

of mobile machines and improving the working conditions of operators in agriculture: Monograph] / Yu.G. Gorshkov, Yu.B. Chetyrkin, I.N. Starunova, A.A. Kalugin. Chelyabinsk: CHGAA, 2013: 557.

8. Gorshkov Yu.G., Chetyrkin Yu.B., Kalugin A.A. Us-troystvo avtomaticheskoy blokirovki differentsiala transportnogo sredstva: Patent na poleznuyu model' No.110357 RF, MPK7 B62 D37/04, 2011 [Device for automatic locking

Критерии авторства

Горшков Ю.Г., Золотых С.В., Щиголов С.В. провели обследование и написали рукопись. Горшков Ю.Г., Золотых С.В., Щиголов С.В. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 25.04.2019

Опубликована 22.08.2019

of a vehicle differential: Patent for utility model No. 110357 of the RF, MPK7 B62 D37/04, 2011].

9. Gorshkov Yu.G. Povysheniye effektivnosti i bezopasnosti dvizheniya kolesnykh mashin v usloviyakh sel'skogo khozyaystva: Monografiya [Increasing the efficiency and safety of wheeled vehicles in the agricultural conditions: Monograph] / Yu.G. Gorshkov, S.V. Zolotikh, I.N. Starunova, A.A. Kalugin. Chelyabinsk: YUUrGAU, 2016: 484.

Contribution

Gorshkov Yu.G., Zolotikh S.V., Shchigolev S.V. summarized the material and wrote the manuscript. Gorshkov Yu.G., Zolotikh S.V., Shchigolev S.V. have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received on April 25, 2019

Published 22.08.2019

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ АПК / FARM MACHINERY AND TECHNOLOGIES

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

УДК 004.738.5:631.145

DOI 10.34677/1728-7936-2019-4-13-18

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИЙ «ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ» В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

БАЛАБАНОВ ВИКТОР ИВАНОВИЧ, докт. техн. наук, профессор
ИЩЕНКО СЕРГЕЙ АНАТОЛЬЕВИЧ, докт. техн. наук, профессор
РОМАНЕНКОВА МАРИЯ СЕРГЕЕВНА, аспирант

E-mail: mashkaromanenkova@mail.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

В статье рассмотрены некоторые особенности и перспективы внедрения технологий на базе «Интернета вещей» в растениеводстве. Представлена реализация контроля показателей почвы и воздуха восемнадцатью датчиками, расположенными на опытном земельном участке в центре точного земледелия Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева. Возможность удалённого доступа посредством существующих систем подвижной связи и малое энергопотребление за счёт использования альтернативных источников энергии делает обслуживание таких устройств доступным и малозатратным. Низкая стоимость датчиков, применение биоразлагаемых и безопасных компонентов позволяют отказаться от их последующего сбора. Результат моделирования представлен, согласно датам наблюдения, графиками показателей почвы и воздуха. Сделан вывод, что внедрение технологий на базе «Интернета вещей» позволит автоматизировать процессы и исключить участие человека в большинстве из них, обеспечивая при этом эффективность производства.

Ключевые слова: мониторинг окружающей среды, «Интернет вещей», технология IoT, информационные технологии, координатное земледелие.

Формат цитирования: Балабанов В.И., Ищенко С.А., Романенкова М.С. Перспективы внедрения элементов технологий «Интернета вещей» в растениеводстве // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2019. N 4(92). С. 13-18. DOI: 10.34677/1728-7936-2019-4-13-18.

PROSPECTS FOR THE IMPLEMENTATION OF ELEMENTS OF THE "INTERNET OF THINGS" IN CROP PRODUCTION

VIKTOR I. BALABANOV, DSc (Eng), Professor
SERGEY A. ISHCENKO, DSc (Eng), Professor
MARIYA S. ROMANENKOVA

E-mail: mashkaromanenkova@mail.ru

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev State Agrarian University; Timiryazevskaya Str., 49, Moscow, 127550, Russian Federation

The paper discusses some of the features and prospects for the introduction of technologies based on the “Internet of things” in crop production. The authors present an implementation solution for monitoring soil and air indicators by eighteen sensors located in an experimental plot in the Precision Agriculture Center of Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy. Both remote access through existing mobile communication systems and low power consumption through the use of alternative energy sources make the maintenance of such devices an affordable and low-cost option. The low cost of sensors, as well as the use of biodegradable and safe components make it possible to avoid their subsequent collecting for disposal. The paper contains the simulation results represented, according to the observation dates, by graphs of soil and air indicators. The authors conclude that the introduction of technologies based on the “Internet of things” will automate processes and eliminate human participation in most of them, while ensuring production efficiency.

