программу испытаний входили: уборка (утилизация в качестве удобрения) валков соломы на поле площадью 12 га, определение эксплуатационных показателей машины (включая сканирующее устройство, оборудованное лазерными и ультразвуковыми дальномерами) и испытание нескольких видов биологических препаратов рабочего раствора (Agrinos 1, Стернифаг, Экорост, Биоконкомплекс БТУ).

Рисунок 4 – Профиль валка незерновой части урожая, измеренный лазерным, ультразвуковым дальномерами и контрольной линейкой

Во время испытаний АдУ НЧУ показал надёжную работу, рабочая скорость агрегата составила 7,5 км/ч, при часовой производительности 5 га/ч. Запас рабочего хода по объёму технологической ёмкости составил 3000 метров при средней длине гона 400 метров (6–7 рабочих ходов). Из испытанных биологических препаратов проблемы возникли только с гуматами (Экорост). Через каждые 800 метров прохода агрегата приходилось производить чистку основного фильтрующего элемента (увеличилось время на технологическое обслуживание на 27,4 %), он забивался торфяной крошкой, форсунки работали исправно. Норма внесения рабочего раствора соблюдалась согласно рекомендациям производителей препаратов, отклонение не превышало 4,6 %.

На рисунке 4 показаны профили валка, полученные в результате сканирования его при по-

мощи лазерных и ультразвуковых дальномеров и контрольной линейкой. Измерения проводились на высоте 1 метр от поверхности поля, в безоблачную погоду при нахождении солнца в зените.

Как видно из рисунка 4, отклонения в измерении профиля валка не превышают в области вершины валка 1 %, по краям 5 %, и можно сделать вывод о допустимости использования лазерных и ультразвуковых дальномеров в конструкции сканирующего устройства АдУ НЧУ.

Таким образом, можно сделать вывод о возможности использования АдУ НЧУ в качестве удобрения в производственных условиях. По урожайности последующей культуры в 2019 году можно будет сделать вывод об эффективности применения данной машины для повышения плодородия почвы.

Литература

1. Богданчиков И. Ю., Бышов Н. В., Бачурин А. Н. Результаты исследований по вопросам дифференцированного внесения рабочего раствора в устройстве для утилизации незерновой части урожая // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. 2016. № 4. С. 73–79.
2. Роль длительности применения минеральных удобрений в динамике калийного режима серой лесной тяжелосуглинистой

References

1. Bogdanchikov I. Yu., Byshov N. V., Bachurin A. N. The results of studies on the differential application of the working solution in the device for the utilization of the non-grain part of the crop // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after of P. A. Kostychev. 2016. № 4. P. 73–79.
2. The role of the duration of application of mineral fertilizers in the dynamics of potash regime of gray forest heavy loamy soil /

