



ISSN 2073-7599

Сельскохозяйственные МАШИНЫ и ТЕХНОЛОГИИ

№ 5 2017

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

**ДИНАМИКА МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ
АГРЕГАТОВ**

**МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНАЯ ОБРАБОТКА
САДОВЫХ КУЛЬТУР**

**КАЧЕСТВО ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ -
ВЛИЯНИЕ НА УРОЖАЙНОСТЬ**



Трактор «Кировец К-424» - продукция Петербургского тракторного завода



КИРОВЕЦ – ТЕПЕРЬ 240 Л.С.!

В августе 2017 года Петербургский тракторный завод запускает в серийное производство новую модель тракторов КИРОВЕЦ К-424 мощностью 240 л.с.

Чем примечательна данная модель для рынка России? В чем ее актуальность?

Это единственный трактор 4-го тягового класса, действительно производимый в России. В девяти цехах Петербургского тракторного завода осуществляется литье из металла и пластика, механообработка, сварка, испытание узлов и агрегатов и окончательная сборка техники.

Данный трактор будет востребован рынком. Многие годы крупные фермеры были вынуждены приобретать либо сразу несколько маломощных тракторов, либо один, но слишком энергонасыщенный и дорогой для них трактор. КИРОВЕЦ К-424 идеально покажет свою эффективность и окупаемость в фермерских хозяйствах от 500 га до 2000 га. Придется по вкусу он и крупным землевладельцам, и агрохолдингам, которые решают задачи частых перегонов техники на удаленные поля, или поля в основном мелкоконтурные.

К преимуществам новой машины можно отнести современный тихий экономичный рядный 6-цилиндровый турбодизель Ярославского моторного

завода с электронным управлением, соответствующий экологическому стандарту *Stage IIIa*, современную автоматическую КП и габаритные размеры, позволяющие передвигаться по дорогам общего пользования без специального разрешения.

Мощная гидравлика рабочего оборудования трактора К-424, маятниковое прицепное устройство, мультилифт, регулируемый по высоте, задняя сельхознавеска категории *III* обеспечивают агрегатирование с современными и перспективными орудиями.

Традиционная для КИРОВЦЕВ шарнирная рама обеспечивает наилучшую развесовку, тягу, высокую проходимость и маневренность в самых сложных дорожных условиях.

Нужно отметить, что в модели К-424 эргономика кабины, уровень шума и климат-контроль спроектированы с учетом не тракторного, а автомобильного стандарта.

С новым трактором можно ознакомиться и даже провести его тест-драйв на площадках у официальных дилеров АО «Петербургский тракторный завод». Для первых покупателей – специальные условия приобретения. ◆



Сельскохозяйственные МАШИНЫ и ТЕХНОЛОГИИ

Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ АГРОИНЖЕНЕРНЫЙ ЦЕНТР ВИМ»

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Журнал зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций
(РОСКОМНАДЗОР)

Свидетельство ПИ № ФС77-68608
от 3 февраля 2017 г.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

В.А. Колесникова,
канд. техн. наук, заслуженный
работник сельского хозяйства РФ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ:

В.В. Альт, академик РАН,
М.Н. Ерохин, академик РАН,
Ю.А. Иванов, академик РАН,
А.Ю. Измайлов, академик РАН,
И.М. Куликов, академик РАН,
Ю.Ф. Лачуга, академик РАН,
Я.П. Лобачевский, член-корр. РАН,
В.Д. Попов, академик РАН,
Д.С. Стребков, академик РАН,
В.И. Черноиванов, академик РАН,

ИНОСТРАННЫЕ ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

Х.И. Белоев, член-корр. БАН
Болгария, Русе
В.И. Кравчук, член-корр. НААН
Украины, Киев
А.Мачалек, к.т.н., НИИСТ,
Чехия, Прага
Т.Павловски, д.т.н., проф., ПИМР,
Польша, Познань
Ж.С. Садыков, д.т.н., проф.,
Казахстан, Алматы
С.Г. Яковчик, к.с.-х.н., НПЦ НАН
Беларуси, Минск

НАД НОМЕРОМ РАБОТАЛИ:

В.В. Бижаев
С.В. Гришуткина
Р.М. Нурбагандова

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

109428, Москва,
1-й Институтский проезд, 5
Телефоны: (499) 174-88-11
(499) 174-89-01

E-mail: smit@vim.ru

**Журнал включен в перечень изданий, рекомендованных ВАК РФ
для публикации трудов соискателей ученых степеней кандидата и доктора наук**

СОДЕРЖАНИЕ

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

Горин Г.С., Годжаев З.А., Головач В.М., Кузьмин В.А.

Динамика машинно-тракторных агрегатов: курсовая устойчивость
с несимметрично присоединенным полунавесным плугом 3

Кутырёв А.И., Хорт Д.О., Филиппов Р.А., Ценч Ю.С.

Магнитно-импульсная обработка семян земляники садовой 9

Личман Г.И., Личман А.А.

Оценка влияния качества внесения удобрений на урожайность
сельскохозяйственных культур 16

Мяленко В.И., Маринов Н.А.

Пространственное динамометрирование рабочих органов
почвообрабатывающих агрегатов 22

Борисенко И.Б., Новиков А.Е., Садовников М.А.

Основная обработка почв модернизированными
чизельными орудиями 27

Воронков И.В.

Методика и аппаратно-программные средства для мониторинга
состояния посевов 33

РАСТЕНИЕВОДСТВО

Абдулгалимов М.М., Магомедов Ф.М., Сенькевич С.Е.,

Умаров Р.Д., Меликов И.М.

Совершенствование технологии и средств механизации
для борьбы с сорной растительностью 38

ЖИВОТНОВОДСТВО

Юферев Л.Ю., Довлатов И.М., Рудзик Э.С.

Автоматизация процесса обеззараживания воздуха и освещения
в сельскохозяйственных помещениях 43

*Журнал включен в список периодических изданий
Международной базы данных AGRIS*

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ). Полные тексты
статей размещены на сайте электронной научной библиотеки: elibrary.ru



The journal is registered by Federal Agency of supervision of legislation observance of mass communications sphere and cultural heritage protection

Certificate ПИИ № ФС77-68608
from February, 3rd, 2017

EDITOR-IN-CHIEF
Kolesnikova V.A.

EDITORIAL BOARD:

Al't V.V. – member of RAS
Erokhin M.N. – member of RAS
Ivanov Yu.A. – member of RAS
Izmaylov A.Yu. – member of RAS
Kulikov I.M. – member of RAS
Lachuga Yu.F. – member of RAS
Lobachevskiy Ya.P. – corr.member of RAS,
Popov V.D. – member of RAS
Strebkov D.S. – member of RAS
Chernoivanov V.I. – member of RAS

EDITORIAL BOARD
FOREIGN MEMBERS:

Beloev H.I. – corr.member of BAS,
Bulgaria, Ruse
Kravchuk V.I. – corr.member of NAAS
of Ukraine, Kiev
Machalek A. – Ph.D.(Eng.), VUZT,
Chechia, Prague
Pavlovski T. – D.Sc.(Eng.), prof., PIMR
Poland, Poznan
Sadykov Zh.S. – D.Sc.(Eng.), prof.,
Kazakhstan, Almaty
Yakovchik S.G. – Ph.D.(Agr.), SPC of NAS
of Belarus, Minsk

THEY WORKED
WITH JOURNAL ISSUE:

Bizhaev V.V.
Grishutkina S.V.
Nurbagandova R.M.

EDITORS OFFICE'S ADDRESS

109428, Moscow,
1st Institutskiy proezd, 5
Tel.: +7 (499) 174-88-11
+7 (499) 174-89-01
E-mail: smit@vim.ru

Printed by FSAC VIM
Russian Academy of Science

The journal is included in the Russian
Index of Scientific Citation (RISC).
Full texts of articles are placed on the
website of electronic library: elibrary.ru

The format is 205 × 290 mm
Passed for printing 15.09.2017
The circulation is 500 copies

[SEL'SKOKHOZYAYSTVENNYE MASHINY I TEKHNologii]

Founder and publisher: Federal State Budgetary Scientific Institution
«Federal Scientific Agroengineering Center VIM» of Russian Academy of Science

CONTENTS

NEW TECHNICS AND TECHNOLOGIES

- Gorin G.S., Godzhaev Z.A., Golovach V.M., Kuzmin V.A.**
Dynamics of machine and tractor units: yaw stability with
asymmetrically attached semi-integral plough 3
- Kutyrev A.I., Khort D.O., Filippov R.A., Tsench Yu.S.**
Magnetic-pulse treatment of garden strawberry seeds 9
- Lichman G.I., Lichman A.A.**
Assessment of influence of fertilization quality on crop yield 16
- Myalenko V.I., Marinov N.A.**
Spatial dynamometering of working tools of agricultural implements ... 22
- Borisenko I.B., Novikov A.E., Sadovnikov M.A.**
Basic tillage by modernized chisel tools 27
- Voronkov I.V.**
Methods, hardware and software for monitoring crops condition
on early stages of vegetation 33

PLANT GROWING

- Abdulgalimov M.M., Magomedov F.M., Sen'kevich S.E.,
Umarov R.D., Melikov I.M.**
Improvement of technology and mechanization means
for weed control 38

ANIMAL INDUSTRY

- Yuferev L.Yu., Dovlatov I.M., Rudzik E.S.**
Automation of air disinfection and lighting in
agricultural buildings 43

*The journal is included in the periodical editions list
of the International data base AGRIS*

Редакция журнала не несет ответственности за информацию, содержащуюся в статье.
Перепечатка материалов, опубликованных в журнале, допускается только с разрешения редакции.

УДК 631.3.072+631.3.072.3

DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-5-3-8

ДИНАМИКА МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ: КУРСОВАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ С НЕСИММЕТРИЧНО ПРИСОЕДИНЕННЫМ ПОЛУНАВЕСНЫМ ПЛУГОМ

Горин Г.С.^{1*},
докт. техн. наук;

Годжаев З.А.²,
докт. техн. наук;

Головач В.М.³,
инженер;

Кузьмин В.А.²,
инженер

¹Государственный комитет по науке и технологиям Республики Беларусь, ул. Академическая, 1, Минск, 220072, Республика Беларусь, *e-mail: genadz_gorin@mail.ru

²Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, 1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Российская Федерация

³Белорусский государственный аграрный технический университет, Проспект Независимости, 99а, Минск, 220023, Республика Беларусь

Рассмотрены условия поддержания курсовой устойчивости ходовой системы трактора с заблокированными межосевым и межколесными приводами при работе с асимметричной тяговой нагрузкой. Для определения полюса трения и центров вращения колес использованы основные положения математической теории трения. Показано, что полюс трения расположен вблизи центра пятна контакта наиболее нагруженного заднего колеса трактора. Установлено, что на курсовую устойчивость трактора влияют продольные силы, внешние боковые отрицательные силы, вызванные наклоном корпуса в поперечной плоскости, и положительные, вызванные смещением тяговой нагрузки. Отмечено, что основной силовой характеристикой симметрично присоединенного к трактору плуга служит сила, которую рассчитывают на основе сил, действующих в корпусе плуга. Выявлено, что для поддержания курсовой устойчивости трактора при несимметричном присоединении плуга к трактору в шарнире сочленения следует приложить положительную боковую силу, направленную к центру скоростей, а к плугу – противоположно направленную реакцию для перераспределения боковых нагрузок на полевые доски пахотных модулей. Рассчитана динамика сил симметричного 6-корпусного плуга, координаты результирующих сил при асимметричном его присоединении. Показано, что при пахоте стерни с тяговой нагрузкой 40 кН, смещенной на поперечное расстояние 1 м, для поддержания прямолинейности курсового движения в шарнире присоединения полунавесного плуга к трактору должна быть приложена боковая сила 2,7-3,5 кН. При этом к переднему колесу, движущемуся по дну борозды, приложена боковая реакция 15,3 кН.

Ключевые слова: тягово-транспортное средство, передний и задний ведущие мосты, межосевой блокированный и дифференциальный приводы, межколесный дифференциал, угол увода колеса.

■ Для цитирования: Горин Г.С., Годжаев З. А., Головач В.М., Кузьмин В.А. Динамика машинно-тракторных агрегатов: курсовая устойчивость с несимметрично присоединенным полунавесным плугом // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2017. №5. С. 3-8.

DYNAMICS OF MACHINE AND TRACTOR UNITS: YAW STABILITY WITH ASYMMETRICALLY ATTACHED SEMI-INTEGRAL PLOUGH

Gorin G.S.^{1*},
Dr. Sc. (Eng.);

Godzhaev Z.A.²,
Dr. Sc. (Eng.);

Golovach V.M.³;

Kuzmin V.A.²

¹State Committee on Science and Technology of the Republic of Belarus, Akademicheskaya St., 1, Minsk, 220072, Republic of Belarus, *e-mail: genadz_gorin@mail.ru

²Federal Scientific Agricultural Engineering Center VIM, 1st Institutskiy proezd, 5, Moscow, 109428, Russian Federation

³Belarusian State Agrarian Technical University, Nezavisimosti av., 99a, Minsk, 220023, Republic of Belarus

The conditions of maintenance of yaw stability of the undercarriage of a tractor with the blocked interaxial and inter-wheel drives at work with the asymmetrical traction load are observed. Fundamental principles of the mathematical theory of friction are used for definition of a pole of friction and the pivot centres of wheels. The friction pole is in close proximity to the centre of a contact patch of the most loaded rear wheel of a tractor. Course stability of the tractor is influenced by

the longitudinal forces, external side negative forces caused by a bottom pitch in the cross plane, and positive ones, caused by the shift of traction loading. The main power characteristic of the plow which is symmetrically mounted to the tractor is force which is counted on the basis of forces operating in the plow bottom. For maintenance of course stability of the tractor in case of asymmetrical mounting of a plow to the tractor a positive side force directed to the center of speeds should be applied in the joint. Opposite directed reaction is imposed on a plow for redistribution of side loads. The forces of asymmetric six-bodies plough, coordinates of the resulting forces in case of its asymmetrical attachment are calculated. During the ploughing of a harvested field with a traction load of 40 kN, displaced laterally by 1 m with the purpose of maintenance of directional stability, a lateral force of 2.7-3.5 kN should be applied to the tractor in the joint of attachment of semi-integral plough. At the same time a lateral force of 15.3 kN is applied to the front wheel, moving on furrow bottom.

Keywords: Tractive vehicle; Front-wheel and rear-wheel drives; Inter-axle lockable differential; Inter-wheel differential; Wheel slip angle.

■ **For citation:** Gorin G.S., Godzhaev Z.A., Golovach V.M., Kuzmin V.A. Dynamics of machine and tractor units: yaw stability with asymmetrically attached semi-integral plough. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny iologii. 2017; N5: 3-8. DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-5-3-8* (In Russian).

Тенденция развития мобильных энергетических средств (МЭС) показывает, что одним из основных направлений является их интеллектуализация – автоматизация отдельных агрегатов и роботизация МЭС в целом. МЭС служат также основными средствами реализации технологии точного земледелия, где вопросы позиционирования энергосредства на местности, их курсовой устойчивости, обеспечения точности внесения удобрений пестицидов, гербицидов, минеральных удобрений, выполнения посева, а также пахотных и других сельскохозяйственных операций требуют особого внимания. В связи с этим необходимо разрабатывать алгоритмы, методы и средства, обеспечивающие выполнение этих требований с учетом динамики движения МТА.

Динамика МТА – раздел сельскохозяйственной механики, в котором, в частности, рассматриваются с учетом сил инерции задачи взаимодействия трактора с сельскохозяйственным орудием. Всего выделены три основных свойства МТА на базе тягово-технологического средства (ТТС) – это тяговая динамика в составе МТА, курсовая устойчивость (КУ) и поворачиваемость, или управляемость [1, 2]. Тяговая динамика ТТС может быть рассмотрена как теория взаимодействия трактора с орудием с учетом их малых взаимных перемещений в продольно-вертикальной плоскости [3-6].

ЦЕЛЬ РАБОТЫ – установить условия, при которых достигается прямолинейность курсового движения МТА при работе с асимметричной тяговой нагрузкой.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Алгоритмы расчета курсовой устойчивости основаны на расчетно-экспериментальных исследованиях [7, 8]. В качестве отправного положения принята математическая теория трения Ф.А. Опейко, которая вытекает из трудов известных механиков Н.Е. Жуковского и др.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Расчетная схема. Рассмотрим курсовую устойчивость малогабаритного средства с неразрезным мостом. При тяговой

нагрузке $P_T=40$ кН продольные усилия в нижних тягах навесного устройства (НУ) составили [9-11]:

- в левой $F_{лев} = 28,16$ кН и правой $F_{прав} = 11,57$ кН, если названные тяги зафиксированы с помощью стяжек и шарнирного сочленения на продольной оси симметрии трактора;

- $F_{лев.1} = 27,16$ кН и $F_{прав.1} = 11,57$ кН, если названные тяги не зафиксированы и самоустанавливаются в положении, повернутом относительно среднего на угол 3° [12]. Буксование колеса, которое перемещается по поверхности поля, $\delta_4 = 0,0922$ больше, чем $\delta_3 = 0,0837$.

Способность трактора противостоять уводу, а следовательно, прямолинейность курсового движения повышают путем блокирования межосевого и межколесного приводов:

- при криволинейном движении колес со сдвигом контактного отпечатка возникают продольные дополнительные тангенциальные реакции (ДТР), паразитные силы $R_i^{S\delta}$, которые геометрически суммируются с силой сопротивления качения P_{fi} и касательной силой тяги P_{ki} . Величину и направление этих сил связывают с положением центров вращения i -колес, которое характеризуется продольными ℓ_{xi} и поперечными ℓ_{yi} эксцентриситетами;

- если межколесный дифференциал (МКД) заблокирован, то центры вращения колес совпадают с полюсом трения, что существенно облегчает расчеты. Если ходовая система трактора имеет четыре заблокированных ведущих колеса, то полюс трения расположен в зоне контакта с почвой колеса-лидера, на которое приходится наибольшая нормальная нагрузка.

Расчет нормальных нагрузок на колеса трактора. На рисунке 1 показана схема сил, действующих на трактор с несимметрично присоединенным посредством задней навески полунавесным плугом при движении правыми колесами в борозде. Для нахождения δ_i^0 на каждом i -колесе запишем выражения для расчета нормальных нагрузок на колеса:

$$N_1 = \frac{G_{12}}{2} - \frac{M_{\text{опр}}^{\text{прод}}}{L} + \frac{M_{\text{опр}}^{\text{поп}}}{B}, \quad (1)$$

$$N_2 = \frac{G_{12}}{2} - \frac{M_{\text{опр}}^{\text{прод}}}{L} - \frac{M_{\text{опр}}^{\text{поп}}}{B}, \quad (2)$$

$$N_3 = \frac{G_{34}}{2} + \frac{M_{\text{опр}}^{\text{прод}}}{L} + \frac{M_{\text{опр}}^{\text{поп}}}{B}, \quad (3)$$

$$N_4 = \frac{G_{34}}{2} + \frac{M_{\text{опр}}^{\text{прод}}}{L} - \frac{M_{\text{опр}}^{\text{поп}}}{B}, \quad (4)$$

где G_{12} , G_{34} – составляющие веса трактора, приходящиеся соответственно на переднюю и заднюю оси; L – продольная колесная база трактора; $M_{\text{опр}}^{\text{прод}}$ – опрокидывающий момент в продольной плоскости:

$$M_{\text{опр}}^{\text{прод}} = (Q_y^a + Q_y^b + Q_y^c) \cdot l_{\text{кр}} + (T_{AB}^{\text{л}} + P_{AB}^{\text{л}}) \cdot m_3 - T_{CD} \cdot (m_3 + r_{BC}) + M_{f_{\text{л}}} + M_{f_{\text{з}}}, \quad (5)$$

где Q_y^a , Q_y^b , Q_y^c – вертикальные составляющие внешних сил в тягах НУ; T_{CD} – продольная составляющая усилия в верхней тяге CD НУ; m_3 – высота оси подвеса – расстояние по нормали от опорной поверхности до шарнира в навесном устройстве (оси подвеса); r_{BC} – вертикальное расстояние между точками крепления нижней и верхней тяг на тракторе; $M_{f_{\text{л}}}$, $M_{f_{\text{з}}}$ – моменты сопротивления качению передних и задних колес:

$$M_{f_{\text{л}}} = f \cdot G_{12} \cdot r_{\text{кл}}, \quad M_{f_{\text{з}}} = f \cdot G_{34} \cdot r_{\text{кз}}. \quad (6)$$

$M_{\text{опр}}^{\text{поп}}$ – опрокидывающий момент в поперечной плоскости:

$$M_{\text{опр}}^{\text{поп}} = [(T_{AB}^{\text{л}} + T_{AB}^{\text{п}}) \cdot m_3 - T_{CD} \cdot (m_3 + r_{BC})] \cdot \text{tg} \Delta, \quad (7)$$

где Δ – угол отклонения линии тяги в горизонтальной плоскости (рис. 1).