Key words: environmental monitoring, “Internet of things”, IoT technology, information technologies, precision farming.

For citation: Balabanov V.I., Ishchenko S.A., Romanenkova M.S. Prospects for the implementation of elements of the “Internet of things” in crop production. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*. 2019; 4(92): 13-18. (In Rus.). DOI: 10.34677/1728-7936-2019-4-13-18.

Введение. В настоящее время из-за необходимости постоянного роста объёма производства, с учётом развития технической базы, встаёт необходимость в пересмотре существующих моделей управления производством сельскохозяйственной продукции. При этом внедрение новых и развитие уже существующих цифровых технологий делает возможным оптимизацию существующих процессов в смежных областях экономики. Так адаптацию технологических решений в агропромышленный комплекс следует рассматривать в качестве одного из методов повышения эффективности моделей управления, а также основой для дальнейшей модернизации и развития сельскохозяйственной отрасли.

Принятие решений должно осуществляться на совокупности исходных данных в силу того, что приёмы и способы каждого из методов взаимосвязаны между собой. Перечень таких исходных данных во многом определяется отраслью агропромышленного комплекса, характеристиками процесса производства, условиями проведения работ, количеством технических и человеческих ресурсов. Например, в растениеводстве такие параметры будут включать следующие показатели: площадь полей, состав грунта, объёмный и удельный вес почвы, влажность и температуру, условия климата, тип производимых культур [1-5]. Учёт совокупности этих параметров позволяет прогнозировать уровень урожайности, принимать решения о сроках проведения полевых работ, определять потребность и количество используемых удобрений, учитывать специфику урожайности на отдельных участках пахотных земель [1-5].

Сейчас сбор необходимой информации для принятия решений осуществляется за счёт спутниковой съёмки,

отслеживания характеристик процесса на машинах, осуществляющих полевые работы, и забора проб почвы. Однако одновременное отслеживание характеристик на большой территории сопровождается дискретностью и ограничениями, которые вызваны территориальными составляющими, что является существенным недостатком для такого порядка сбора данных [1-5].

При этом большое количество извлеченного материала не подлежит цифровой обработке. Иными словами, этот материал не может быть проанализирован с должной точностью и учётом трендов, необходимыми для адаптации технологий и методов управления. Внедрение технологий «Интернета вещей» (англ. Internet of Things, «IoT») и «Больших данных» (англ. Big data) в процессы производства решают проблемы достоверности данных, анализа и моделирование, а в перспективе – и автоматизации [6-10].

Цель исследования – рассмотреть особенности и перспективы внедрения элементов технологии «Интернета вещей» на Полевой станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

Материал и методы. В настоящее время на Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в Центре точного земледелия ведутся различные виды мониторинга почвы, окружающей среды, растительности с целью разработки предложений и рекомендаций для оптимального принятия решения при управлении производством растениеводческой продукции.

Экологический мониторинг проводится с помощью метеостанции, расположенной непосредственно на территории поля сельскохозяйственной культуры (рис. 1).



Рис. 1. Метеостанция с комплектом цифровых датчиков
Fig. 1. Weather observing station with a set of digital sensors

Такая метеостанция оснащена интерфейсным модулем *LI-7550*, который представляет собой компонент всех газоизмерительных систем *LI-COR*. Модуль содержит интегрированные средства цифровой обработки сигналов от газоанализаторов плотности и влажности воздуха.

Помимо достоинств (относительная простота и доступность оборудования), такая схема мониторинга имеет также существенные недостатки: её применение ограничивается небольшим количеством объектов обслуживания и наличием датчиков и кабелей, препятствующих выполнению полевых работ.