- почвы / Г. Н. Фадькин, О. А. Антошина, Я. В. Костин, В. И. Левин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. 2013. № 2. С. 48–49.
3. Способы уменьшения содержания тяжёлых металлов в серых лесных почвах / Я. В. Костин, Р. Н. Ушаков, С. В. Данилин [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. 2018. № 2. С. 26–32.
 4. Занилов А. Х., Яхтанигова Ж. М. К органическому сельскому хозяйству через биологизацию // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2016. № 1. С. 47–52.
 5. Ангилеев О. Г. Разработка технологий и технических средств системной утилизации побочной продукции растениеводства : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Зеленоград, 1995. 39 с.
 6. Линкина А. В., Лопырев М. И., Недикова Е. В. Влияние соотношения средостабилизирующих и дестабилизирующих земельных угодий на порогоустойчивость агроландшафтов и плодородие почв // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2016. № 2. С. 60–65.
 7. Ангилеев О. Г. Незерновая часть урожая. Ставрополь : Кн. изд-во, 1986. 95 с.
 8. Трубилин Е. И. Об использовании незерновой части урожая // Техника в сельском хозяйстве. 1996. № 1. С. 22–23.
 9. Результаты полевого эксперимента применения незерновой части урожая в качестве удобрения под озимые культуры / Н. В. Бышов, А. Н. Бачурин, И. Ю. Богданчиков, А. И. Мартышов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. 2014. № 1. С. 80–84.
 10. Пат. 116007 Российская Федерация, МПК7 А 01 D 34/43, А 01 F 29/00. Устройство для утилизации незерновой части урожая / Бышов Н. В., Бачурин А. Н., Богданчиков И. Ю., Мартышов А. И. ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО РГАТУ. № 2011145324/13 ; заявл. 8.11.11 ; опубл. 20.05.12, Бюл. № 14. 1 с. : ил.
 11. Пат. 179 685 Российская Федерация, СПК А01F 29/00 (2006.01); А01D 34/43 (2006.01). Агрегат для утилизации незерновой части урожая в качестве удобрения / Богданчиков И. Ю., Иванов Д. В., Бышов Н. В., Бачурин А. Н., Качармин А. А. ; заявитель и патентообладатель Богданчиков И. Ю. № 2017140290/13 (070001) ; заявл. 20.11.17 ; опубл. 22.05.18, Бюл. № 15. 2 с.
 12. Богданчиков И. Ю. Определение урожайности незерновой части урожая в валке // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2017. № 1 (13). С. 4–11.
 - G. N. Fadkin, O. A. Antoshina, Ia. V. Kostin, V. I. Levin // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after of P. A. Kostychev. 2013. № 2. P. 48–49.
 3. Ways of reducing the content of heavy metals in gray forest soils / Ia. V. Kostin, R. N. Ushakov, S. V. Danilin [et al.] // Bulletin of Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev. 2018. № 2. P. 26–32.
 4. Zanirov A. H., Yakhtanigova Jh. M. To organic farming through biological // Innovation in agriculture: problems and prospects. 2016. № 1. P. 47–52.
 5. Angeleev O. G. Development of technologies and technical means of system utilization of by-products of plant growing : abstract of the thesis of doctor of technical sciences. Zernograd, 1995. 39 p.
 6. Linkina A. V., Loparev M. I., Netikova E. V. Influence of the ratio of environment-stabilizing and destabilizing of the land in doro-gostoyaschie of the cultivated lands and the fertility of the soil // Bulletin of Voronezh State Agrarian University. 2016. № 2. P. 60–65.
 7. Angeleev O. G. Non-grain part of the harvest. Stavropol : Book publishing house, 1986. 95 p.
 8. Trubilin E. I. On the use of non-grain part of the crop // Machinery in agriculture. 1996. № 1. P. 22–23.
 9. Results field experiment the application of non-grain parts of crops as fertilizer under winter crops / N. V. Bychov, A. N. Bachurin, I. Yu. Bogdanchikov, A. I. Martyshev // Bulletin of Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev. 2014. № 1. P. 80–84.
 10. Patent 116007 Russian Federation, IPC7 A 01 D 34/43, A 01 F 29/00. Device for utilization of non-grain part of the harvest / Byshov N. V., Bachurin A. N., Bogdanchikov I. Yu., Martyshev A. I. ; applicant and patent holder FSBEI HPO RSAU. № 2011145324/13 ; declared 8.11.11 ; publish 20.05.12, Bulletin № 14. 1 p. : il.
 11. Patent 179 685 Russian Federation, SEC A01F 29/00 (2006.01); A01D 34/43 (2006.01). Units for utilization of non-grain parts of crops as fertilizer / Bogdanchikov I. Yu., Ivanov D. V., Byshov N. V., Bachurin A. N., Cacharmin A. A. ; applicant and patent holder Bogdanchikov I. Yu. № 2017140290/13 (070001) ; declared 20.11.17 ; publish 22.05.18, Bulletin № 15. 2 p.
 12. Bogdanchikov I. Yu. The definition of the yield of non-grain part of the crop in the felling // Innovation in Agro-Industrial Complex: problems and prospects. 2017. № 1 (13). P. 4–11.

13. Обоснование параметров валков соломы и рабочих элементов разравнивателя / Р. К. Абдрахманов, М. Н. Калимуллин, Р. М. Сафин, С. М. Архипов // Вестник Казанского ГАУ. 2012. № 3. С. 64–67.
14. Никитин В. С. Формирование алгоритма расчета доз комплексных удобрений на основе гуминовых под планируемую урожайность // Техника и оборудование для села. 2016. № 5. С. 20–23.
15. Программа по расчёту доз микроудобрений / В. С. Никитин, С. А. Белых, Д. А. Благов, С. В. Митрофанов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. 2018. № 2. С. 36–41.
13. Justification of parameters of rolls of straw and working elements of the clamp / R. K. Abdrakhmanov, M. N. Kalimullin, R. M. Safin, S. M. Arkhipov // Bulletin the Kazan SAU. 2012. № 3. P. 64–67.
14. Nikitin V. S. Formation of the algorithm for calculating doses of complex fertilizers based on humic under the planned yield // Machinery and equipment for the village. 2016. № 5. P. 20–23.
15. The program for the calculation of doses of micronutrients / V. S. Nikitin, S. A. Belykh, D. A. Blagov, S. V. Mitrofanov // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after p. A. Kostychev. 2018. № 2. P. 36–41.