У трактора классической схемы в статике наиболее нагружены задние колеса, а при пахоте с несимметричной тяговой нагрузкой – колесо, которое движется по дну борозды, открытой предыдущим проходом плуга. На рисунке 1 это колесо отмечено индексом $i = 3$. Продольные ДТР, вызванные поворотом корпуса вокруг полюса трения, приложены к внутренним колесам: $R_4^{\text{сб}}$ – к заднему и $R_2^{\text{сб}}$ – к переднему. Боковые ДТР не рассматриваются, так как предполагается, что боковые составляющие сдвигов S_i относительно малы ввиду того, что рассматриваются малые отклонения от прямолинейности курсового движения.

Кинематика курсового движения. Результирующие буксования каждого i -колеса формируются путем сложения буксований δ_i^0 , определенного характеристиками прямолинейного движения, и приращений, вызванных сдвигами пятен контакта ко-

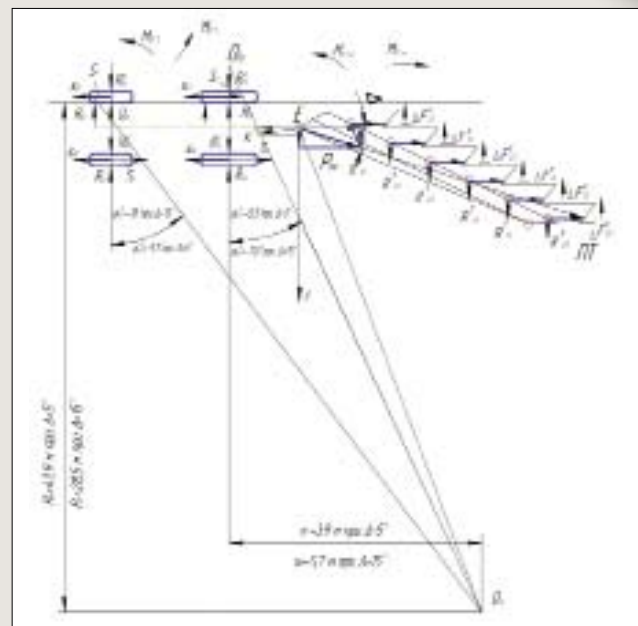


Рис. 1. Кинематика пахотного агрегата и схема сил [9]

Fig. 1. Kinematics of the tillage unit and scheme of forces [9]

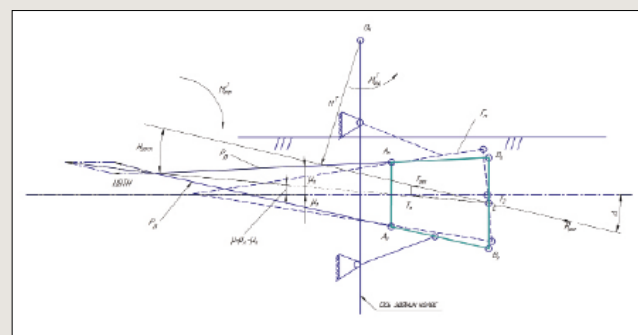


Рис. 2. Схема для расчета отклоняющих моментов, действующих на заднем навесном устройстве

Fig. 2. Scheme for calculation of rejecting moments acting on rear mounted implement

лес – центральными $\Delta_i^{\text{МБП}}$ (при заблокированном МБП) и боковыми $\Delta_i^{\text{МКД}}$ (при заблокированном МКД):

$$\begin{aligned} \delta_1 &= \delta_1^0 + \Delta \delta_1^{\text{МБП}}, \quad \delta_2 = \delta_2^0 - \Delta \delta_2^{\text{МКД}} + \Delta \delta_2^{\text{МБП}}, \\ \delta_3 &= \delta_3^0 - \Delta \delta_3^{\text{МБП}}, \quad \delta_4 = \delta_4^0 - \Delta \delta_4^{\text{МКД}} - \Delta \delta_4^{\text{МБП}}, \end{aligned} \quad (8)$$

где $\Delta \delta_i = \Delta_i^{\text{МКД}} \pm \Delta_i^{\text{МБП}}$ – приращения буксований каждого i -колеса.

Отсюда:

$$\begin{aligned} \Delta \delta_1 &= \delta_1 - \delta_1^0, \quad \Delta \delta_2 = \delta_2 - \delta_2^0, \\ \Delta \delta_3 &= \delta_3 - \delta_3^0, \quad \Delta \delta_4 = \delta_4 - \delta_4^0, \end{aligned} \quad (9)$$

где

$$\begin{aligned} \delta_1 &= (V_{T1} - V) / V_{T1}, \quad \delta_2 = (V_{T2} - V) / V_{T2}, \\ \delta_3 &= (V_{T3} - V) / V_{T3}, \quad \delta_4 = (V_{T4} - V) / V_{T4}, \end{aligned} \quad (10)$$

здесь $V_{Ti} = \omega_{ki} r_{ki}$ – теоретические скорости i -колес, ω_{ki} – угловые скорости вращения колес трактора, r_{ki} – радиусы качения i -колес трактора в свободном режиме, V – рабочая скорость движения.

При прямолинейном движении для каждого i -ко-

леса справедливы и следующий соотношения:

$$P_{ji}^0 = P_{\text{тж}}^0 + P_{\text{л}}^0, \quad P_{ji}^0 = \varphi_{\text{тж}} N_i (1 - e^{-\delta_i}), \quad (11)$$

• величины буксования i -колес при прямолинейном движении одинаковые:

$$\delta_i^0 = -\frac{\ln(1 - P_{ji}^0 / \varphi_{\text{тж}} N_i)}{\beta_i}. \quad (12)$$

В соответствии с данной расчетной схемой радиусы поворота центров вращения заблокированных колес переднего ведущего моста (ПВМ) и заднего ведущего моста (ЗВМ) определяют по формулам [8, 9]:

$$R_{12}^* = \frac{B_{12}}{\Delta\delta_2 - \Delta\delta_1}, \quad R_{34}^* = \frac{B_{34}}{\Delta\delta_4 - \Delta\delta_3}, \quad (13)$$

где, B_{12} и B_{34} – ширина колеи колес ПВМ и ЗВМ соответственно;

$\Delta\delta_1, \Delta\delta_2, \Delta\delta_3, \Delta\delta_4$ – приращения буксований заблокированных колес (по характеристикам прямолинейного движения), вызванные асимметрией тяговой нагрузки.

Углы увода колес, вызванные продольными сдвигами пятен контактов их колес, определяют из соотношения:

$$\begin{aligned} (-e_{x12} + \frac{B_{12}}{\Delta\delta_2 - \Delta\delta_1}) \operatorname{tg} \varphi_{12}^{\text{сн}} = \\ = L + (e_{x34} + \frac{B_{34}}{\Delta\delta_4 - \Delta\delta_3}) \operatorname{tg} \varphi_{34}^{\text{сн}}. \end{aligned} \quad (14)$$

Поперечные эксцентриситеты (смещения от середины моста центра вращения заблокированных колес соответственно ПВМ и ЗВМ) находят по форму.

$$\begin{aligned} e_{x12} &= B_{12} \frac{\Delta\delta_1}{\Delta\delta_2 - \Delta\delta_1}, \\ e_{x34} &= B_{34} \frac{\Delta\delta_3}{\Delta\delta_4 - \Delta\delta_3}. \end{aligned} \quad (15)$$

При работе с необоротными плугами больше буксуют колеса левого борта $i = 2$ и $i = 4$ (для рассматриваемого случая $\Delta\delta_1 = 0,030$; $\Delta\delta_4 = 0,032$), а не правого ($\delta_1 = 0,0013$; $\Delta\delta_3 = 0,0022$).

На поле рисунка 1 приведены рассчитанные радиусы поворота МТА. Продольные смещения центра скоростей назад за заднюю ось трактора достигают $x = 5,7$ м при $P_{\text{кр}} = 40$ кН и $\angle = 15^\circ$. Центр скоростей трактора при этом находится напротив 3-го или 4-го корпусов плуга.

При этих условиях радиус поворота полюса вращения равен:

$$R_{34}^* = \frac{B_{34}}{\delta_4 - \delta_3} = \frac{1,8}{0,0922 - 0,0837} = 211,8 \text{ м} \quad (16)$$

Кроме продольных сил на курсовую устойчивость влияют внешние боковые (6,88 кН) отрица-

тельные силы, вызванные наклоном корпуса в поперечной плоскости $\beta = 8,78^\circ$, и положительные, вызванные смещением тяговой нагрузки. Для поддержания прямолинейности курсового движения следует повернуть управляемые колеса на угол, примерно равный:

$$\alpha_{12} = \operatorname{arctg} \frac{B_{34}}{R} = \frac{1,8}{100 \dots 200} = 0,50 \dots 1,15^\circ. \quad (17)$$

Распределение сил, действующих на полунавесные плуги. Случай симметрично присоединенного плуга. Основной силовой характеристикой симметрично присоединенного к трактору плуга служит сила, которую рассчитывают на основе сил, действующих в корпусе плуга. Ее характеризуют составляющие сил рабочего сопротивления $R_{xj}^0, R_{yj}^0, R_{zj}^0$ j -корпусов и составляющие отклоняющих моментов сопротивления $M_{xj}^0, M_{yj}^0, M_{zj}^0$, которые приводятся к главному вектору сил R_{xyz} и главному моменту M_{xyz} . Примем силовую характеристику распределения сил:

$$R_z^0 = R_x^0 \operatorname{tg} \zeta, \quad (18)$$

где для плугов, выпускавшихся ПО «Одессапочво-маш», $\zeta = 25^\circ$ [15]. Для современных корпусов *Kverneland* данные об угле ζ неизвестны.

С учетом изложенных предпосылок рассчитаем точки приложения результирующих сил 6-корпусного плуга с шириной захвата корпуса $b = 0,5$ м, глубиной вспашки $a = 0,22$ м. Примем для j -корпусов $R_{xj}^0 = 3,85$ кН, $R_{zj}^0 = 1,8$ кН, а усилия, действующие на полевую доску, $-F_{zj}^0 = R_{zj}^0$; $F_{xj} = \mu F_{zj}$. При $\mu = 0,5$ получим $F_x^0 = 0,9$ кН.

Рассчитаем такие результирующие суммы сил, приложенных к 6-корпусному плугу:

- продольных – корпусов $R_{x\Sigma}^0 = 3,85 \cdot 6 = 23,1$ кН;
- боковых – полевых досок $R_{z\Sigma} = F_{z\Sigma}^0 = 1,8 \cdot 6 = 10,8$ кН;
- продольных суммарных $R_{x\Sigma} = 5,4$ кН,

$$R_{x\Sigma} + F_{z\Sigma} = 28,5 \text{ кН};$$

- результирующих

$$R_x^0 = \sqrt{(R_{x\Sigma}^0)^2 + (R_{z\Sigma}^0)^2} = 25,5 \text{ кН}, \quad (19)$$

$$R_{\text{по}}^0 = \sqrt{(R_{x\Sigma}^0 + F_{x\Sigma}^0)^2 + (R_{z\Sigma}^0)^2} = 29 \text{ кН}. \quad (20)$$

Определим координаты точек их приложения относительно шарнира в точке E для всех корпусов:

- продольную – приложения результирующей боковых сил:

$$x_R^0 = \sum_{j=1}^6 \frac{R_{zj}^0 x_j}{R_{z\Sigma}^0} = \frac{1,8(1,5 + 2,5 + 3,5 + 4,5 + 5,5 + 6,5)}{10,8} = 4 \text{ м},$$

- поперечную – приложения результирующей продольных сил j -корпусов:

$$x_R^0 = \sum_{j=1}^6 \frac{R_{xj}^0 x_j}{R_{x\Sigma}^0} = \frac{3,85(-0,25 + 0,25 + 0,75 + 1,25 + 1,75 + 2,25)}{23,1} = 1,0 \text{ м};$$

- поперечную – приложения результирующей продольных сил полевых досок:

$$x_R^0 = \sum_{j=1}^{n=6} \frac{F_{xj}^0 z_j}{F_{xj}^0} = \frac{0,9(0+0,5+1,0+1,5+2,0+2,5)}{5,4} = 1,25 \text{ м.}$$

Для симметрично присоединенного полунавесного плуга угол наклона результирующей силы к продольной оси x равен:

$$\xi = \arctg \frac{R_{xx}^0}{R_{xx}^0 + F_{xx}^0} = \arctg \frac{10,8}{28,5} = 20,7^\circ.$$

Курсовая устойчивость трактора с несимметрично присоединенным плугом. Результирующая сила создает отклоняющий момент относительно шарнира присоединения в точке E :

$$M_{откл} = R_{рез} m = 13,98 \text{ кН}\cdot\text{м},$$

где $R_{рез}$ – плечо действия результирующей силы;

$$m = (x_R - \frac{x_R}{\tg \xi}) \cos \xi = 0,482 \text{ м}.$$

Рассчитаем угол наклона вектора $R_{рез}$, проведенного из точки E в точку O_R :

$$\alpha_{рез} = \arctg \frac{x_R^0}{z_R^0} = \arctg \frac{1}{4} = 15,6^\circ.$$

Боковая сила F_{xj}^Σ , приложенная в шарнире сочленения трактора с полунавесным плугом и направленная в сторону центра скоростей, равна:

$$F_{xj}^\Sigma = \frac{M_{откл}}{x_R^0} = \frac{13,98}{4} = 3,495 \text{ кН}.$$

Тогда в точке E шарнира крепления приложена равная по модулю, направленная вверх сила F_E . Подобранный результат следует из пропорции:

$$F_E^x = 10,8(1 - \frac{\tg 15,6^\circ}{\tg 20,5^\circ}) = 2,7 \text{ кН}.$$

Таким образом, для поддержания КУ при несимметричном присоединении плуга к трактору в шарнире сочленения в точке E следует приложить положительную боковую силу $F_E = 2,7-3,5$ кН, направленную к центру скоростей, а к плугу – противоположно направленную реакцию – для перераспределения боковых нагрузок на полевые доски пахотных модулей.

Стабилизация трактора. Отклоняющий момент, направленный по часовой стрелке, действу-

ет относительно полюса трения ЗВМ в точке $O_{с34}$ (рис. 2):

$$M_{откл} = T_{кр}^H [0,5(B_K + B_T) + e_{z3}] - T_{кр}^H [0,5(B_K - B_T) + e_{z3}] - F_E l_{кр},$$

где $l_{кр}$ – продольное расстояние полюса трения от точки $O_{с34}$ до точки A .

Подставив в формулу значения ширины колеи по колесам трактора $B_K = 1,7$ м, по точкам крепления тяг НУ $B_T = 0,8$ м, $T_{кр}^H = 28,16$ кН, $T_{кр}^H = 11,57$ кН, $e_{z3} = 0,25$ м, $l_{кр} = 1,15$ м, получим отклоняющий момент относительно полюса трения ходовой системы трактора:

$$M_{откл} = 28,16[0,5(1,7+0,8)+0,25] - 11,57[0,5(1,7-0,8)+0,25] - 31,15 = (50,34 - 4,45) = 45,89 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

Стабилизирующий момент относительно центра создают боковые реакции, вызванные упором колес $i = 1$ и $i = 3$ в полевую борозду и боковым наклоном корпуса трактора:

$$R_{Б12} = \frac{M_{откл}}{L} = \frac{45,89}{3,0} = 15,3 \text{ кН},$$

где $L = 3$ м – продольная колесная база трактора.

Реакцию $R_{Б12} = 15,3$ кН воспринимает в основном переднее правое колесо трактора, опущенное в полевую борозду. Это приводит к поломкам его диска.

Выводы

1. Из приведенных аналитических и экспериментальных данных следует, что при пахоте трактором «Беларус 2522» 6-8-корпусным плугом со смещением на поперечное расстояние $z_R = 1$ м тяговым сопротивлением $P_{кр} = 40$ кН продольные сдвиговые деформации почвы в контактах колес менее нагруженного борта больше, чем аналогичные сдвиги контактов колес, перемещающихся по дну борозды. От перехода на криволинейную траекторию трактор удерживают боковые реакции, приложенные к колесу ПВМ, движущемуся по дну борозды.

2. На основе разработанных алгоритмов и математических моделей выполнены расчеты стабилизирующих моментов и сил, действующих на курсовую устойчивость машинно-тракторного агрегата с несимметрично присоединенным полунавесным плугом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белоусов Б.Н., Попов С.Д. Колесные транспортные средства особо большой грузоподъемности. Конструкции. Теория. Расчет. М.: МГТУ им. Баумана, 2006. 728 с.
2. Горин Г.С. Тяговая динамика, поворачиваемость и силовые потоки мобильных тягово-энергетических средств. Минск: Наука и техника, 2013. 373 с.
3. Горин Г.С. Общая и тяговая динамика поддрессированного гусеничного трактора с задненавесным ору-

дием. Кинематика // Агропанорама. 2013. N4. С. 3-7.

4. Горин Г.С. Общая и тяговая динамика поддрессированного гусеничного трактора с задненавесным оружием. Динамика // Агропанорама, 2013. N5. С. 2-6.

5. Горин Г.С., Годжаев З.А., Головач В.М., Кузьмин В.А. Исследования поворачиваемости трактора для построения гибридной теории поворота // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. N5. С. 3-11.

6. Годжаев З.А., Измайлов А.Ю., Прядкин В.И. Влияние давления в высокоэластичной шине на тяговые свойства колеса // Автомобильная промышленность. 2015. N2. С. 9-12.

7. Опейко Ф.А. Механика трения. Минск: Наука и техника, 1971. 152 с.

8. Жуковский Н.Е. Теория прибора Ромейко-Гурко. М.: ОНТИ НКТП СССР, 1957. Т. VIII. С. 102-106.

9. Горин Г.С., Сильченко А.А., Миранович О.Л. Основы теории, расчета и устройства малогабаритных средств мобильной энергетики. Ч. 1. Характеристики малогабаритных агрегатов. Общая и тяговая динамика. Курсовая устойчивость. Минск: БГАТУ, 2003. 100 с.

10. Горин Г. С., Захаров А.В., Строк Е.Я., Бельчик Л.Д., Вашула А. Стабилизация курсовой устойчивости полунавесных пахотных агрегатов // Механика машин, механизмов и материалов. 2010. N1(10). С. 12-15.

11. Захаров А.В. Улучшение курсовой устойчивости и тягово-энергетических показателей пахотного агрегата стабилизацией в горизонтальной плоскости: дис... канд. техн. наук. Минск: БГАТУ, 2008. 142 с.

12. Таларчик В., Збытек З. Влияние схемы движения трактора с плугом на уплотнение почвы и стабильность работы агрегата // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2001. N8. С. 16-19.

REFERENCES

1. Belousov B.N., Popov S.D. Kolesnye transportnye sredstva osobo bol'shoy gruzopod'emnosti. Konstruktsii. Teoriya. Raschet [Wheel vehicles of especially big loading capacity. Designs. Theory. Calculation.]. Moscow: MGUT im. Bauman, 2006: 728. (In Russian)

2. Gorin G.S. Tyagovaya dinamika, povorachivaemost' i silovye potoki mobil'nykh tyagovo-energeticheskikh sredstv [Traction dynamics, turnability and power streams of mobile traction and power means]. Minsk: Nauka i tekhnika, 2013: 373. (In Russian)

3. Gorin G.S. General and traction dynamics of spring-mounted catapillar with rear implement. Kinematics. *Agropanorama*. 2013; 4: 3-7. (In Russian)

4. Gorin G.S. General and traction dynamics of spring-mounted catapillar with rear implement. Dynamics. *Agropanorama*. 2013; 5: 2-6. (In Russian)

5. Gorin G.S., Godzhaev Z.A., Golovach V.M., Kuz'min V.A. Research of turnability for construction of hybrid theory of turn. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2016; 5: 3-11. (In Russian)

6. Influence of pressure in high-elasticity tire upon wheel traction properties. *Avtomobil'naya promyshlennost'*. 2015; 2: 9-12. (In Russian)

7. Опейко Ф.А. Механика трения [Mechanics of friction]. Минск: Наука и техника, 1971: 152. (In Russian)

8. Zhukovskiy N.E. Teoriya pribora Romeyko-Gurko [Theory of Romeyko-Gurko device]. Moscow: ONTINKTP SSSR, 1957; VIII: 102-106. (In Russian)

9. Gorin G.S., Sil'chenko A.A., Miranovich O.L. Osnovy teorii, rascheta i ustroystva malogabaritnykh sredstv mobil'noy energetiki. Ch. 1. Kharakteristiki malogabaritnykh agregatov. Obshchaya i tyagovaya dinamika. Kursovaya ustoychivost' [Bases of theory, calculation and system of small-sized means of mobile power. P. 1. Characteristics of small-sized units. General and traction dynamics. Yaw stability]. Minsk: BGATU, 2003: 100. (In Russian)

10. Gorin G.S., Zakharov A.V., Strok E.Ya., Bel'chik L.D., Vashchula A. Road holding stabilization of semimounted arable units. *Mekhanika mashin, mekhanizmov i materialov*. 2010; 1(10): 12-15. (In Russian)

11. Zakharov A.V. Uluchshenie kursovoy ustoychivosti i tyagovo-energeticheskikh pokazateley pakhotnogo agregata stabilizatsiei v gorizonta'noy ploskosti [Improvement of yaw stability and traction and power indicators of tillage unit by stabilization in horizontal plane]: dis. ... kand. tekhn. nauk. Minsk: BGATU, 2008: 142. (In Russian)

12. Talarchik V., Zbytek Z. Influence scheme of movement of tractor with a plough on soil consolidation of and unit operation stability. *Traktory i sel'skokhozyaystvennye mashiny*. 2001; 8: 16-19. (In Russian)

Критерии авторства. Все авторы несут ответственность за представленные в статье сведения и плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution. The authors are responsible for information and plagiarism avoiding.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.