В целях предотвращения подобных неудобств для проведения исследований, сбора и передачи информации

предлагается использовать беспроводные датчики. В зависимости от типа контролируемых параметров и цели контроля, устройства могут устанавливаться на растения, земельные участки или сельскохозяйственные машины. На рисунке 2 представлены различные типы датчиков мониторинга окружающей среды от компании ООО «Лартех Телеком» [2].

В настоящее время существуют условия для изготовления портативных датчиков, работающих в автономном режиме и имеющих возможность вести онлайн-мониторинг требуемых показателей. Перечень контролируемых показателей и необходимых для этого датчиков формируется в зависимости от назначения сельскохозяйственных угодий и поставленных задач.

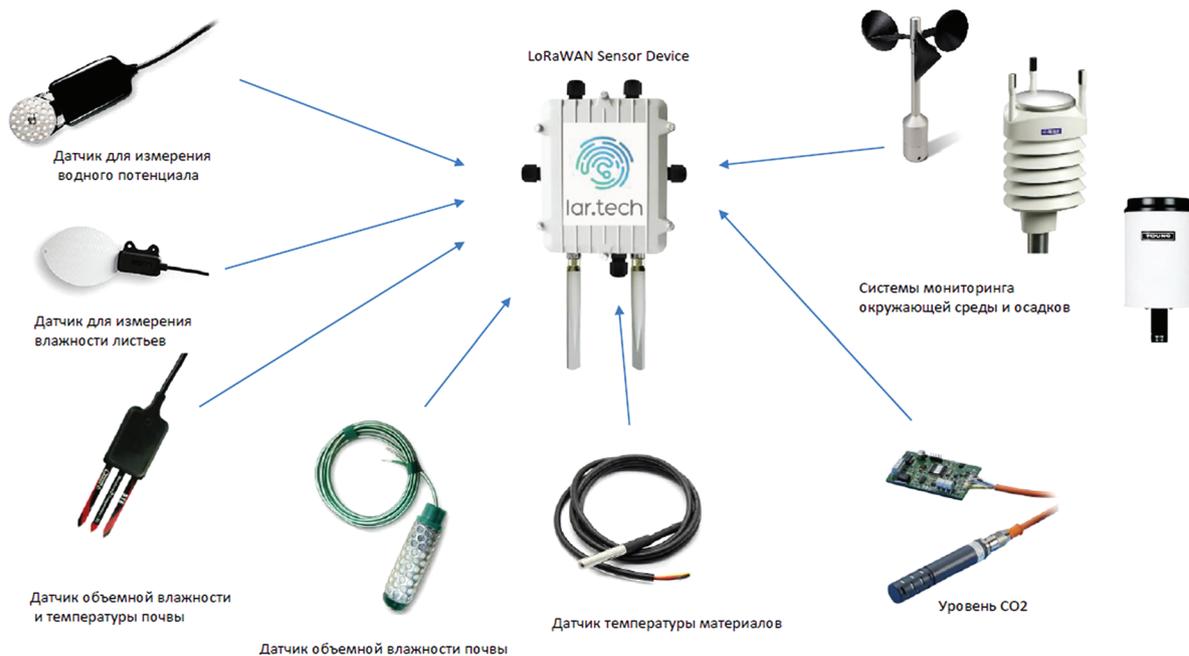


Рис. 2. Варианты датчиков мониторинга окружающей среды
Fig. 2. Samples of environmental monitoring sensors

Подобные датчики могут сбрасываться в строго определённые участки полей в автоматическом режиме, например, с использованием таких беспилотных летательных аппаратов, как квадрокоптеры, или с использованием спутникового позиционирования с точностью до нескольких десятков сантиметров (рис. 3).



Рис. 3. Применение квадрокоптеров для мониторинга сельскохозяйственных посевов

Fig. 3. Application of quadcopters for farm crop monitoring

Плотность датчиков устанавливается на основании имеющейся неоднородности и рельефа полей. На рисунке 4 представлена реализация контроля показателей кислотности, температуры и влажности почвы, а также температуры и влажности воздуха восемнадцатью датчиками, расположенными на опытном земельном участке Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева.

Возможность удалённого доступа посредством существующих систем подвижной связи и малое энергопотребление за счёт использования альтернативных источников энергии делает обслуживание таких устройств доступным и малозатратным. Низкая себестоимость датчиков,

применение биоразлагаемых и безопасных компонентов позволяют отказаться от их последующего сбора.