УДК 582.572.7: 581.48:537.811

DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-5-9-15

МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНАЯ ОБРАБОТКА СЕМЯН ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ**Кутырёв А.И.***,
аспирант;**Хорт Д.О.**,
канд. с-х. наук;**Филиппов Р.А.**,
канд. с-х. наук;**Ценч Ю.С.**,
канд. пед. наук

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, 1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Российская Федерация, *alexeykutyrrev@gmail.com

В настоящее время существует большое количество методов, препаратов, технологий и технических средств для целенаправленного воздействия на семена сельскохозяйственных культур и среду их развития с целью получения стабильного урожая. Наряду с традиционными методами для повышения продуктивности существуют альтернативные, например низкочастотные импульсные электромагнитные поля. В статье приведена классификация методов подготовки семян земляники садовой к посеву и представлены результаты проведения лабораторного эксперимента по облучению семян сорта Зенга Зенгана. Экспериментально установлено влияние импульсного низкочастотного магнитного поля на всхожесть семян и рост сеянцев земляники садовой при различных режимах обработки и функционирования разработанного нами аппарата магнитно-импульсной обработки растений. Проведена статистическая обработка экспериментальных данных, определены доверительные интервалы для математических ожиданий по каждому эксперименту. Показали, что энергия прорастания семян, обработанных импульсным магнитным полем, изменялась от 29 до 47 процентов, всхожесть – от 34 до 48 процентов. Максимальное приращение всхожести облученных семян по сравнению с контрольным образцом составило 14 процентов. Наилучшая всхожесть соответствует частоте облучения 16 Гц и времени экспозиции 360 с при индукции в зоне обработки 5 мТл. Определили, что дальнейшее увеличение времени экспозиции и частоты облучения снизило энергию прорастания на 5 процентов. Выявили положительное влияние импульсных электромагнитных полей на линейные размеры ростков. Отметим, что средняя длина корня в опытном варианте (16 Гц, 360 с) по сравнению с контрольным была больше на 24 процента; высота ростков увеличилась на 28,2 процента, их масса – на 33,3 процента. Показали возможность и эффективность использования импульсного электромагнитного поля низкой частоты для повышения посевных качеств семян земляники садовой.

Ключевые слова: магнитно-импульсная обработка, предпосевное облучение семян, электромагнитное поле, садоводство.

■ **Для цитирования:** Кутырёв А.И., Хорт Д.О., Филиппов Р.А., Ценч Ю.С. Магнитно-импульсная обработка семян земляники садовой // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2017. №5. С. 9-15

MAGNETIC-PULSE TREATMENT OF GARDEN STRAWBERRY SEEDS**Kutyrev A.I.***;**Khort D.O.**,
Ph.D.(Agr.);**Filippov R.A.**,
Ph.D.(Agr.);**Tsench Yu.S.**,
Ph.D.(Ped.)

Federal Scientific Agricultural Engineering Center VIM, 1st Institutskiy proezd, 5, Moscow, 109428, Russian Federation, *alexeykutyrrev@gmail.com

Currently, there are many techniques, products, technologies, technical means, etc. for targeted impact on seed crops and the environment their development, with the aim of obtaining stable yields. Along with traditional methods to improve productivity there are alternative, such as low-frequency pulsed electromagnetic fields. The authors give classification of methods of strawberry seeds preparation for sowing and present the results of a laboratory experiment on the irradiation of Zenga Zengana variety seeds. The effect of pulsed low frequency magnetic field on seed germination and growth of strawberry seedlings at different conditions of treatment (frequency, duty cycle and exposure and exposure time) was established experimentally. The data obtained in the experiment are statistically processed. Confidence intervals for mathematical expectations for each experiment were determined. Germination energy of the seeds treated by a pulsed magnetic field was changed from 29 to 47 percent, germination was from 34 to 48 percent. The maximum of the increment of germination of irradiated seeds compared to control sample was 14 percent. The best germination corresponds to the 16 Hz frequency of exposure and 360 seconds exposure time when 5 mT induction. A further increase time and frequency of exposure reduced germination energy by 5 percent. The pulsed electromagnetic fields affect positively the linear dimensions

of sprouts. The average root length in the experimental variant (16 Hz, 360 seconds) compared to the control was greater by 24 percent; sprouts height increased by 28.2 percent and weight by 33.3 percent. The pulsed low frequency electromagnetic fields could be put to good use to improve sowing qualities of the garden strawberry seeds.

Keywords: Magnetic-pulse treatment; Seed pre-sowing irradiation; Electromagnetic field; Horticulture.

■ **For citation:** Kuttyrev A.I., Khort D.O., Filippov R.A., Tsench Yu.S. Magnetic-pulse treatment of garden strawberry seeds. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2017; 5: 9-15. DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-5-9-15. (In Russian).

В настоящее время известны различные методы физического воздействия на семена сельскохозяйственных культур: ультрафиолетовое, лазерное, рентгеновское излучение, ультразвуковые волны, электромагнитные поля различного диапазона (оптическое, инфракрасное, радиочастотное, низкочастотное, СВЧ и др.). На рисунке 1 приведена классификация методов предпосадочной обработки семян сельскохозяйственных культур. Условно эти методы можно разделить на биологические, химические и физические.

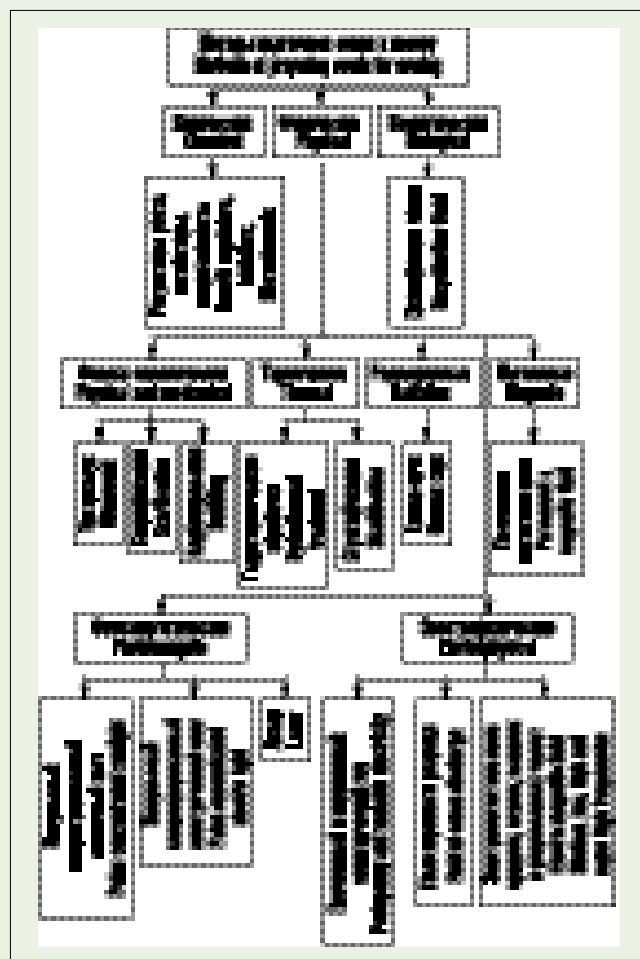


Рис. 1. Методы предпосадочной обработки семян сельскохозяйственных культур

Fig. 1. Methods of seeds preparing for sowing

Электромагнитное поле – один из важных экологических факторов, влияющих на биологическую

активность растений. Оно оказывает воздействие на физиологические, биохимические и биофизические характеристики растений [1, 2]. Анализ литературных источников показывает, что безопасным и высокоэффективным методом повышения физиологического потенциала семян считается их облучение электромагнитным полем низкой частоты (ЭМП НЧ). Этот метод позволяет существенно повысить энергию прорастания, всхожесть семян, усилить рост всходов и сеянцев и их приживаемость при посадке [3-6].

Положительный эффект от обработки семян ЭМП в большей степени изучен и используется при подготовке семян сельскохозяйственных культур.

Вместе с тем влияние импульсного ЭМП НЧ на посевные качества семян садовых растений до настоящего времени мало изучено и является актуальной задачей, имеющей научное и практическое значение.

Развитие магнитно-импульсных обработок сдерживается отсутствием специализированных технических средств и технологических приемов, способных реализовывать обработку растений ЭМП НЧ в полевых условиях. Для создания агрегатов и приборов необходимо выявить наиболее эффективные параметры облучения и уточнить характеристики рабочих органов посредством функций отзывчивости растений и организмов на воздействие импульсного низкочастотного магнитного излучения [7-12].

Цель исследований – экспериментально установить влияние импульсного низкочастотного магнитного поля на всхожесть семян и рост сеянцев земляники садовой при различных режимах работы блока управления (частоте, скважности облучения и времени экспозиции).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В качестве объекта исследований были использованы семена земляники садовой сорта Зенга Зенгана. Для проведения эксперимента в ФНАЦ ВИМ в качестве излучателя низкочастотного импульсного магнитного поля разработан аппарат для магнитно-импульсной обработки (МИО) растений (рис. 2).

Влажность определяли согласно ГОСТ 12041-82; массу 1000 семян – ГОСТ 10842-89, всхожесть и энергию прорастания – ГОСТ 12038-84.

Для проведения анализов использовано следу-

ющее исследовательское оборудование: миллителиметр портативный универсальный (ТПУ), осциллограф цифровой АКИП 4122/1, счетчик семян *Contador* с прибором для расфасовки *Contafill*, сушильный шкаф электрический СЭШ-3М, сушожаровый шкаф *Memmert UFB 400*, термостат *LP-113* (*Labor Muszeripari Muvek Esztergom*, Венгрия) влагомер *Kett FD 230*, весы аналитические *Sartorius LA230S*.

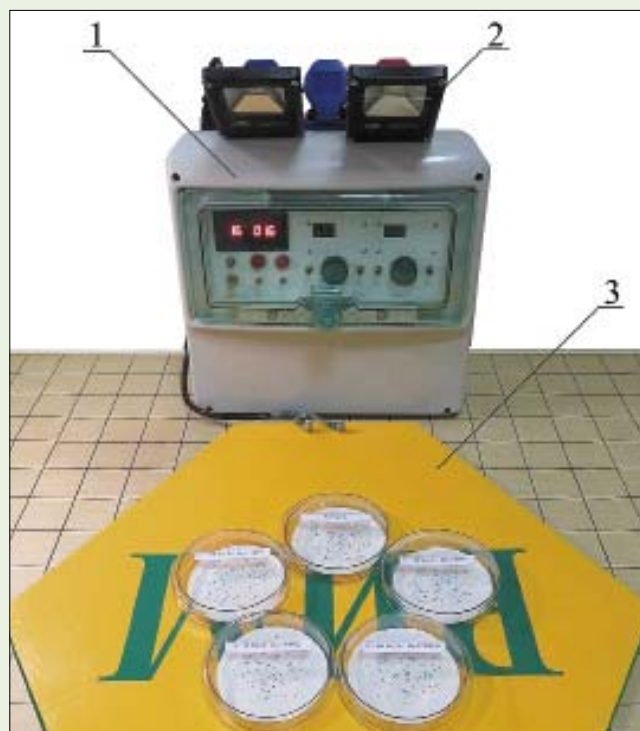


Рис. 2. Аппарат магнитно-импульсной обработки растений: 1 – блок управления; 2 – световые излучатели; 3 – магнитный индуктор

Fig. 2. Apparatus for magnetic-pulse treatment of plants: 1 – control unit; 2 – light emitters; 3 – magnetic inductor

Аппарат предназначен для стимуляции жизненных и ростовых процессов садовых растений, овощных культур импульсами магнитной индукции в низкочастотном диапазоне с периодической последовательностью при одновременном дополнительном синхронном облучении импульсами света определенных длин волн оптического диапазона. Работа аппарата основана на преобразовании электрической энергии конденсаторного блока в воздействующие факторы – импульсы магнитной индукции и светового излучения [13-15].

В эксперименте задействованы 12 партий по 100 семян в каждой и одна партия 100 семян принята в качестве контрольной (не облучалась). До облучения влажность семян составляла 7,09%, масса 1000 семян – 0,28 г.

Эксперимент проводили при постоянной температуре 20°C.

Наибольшей эффективностью, согласно различным источникам, обладают импульсные магнитные поля с напряженностью, близкой к геомагнитному полю земли. Индукция импульсного магнитного поля в зоне обработки составляла 5 мТл (рис. 3).

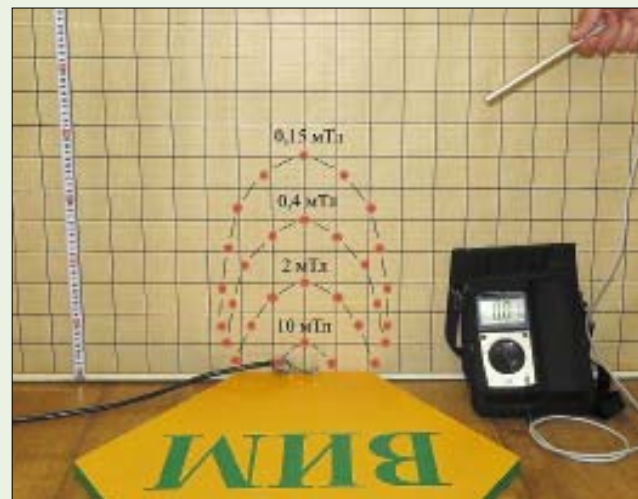


Рис. 3. Распределение значений магнитной индукции аппарата МИО растений

Fig. 3. Distribution of magnetic induction values of the apparatus for pulse-magnetic treatment of plants

В качестве ложа использовали фильтровальную бумагу. Энергию прорастания определяли на 14 сутки, всхожесть семян – на 16 сутки. При определении всхожести, кроме загнивших семян, учитывали неперосшие семена.

Параметры облучения представлены в таблице 1.

Table 1		Таблица 1	
ПАРАМЕТРЫ ОБЛУЧЕНИЯ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ СЕМЯН IRRADIATION PARAMETERS OF SEED SAMPLES			
Образцы Samples	Частота следования импульсов, Гц Pulse repetition frequency, Hz	Скваж- ность Duty cycle	Время экс- позиции, с Exposure time, s
1 контроль (Control)	0	0	0
2	2	2	180
3	2	2	360
4	2	2	540
5	8	8	180
6	8	8	360
7	8	8	540
8	16	16	180
9	16	16	360
10	16	16	540
11	32	32	180
12	32	32	360
13	32	32	540

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. На 14-й день учета энергия прорастания обработанных низкочастотным импульсным магнитным полем семян земляники садовой превышала контрольные показатели.

Результаты эксперимента представлены в *таблице 2*. Данные были статистически обработаны для построения графиков.

Для рассчитанных математических ожиданий по каждому эксперименту (номеру образца) определены доверительные интервалы, поскольку выборка данных имела небольшую величину – по 3 опыта в каждом эксперименте.

Доверительный интервал рассчитывают по формуле:

$$\delta_{\text{мин-макс}} = \mu \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \cdot \Phi^{-1}; \quad (1)$$

где $\delta_{\text{мин-макс}}$ – нижняя и верхняя граница доверительного интервала; μ – выборочное среднее арифметическое; σ – среднее квадратическое отклонение по выборке (несмещенное); n – размер выборки; Φ^{-1} – обратное значение функции стандартного нормального распределения [16].

Результаты расчетов представлены в *таблице 3*.

Значения математического ожидания энергии прорастания и всхожести в рамках каждой партии находятся в пределах доверительных интервалов, что говорит о достоверности полученных значений. Результаты исследований отражены на графиках (*рис. 4-7*).

Результаты проведенных исследований показали, что энергия прорастания семян, облученных импульсным магнитным полем, изменялась от 29 до 47%, всхожесть – от 34 до 48%. Максимальная величина приращения всхожести облученных семян по сравнению с контрольным образцом составила 14%.

На энергию прорастания семян влияют как частота и скважность облучения, так и время экспозиции. Наилучшая их всхожесть соответствует частоте облучения 16 Гц и времени экспозиции 360 с. Дальнейшее увеличение времени экспозиции и частоты облучения снизило энергию прорастания на 5%.

Замеры ростков показали, что обработка семян электромагнитным полем положительно отразилась не только на их прорастании, но и на росте растений. На основании результатов данного опыта можно сделать вывод о положительном влиянии низкочастотного импульсного электромагнитного поля на качественные характеристики и линейные параметры семян земляники садовой. Внешний вид проростков земляники садовой на 25 день проращивания представлен на *рисунке 8*.

В результате магнитно-импульсной обработки проростков земляники садовой существенно возросли линейные параметры. Их значения на 25-й день после обработки семян импульсным магнит-

Таблица 2					Таблица 2	
РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА EXPERIMENT RESULTS						
Образцы Samples	Исходное количество семян в образце, шт. Initial number of seeds in sample, pcs	Энергия прорастания, % Germination energy, %	Количество загнивших семян, % Number of decayed seeds, %	Количество нормально пророс- ших семян, шт. Number of normally germinated seeds, pcs	Всхожесть, Germination	
					%	± к контролю, ± to control
1 контроль (Control)	100	29	7	27	34	0
2	100	35	6	33	39	+5
3	100	38	4	38	41	+7
4	100	36	5	34	38	+4
5	100	39	5	37	41	+7
6	100	41	3	40	43	+9
7	100	39	5	39	42	+8
8	100	44	4	42	45	+11
9	100	47	5	44	48	+14
10	100	45	5	41	47	+13
11	100	41	7	39	44	+10
12	100	41	6	42	45	+11
13	100	40	7	38	43	+9

ным полем представлены в *таблице 4*.

Положительное влияние обработки импульсным магнитным полем проявилось на линейных размерах сеянцев следующим образом: средняя длина корня в опытном варианте при 16 Гц и 360 с по сравнению с контролем была больше на 24%; высота ростков возросла на 28,2%; их масса – на 33,3%.

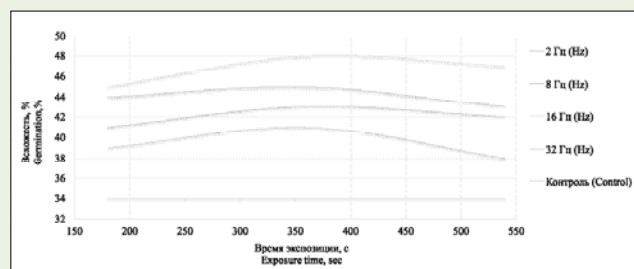


Рис. 4. Энергия прорастания в зависимости от времени экспозиции, частоты и скважности облучения

Fig. 4. Germination energy depending on exposure time, frequency, and duty cycle of irradiation

Выводы. В результате эксперимента можно сделать вывод о положительном влиянии обработки семян земляники садовой импульсным электромагнитным полем низкой частоты аппаратом МИО.

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА STATISTICAL PROCESSING OF EXPERIMENTAL RESULTS						
Образцы Samples	Математическое ожидание значений, % Mathematical expectation values, %		Среднеквадратическое отклонение значений, % Standard error of values, %		Доверительный интервал значений математического ожидания, (мин.-макс.), % Confidence range of mathematical expectation values (min.-max.), %	
	энергии прорастания germination energy	всхожести germination capacity	энергии прорастания germination energy	всхожести germination capacity	энергии прорастания germination energy	всхожести germination capacity
1 контроль (Control)	100	29	0	0	-	-
2-4	36,33	39,33	1,53	1,53	35,20-37,46	40,46-38,20
5-7	39,67	42,00	1,15	1,00	38,81-40,52	42,85-41,26
8-10	45,33	46,67	1,53	1,53	44,20-46,46	47,80-45,54
11-13	40,67	44,00	0,58	1,00	40,24-41,09	44,43-43,26

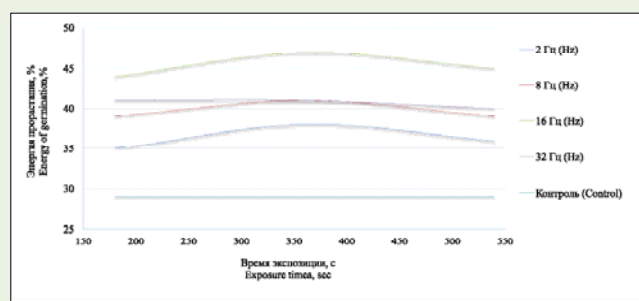


Рис. 5. Всхожесть в зависимости от времени экспозиции, частоты и скважности облучения

Fig. 5. Germination capacity depending on exposure time, frequency, and duty cycle of irradiation

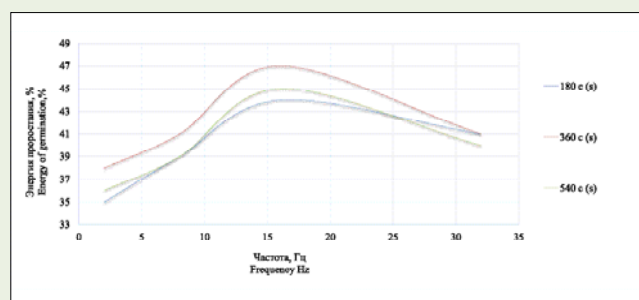


Рис. 6. Влияние частоты облучения на энергию прорастания

Fig. 6. Influence of irradiation frequency on germination energy

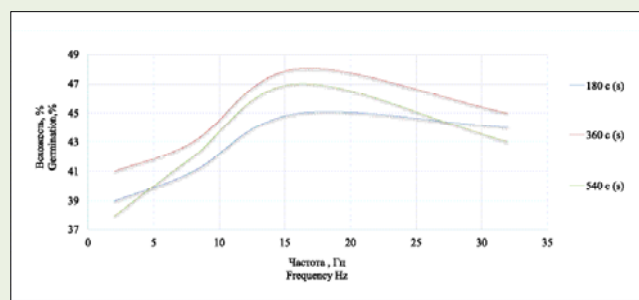


Рис. 7. Влияние частоты облучения на всхожесть

Fig. 7. Influence of irradiation frequency on germination

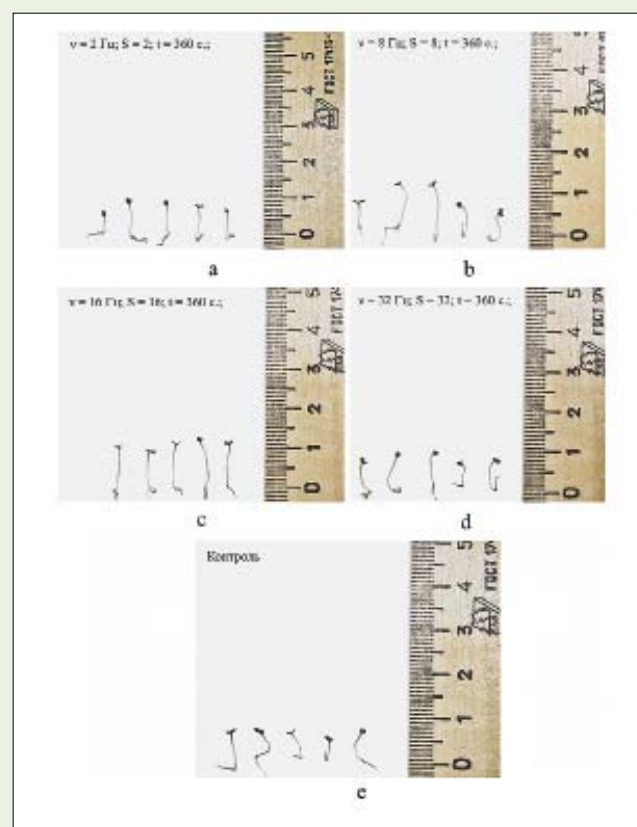


Рис. 8. Внешний вид проростков земляники садовой на 25-й день проращивания при времени экспозиции 360 с и частоте облучения: а – 2 Гц; б – 8 Гц; в – 16 Гц; д – 32 Гц; е – контрольный образец

Fig. 8. Appearance of garden strawberry sprouts on the 25th day of sprouting when exposure time 360 s and irradiation frequency of: а – 2 Hz; б – 8 Hz; в – 16 Hz; д – 32 Hz; е – control

Наиболее высокое значение энергии прорастания и всхожести соответствует частоте облучения 16 Гц, скважности 16 и времени экспозиции 360 с при индукции в зоне облучения 5 мТл. Количество всхо-

Table 4
Таблица 4
**ПАРАМЕТРЫ ПРОРОСТКОВ НА 25-й ДЕНЬ
SPROUTS PARAMETERS ON THE 25TH DAY**

Образцы Samples	Средняя высота ростков Fverage height of sprouts		Средняя длина корня Average root length		Средняя масса, Average weight		Количество ростков, шт. Number of shoots, pcs
	мм , mm	± к контролю, % ± to control, %	мм , mm	± к контролю, % ± to control, %	г, g	± к контролю, % ± to control, %	
1 контроль (Control)	10,8	0	4,6	0	0,0024	0	27
2-4 (2 Гц/Hz)	11,6	7,41	5,1	10,87	0,0027	12,50	105
5-7 (8 Гц/Hz)	12,2	12,96	5,4	17,39	0,0029	20,83	116
8-10 (16 Гц/Hz)	13,4	24,07	5,9	28,26	0,0032	33,33	127
11-13 (32 Гц/Hz)	12,4	14,81	5,2	13,04	0,0028	16,67	119

дов земляники садовой сорта Зенга Зенгана, проросших из обработанных семян, значительно превысило контрольные показатели. Максимальная величина приращения всхожести облученных семян по сравнению с контрольным образцом составила 14%, что подтверждает положительный эффект. В результате обработки существенно увеличиваются линейные параметры проростков. Замеры проростков на 25-й день показали, что в результате усиления ростовых процессов, вызванных обработкой семян импульсным электромагнитным полем, линейные параметры превысили контрольные показатели на 28%. Выполненные исследования подтвердили возможность использования им-

пульсного электромагнитного поля низкой частоты для повышения посевных качеств семян земляники садовой и показали эффективность применения технологии предпосевной обработки семян электромагнитным полем.

Для создания аппаратуры магнитно-импульсной обработки растений, установления оптимальных режимов работы на различных плодовых и ягодных культурах и успешного внедрения данной технологии в промышленное садоводство необходимо продолжить научные исследования и накопить экспериментальные данные по влиянию низкочастотных импульсных магнитных полей на растительные объекты.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Авдеева В.Н. Применение электрофизических факторов в процессе предпосевной обработки семян пшеницы // Инновации аграрной науки и производства: состояние, проблемы и пути решения: Сборник трудов международной научно-практической конференции. Ставрополь: СтГАУ, 2008. С. 101-104.
2. Любимов В.В. Биотропность естественных и искусственно созданных электромагнитных полей. М.: ИЗМИРАН, 1997. 85 с.
3. Барышев М.Г., Джмак С.С. Исследование влияния низкочастотного электромагнитного поля на биологические объекты. Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2012. С. 1-15.
4. Azita Shabrangi, Ahmad Majd, Masoud Sheidai. Effects of extremely low frequency electromagnetic fields on growth, cytogenetic, protein content and antioxidant system of Zea mays L. African Journal of Biotechnology. 2011; 10(46): 9362-9369.
5. Tkalec M., Malarić K., Pevalek-Kozlina B.. Influence of 400, 900 and 1900 MHz electromagnetic fields on Lemna minor growth and peroxidase activity. Bioelectromagnetics journal. 2005; 26(3): 185-193.
6. Galland P., Pazur A. Magnetoreception in plants. International Journal of Plant Research. 2005; 118(6): 371-389.
7. Carbonell M.V., Martinez E., Florez M. Biological effects of stationary magnetic field in thistle (Cynara cardunculus, L.). Zemes ukio inzinerija. 1998; Vol. 30; 2: 71-80.
8. Лобачевский Я.П., Смирнов И.Г., Хорт Д.О., Филиппов Р.А., Кутырёв А.И. Инновационная техника для машинных технологий в садоводстве // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: Материалы VIII Международной научно-практической конференции «ИнформАгро-2016» (Москва, 25-27 мая 2016 г.) М.: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2016. С. 199-203.
9. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Смирнов И.Г., Хорт Д.О. Актуальные проблемы создания новых машин для промышленного садоводства // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2013. N3. С. 20-23.
10. Лобачевский Я.П., Смирнов И.Г., Хорт Д.О. Беспилотные технические средства для интеллектуальных технологий в садоводстве // Научно-практические осно-



вы ускорения импортозамещения продукции садоводства: Сборник. Мичуринск: МГАУ, 2017. С. 257-262.

11. Хорт Д.О., Филиппов Р.А., Кутырёв А.И. Моделирование и анализ конструкции технологического адаптера для магнитно-импульсной обработки растений в садоводстве // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2017. N3. С. 29-34.

12. Измайлов А.Ю., Хорт Д.О., Смирнов И.Г., Филиппов Р.А., Кутырёв А.И. Обоснование параметров робототехнического средства с опрыскивателем и модулем магнитно-импульсной обработки растений в садоводстве // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2017. N1. С. 3-10.

13. Патент N 167530 РФ. Робот для магнитно-импульсной обработки растений / Измайлов А.Ю., Кутырёв А.И., Смирнов И.Г., Филиппов Р.А., Хорт Д.О. 2017.

14. Кутырёв А.И. Технологический адаптер для робототехнического средства в садоводстве // Плодоводство и ягодоводство России. 2016. Т. XXXXVI. С. 180-185.

15. Кутырёв А.И. Особенности разработки робототехнического средства для садоводства // Плодоводство и ягодоводство России. 2016. Т. XXXXVI. С. 175-179.

16. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) М.: Агропромиздат, 1985. С. 351.

REFERENCES

1. Avdeeva V.N. Application of electrophysical factors when preseedling wheat seeds treatment. *Innovatsii agrarnoy nauki i proizvodstva: sostoyanie, problemy i puti resheniya: Sbornik trudov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Stavropol': StGAU, 2008: 101-104. (In Russian)*

2. Lyubimov V.V. Biotropnost' estestvennykh i iskusstvenno sozdannykh elektromagnitnykh poley [Biotropism of natural and artificially created electromagnetic fields]. Moscow: IZMIRAN, 1997: 85. (In Russian)

3. Baryshev M.G., Dzhimak S.S. Issledovanie vliyaniya nizkochastotnogo elektromagnitnogo polya na biologicheskie ob"ekty [Research of influence of low-frequency electromagnetic field on biological objects]. Krasnodar: Kubanskiy gos. un-t. 2012: 1-15. (In Russian)

4. Azita Shabrangi, Ahmad Majd, Masoud Sheidai. Effects of extremely low frequency electromagnetic fields on growth, cytogenetic, protein content and antioxidant system of Zea mays L. *African Journal of Biotechnology*. 2011; 10(46): 9362-9369. (In English)

5. Tkalec M., Malarić K., Pevalak-Kozlina B. Influence of 400, 900 and 1900 MHz electromagnetic fields on Lemna minor growth and peroxidase activity. *Bioelectromagnetics journal*. 2005; 26(3): 185-193. (In English)

6. Galland P., Pazur A. Magnetoreception in plants. *International Journal of Plant Research*. 2005; 118(6): 371-389. (In English)

7. Carbonell M.V., Martinez E., Florez M. Biological effects of stationary magnetic field in thistle (*Cynara cardunculus*, L.). *Zemes ukio inzhinerija*. 1998; Vol. 30; 2: 71-80. (In English)

8. Lobachevskiy Ya.P., Smirnov I.G., Khort D.O., Filippov R.A., Kutyrev A.I. Innovative equipment for machine technologies in horticulture. *Nauchno-informatsionnoe obespechenie innovatsionnogo razvitiya APK: Materialy VIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*

«InformAgro-2016» (Moscow, May 25-27, 2016) Moscow: RGAU-MSKHA imeni K.A. Timiryazeva, 2016: 199-203. (In Russian)

9. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Smirnov I.G. Aktual'nye problemy sozdaniya novykh mashin dlya promyshlennogo sadovodstva [Actual problems of creation of new machines for industrial gardening]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2013; 3: 20-23. (In Russian)

10. Lobachevskiy Ya.P., Smirnov I.G., Khort D.O. Unmanned technical means for intellectual technologies in horticulture. *Nauchno-prakticheskie osnovy uskoreniya importozameshcheniya produktii sadovodstva: Sbornik. Michurinsk: MGAU, 2017: 257-262. (In Russian)*

11. Khort D.O., Filippov R.A., Kutyrev A.I. Model-based analysis of construction design of technological adapter for magnetic-pulse processing of plants in horticulture. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2017; 3: 29-34. (In Russian)

12. Izmaylov A.Yu., Khort D.O., Smirnov I.G., Filippov R.A., Kutyrev A.I. Justification of parameters of robotic means with sprayer and module magnetic-pulse processing of plants in horticulture. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2017; 1: 3-10. (In Russian)

13. Patent No 167530 RF. Robot for magnetic-pulse treatment of plants. Izmaylov A.Yu., Kutyrev A.I., Smirnov I.G., Filippov R.A., Khort D.O. 2017. (In Russian)

14. Kutyrev A.I. Technology adapter for robotic agent in horticulture. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*. 2016; XXXXVI: 180-185. (In Russian)

15. Kutyrev A.I. Features of the development of robotic tools for gardening. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*. 2016; XXXXVI: 175-179. (In Russian)

16. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta [Technique of a field experiment]. Moscow: Agropromizdat, 1985: 351. (In Russian)

Критерии авторства. Все авторы несут ответственность за представленные в статье сведения и плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution. The authors are responsible for information and plagiarism avoiding.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КАЧЕСТВА ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Личман Г.И.^{1*},
докт. техн. наук;

Личман А.А.²,
канд. экон. наук

¹Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, 1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Российская Федерация, *e-mail: litchmangiv@yandex.ru

²Всероссийский институт аграрных проблем и информатики имени А.А. Никонова, Большой Харитоньевский пер., 21, стр. 1, Москва, 107078, Российская Федерация

Чтобы изучить зависимость урожайности сельхозкультур от качества внесения удобрений, авторы теоретически исследовали функции отзывчивости растений на возрастающие дозы удобрений и закон распределения дозы удобрений по полю. Получили математическую модель зависимости урожайности от дозы и качества внесения удобрений. Выявили, что на урожайность сельхозкультур, а соответственно и эффективность удобрений влияют как средняя доза, так и неравномерность распределения удобрений, характеризуемая коэффициентом вариации. Установили, что по мере увеличения неравномерности происходит трансформация функции отзывчивости: максимально возможная урожайность значительно падает, максимумы графиков смещаются в сторону меньших доз. Снижение урожайности также существенно зависит от характера функций отзывчивости. Определили, что наибольшее падение этого показателя следует ожидать при его параболическом изменении в зависимости от возрастающих доз внесенных удобрений. Доказано, что при внесении 40 кг действующего вещества (д.в.) на 1 га и увеличении коэффициента вариации дозы от 0 до 60 процентов снижение урожайности не превышает 1 процента, при более высоких дозах (120 кг д.в. на 1 га) оно достигает 7 процентов. Установлено, что урожайность зависит от степени неравномерности распределения удобрений, дозы удобрений и вида кривых урожайности.

Ключевые слова: внесение удобрений, равномерность распределения удобрений, урожайность, доза внесения удобрений.

■ **Для цитирования:** Личман Г.И., Личман А.А. Оценка влияния качества внесения удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2017. N5. С. 16-21.

ASSESSMENT OF INFLUENCE OF FERTILIZATION QUALITY ON CROP YIELD

Lichman G.I.^{1*},
Dr.Sc.(Eng.);

Lichman A.A.²,
Ph.D.(Economics)

¹Federal Scientific Agricultural Engineering Center VIM, 1-st Institutskiy proezd, 5, Moscow, 109428, Russian Federation, *e-mail: litchmangiv@yandex.ru

²All-Russian Institute of Agrarian Problems and Informatics named after A.A. Nikonov, Bol'shoy Khariton'evskiy per., 21, building 1, Moscow, 107078, Russian Federation

To study the dependence of crop yields on the quality of fertilizer application, the authors theoretically investigated the responsiveness of plants to increasing fertilizer doses and the distribution of the fertilizer dose over the field. We obtained a mathematical model of the dependence of yields on the dose and the quality of fertilizer application. It was revealed that the average dose and the unevenness of their distribution, which is characterized by the coefficient of variation, affect the yield of agricultural crops, and consequently the effectiveness of fertilizers. As unevenness increases, the responsiveness function transforms: the maximum possible yield decreases significantly, the maximums of the graphs shift towards smaller doses. The decrease in yield also depends significantly on the nature of the responsiveness functions. The greatest fall of this indicator should be expected with its parabolic change depending on the increasing doses of fertilizers applied. It has been proved that when applying 40 kg of active ingredient (ai) per 1 hectare and increasing the coefficient of dose variation from 0 to 60 percent, the yield reduction does not exceed 1 percent, at higher doses (120 kg ai per ha) it reaches 7 percent. It is established that the yield depends on the degree of uneven distribution of fertilizers, the fertilizer dose and the type of yield curves.

Keywords: Application of fertilizers; Uniform distribution of fertilizers; Yield; Fertilizer application rate.

■ **For citation:** Lichman G.I., Lichman A.A. Assessment of influence of fertilization quality on crop yield. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2017; 5: 16-21. DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-5-16-21. (In Russian)

Система дифференцированного применения удобрений предусматривает доведение параметров плодородия обрабатываемого поля до уровня, обеспечивающего получение запрограммированной урожайности возделываемых культур и снижение отрицательного воздействия удобрений на окружающую среду. Разрабатываемые технологические и технические решения для внесения удобрений должны характеризоваться максимальной адаптивностью и обеспечивать необходимое качество распределения элементов питания в пахотном слое с учетом их внутрипольной вариабельности в почве [1-8].

Многочисленными исследованиями ученых, занимающихся разработкой технологий и технических средств применения удобрений, установлена прямая зависимость урожайности сельскохозяйственных культур от качества выполнения технологического процесса. Так, показателями качества служат разница между необходимой дозой внесения удобрений для получения планируемой урожайности D_3 и фактической дозой $D_ф$ внесения, а также неравномерность распределения их по полю, характеризуемая коэффициентом вариации V_D . На качество внесения удобрений влияют технология, совершенство технических средств, точность позиционирования и уровень дифференциации доз [9-11].

Снижение урожайности от некачественного распределения удобрений в почве при малом содержании питательных элементов незначительно. По мере ухудшения качества и роста доз потери урожайности могут достигать 10-30% и выше. Исследованиями ВНИИ агрохимии установлено, что внесение высокоэффективных азотных и сложных удобрений с неравномерностью 50-70% может привести к недобору 14-15% (0,6-0,7 т/га) урожая зерна и 10-11% (2,0-2,5 т/га) урожая картофеля [12-15]. До последнего времени при оценке достоинств или недостатков машин и технологий внесения удобрений издержки, обусловленные неравномерным внесением, отождествлялись главным образом со снижением биологического урожая. Между тем некачественное распределение удобрений ухудшает технологические и биологические свойства урожая, что снижает их окупаемость. Например, неоднородность развития колосовых зерновых культур приводит к полеганию и, как следствие, к повышенным потерям при механизированной уборке и ухудшению кондиционных свойств урожая (рис. 1) [8].

Многие решения, принимаемые во время выращивания растений, основаны на учете урожайно-

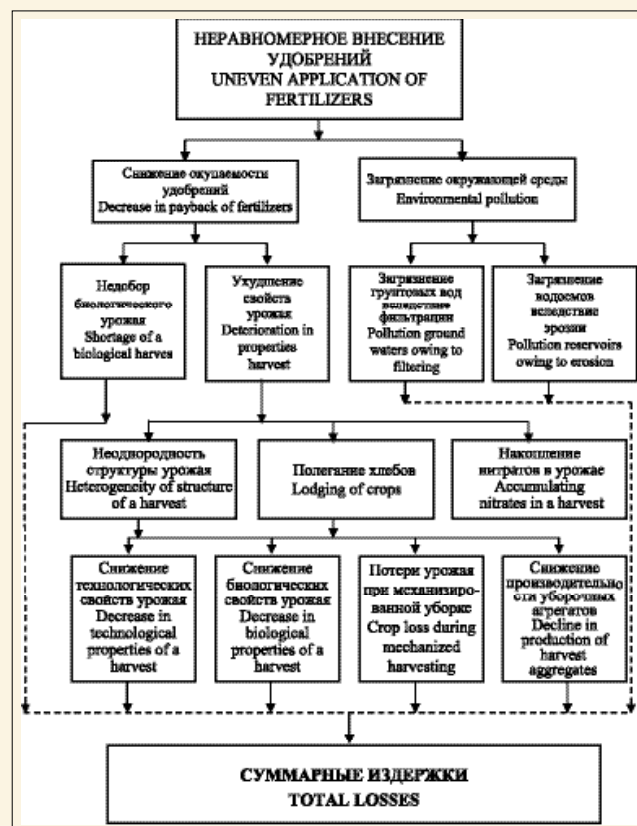


Рис.1. Иерархическая структура издержек, обусловленных некачественным внесением удобрений

Fig. 1. Hierarchical structure of the expenses caused by low-quality fertilizers application

сти. Данные об урожайности той или иной культуры на конкретном поле позволяют товаропроизводителю принимать более правильные и обоснованные решения о дозах внесения удобрений, делать выводы о том, насколько эффективно производство на данном поле.