Рис. 4. Опытная схема расположения датчиков на Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Fig. 4. Experimental layout of sensors at the Field Experimental Station of Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy

Общий алгоритм обработки данных и принятие решений в математической форме можно представить в виде поиска определённых оптимумов путем обработки множества показателей:

$$X_o = F(A, B, C, \dots, n),$$

где X_o – оптимальный показатель анализируемого параметра; F – математический (интеллектуальный) аппарат обработки массива данных; A, B, C, n – анализируемые (регистрируемые) показатели.

Результаты исследований. Результаты мониторинга представлены графиками показателей кислотности почвы и влажности воздуха в зависимости от даты наблюдения (рис. 5).

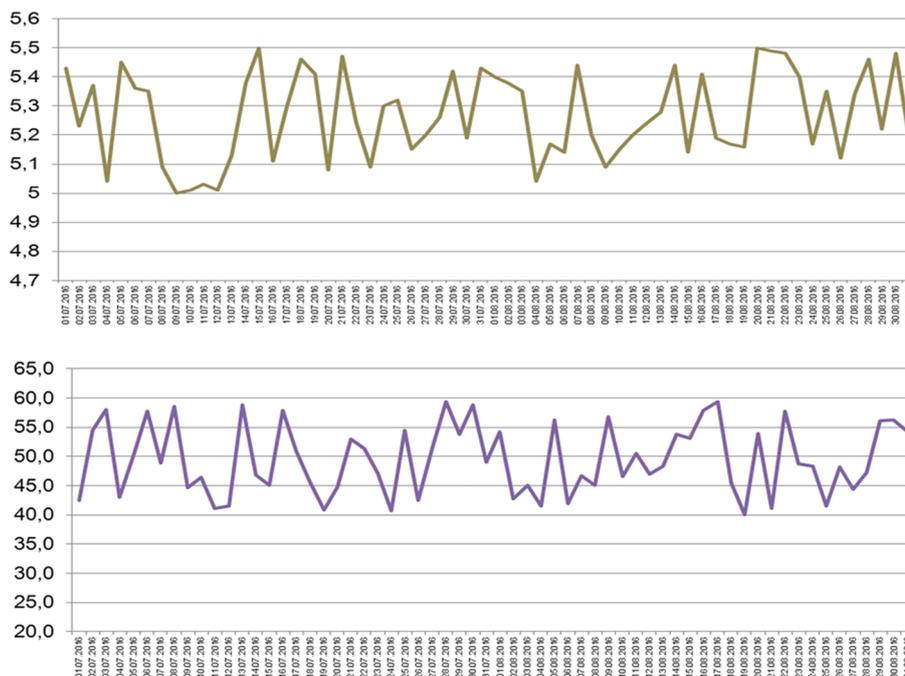


Рис. 5. Значение кислотности, pH (верхний график) и влажности почвы, % (нижний график) в зависимости от даты наблюдения

Fig. 5. The rates of acidity, pH (upper graph) and soil moisture, % (lower graph), depending on the observation date

На основании полученных с системы датчиков данных с помощью программных продуктов, контролирующих процессы сельскохозяйственной деятельности, могут разрабатываться и предлагаться рекомендации для оптимального принятия следующих решений, касающихся управления производства продукции растениеводства:

- необходимости внесения удобрений, их объёма, состава и требуемой площади обработки;
- необходимости применения средств химической защиты и площади обработки;
- периодичности полива, его объёма и площади;
- необходимости посадки (посева) семян или сбора урожая;
- необходимости обслуживания средств производства и прочее.

Сбор и систематизация данных позволяет точно прогнозировать объём продукции, планировать капитальные и операционные затраты предприятия и оптимизировать процессы производства в результате стоимости конечного продукта.

Выводы

Внедрение технологий на базе «Интернета вещей» в растениеводстве позволит автоматизировать процессы контроля параметров кислотности, температуры и влажности почвы, температуры и влажности воздуха, а также минимизировать участие человека в большинстве агротехнологических операций производства сельскохозяйственной продукции.