Поскольку урожайность сельхозкультур существенно зависит от качества внесения удобрений, актуально описать эту зависимость с помощью математической модели.

Цель исследования – разработка математической модели оценки влияния качества внесения удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Оценить влияние качества внесения удобрений на урожайность можно, если известна функция отзвучивости $y = y(D)$ урожая на дозы D вносимых удобрений и закон распределения $\varphi = \varphi(D)$ удобрений по полю. Рассматривая среднюю урожайность $Y_{ср}$ как функцию случайного аргумента, независимо от закона распределения удобрений по полю, ее можно найти по формуле:

$$Y_{\text{cp}} = M[y(D)] = \int_{-\infty}^{\infty} y(D)\varphi(D)dD, \quad (1)$$

где M – математическое ожидание;
 $\varphi(D)$ – плотность распределения дозы.

Использовать формулу (1) для подсчета средней урожайности в зависимости от варьирования дозы внесения удобрений можно в том случае, когда известны функция отзвучивости данной сельскохозяйственной культуры на удобрения и плотность их распределения по полю.

В случае квадратичной зависимости функции отзвучивости выражение (1) можно записать следующим образом:

$$Y_{\text{cp}} = M[a_0 + a_1 D + a_2 D^2] = \int_{-\infty}^{\infty} [a_0 + a_1 D + a_2 D^2] \varphi(D) dD \quad (2)$$

где a_0, a_1, a_2 – эмпирические коэффициенты.

Из (2) следует, что для вычисления Y_{cp} необходимо найти математическое ожидание трех слагаемых $a_0, a_1 D$ и $a_2 D^2$. Здесь a_0, a_1 и a_2 – постоянные величины. Определим средние значения членов $a_1 D$ и $a_2 D^2$, то есть найдем средние значения D и D^2 .

Рассмотрим случай, когда закон распределения удобрений по полю $\varphi = \varphi(D)$ подчиняется нормальному закону, то есть:

$$\varphi(D) = \frac{1}{\sigma_D \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{(x-D)^2}{2\sigma_D^2}} dx \quad (3)$$

где σ_D – среднеквадратическое отклонение случайной величины D ;

D_{cp} – математическое ожидание случайной величины D .

В соответствии с формулой (1) выражение для определения математического ожидания $M[D]$ имеет следующий вид:

$$M[D] = \frac{1}{\sigma_D \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} D e^{-\frac{(x-D)^2}{2\sigma_D^2}} dx. \quad (4)$$

Применяя замену переменных:

$$\frac{D - D_{\text{cp}}}{\sigma_D \sqrt{2}} = t, \quad (5)$$

имеем:

$$M[D] = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} (\sigma_D t \sqrt{2} + D_{\text{cp}}) e^{-t^2} dt = \quad (6)$$

$$= \frac{\sigma_D \sqrt{2}}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} t e^{-t^2} dt + \frac{D_{\text{cp}}}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} t e^{-t^2} dt$$

Нетрудно убедиться, что первый из двух интегралов в формуле (6) равен нулю; второй представляет собой известный интеграл Эйлера–Пуассона [8]:

$$\int_{-\infty}^{\infty} t e^{-t^2} dt = 2 \int_0^{\infty} t e^{-t^2} dt = \sqrt{\pi}. \quad (7)$$

Следовательно, $M[D] = D_{\text{cp}}$, то есть параметр D_{cp} представляет собой математическое ожидание величины D .

Теперь найдем математическое значение D^2 . Воспользовавшись заменой переменной (5), получим:

$$M[D^2] = \int_{-\infty}^{\infty} D^2 f(D) dx = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} (\sigma_D t \sqrt{2} + D_{\text{cp}})^2 e^{-t^2} dt. \quad (8)$$

Проинтегрировав (8) по частям, получим:

$$M[D^2] = \sigma_D^2 + D_{\text{cp}}^2. \quad (9)$$

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Если функция отзвучивости имеет квадратичный вид, то вместо интегрирования для нахождения математического ожидания можно воспользоваться соотношением (9). Тогда среднюю урожайность можно представить в следующем виде:

$$Y_{\text{cp}} = M[y(D)] = a_0 + a_1 D_{\text{cp}} + a_2 (\sigma_D^2 + D_{\text{cp}}^2). \quad (10)$$

Принимая во внимание, что качество внесения удобрений обычно характеризуется коэффициентом вариации, уравнение (10) можно представить следующим образом:

$$Y_{\text{cp}} = M[y(D)] = a_0 + a_1 D_{\text{cp}} + a_2 D_{\text{cp}}^2 [(\sigma_D^2 / D_{\text{cp}}^2) + 1], \quad (11)$$

где $\sigma_D^2 / D_{\text{cp}}^2$ – квадрат коэффициента вариации дозы внесения удобрений V_D .

Чтобы проиллюстрировать использование формулы (11) для оценки влияния качества внесения удобрений на урожайность, рассмотрим, как зависит урожайность от качества внесения удобрений для конкретной функции отзвучивости. В расчетах мы использовали функцию отзвучивости озимой пшеницы на азот [13]:

$$y = 2 + 0,12(D/15) - 0,0078(D/15)^2 (V_D^2 + 1). \quad (12)$$

График зависимости урожайности озимой пшеницы при различных коэффициентах вариации V_D представлен на рисунке 2.

Как видим, урожайность озимой пшеницы, а соответственно и эффективность удобрений, зависят как от средней дозы D , так и от неравномерности распределения удобрений, характеризуемой коэффициентом вариации V_D . По мере увеличения неравномерности происходит трансформация функции отзвучивости: значительно падает максимально возможная урожайность, и максимумы графиков смещаются в сторону меньших доз.

Наличие функций отзвучивости сельскохозяйственных культур на изменение того или иного показателя плодородия почвы или их совокупного влияния позволяет более объективно программировать урожайность, формулировать требования к машинным технологиям и техническим средствам [9]. Так, из графиков на рисунке 2 следует, что с ростом неравномерности распределения удобрений по полю значительно ухудшается отзвучивость растений на удобрения. Поэтому на практике при определении оптимальных доз внесения удобрений

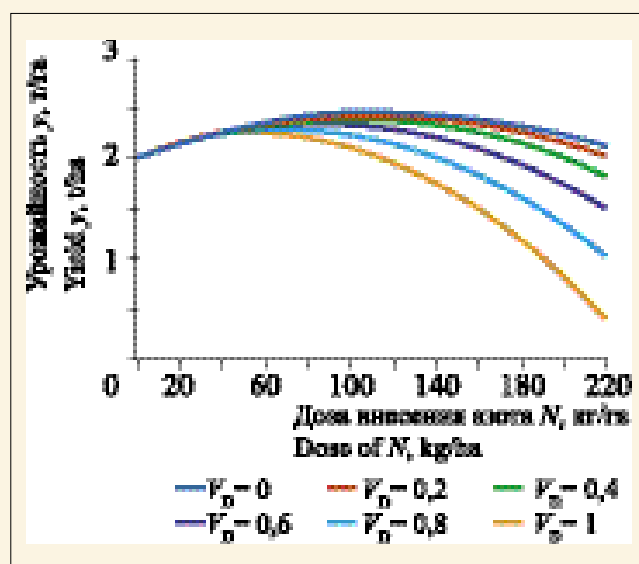


Рис. 2. Зависимость урожайности озимой пшеницы от дозы внесения азота при различных значениях коэффициента вариации V_D

Fig. 2. Dependence of winter wheat yield on the dose of N applied at different values of the variation coefficient V_D

ний необходимо принимать во внимание и показатель неравномерности распределения их по полю. Уменьшая его вследствие более качественного внесения удобрений, можно существенно повысить их окупаемость [16-18].

Снижение продуктивности сельскохозяйственных культур также существенно зависит от характера кривых урожайности (функций отзывчиво-

сти). Наибольшее снижение урожайности следует ожидать при ее параболическом изменении по мере возрастания доз внесенных удобрений. В этом случае при внесении 40 кг действующего вещества (д.в.) на 1 га и увеличении коэффициента вариации дозы V_D от 0 до 60% снижение урожайности не превышает 1%, и лишь при более высоких дозах (120 кг д.в. на 1 га) оно достигает 7%. Таким образом, при неравномерном распределении удобрений урожайность зависит от степени неравномерности распределения, дозы удобрений и характера кривых урожайности.

Выводы

Наличие функций отзывчивости и законов распределения доз удобрений позволяет существенно расширить применение аналитических методов исследования технологического процесса внесения удобрений и других средств химизации. Полученная математическая модель (11) может быть использована для оценки влияния качества внесения удобрений при различных функциях отзывчивости сельскохозяйственных культур на удобрения и точности распределения доз по полю. Установлено, что при внесении 40 кг действующего вещества (д.в.) на 1 га и увеличении коэффициента вариации дозы V_D от 0 до 60% снижение урожайности не превышает 1%, и лишь при более высоких дозах (120 кг д.в. на 1 га) оно достигает 7%. Зависимость (11) может быть также использована при разработке экономико-математических моделей оценки эффективности дифференцированного применения удобрений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лачуга Ю.Ф., Савченко И.В., Чекмарев П.А., Шогенов Ю.Х., Кирсанов В.В., Шумов Ю.А., Голубев Д.А., Измайлов А.Ю., Мазитов Н.К., Кряжков В.М., Лобачевский Я.П., Елизаров В.П., Смирнов И.Г., Шайхов М.К., Жук А.Ф., Марченко О.С., Сорокин Н.Т., Белых С.А., Рычков В.А., Солдатова Т.Г. и др. Влагоаккумулирующие технологии, техника для обработки почв и использование минеральных удобрений в экстремальных условиях. ВНИМС. Рязань, 2014. 246 с.
2. Измайлов А.Ю., Гришин А.А., Гришин А.П., Лобачевский Я.П. Экспертные системы интеллектуальной автоматизации технических средств сельскохозяйственного назначения // Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий: Сборник докладов Международной научно-технической конференции. М.: ВИМ, 2014. С. 379-382.
3. Пат. N2452167 РФ Способ и устройство дифференцированного припосевного внесения основных и стартовых доз минеральных удобрений / Марченко Н.М., Марченко А.Н., Лобачевский Я.П., Личман Г.И., Педай Н.П., Михеев В.В., Рогачев В.Р., Тыкушин А.А. // Бюл. 2012. N16.
4. Измайлов А.Ю., Хорошенков В.К. Автоматизированная система управления посевом и внесением удобрений // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2011. N4. С. 9-12.
5. Измайлов А.Ю., Артюшин А.А., Смирнов И.Г., Марченко Н.М., Личман Г.И., Евтюшенков Н.Е., Марченко Л.А., Хорошенков В.К. Концепция развития системы оперативного управления и предупредительной диагностики технического состояния автотранспортных и других мобильных технических средств, применяемых в сельском хозяйстве с использованием ГЛОНАСС/GPS. М.: ВИМ, 2013. 85 с.
6. Колесникова В.А. Научно-техническое решение дифференцированного применения жидких средств химизаций в системе координатного земледелия // Автоматизация и информационное обеспечение производственных процессов в сельском хозяйстве: Сборник докладов XI Международной научно-практической конференции. Ч. 2. М.: ВИМ. 2010. С. 638-645.
7. Virk S.S., Mullenix D.K., Sharda A., Hall J. B., Wood C.W., Fasina O.O., McDonald T.P., Pate G.L., Fulton J.P. Case Study: Distribution Uniformity of a Blended Fertilizer

Applied Using a Variable-Rate Spinner-Disc Spreader. *Applied Engineering in Agriculture* Vol. : 2013; 29(5): 1-11.

8. Измайлов А.Ю., Артюшин А.А., Колесникова В.А., Личман Г.И., Марченко Н.М., Марченко А.Н., Марченко Л.А., Мочкова Т.В., Смирнов И.Г. Методические рекомендации по применению средств химизации в системе точного земледелия. М.: ВИМ, 2016. 100 с.

9. Личман Г.И., Марченко Н.М., Колесникова В.А., Марченко А.Н. Переходные режимы дозирующих органов машин для внесения удобрений // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2010. N4. С.30-33.

10. Личман Г.И., Батулин В.А., Марченко А.Н. Определение доз при дифференцированном внесении удобрений // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2012. N3. С.35-37.

11. Овчинникова Н.Г., Глазковский Б.А. Обоснование показателей качества внесения удобрений // *Направление исследований и разработок машин для внесения в почву минеральных удобрений: Сборник научных трудов* М.: ВИАУ, 1983. С. 33-39.

12. Stone K. C., Camp C. R., Sadler E. J., Evans D. E., Millen J. A. Corn Yield Response to Nitrogen Fertilizer and Irrigation in the Southeastern Coastal Plain. *Applied Engineering in Agriculture*. Vol. : 2010; 26(3): 429-438.

13. Shillito R. M., Timlin D. J., Fleisher D., Reddy V.R., Quebedeaux B. Yield Response of Potato to Spatially Patterned Nitrogen Application. *Agriculture, Ecosystems*

and Environment. 2009; 129: 107-116.

14. Moulin A. P., Cohen Y., Alchanatis V, Tremblay N., and Volkmar K. Yield Response of Potatoes to Variable Nitrogen Management by Landform Element and in Relation to Petiole Nitrogen. A case study. *Canadian Journal of Plant Science*. 2012; 92: 771-781.

15. Norremar M., Griepentrog H.W., Nielsen J., Sogaard H.T. The development and assessment of the accuracy of an autonomous GPS-based system for intra-row mechanical weed control in row crops. *Biosystems engineering*. 2008; 101; 8: 396-410.

16. Колесникова В.А., Башкирова Т.Н., Мочкова Т.В. Экологически безопасные технологии применения жидких минеральных удобрений и средств защиты растений // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2009. N3. С. 41-45.

17. Личман Г.И., Марченко Н.М., Смирнов И.Г. Информационные технологии в системе точного земледелия. Сборник научных докладов. М.: ВИМ. 2012. Т. 2. С. 303-308.

18. Колесникова В.А., Мочкова Т.В., Башкирова Т.Н. Экологически безопасные технологии применения жидких минеральных удобрений и средств защиты растений // *Экология и сельскохозяйственная техника: Материалы 4-й научно-практической конференции*. СПб.: СЗНИИМЭСХ, 2005. С. 123-128.

REFERENCES

1. Lachuga Yu.F., Savchenko I.V., Chekmarev P.A., Shogenov Yu.Kh., Kirsanov V.V., Shumov Yu.A., Golubev D.A., Izmaylov A.Yu., Mazitov N.K., Kryazhkov V.M., Lobachevskiy Ya.P., Elizarov V.P., Smirnov I.G., Shaykhov M.K., Zhuk A.F., Marchenko O.S., Sorokin N.T., Belykh S.A., Rychkov V.A., Soldatova T.G., et al. Vлагоakkumuliruyushchie tekhnologii, tekhnika dlya obrabotki pochv i ispol'zovanie mineral'nykh udobreniy v ekstremal'nykh usloviyakh [Water storage technologies, machines for soil cultivation and mineral fertilization in extreme conditions]. Ryazan': VNIMS, 2014: 245. (In Russian)

2. Izmaylov A.Yu., Grishin A.A., Grishin A.P., Lobachevskiy Ya.P. Experie systems of intellectual automation of agricultural equipment. *Innovatsionnoe razvitie APK Rossii na baze intellektual'nykh mashinnykh tekhnologiy: Sbornik dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii*. Moscow: VIM, 2014: 379-382. (In Russian)

3. Pat. 2452167 RF. Sposob i ustroystvo differentsirovannogo priposevnogo vneseniya osnovnykh i startovykh doz mineral'nykh udobreniy [Way and unit for of differentiated sowing application of main and starting doses of mineral fertilizers]. Marchenko N.M., Marchenko A.N., Lobachevskiy Ya.P., Lichman G.I., Peday N.P., Mikheev V.V., Rogachev V.R., Tykushin A.A. Byul. 2012. No. 16. (In Russian)

4. Izmaylov A.Yu., Khoroshenkov V.K. Avtomatizirovannaya

sistema upravleniya posevom i vneseniem udobreniy [Automated control system of seeding and fertilizing]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2011; 4: 9-12 (In Russian).

5. Izmaylov A.Yu., Artyushin A.A., Smirnov I.G., Marchenko N.M., Lichman G.I., Evtyushenkov N.E., Marchenko L.A., Khoroshenkov V.K. Kontseptsiya razvitiya sistemy operativnogo upravleniya i predupreditel'noy diagnostiki tekhnicheskogo sostoyaniya avtotransportnykh i drugikh mobil'nykh tekhnicheskikh sredstv, primenyaemykh v sel'skom khozyaystve s ispol'zovaniem GLONASS/GPS [Concept of development of the operational control system and preventive diagnostics of the technical condition of motor transport and other mobile technical means used in agriculture using GLONASS/GPS]. Moscow: VIM, 2013: 85. (In Russian)

6. Kolesnikova V.A. Scientific and technical solution for the differentiated application of liquid chemicals in the coordinate agricultural system. *Avtomatizatsiya i informatsionnoe obespechenie proizvodstvennykh protsessov v sel'skom khozyaystve: Sbornik dokladov XI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Vol. 2. Moscow: VIM. 2010: 638-645. (In Russian)

7. Virk S. S., Mullenix D. K., Sharda A., Hall J. B., Wood C. W., Fasina O. O., McDonald T. P., Pate G. L., Fulton J.P.



Case Study: Distribution Uniformity of a Blended Fertilizer Applied Using a Variable-Rate Spinner-Disc Spreader. *Applied Engineering in Agriculture* Vol. : 2013; 29(5): 1-11. (In English)

8. Izmaylov A.Yu., Artyushin A.A., Kolesnikova V.A., Lichman G.I., Marchenko N.M., Marchenko A.N., Marchenko L.A., Mochkova T.V., Smirnov I.G. Metodicheskie rekomendatsii po primeneniyu sredstv khimizatsii v sisteme tochnogo zemledeliya [Methodical recommendations on the use of chemical means in the system of precision farming]. Moscow: VIM, 2016: 100. (In Russian)

9. Lichman G.I., Marchenko N.M., Kolesnikova V.A., Marchenko A.N. Transitional regimes of the dosing units of machines for applying fertilizers. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2010; 4: 30-33. (In Russian)

10. Lichman G.I., Baturin V.A., Marchenko A.N. Dose determination for differential fertilization. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2012. N3. S.35-37. (In Russian)

11. Ovchinnikova N.G., Glavatskiy B.A. Substantiation of quality indicators for fertilizer application. *Napravlenie issledovaniy i razrabotok mashin dlya vneseniya v pochvu mineral'nykh udobreniy: Sbornik nauchnykh trudov M.: VIUA, 1983. C. 33-39. (In Russian)*

12. Stone K. C., Camp C. R., Sadler E. J., Evans D. E., Millen J. A. Corn Yield Response to Nitrogen Fertilizer and Irrigation in the Southeastern Coastal Plain. *Applied Engineering in Agriculture*. Vol. . 2010; 26(3): 429-438. (In English)

13. Shillito R. M., Timlin D. J., Fleisher D., Reddy V.R., Quebedeaux B. Yield Response of Potato to Spatially Patterned Nitrogen Application. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2009; 129: 107-116. (In English)

14. Moulin A. P., Cohen Y., Alchanatis V, Tremblay N., and Volkmar K. Yield Response of Potatoes to Variable Nitrogen Management by Landform Element and in Relation to Petiole Nitrogen. A case study. *Canadian Journal of Plant Science*. 2012; 92: 771-781. (In English)

15. Norremar M., Griepentrog H.W., Nielsen J., So-gaard H.T. The development and assessment of the accuracy of an autonomous GPS-based system for intra-row mechanical weed control in row crops. *Biosystems engineering*. 2008; 101; 8: 396-410. (In English)

16. Kolesnikova V.A., Bashkirova T.N., Mochkova T.V. Ecologically safe technology for use of liquid mineral fertilizers and plant protection products. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2009; 3: 41-45. (In Russian)

17. Lichman G.I., Marchenko N.M., Smirnov I.G. Information technologies in system of precision farming: *Sbornik nauchnykh dokladov*. Moscow: VIM, 2012; 2: 303-308. (In Russian)

18. Kolesnikova V.A., Mochkova T.V., Bashkirova T.N. Ecologically safe technologies for use of liquid mineral fertilizers and plant protection products. *Ekologiya i sel'skokhozyaystvennaya tekhnika: Materialy 4 nauchno-prakticheskoy konferentsii*. St. Petersburg: SZNIIMESKh, 2005: 123-128. (In Russian)

Критерии авторства. Все авторы несут ответственность за представленные в статье сведения и плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution. The authors are responsible for information and plagiarism avoiding.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

объявляет набор

на бюджетные и платные места

высшее образование – программа подготовки научно-педагогических кадров

в аспирантуру

на 2017-18 учебный год

Лицензия № 2498 от 15.02.2016

Государственная аккредитация № 2475 от 19 января 2017 года

По направлению подготовки 35.06.04

Технология, средства механизации и энергетическое оборудование

в сельском, лесном и рыбном хозяйстве

Профиль: Машины, агрегаты и процессы (по отраслям)

Профиль: Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве

Профиль: Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве

Профиль: Технологии и средства механизации сельского хозяйства

высшее образование – программа Магистратуры на платные места

Адрес института: 109428, Москва, 1-й Институтский проезд, 5. Телефон для справок: 8 (499) 709-33-68

УДК 631.3

DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-5-22-26

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ДИНАМОМЕТРИРОВАНИЕ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ОРУДИЙ

Мяленко В.И.*, докт. техн. наук;

Маринов Н.А., инженер

Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт, ул. Марковцева 5, Кемерово, 650056, Российская Федерация, *e-mail: ksai@ksai.ru

Совершенствование почвообрабатывающих орудий невозможно без экспериментальных проверок и оценок реальных нагрузок при эксплуатации. Рабочие органы почвообрабатывающих орудий как правило имеют несимметричную геометрическую форму и подвергаются действию пространственной системы сил, которая не имеет равнодействующей силы. Предложено устройство для пространственного динамометрирования, которое обладает рядом преимуществ, связанных с точностью измерения и возможностью полного определения всех компонентов пространственных силовых характеристик. В процессе работы динамометрический рабочий орган устанавливают вместо обычного на любое почвообрабатывающее орудие. Записывают усилие в тензометрических звеньях при различных режимах работы. Установили, что блок-схема соединения тензометрических звеньев с электронными носителями обеспечивает определение параметров главного вектора и главного момента внешнего силового нагружения рабочих органов почвообрабатывающих орудий. Отметили, что тензометрические звенья жестко закреплены относительно остова почвообрабатывающего орудия. Для удобства последующей обработки результатов измерения все тензометрические звенья располагают параллельно соответствующим осям координат. Выявили, что предложенный алгоритм обработки результатов измерения усилий тензометрических звеньев позволяет определять координаты точек пересечения оси динамического винта с поверхностью рабочего органа, что важно при анализе динамики движения почвообрабатывающего агрегата и, в частности, для обеспечения устойчивости движения агрегата при выполнении технологических операций.

Ключевые слова: почвообработка, рабочие органы, пространственное динамометрирование, силовые эквиваленты, главный вектор и главный момент, динамический винт.

■ **Для цитирования:** Мяленко В.И., Маринов Н.А. Пространственное динамометрирование рабочих органов почвообрабатывающих агрегатов // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2017. №5. С. 22-26.

SPATIAL DYNAMOMETERING OF WORKING TOOLS OF AGRICULTURAL IMPLEMENTS

Myalenko V.I.*, Dr.Sc. (Eng.);

Marinov N.A.

Kemerovo State Agricultural Institute, Markovtseva St., 5, Kemerovo, 650056, Russian Federation, *e-mail: ksai@ksai.ru

Improvement of agricultural tools is impossible without experimental proof and assessments of demand setup while operation. Tools of agricultural machines usually have an asymmetrical geometric shape and are exposed to the spatial system without resultant force. In comparison with the known devices, the proposed scheme for spatial dynamometry has a number of advantages related to the accuracy of the measurement and the possibility of a complete determination of all components of the spatial power characteristics. During operation the dynamometer is installed instead of any usual agricultural tool. The dynamometer records the force in the strain-measuring segment at various operating modes of the agricultural tool. A block diagram of the strain-measuring segments connection with the electronic media provides the definition of the main vector parameters and the principal moment of the external force loading of agricultural machines tools. The strain-measuring segments are rigidly fixed concerning a skeleton of the soil-cultivating implement. For convenience of the subsequent processing of results of measurement all tensometric links are located parallel to the corresponding coordinate axis. The proposed algorithm for processing the results of measuring the stress of strain-measuring segment makes it possible to determine the point grid reference of the dynamic screw axis with the surface of the tool. The latter is a necessary circumstance in the analysis of the dynamics of the movement of the agricultural aggregate and, in particular, when considering of the dynamical stability of an aggregate while performing technological operations.

Keywords: Soil cultivation; Working tools; Spatial dynamometry; Power equivalents; the main vector and the principal moment; Dynamic screw.

For citation: Myalenko V.I., Marinov N.A. Spatial dynamometry of working tools of agricultural implements. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2017; 5: 22-26. DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-5-22-26. (In Russian)

Разработка новых почвообрабатывающих орудий неразрывна с техническим поиском и инженерными расчетами будущих конструкций. Технические расчеты и обоснование новых решений в большинстве своем основаны на анализе реальных нагрузок, ожидаемых в последующей эксплуатационной практике [1-2].

Как правило, при выборе новых конструкций не всегда достаточно обойтись теоретическими прогнозами. Зачастую необходимо знать реальные значения сил и моментов сил, воздействующих на рабочие органы в процессе работы. Редко когда удастся обойтись экспериментальным определением только одной тяговой составляющей внешних сил сопротивления исследуемого рабочего органа или его элемента. Достоверность экспериментальных данных и их необходимая полнота снижают риски ошибок и неточностей при выборе технических решений по совершенствованию земледельческих орудий.

Цель исследования – изыскание конструктивной схемы устройства для пространственного динамометрирования рабочих органов почвообрабатывающих орудий.

Материалы и методы. Все существующее многообразие рабочих органов почвообрабатывающих орудий, используемых в современной практике, можно условно разделить по особенностям их формы расположения на две группы, одна из которых представляет собой геометрически симметричные рабочие органы, другая – несимметричные фигуры относительно направления их движения в почвенной среде. В первом случае для экспериментальных измерений применяют плоскостное динамометрирование, во втором – пространственное [3, 4]. Основным недостатком всех этих устройств связан с применением шарнирных соединений тензометрических звеньев, на которые исследуемый рабочий орган подвешивается или присоединяется с помощью дополнительных рамок и подшипников [5-7]. Шарнирное соединение тензометрического звена по условиям своего назначения предусматривает деформации и связанные с ними небольшие перемещения. Кроме этого, зазоры в сочленениях тензометрических звеньев увеличивают протяженность их перемещений при работе. Последнее обстоятельство приводит к систематическим погрешностям в измерениях [8].

В предлагаемом устройстве для пространственного динамометрирования устранены вышеотме-

ченные недостатки, так как тензометрические звенья жестко закреплены относительно остова земледельческого орудия. Кроме этого, для удобства последующей обработки результатов измерения все тензометрические звенья располагаются параллельно соответствующим осям координат [9-10].

На рисунке 1 показана схема устройства для пространственного динамометрирования, где тензометрические звенья 1-6 посредством кронштейнов 7 закреплены на остова земледельческого орудия.

Рабочий орган 8 г-рами своей стойки упирается с разных сторон в тензометрические звенья. Здесь могут испы-

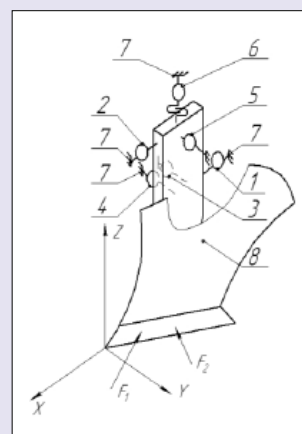


Рис. 1. Схема устройства для пространственного динамометрирования:

1-6 – тензометрические звенья; 7 – кронштейны; 8 – рабочий орган; F_1 , F_2 – имитационные силы

Fig. 1. Structure diagram of the device for spatial dynamometry: 1-6 – strain-measuring segments; 7 – brackets; 8 – tool; F_1 , F_2 – simulation forces

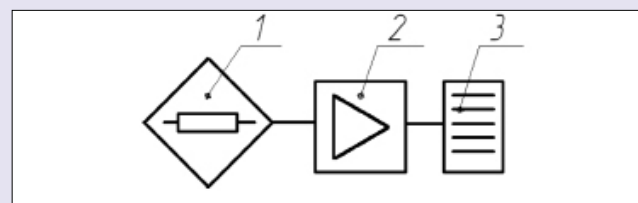


Рис. 2. Структурная схема тензометрической станции:

1 – тензодатчики сопротивления; 2 – микроЭВМ; 3 – блок информации

Fig. 2. Structural diagram of the strain-measuring station 1 – resistance strain gauges; 2 – microcomputer; 3 – information block

тываться как симметричные, так и несимметричные рабочие органы. Усилия, регистрируемые тензометрическими звеньями, направляются в качестве электрических сигналов в блок накопителя информации или могут преобразовываться в силовые эквиваленты. На рисунке 2 изображена структурная схема тензометрической станции.

Тензометрическая станция включает в себя три главных блока: тензометрические звенья с тензо-

датчиками сопротивления, микроЭВМ и блок информации. Применительно к *рисунку 1* расчетный алгоритм представляет собой следующую последовательность:

$$\begin{cases} P_x = \sum_{i=1}^6 P_{xi} = P_1 - P_2; \\ P_y = \sum_{i=1}^6 P_{yi} = P_3 + P_4 - P_5; \\ P_z = \sum_{i=1}^6 P_{zi} = P_6; \\ M_x = \sum_{i=1}^6 M_{xi} = P_5 h_{x5} - P_3 h_{x3} - P_4 h_{x4} + P_2 h_{x2}; \\ M_y = \sum_{i=1}^6 M_{yi} = P_1 h_{y1} - P_2 h_{y2} + P_4 h_{y4}; \\ M_z = \sum_{i=1}^6 M_{zi} = P_2 h_{z2} - P_1 h_{z1} + P_3 h_{z3} + P_4 h_{z4} - P_5 h_{z5}, \end{cases} \quad (1)$$

где $P_1, P_2, \dots, P_6$ – усилия в соответствующих тензометрических звеньях;

h_{x1}, h_{y2}, h_{z3} и т. д. – плечи действия усилий относительно соответствующих осей координат.

Достоверность экспериментальных данных и исключение погрешностей, безусловно, снижает риск ошибок и неточностей в последующих технических обоснованиях, а потому и считается основным оценочным показателем преимуществ одних измерительных устройств перед другими [11].

В настоящей работе предложен экспериментальный метод выявления систематических погрешностей измерения, основанный на имитации ожидаемых нагрузок заранее известными силами F_1 и F_2 (*рис. 1*), то есть он аналогичен специальной поверке, когда измеряемые величины заранее известны [6].

Далее, сравнивая величины главного вектора P и главного момента M , полученные из уравнений (1), с заранее заданными имитационными значениями, устанавливаем величину систематической погрешности измерения.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Экспериментальные исследования проведены в Новосибирской области на тяжелых суглинистых почвах твердостью $T = 2,4-2,7$ МПа и влажностью $W = 17-19\%$. Испытывали отдельно лемех $0,545 \times 0,122$ корпуса плуга с отвальной поверхностью культурного типа. Устройство для пространственного динамометрирования снабжено двумя стойками: одну с тензометрическими звеньями присоединяли к лемеху, другую, пассивную – к отдельной от лемеха оставшейся части корпуса плуга. Исходная геометрия рабочей поверхности корпуса плуга при этом оставалась неизменной. На *рисунке 3* в качестве примера изображены графически изменения проекций главного вектора и главного момента при изменении скорости движения орудия.

Как следует из графиков, при изменении скорости движения орудия от 0,9 до 3,0 м/с абсолютные величины проекций главного вектора и главного

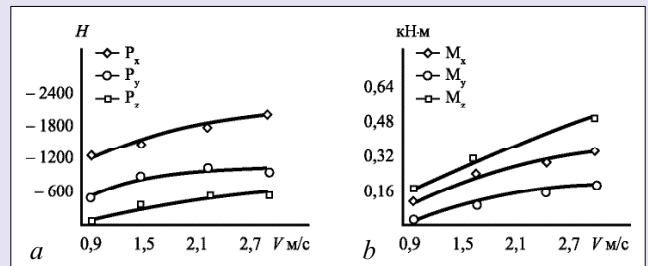


Рис. 3. Изменение проекций главного вектора (а) и главного момента (б), действующих на лемех плуга в зависимости от скорости движения орудия:

P_x, P_y, P_z – проекции главного вектора; M_x, M_y, M_z – проекции главного момента; V – скорость движения орудия

Fig. 3. Influence of tool speed on the projections of the main vector (a) and the principal moment (b) acting on the plow share:

P_x, P_y, P_z – projections of the principal vector; M_x, M_y, M_z – projections of the principal moment; V – tool speed

момента увеличиваются по нелинейным законам.

Однако при рассмотрении условий равновесия почвообрабатывающего орудия или его устойчивости движения, а также при выявлении наиболее нагруженных частей рабочих органов невозможно обойтись исключительно P и M . Действительно, главный вектор внешних сил сопротивления – величина инвариантная и не зависит от центра приведения, а угол между главным вектором и главным моментом изменяется в зависимости от выбранного центра приведения. В таком случае возникает «динамический винт», когда при наличии силы в плоскости, перпендикулярной ей, действует пара сил. Тогда ось динамического винта имеет вид:

$$\begin{aligned} \frac{M_x - (y P_z - z P_y)}{P_x} &= \\ \frac{M_y - (z P_x - x P_z)}{P_y} &= \\ \frac{M_z - (x P_y - y P_x)}{P_z} &, \end{aligned} \quad (2)$$

где x, y, z – текущие координаты линии.

Для определения координат точек пересечения оси динамического винта с поверхностью лемеха удобно последний задать уравнением плоскости. На *рисунке 4* контуром A, B, C, D показан лемех плуга.

Исходные векторы

$$AB = (x_2 - x_1, y_2 - y_1, z_2 - z_1);$$

$$AD = (x_4 - x_1, y_4 - y_1, z_4 - z_1);$$

$$AM = (x - x_1, y - y_1, z - z_1)$$

компланарны, и уравнение плоскости будет иметь следующий вид:

$$\begin{vmatrix} x-x_1 & y-y_1 & z-z_1 \\ x_2-x_1 & y_2-y_1 & z_2-z_1 \\ x_3-x_1 & y_3-y_1 & z_3-z_1 \end{vmatrix} = 0. \quad (3)$$

Тогда совместное решение (2) и (3) как системы уравнений дает координаты x, y, z .

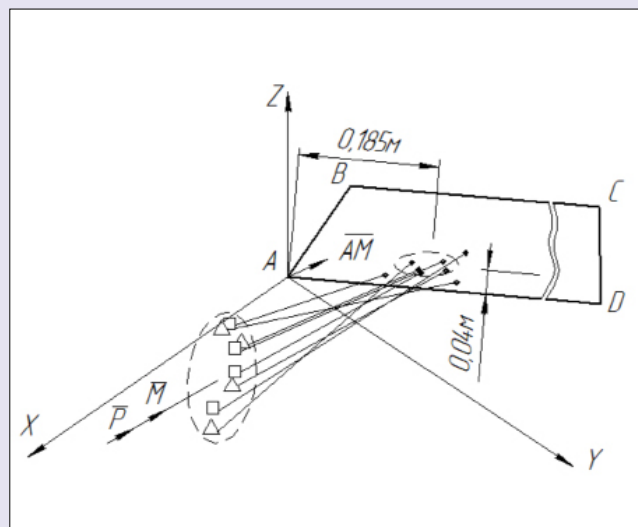


Рис. 4. Положение оси динамического винта при разных скоростях движения орудия:

$\vec{P}, \vec{M}$ – среднее положение оси динамического винта; A, B, C, D – контур лемеха

Fig. 4. Position of the dynamic screw axis at various tool speed
 $\vec{P}, \vec{M}$ – mid position of the dynamic screw axis; A, B, C, D – share contour

Полученные координаты позволяют определить точки пересечения оси динамического винта с поверхностью лемеха. На рисунке 4 показано, что точки пересечения образуют некоторую окрестность с центром от носка лемеха на расстоянии 0,185 м и от лезвия – 0,140 м. Физический смысл этой окрестности представляет собой некий центр давления почвы на лемех. Углы наклона оси динамического винта к осям координат нетрудно определить по значениям направляющих тангенсов, то есть $\alpha = \arctg \frac{P_y}{P_x}$; $\beta = \arctg \frac{P_z}{P_y}$ (α и β – углы наклона оси динамического винта между соответствующими осями координат OY и OX ; OZ и OY ; а P_x, P_y, P_z – проекции главного вектора).

Динамический винт представляет собой равный по действию результат всего внешнего нагружения рабочего органа с конкретными координатами приложения силы и пары сил, которые известны по величине и направлению.

Выводы. Предложенная схема устройства для пространственного динамометрирования обеспечивает экспериментальное определение силовых эквивалентов внешних сил нагружения рабочих органов почвообрабатывающих орудий. Схема расположения тензометрических звеньев, регистрация их электрических сигналов на электронных носителях, а также применение уравнений (1)–(3) помогают принять обоснованные технические решения при создании новых почвообрабатывающих агрегатов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Миронов Д.А., Лискин И.В., Сидоров С.А. Влияние геометрических параметров долота на тяговые характеристики и ресурс лемехов отечественных плугов // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2015. №6. С. 25-29.
2. Лобачевский Я.П., Старовойтов С.И., Чемисов Н.Н. Энергетическая и технологическая оценка почвообрабатывающего рабочего органа // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2015. №5. С. 10-13.
3. Дробот В.А., Тарасенко Б.Ф. Новая полевая установка для инженерной оценки почвообрабатывающих рабочих органов // Научный журнал КубГАУ. 2013. №91(07). С. 712-720.
4. Патент РФ N 2498245. Установка для объемного тензометрирования / Бартенев И.М., Лысич М.Н., Донцов И.Е. Бюл. 2013.
5. Пархоменко С.Г., Пархоменко Г.Ф. Измерение силы тяги на крюке трактора в агрегате с навесной сельскохозяйственной машиной // Тракторы и сельхозмашины. 2016. №4. С. 15-18.
6. Лобачевский Я.П., Комогорцев В.Ф., Старовойтов

- С.И., Храмовских К.А. Анализ тягового сопротивления элементов цилиндрического плужного корпуса // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. №2. С. 11-15.
7. Вольский В.А. Определение составляющих силы тягового сопротивления сферического дискового рабочего органа // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2014. №3. С. 35-37.
8. Мясенко В.И. Экспериментальный метод определения систематических погрешностей измерения силовых характеристик рабочих органов почвообрабатывающих орудий // Тракторы и сельхозмашины. 2014. №11. С. 42-44.
9. Мясенко В.И. Методы экспериментального определения силовых характеристик рабочих органов почвообрабатывающих орудий. Новосибирск: Новосибирский ГУ, 1991. 105 с.
10. Патент РФ № 2566398. Установка для объемного тензометрирования / Мясенко В.И. Бюл. 2015.
11. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. Ленинград: Энергоатомиздат, 1991. 304 с.

REFERENCES

1. Mironov D.A., Liskin I.V., Sidorov S.A. Influence of geometrical parameters of chisel on traction characteristics and resource of domestic ploughshares. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2015; 6: 25-28. (In Russian)
2. Lobachevskiy Ya.P., Starovoytov S.I., Chemisov N.N. Power and technological evaluation of soil cultivating working tool. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2015; 5: 10-13. (In Russian)
3. Drobot V.A., Tarasenko B.F. New field installation for engineering assessment of soil-cultivating working tools. *Nauchnyy zhurnal KubGAU*. 2013; N91(07): 712-720. (In Russian)
4. Patent RF No 2498245 RF. Installation for volume straining testing. Bartenev I.M., Lysich M.N., Dontsov I.E. Byul. 2013. (In Russian)
5. Parkhomenko S.G., Parkhomenko G.F. Measurement of tractive effort at drawbar of tractor in unit with mounted agricultural machine. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2016; 4: 15-18. (In Russian)
6. Lobachevskiy Ya.P., Komogortsev V.F., Starovoytov S.I., Khramovskikh K.A. Analysis of tractive resistance of general plow body elements. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2016; 2: 11-15. (In Russian)
7. Vol'skiy V.A. Determination of draught resistance force components of spherical disk working element. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2014; 3: 35-37. (In Russian)
8. Myalenko V.I. Experimental method of determining the systematic errors of measurement of characteristics of power tillers of working organs. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2014; 11: 42-44. (In Russian)
9. Myalenko V.I. Metody eksperimental'nogo opredeleniya silovykh kharakteristik rabochnik organov pochvo-obrabatyvayushchikh orudiy [Methods of experimental determination of power characteristic of tillage tool]. Novosibirsk: Novosibirskiy GU, 1991: 105. (In Russian)
10. Patent RF No 2566398. Installation for volume straining testing. Myalenko V.I. Byul. 2015. (In Russian)
11. Novitskiy P.V., Zograf I.A. Otsenka pogreshnostey rezul'tatov izmereniy [Accuracy assessment of measured data]. Leningrad: Energoatomizdat, 199: 304. (In Russian)

Критерии авторства. Все авторы несут ответственность за представленные в статье сведения и плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution. The authors are responsible for information and plagiarism avoiding.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.