Исследовательские работы в области координатного (точного) земледелия в Центре точного земледелия Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева показывают их высокую эффективность и требуют проведения дальнейших исследований для отдельных элементов на базе «Интернета вещей».

Библиографический список

1. Козубенко И.С., Балабанов И.В. «Интернет вещей» в управлении агропромышленным комплексом // Техника и оборудование для села. 2017. № 8. С. 46-48.
2. Балабанов И.В., Балабанов В.И. Проблемы качества подвижной связи в технологиях точного земледелия и позиционирования сельскохозяйственной техники // Техника и оборудование для села. 2012. № 6. С. 20-21.
3. Шульга Е.Ф., Куприянов А.О., Хлюстов В.К., Балабанов В.И., Зейлигер А.М. Управление сельхозпредприятием с использованием космических средств навигации (ГЛОНАСС) и дистанционного зондирования Земли. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2016. 286 с.
4. Балабанов В.И. Полевая стратегия. Внедрение инноваций в координатном земледелии // Агротехника и технологии. 2016. № 5. С. 50-53.
5. Балабанов В.И., Романенкова М.С. «Интернет вещей» в сельском хозяйстве // Доклады ТСХА. 2018. Вып. 290. Ч. II. С. 71-74.
6. Что такое интернет вещей Internet of Things, IoT? [http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%A7%D1%82%D0%BE_%D1%82%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B5%D1%82_%D0%B2%D0%B5%D1%89%D0%B5%D0%B9_\(Internet_of_Things,_IoT\).](http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%A7%D1%82%D0%BE_%D1%82%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B5%D1%82_%D0%B2%D0%B5%D1%89%D0%B5%D0%B9_(Internet_of_Things,_IoT).) (дата обращения 1.03.2019).

7. Интернет_вещей. [Электронный ресурс, свободный доступ] <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения 1.03.2019).

8. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р «Об утверждении программы «Цифровая экономика Российской Федерации» [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB7915v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf>

9. Цифровизация в сельском хозяйстве: технологические и экономические барьеры в России / J'son&PartnersConsulting. – URL: <https://www.crn.ru/news-detail.php?ID=121765> (дата обращения 21.05.2018 г.).

10. Sandu I.S., Veselovsky M.Y., Semyonova E.I., Doshchanova A.I. Innovative Aspects of Development of the Customs Union under the New Economic Conditions. Problems and Prospects // Journal of Applied Economic Sciences (ISSN18436110-Romania-Scopus), 6(36) Fall. 2015, 730303. S. 855-862.

References

1. Kozubenko I.S., Balabanov I.V. "Internet veshchey" v upravlenii agropromyshlennym kompleksom ["The internet of things" in the farm industry management]. *Tekhnika i oborudovaniye dlya sela*. 2017; 8: 46-48. (In Rus.)
2. Balabanov I.V., Balabanov V.I. Problemy kachestva podvizhnoy svyazi v tekhnologiyakh tochnogo zemledeliya i pozitsionirovaniya sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [Problems of quality of mobile communication in the precision farming technology and agricultural equipment positioning]. *Tekhnika i oborudovaniye dlya sela*. 2012; 6: 20-21. (In Rus.)
3. Shul'ga Ye.F., Kupriyanov A.O., Khlyustov V.K., Balabanov V.I., Zeyliger A.M. Upravleniye sel'khozpredpriyatiyem s ispol'zovaniyem kosmicheskikh sredstv navigatsii (GLONASS) i distantsionnogo zondirovaniya Zemli [Management of agricultural enterprises using space navigation devices (GLONASS) and remote sensing of the Earth]. Moscow, Izd-vo RGAU-MSKHA, 2016: 286. (In Rus.)
4. Balabanov V.I. Polevaya strategiya. Vnedreniye innovatsiy v koordinatnom zemledelii [Field strategy. Introduction of innovations in precision farming]. *Agrotekhnika i tekhnologii*. 2016; 5: 50-53. (In Rus.)
5. Balabanov V.I., Romanenkova M.S. "Internet veshchey" v sel'skom khozyaystve [The "Internet of Things" in agriculture]. *Doklady TSKHA*. 2018; 290 (2): 71-74. (In Rus.)
6. Chto takoye internet veshchey Internet of Things, IoT [What is the Internet of Things, IoT?] [http://www.tadviser.ru.](http://www.tadviser.ru/) (Access date 1.03.2019). (In Rus.)
7. Internet_veshchey [The Internet of Things]. [Electronic resource, free access] <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (Access date 1.03.2019). (In Rus.)
8. Rasporyazheniye Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 28 iyulya 2017 g. No.1632-r "Ob utverzhdenii programmy "Tsifrovaya ekonomika Rossiyskoy Federatsii" [Order of the Government of the Russian Federation of July 28, 2017 No. 1632-r "On Approval of the "Digital