УДК 631.316.22

DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-5-27-32

ОСНОВНАЯ ОБРАБОТКА ПОЧВ МОДЕРНИЗИРОВАННЫМИ ЧИЗЕЛЬНЫМИ ОРУДИЯМИ*

Борисенко И.Б.^{1,2},
докт. техн. наук;

Новиков А.Е.^{3,4**},
докт. техн. наук;

Садовников М.А.¹,
канд. техн. наук

¹Волгоградский государственный аграрный университет, Университетский пр., 26, Волгоград, 400002, Российская Федерация

²Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия, Северный квартал, 8, с. Солёное Займище, Черныйарский район, Астраханская область, 416251, Российская Федерация

³Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия, ул. им. Тимирязева, 9, Волгоград, 400002, Российская Федерация

⁴Волгоградский государственный технический университет, пр. им. Ленина, 28, Волгоград, 400005, Российская Федерация, **e-mail: novikov-ae@mail.ru

К выбору способа основной обработки почвы необходимо подходить дифференцированно – с учетом как зональных почвенно-климатических условий, так и локальных особенностей полей. Чизельная обработка почвы относится к почвозащитным технологиям, а чизельные орудия обеспечивают малоэнергоёмкое, при необходимости дифференцированное по слоям рыхление почвы, накопление, сохранение и рациональное использование почвенной влаги, что актуально в условиях засушливого климата. Разработали и создали комбинированные чизельные рабочие органы РАНЧО, РОПА, плуг-рыхлитель. Тяговые сопротивления рабочих органов изучали тензометрическим методом. Предложили унифицированное уравнение тягового сопротивления чизельного рабочего органа, учитывающее сопротивления стойки, долота, дополнительного оборудования на стойке и динамику процесса чизелевания. Определили сопротивление долота посредством давлений со стороны почвы на его плоскости. Установили, что с увеличением скорости движения машинно-тракторного агрегата от 1 до 3 м/с тяговое сопротивление рабочих органов РОПА возрастает на 26-29 процентов, плуга-рыхлителя – 21-23, а классического лемешно-отвального – на 35 процентов, что связано с более значимым влиянием динамической составляющей при движении лемешно-отвального корпуса в ненарушенной почве. Показали, что при вспашке почвы плугом-рыхлителем в сравнении с лемешно-отвальным корпусом обеспечивается большая глубина рыхления (0,38 м с оборотом пласта на 0,15 м против 0,20 м) при соизмеримых энергозатратах.

Ключевые слова: чизельные орудия, основная обработка почвы, тяговое сопротивление, долото, энергоэффективность.

■ **Для цитирования:** Борисенко И.Б., Новиков А.Е., Садовников М.А. Основная обработка почв модернизированными чизельными орудиями // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2017. №5. С. 27-32.

BASIC TILLAGE BY MODERNIZED CHISEL TOOLS

Borisenko I.B.^{1,2}, Dr. Sc. (Eng.);

Novikov A.E.^{3,4**}, Dr. Sc. (Eng.);

Sadovnikov M.A.¹, Ph. D. (Eng.)

¹Volgograd State Agricultural University, Universitetskiy Avenue, 26, Volgograd, 400002, Russian Federation

²Priekaspiyskiy Research Institute of Arid Agriculture, Severnyy District, 8, Vil. Solenoe Zaimishche, Chernoyarskiy District, Astrakhan Region, 416251, Russian Federation

³All-Russia Research Institute of Irrigative Agriculture, Timiryasev St., 9, Volgograd, 400002 Russia

⁴Volgograd State Technical University, Lenin Av., 28, Volgograd, 400005, Russia, **e-mail: novikov-ae@mail.ru

The choice of the method of basic cultivation must be differentiated, considering zonal soil and climatic conditions and local peculiarities of the fields. Chisel tillage refers to soil conservation technologies, and chisel tools provide low-power and, if it is necessary, differential loosened soil, the accumulation, preservation and rational use of soil moisture that is relevant in the arid climate. The authors designed the combined chisel working implements RANCHO, ROPA, plow-cultivator. The traction resistances of the working tools were studied strain-gauge method. The unified equation of traction

*Работа выполнена в рамках гранта Президента Российской Федерации

resistance chisel working was developed. The resistance of tine, chisel, additional equipment on the tine and the dynamics of the chiseling were introduced. The resistance of the chisel was determined by pressure from the soil on its surface. If the speed of machine-tractor aggregate will increase from 1 to 3 m/s then traction resistance of the working implements ROPA will rise by 26-29 percent, plow-cultivator – by 21-23 and classic mould-board plough – by 35 percent due to more significant influence of the dynamic component during moving mould-board plough in the undisturbed soil. The plowing work by the plow-cultivator in comparison with mould-board plough provides more depth of soil loosening (0.38 m when 0.15 m real tillage and 0.2 m in control variant) at comparable energy consumption.

Keywords: Chisel tools; Basic tillage; Traction resistance; Chisel; Energy efficiency.

■ **For citation:** Borisenko I.B., Novikov A.E., Sadovnikov M.A. Basic tillage by modernized chisel tools. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. 2017; 5: 27-32. DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-5-27-32. (In Russian)

Основная обработка почвы относится к важнейшим технологическим операциям любой системы земледелия, цель которой заключается в создании оптимальных условий для произрастания культурных растений. Современные почвозащитные и энергосберегающие технологии помогают решить проблемы водной эрозии, дефляции, засухи. К выбору способа основной обработки почвы и, соответственно, почвообрабатывающего орудия, определяющих эффективность этой операции, необходимо подходить дифференцировано – с учетом как в целом зональных почвенно-климатических условий, так и локальных особенностей полей (микрорезон).

Чизельная обработка почвы относится к почвозащитным технологиям [1-5]. Конструктивные особенности современных чизельных орудий обуславливают их многофункциональность и способность к трансформации. Малоэнергоемкое сохранение и рациональное использование почвенной влаги возможно вследствие дифференцированного послойного рыхления почвы (на глубину более 0,4 м) и оборота пласта [6-9].

Цель исследований – разработка многофункциональных чизельных орудий, обеспечивающих почвозащитные и ресурсосберегающие технологии основной обработки почвы в засушливых условиях Нижнего Поволжья, и изучение их энергетических (тяговых) характеристик.

Материалы и методы. В Нижневолжском агроуниверситетском комплексе созданы комбинированные чизельные рабочие органы: модульный вариант РАНЧО с прямой стойкой (рис. 1а); РОПА с односторонней лапой и криволинейной стойкой (рис. 1б); плуг-рыхлитель (рис. 1с). Макеты рабочих органов проектировали в системе «Компас – 3D». Энергетическая оценка чизелей состояла в определении их тягового сопротивления в соответствии с ГОСТ Р 52777 и ГОСТ Р 52778. Полевые опыты проводили на тяжелосуглинистых светло-каштановых почвах опытного поля УНПЦ «Горная поляна». Тяговое сопротивление рабочих органов изучали тензометрическим методом с исполь-

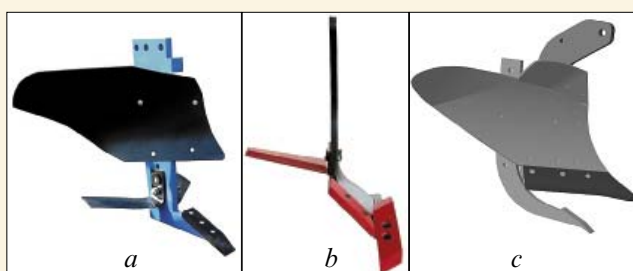


Рис. 1. Чизельные рабочие органы:

а – с прямой стойкой (РАНЧО), б – с криволинейной стойкой (РОПА), с – плуг-рыхлитель

Fig. 1. Chisel working elements:

а – with front frame (RANCHO), б – with curved frame (ROPA), с – plow-cultivator

зованием тензодатчиков, каналов связи, аналогово-цифрового преобразователя и персонального компьютера с программным обеспечением.

Результаты и обсуждение. Рабочий орган РАНЧО (рис. 1а) представляет собой модульную конструкцию, включающую прямую стойку с накладным долотом, отвал и оппозитно расположенные стрельчатые лапки с изменяемым углом атаки. В зависимости от выбранной технологии обработки почвы модули – отвал и стрельчатые лапки – могут быть демонтированы или перемещены по высоте стойки. Это позволяет настраивать орудие на глубину рыхления до 0,45 м с оборотом пласта от 0,10 до 0,25 м и выполнять до 9 различных технологических операций. При комплектации стойки тремя рядами стрельчатых лапок (отвал демонтируется) рабочий орган эффективно используется в борьбе с карантинным сорняком горчаком ползучим. При замене широкого долота (0,06 м) на узкое (0,03 м) процесс чизелевания трансформируется в шелчевание [10, 11].

Рабочий орган РОПА предназначен для минимальной обработки почвы с полосным углублением (рис. 1б). В нем функционально совмещены возможности чизельной наклонной стойки и стандартного глубокорыхлителя. Криволинейная стойка имеет внутрпочвенный изгиб в сторону полевого обреза (под углом $\approx 45^\circ$) и укомплектована плоско-режущей лапкой, ножом и башмаком с накладным

долотом. Лапка так же, как и в предыдущем рабочем органе, имеет возможность дискретного перемещения по высоте стойки посредством болтового соединения и соответствующих отверстий, расположенных на стойке и лапке. Технология минимальной обработки почвы с полосным углублением обеспечивается конструктивно – соотношением между длиной горизонтальной составляющей проекции ножа и лезвия лапки на поперечно-вертикальную плоскость, которые равны, соответственно, $\frac{1}{4}$ и $\frac{1}{2}$ междуследия. Глубину рыхления от долота регулируют в пределах 0,25-0,40 м. Односторонняя плоскорежущая лапка при максимальной глубине рыхления долота 0,40 м обеспечивает зону сплошного рыхления от 0,13 до 0,23 м, а при минимальной глубине долота 0,25 м – от 0,03 до 0,08 м.

В следующем рабочем органе предусмотрено сочетание «классического» отвального корпуса с лемехом, смонтированного на своей стойке, и чизельной криволинейной (в вертикальной плоскости) стойки (рис. 1с). Обе стойки скомпонованы между собой посредством специальной проставки; величину подпахотного рыхления почвы регулируют путем перемещения относительно друг друга в вертикальной плоскости стоек через проставку. Геометрия и местоположение модулей рабочего органа таковы, что отвальный корпус находится в зоне конуса обрушения почвы, реализуемой посредством чизельной стойки с обычным долотом. При увеличении расстояния между носком долота и лемеха в вертикально-продольной плоскости зона деформации от долота увеличивается. Благодаря этому отвальный корпус перемещается в разуплотненной (обрушенной) почве.

Многообразие конструкций чизельных рабочих органов требует разработки унифицированной математической модели тягового сопротивления. В общем виде сопротивление рабочего органа – это сумма проекций горизонтальных сил (или горизонтальных составляющих сил) на горизонтальную плоскость:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4, \quad (1)$$

где R_1 – сопротивление стойки;

R_2 – сопротивление долота;

R_3 – сопротивление дополнительного оборудования на стойке;

R_4 – динамическая составляющая, обусловленная скоростью V (по аналогии с составляющей силы сопротивления лемеха, выраженной В.П. Горячкиным через квадрат скорости V^2 [14]).

Чизелевание, как известно, сопровождается блокированным резанием почвы на долоте. За счет сжатия почвенного воздуха на плоскостях долота возникают эффекты вибрации и переуплотнения почвы, а сжатый воздух становится носителем потен-

циальной энергии, которая преобразуется в кинетическую энергию в виде сверхзвуковых ударных волн. Волны распространяются по плоскостям естественного откоса почвы и разуплотняют ее. Ввиду этого основная нагрузка (до 75%) ложится на долото, а дополнительное оборудование, монтируемое на чизельной стойке, движется в уже разуплотненной почве [12, 13].

Для определения сопротивления долота предлагается учитывать давление со стороны почвы на его плоскости. Схема сил, действующих на долото, показана на рисунке 2:

G – сила, приходящаяся на один рабочий орган;

$N_1 = p_1 A_1$; $N_2 = p_2 A_2$ – нормальные силы, действующие на активные плоскости долота;

$F_1 = f_1 N_1$; $F_2 = f_2 N_2$ – соответствующие им силы трения;

p_1, p_2 – силы давления со стороны почвы на активные плоскости долота: $A_1 = 0,00468 \text{ м}^2$, $A_2 = 0,0102 \text{ м}^2$ – активные площади долота (конструктивные размеры);

$f_1 = f_2 = 0,3$ – коэффициенты трения об активные плоскости долота;

R_2 – искомая сила сопротивления долота;

$F = f G$ – соответствующая ей сила трения;

$f = 0,4$ – коэффициент трения о дно борозды;

$\alpha = 25^\circ$ – угол резания, $\gamma = 15^\circ$ – угол крошения (конструктивные размеры).

Сопротивление долота определяют как сумму

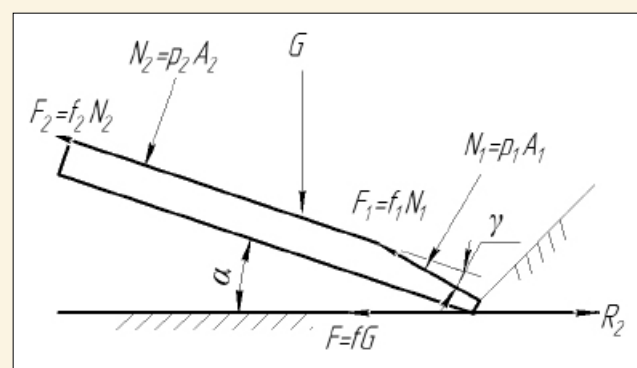


Рис. 2. Схема сил, действующих на долото
Fig. 2. Schematic diagram of forces acting on the bit

проекций горизонтальных сил или горизонтальных составляющих сил на горизонтальную плоскость:

$$R_2 = fG + N_1 \sin(\alpha + \gamma) + N_2 \sin \alpha + f_1 N_1 \cos(\alpha + \gamma) + f_2 N_2 \cos \alpha. \quad (2)$$

С учетом названных размеров и эксплуатационных показателей унифицированного долота исходное уравнение (2) можно привести к виду:

$$R_2 = 0,4G + 0,0041 p_1 + 0,0071 p_2. \quad (3)$$

В обобщенном виде сопротивление рабочего органа (без учета динамической составляющей R_4)

можно записать как:

$$R_1 + R_3 = kR_2, \quad (4)$$

где k – коэффициент, учитывающий сопротивление стойки и дополнительного оборудования. При наличии на стойке отвала – $k = 0,35$; при наличии плоскорежущих лапок – $k = 0,25$; при отсутствии отвала и лапок (учитывается только сопротивление стойки) – $k = 0,15$.

По аналогии с рациональной формулой В.П. Горячкина для лемешных плугов, в решениях, которые предложили В.В. Труфанов и другие специалисты, имеется динамическая составляющая тягового сопротивления чизельного рабочего органа [14]. В нашей интерпретации динамическая составляющая R_4 в (1) учитывается следующим образом:

$$R_4 = (K + \xi V^2) A, \quad (5)$$

где $A = 0,0143 \text{ м}^2$ – сумма активных площадей долота и стойки (при глубине чизелевания $0,35 \text{ м}$, ширине долота $0,06 \text{ м}$ и толщине стойки $0,03 \text{ м}$);

$K = 22 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$ – коэффициент, характеризующий способность почвенного горизонта сопротивляться деформации;

$\xi = 158 \cdot 10^2 \text{ Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^4$ – коэффициент, зависящий от формы рабочей поверхности долота, свойств почвы и размеров почвенного пласта (используется как дополнительный коэффициент при квадрате скорости V^2);

V – скорость движения МТА, м/с.

Отсюда динамическая составляющая общего тягового сопротивления будет равна:

$$R_4 = 3146 + 225,94 V^2. \quad (6)$$

Подставляя в зависимость (1) выражения (3), (4) и (6), получим универсальное уравнение тягового сопротивления чизельного рабочего органа:

$$R = (1+k)(0,4G+0,0041p_1+0,0071p_2)+3146+225,94V^2. \quad (7)$$

Здесь p_1 и p_2 – экспериментальные данные или, с высокой долей вероятности, значения, определяемые по формуле:

$$p = mh^n, \quad (8)$$

где m – коэффициент, учитывающий физико-механические свойства почвы и особенности рабочей поверхности (для минеральных почв $m = 0,01$);

h – глубина рыхления;

n – показатель степени (для минеральных и торфяных почв $n = 1,22-1,26$).

Энергетические (тяговые) характеристики изучали на рабочих органах РОПА и плуга-рыхлителя. В качестве контрольного варианта использовали традиционный рабочий орган лемешно-отвального плуга (типа ПЛН). Результаты полевых исследований по изучению тягового сопротивления приведены на рисунках 3 и 4.

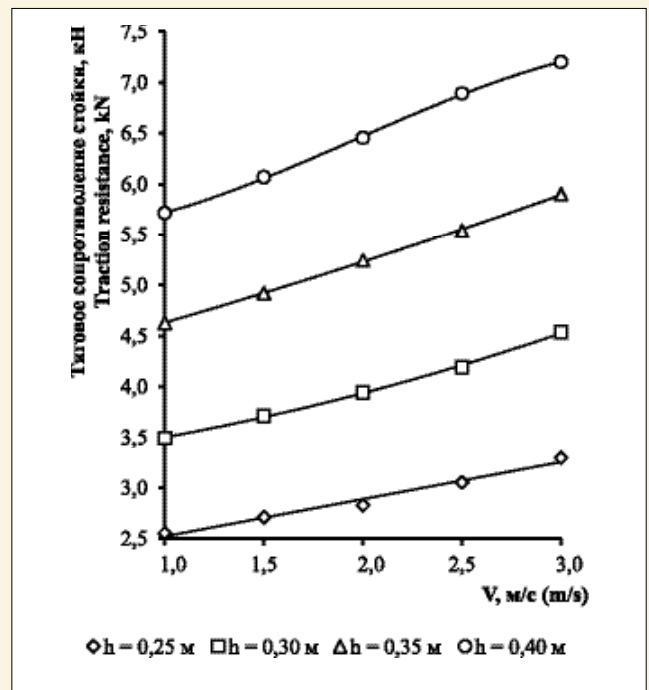


Рис. 3. Зависимость тягового сопротивления рабочего органа РОПА от глубины чизеля (односторонняя лапа в нижнем положении) и скорости обработки

Fig. 3. Traction resistance of the working element ROPA in depending on the chisel depth (one-sided hoe in the lower position) and operating speed

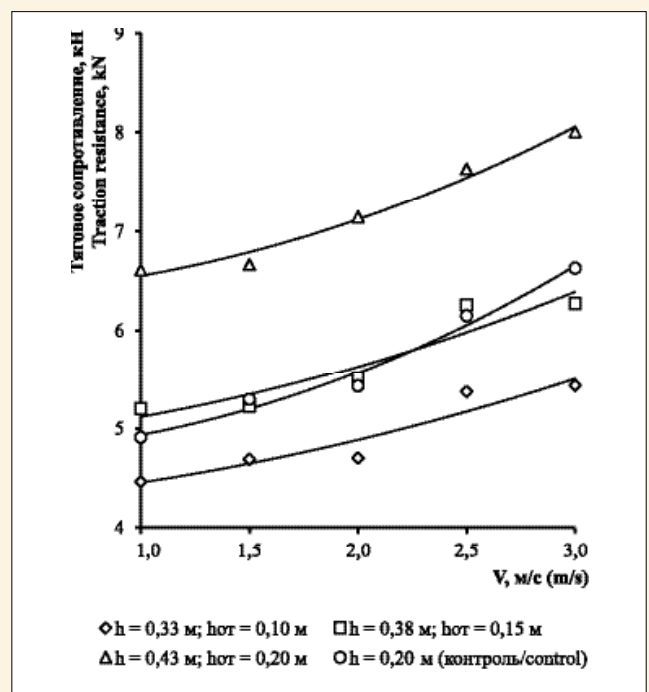


Рис. 4. Зависимость тягового сопротивления плуга-рыхлителя и традиционного лемешно-отвального корпуса типа ПЛН (контроль) от глубины и скорости обработки

Fig. 4. Traction resistance of the working element of the plow-рыхлитель and traditional moldboard body type of mounted plow (control) in depending on the depth and operating speed



Анализ экспериментальных данных показывает, что с увеличением скорости движения МТА от 1 до 3 м/с тяговое сопротивление рабочих органов «РОПА» возрастает на 26-29%, плуга-рыхлителя – на 21-23, а традиционного лемешно-отвального – на 35% (!). Это объясняется наличием в уравнении (7) динамической составляющей. При этом интенсивный рост тягового сопротивления на контроле обусловлен тем, что отвальный корпус с лемехом движутся в ненарушенной почве, как в случае чизельных рабочих органов.