Economy of the Russian Federation" Program] [Electronic resource]: Access mode: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf> (In Rus.)

9. Tsifrovizatsiya v sel'skom khozyaystve: tekhnologicheskiye i ekonomicheskiye bar'yery v Rossii [Digitization in agriculture: technological and economic barriers in Russia] / J'son&Partners Consulting. – URL: <https://www.crn.ru/newsdetail.php?ID=121765> (Access date 21.05.2018). (In Rus.)

10. Sandu I.S., Veselovsky M.Y., Semyonova E.I., Doshchanova A.I. Under the New Economic Conditions. Problems and Prospects. *Journal of Applied Economic Sciences* (ISSN18436110-Romania-Scopus), 6 (36) Fall. 2015, 730303: 855-862. (In English)

Критерии авторства

Балабанов В.И., Ищенко С.А., Романенкова М.С. провели обобщение и написали рукопись. Балабанов В.И., Ищенко С.А., Романенкова М.С. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 07.03.2019

Опубликована 22.08.2019

Contribution

Balabanov V.I., Ishchenko S.A., Romanenkova M.S. summarized the material and wrote the manuscript. Balabanov V.I., Ishchenko S.A., Romanenkova M.S. have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received on March 7, 2019

Published 22.08.2019

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ АПК / FARM MACHINERY AND TECHNOLOGIES

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

УДК 636.086.1.

DOI: 10.34677/1728-7936-2019-4-18-23

PEELING OF WHITE LUPINE GRAIN IN ROLLER MILLS

SERGEY V. ZVEREV, DSc (Eng), Professor¹

E-mail: zverevsv@yandex.ru

ANDREY E. STAVTSEV²

ALEKSANDR S. TSIGUTKIN, PhD (Bio), Associate Professor²

NIKOLAY V. ALDOSHIN, DSc (Eng), Professor³

E-mail: cxm.msau@yandex.ru

ALEKSEI YU. ALIPICHEV, PhD (Ed), Associate Professor³

E-mail: al_new2003@mail.ru

¹ Federal Research Center for Food Systems named after V.M. Gorbатов; Dmitrovskoye shosse, 11, Moscow, 127434, Russian Federation

² Agro-Matik LLC; Doschatinskoye shosse, 30/2, Vyksa, Nizhny Novgorod Region, 607061, Russian Federation

³ Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; Timiryazevskaya Str., 49, Moscow, 127550, Russian Federation

In cereal production, there are a number of methods for grain peeling. The process of peeling lupine grain having a specific form, which differs from the spherical one, includes grain crushing, sieve screening, and pneumatic separating. Independent variables characterizing the processing conditions include the gap between the rollers, grain moisture content, the speed of the rollers, and their slippage. Roller mills (crushers) were used for crushing. The rotational speed of the rollers was 300 and 600 min⁻¹. During pneumatic separation, the air speed in the pneumatic duct corresponded to 7.5 m/s. It has been established that the gap between the rollers and the grain moisture content significantly affect the quality indicators of the ground product. As a result of the experiments, it has been found that an increase in the gap in the range of 1.0...2.5 mm and an increase in the grain moisture content from 8 to 13.2% result in the increased output of middlings and the average size of particles. However, the number of core particles with shell remnants increases too, and the output of tailings (mainly, shells) decreases after pneumatic separation. The output of marketable kernel middlings was about 70%. The technological process of white lupine grain peeling is based on the traditional equipment of cereal production. The results obtained suggest the possibility of the primary processing of white lupine grain with such crushers to produce kernel middlings of the required fractional composition.

Key words: white lupine, peeling, crusher, crushed grain material, shells.