Особенно показательно сравнение тягового сопротивления плуга-рыхлителя и классического лемешно-отвального корпуса. При глубине рыхления чизелем на 0,33 м с оборотом пласта на 0,1 м тяговое сопротивление R изменяется от 4464,8 до 5431,5 Н, что ниже аналогичного показателя на контроле (при глубине обработки 0,2 м) на 10-18%, или на 446,3 и 1197,8 Н соответственно. С увеличением глубины чизелевания до 0,38 м с оборотом пласта на 0,15 м значения R сравниваемых рабочих органов практически выравниваются. Преимущество по энергетике лемешно-отвального рабочего органа в сравнении с разработанным плугом-рыхлителем фиксируется лишь при более чем двукратном увеличении глубины рыхления и соизмеримой в обоих вариантах глубиной оборота почвенного пласта.

Выводы

1. Чизельные орудия с рабочими органами РАНЧО, РОПА и плугом-рыхлителем обеспечивают малоэнергоемкое чизелевание с требуемым ка-

чеством рыхления почвы по слоям и возможностью оборота пласта, что актуально при дифференцированном подходе выбора технологического процесса обработки.

2. При чизелевании происходит блокированное резание почвы на долоте. Сжатие почвенного воздуха на плоскостях долота провоцирует возникновение колебательных процессов. Сжатый воздух становится носителем потенциальной энергии, преобразующейся в кинетическую в виде сверхзвуковых ударных волн, распространяющихся по плоскостям естественного откоса почвы, что и обуславливает энергоэффективность процесса.

3. Разработано унифицированное уравнение тягового сопротивления чизельного рабочего органа, включающее сопротивление стойки, сопротивление долота, сопротивление дополнительного оборудования на стойке и динамику процесса чизелевания; сопротивление долота учитывает давление со стороны почвы на его плоскости.

4. С увеличением скорости движения МТА от 1 до 3 м/с тяговое сопротивление рабочих органов РОПА возрастает на 26-29%, плуга-рыхлителя – на 21-23%, а классического лемешно-отвального плуга – на 35%, что связано с более значимым влиянием динамической составляющей при движении лемеха в ненарушенной почве.

5. При вспашке почвы плугом-рыхлителем в сравнении с «традиционным» лемешно-отвальным корпусом обеспечивается большая глубина рыхления (0,38 м с оборотом пласта на 0,15 м против 0,20 м) при соизмеримых энергозатратах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Труфанов В.В. Глубокое чизелевание почвы. М.: Агропромиздат, 1989. 142 с.
2. Лачуга Ю.Ф., Савченко И.В., Чекмарев П.А., Шогенов Ю.Х., Кирсанов В.В., Шумов Ю.А., Голубев Д.А., Измайлов А.Ю., Мазитов Н.К., Кряжков В.М., Лобачевский Я.П., Елизаров В.П., Смирнов И.Г., Шайхов М.К., Жук А.Ф., Марченко О.С., Сорокин Н.Т., Белых С.А., Рычков В.А., Солдатова Т.Г. и др. Влаеоаккумулирующие технологии, техника для обработки почв и использование минеральных удобрений в экстремальных условиях. ВНИМС. Рязань, 2014. 246 с.
3. Панов И.М., Ветохин В.И. Физические основы механики почв. Киев: Феникс, 2008. 266 с.
4. Лобачевский Я.П., Старовойтов С.И. Теоретические и технологические аспекты работы рыхлительно-го рабочего органа // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. N5. С. 17-23.
5. Борисенко И.Б., Доценко А.Е., Борисенко П.И. и др. Чизелевание почвы: перспективные орудия и способы возделывания ширококормных пропашных культур // Аграрный научный журнал. 2015. N7. С. 41-45.
6. Пат. N148330 РФ. Рабочий орган почвообрабатывающего орудия / Кондаков С.Ю., Борисенко И.Б., Новиков А.Е. 2014.
7. Пат. N2489826 РФ. Почвообрабатывающее орудие / Кияев В.Н., Махнов Ю.В., Овчинников А.С. и др. 2013.
8. Пат. N2502250 РФ. Плуг рыхлитель / Овчинников А.С., Плещачев Ю.Н., Доценко А.Е. и др. 2013.
9. Пындак В.И., Новиков А.Е. Агротехническая мелиорация земель в аридных условиях Нижнего Поволжья // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2013. N4. С. 15-17.
10. Пат. N2444878 РФ. Способ борьбы с карантинным сорняком горчаком ползучим и устройство для его осуществления. Борисенко И.Б., Иванченко Т.В. 2012.
11. Pyndak V.I., Novikov A.E. Energy Efficiency of Mechanisms and Instruments for Deep Cultivation of Soil. Journal of Machinery Manufacture and Reliability. 2014. Vol. 43;6:532-536.
12. Измайлов А.Ю., Сидоров С.А., Лобачевский Я.П., Хорошенков В.К., Кузнецов П.А., Юрков М.А., Голосиненко С.А. Научные принципы повышения износостой-

кости рабочих органов почвообрабатывающей техники Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2012. №3. С. 5-7.

13. Севернев М.М., Каплун Г.П., Короткевич В.А. и др. Износ деталей сельскохозяйственных машин. Л.: Колос. 1972. 288 с.

14. Горячкин В.П. Рациональная формула силы тяги плугов конных и транспортных. Собр. соч. в 3х томах. Т. 3. М.: Колос, 1965. С. 68-114.

14. Горячкин В.П. Рациональная формула силы тяги плугов конных и транспортных. Собр. соч. в 3х томах. Т. 3. М.: Колос, 1965. С. 68-114.

REFERENCES

1. Trufanov V.V. Glubokoe chizelevanie pochvy [Deep soil chiseling]. Moscow: Agropromizdat, 1989: 142. (In Russian)
2. Lachuga Yu.F., Savchenko I.V., Chekmarev P.A., Shogenov Yu.Kh., Kirsanov V.V., Shumov Yu.A., Golubev D.A., Izmaylov A.Yu., Mazitov N.K., Kryazhkov V.M., Lobachevskiy Ya.P., Elizarov V.P., Smirnov I.G., Shaykhov M.K., Zhuk A.F., Marchenko O.S., Sorokin N.T., Belykh S.A., Rychkov V.A., Soldatova T.G., et al. Vlogoakkumuliruyushchie tekhnologii, tekhnika dlya obrabotki pochv i ispol'zovanie mineral'nykh udobreniy v ekstremal'nykh usloviyakh [Water storage technologies, machines for soil cultivation and mineral fertilization in extreme conditions]. Ryazan': VNIMS, 2014: 246. (In Russian)
3. Panov I.M., Vetokhin V.I. Fizicheskie osnovy mekhaniki pochv [Basic physics of mechanics of soils]. Kiev: Feniks, 2008: 266. (In Russian)
4. Lobachevskiy Ya.P., Starovoytov S.I. Theoretical and technological aspects of ripper working tools operation. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2016; 5: 17-23. (In Russian)
5. Borisenko I.B., Dotsenko A.E., Borisenko P.I., et al. Chisel plowing: perspective implements and methods of cultivation widerow tilled crops. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*. 2015; 7: 41-45. (In Russian)
6. Pat. N148330 RF. The tool of tillage implement. Kondakov S.Yu., Borisenko I.B., Novikov A.E. 2014. (In Russian)
7. Pat. N2489826 RF. Tillage implemen. Kiyaev V.N., Makhnov Yu.V., Ovchinnikov A.S. i dr. 2013. (In Russian)
8. Pat. N2502250 RF. Noninversing plow. Ovchinnikov A.S., Pleskachev Yu.N., Dotsenko A.E. i dr. 2013. (In Russian)
9. Pyndak V.I., Novikov A.E. Agrotechnical soil reclamation in arid conditions of the Lower Volga Region. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2013. N4. С. 15-17. (In Russian)
10. Pat. N2444878 RF. Method for quarantine weed Rhaponticum repens control and appliance for its implementation. Borisenko I.B., Ivanchenko T.V. 2012. (In Russian)
11. Pyndak V.I., Novikov A.E. Energy Efficiency of Mechanisms and Instruments for Deep Cultivation of Soil. *Journal of Machinery Manufacture and Reliability*. 2014. Vol. 43; 6: 532-536. (In English)
12. Izmaylov A.Yu., Sidorov S.A., Lobachevskiy Ya.P., Khoroshchenkov V.K. Scientific principles of increasing the wear resistance of tillage working tools. *Vestnik Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk*. 2012; 3. 29-31. (In Russian)
13. Severnev M.M., Kaplun G.P., Korotkevich V.A., et al. Izнос detaley sel'skokhozyaystvennykh mashin [Agricultural machines components wear]. Leningrad: Kolos, 1972: 288. (In Russian)
14. Goryachkin V.P. Ratsional'naya formula sily tyagi plugov konnykh i transportnykh [Rational formula for traction power of horse and transport plows]. Vol. 3. Moscow: Kolos, 1965: 68-114. (In Russian)

Критерии авторства. Все авторы несут ответственность за представленные в статье сведения и плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution. The authors are responsible for information and plagiarism avoiding.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.



УДК 631.133.6

DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-5-33-37

МЕТОДИКА И АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ПОСЕВОВ НА РАННИХ СТАДИЯХ ВЕГЕТАЦИИ

Воронков И.В.,
руководитель ИТ-проектов

Инженерный центр «ГЕОМИР», Олимпийский проспект 50, г. Мытищи, Московская область, 141006, Российская Федерация, e-mail: ivoronkov@geomir.ru

В последнее время помимо традиционных методов сплошного или выборочного осмотра посевов применяют инструментальные средства мониторинга, в частности видео- и фотокамеры, установленные на беспилотных летательных аппаратах (БПЛА). Основные преимущества использования комплексов мониторинга на основе БПЛА – отсутствие механического воздействия на посевы и высокая производительность при проведении съемок. Однако в ходе сплошного контроля больших площадей посевов (десятки тысяч гектаров), особенно на ранних стадиях их вегетации, возникает проблема оперативного получения результатов анализа съемок. Отметим, что для ее решения целесообразно разработать автоматизированные методы выявления проблемных зон и их геопривязки. Определили, что для подсчета количества всходов и расстояния между ними необходимо применять методы распознавания изображений, основанные на анализе спектральных характеристик растений. Выявили, что методика выделения сигналов от растений основана на сравнении измеренных значений с заданными, после чего проводится построение рядов с использованием алгоритма аппроксимации кусочно-линейной функции. На основе полученной информации рассчитали статистические показатели, характеризующие качество выполнения работ. Провели экспериментальные исследования по отработке методики комплекса аппаратно-программных средств на посевах кукурузы в Краснодарском крае. Дали сравнительную оценку замера в ручном и автоматическом режиме с помощью разработанного программного обеспечения для распознавания и подсчетов всходов. Разница в результатах составляет 3-5 процентов.

Ключевые слова: посевы, дистанционный мониторинг, распознавание изображений, аппаратно-программные средства.

■ **Для цитирования:** Воронков И.В. Методика и аппаратно-программные средства для мониторинга состояния посевов // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2017. №5. С. 33-37.

METHODS, HARDWARE AND SOFTWARE FOR MONITORING CROPS CONDITION ON EARLY STAGES OF VEGETATION

Voronkov I.V.,
IT-projects manager

Engineering center GEOMIR, Olympisky prospekt, Mytishchi, Moscow region, 141006, Russian Federation, e-mail: ivoronkov@geomir.ru

Lately, in addition to traditional methods of screening or selective crops inspection, instrumental means of monitoring, namely installed on unmanned aerial vehicles (UAV) video and photo-cameras, started to be implemented. The main advantage of conducting monitoring via UAV is that it does not mechanically affects plants and maintains high productivity during the surveying. However, during screening inspection of large crops areas (tens of thousands of hectares), especially on the early stages of vegetation, a problem of receiving the surveying analysis results promptly emerges. To solve this problem it is necessary to develop automated methods of identification and geo-referencing of the problematic zones. To count the amount of shoots and measure distance between them it is necessary to use the methods of images recognition based on the plants' spectral characteristics analysis. The methodology of plants signals selection is based on the comparison of measured values with specified values; after that compilation of series using algorithm of approximation of slopes. Basing on the gathered information, statistical indicators characterizing the qualities of completion of the work were estimated. Experimental researches of the hardware and software methodology development were conducted using maize crops in the Krasnodar Territory. Comparative assessment of the measurement in manual and automatic regime using the developed software for shoots recognition and counting was conducted. The results difference equals 3-5 percent.

Keywords: Crops; Remote sensing; Images recognition; Hardware and software.

For citation: Voronkov I.V. Methods, hardware and software for monitoring crops condition on early stages of vegetation. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2017; 5: 33-37. DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-5-33-37. (In Russian).

В настоящее время наблюдается интенсивное развитие технологий дистанционного контроля объема и качества выполняемых сельскохозяйственными машинами полевых операций. В частности, находят применение космические и воздушные средства наблюдения, регистрирующие состояние посевов с помощью фото-, видео- и прочей аппаратуры [1-4]. Визуальный анализ результатов съемки из космоса и с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) представляет собой достаточно трудоемкий и, в случае необходимости просмотра большого количества снимков или многочасового видео, длительный процесс [5-12].

Кроме того, следует иметь в виду, что исследование состояния всходов должно быть проведено оперативно, так как надо успеть использовать его результаты для принятия решений о качестве работы посевного агрегата и целесообразности его использования, а также о мерах по улучшению состояния выявленных проблемных участков посевов (дополнительный сев, обработка СЗР, подкормка и т.п.) [13-15].

Цель исследования – разработка методик и аппаратно-программных средств (АПС) и их последующая апробация на реальных посевах для определения количества и координат всходов, а также выявления и геопривязки проблемных зон посевов.

Материалы и методы. Использованы модельные и реальные данные (изображения) о посевах на ранней стадии вегетации, а также технические характеристики цифровой фотокамеры и БПЛА, на котором она установлена.

Для подсчета количества всходов, расстояний между ними и между рядами, а также для выделения проблемных зон в посевах применяют методы распознавания изображений, основанные на анализе спектральных характеристик растений [16].

Экспериментальная отработка методик и АПС выполнена в мае 2016 г. на посевах кукурузы в одном из хозяйств Краснодарского края.

Результаты и обсуждение. Для решения задачи распознавания всходов и проблемных зон необходимо выполнение следующих условий:

- разрешение съемочной аппаратуры должно быть достаточным для выделения одного отдельного растения;
- сорная растительность должна располагаться вне рядков со всходами, не перекрывая их;
- в случае расположения сорной растительности в рядках спектральные характеристики сорняков

и посевов не должны совпадать.

Методика выделения сигналов от растений (так для краткости будем называть яркость отраженного от растения света в некотором диапазоне длин электромагнитных волн) основана на сравнении измеренных значений с заданными. Примем, что данная точка на изображении принадлежит растению, если сигнал от нее удовлетворяет неравенству [10]:

$$\sum_{i=1}^n \left(\frac{S_i - C_i}{\sigma_i} \right)^2 \leq 1, \quad (1)$$

где i – номер спектрального канала аппаратуры;

S_i – значение сигнала в данной точке i -го канала;

C_i – величина сигнала в центре его распределения в i -ом канале;

σ_i – отклонение сигнала от центра распределения в i -ом канале;

n – общее число спектральных каналов (в исследовании применяли фотоаппаратуру с $n = 3$).

Значение параметров C_i и σ_i заданы.

Следующий этап – выделение связанных объектов, в результате чего определяют все точки изображения, относящиеся к одному растению, либо, если листья соседних растений касаются друг друга, группе («кластеру») растений.

Для привязки кластера связанных объектов к географическим координатам вычисляют его центр:

$$\vec{r} = \frac{\sum_{j=1}^m \vec{r}_j}{m}, \quad (2)$$

где $\vec{r}$ – вектор положения центра объекта;

$\vec{r}_j$ – вектор положения выделенной точки кластера;

j – номер точки в кластере;

m – общее число точек в кластере.

После выделения и геопривязки объектов следует этап построения рядов, основанный на использовании алгоритма аппроксимации кусочно-линейной функцией, отрезки которой вычисляют по методу наименьших квадратов [6].

Начальное приближение направления рядов n задают до начала расчетов. Здесь и далее считаем вектор направления единичным. В качестве опорной точки линии ряда k' выбирают центр кластера, не включенный ранее в другие ряды. С помощью данных векторов строят прямую начального приближения:

$$\vec{r} = \vec{k}' + t\vec{n}; \quad t \in (-\infty, +\infty), \quad (3)$$

где $\vec{r}$ – вектор точки прямой начального приближения, t – свободный параметр.

Далее выполняют следующие операции:

- общая корректировка положения опорной точки линии ряда;
- уточнение начального приближения r ;
- вычисление отрезков кусочно-линейной функции, апробирующих ряд.

В результате получают полную информацию о количестве и координатах отдельных всходов, либо кластеров всходов, а также о положении рядов посевов. На основе данной информации можно рассчитать статистические показатели, характеризующие качество выполнения посевных работ используемыми для этого сельхозагрегатами (трактор и сеялка).

Для вычисления среднеквадратического отклонения сигналов от линии ряда вычисляют отклонение сигнала кусочно-линейной функции ряда, как минимум, функционала:

$$d_i = \text{sign}[(\vec{p}_i - \vec{k}_e) \wedge \vec{n}_e] \min |\vec{p}_i - (\vec{k}_e + t\vec{n}_e)|. \quad (4)$$

С ограничениями:

$$\begin{cases} t = (\vec{p}_i - \vec{k}_e, \vec{n}_e) \\ t \in [0, \frac{l}{3}] \end{cases}, \quad (5)$$

где p_i – проекция центра кластера на линию ряда (l); k_e – проекция линии ряда на отрезок (e) кусочно-линейной функции ряда; i – номер кластера.

Знак $\wedge$ означает псевдоскалярное произведение:

$$\vec{a} \wedge \vec{b} = |\vec{a}| |\vec{b}| \sin \angle ab. \quad (6)$$

Для полученных значений отклонения от линии ряда вычисляем среднеквадратическое отклонение:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2}. \quad (7)$$

Корректное положение сигнала вычисляется по формуле:

$$z_f = z_0 + f\Delta, \quad (8)$$

где z_0 – смещение относительно начала ряда; f – номер корректного положения сигнала (целое число); Δ – предполагаемое расстояние между сигналами (задается пользователем).

Смещение сигнала от начала ряда вычисляется проецированием центра кластера на ближайший отрезок кусочно-линейной функции ряда, параметры t и e вычисляют минимизацией функционала:

$$\min_e |\vec{p}_i - (\vec{k}_e + t\vec{n}_e)| \quad (9)$$

с ограничениями (5). Формула смещения:

$$z_i = \frac{(e-1)l}{3} + t_i. \quad (10)$$

Отклонение сигнала от заданного корректного положения вычисляют по формуле:

$$z_{\Delta} = \min_f |z_i - z_f| = \Delta \left\lfloor \frac{z_i - z_f}{\Delta} \right\rfloor, \quad (11)$$

функция $\lfloor \dots \rfloor$ – округление до ближайшего целого.

Так как значение параметра z_0 неизвестно, то решают задачу минимизации функционала методом перебора:

$$\min_{z_0} \left(\frac{\sum_{i=1}^n z_{\Delta i}}{n} \right). \quad (12)$$

Для анализа числа невзошедших растений выделенные объекты привязывают к корректным положениям в ряду (8). Далее проводят подсчет положений, в которых не произошло привязки кластеров.

В конце мая 2016 г. экспериментально исследован комплекс АПС, алгоритмы и программное обеспечение которого основаны на представленной выше методике.

Для проведения съемок использовали БПЛА Supercam s350 с фотокамерой Sony A7.

Параметры посевов:

- культура на поле – подсолнечник;
- площадь одного всхода на земле – 90-100 см²;
- расстояние между центрами всходов в рядке – 14-16 см;
- расстояние между рядками – 70 см.

Посевы были сфотографированы с земли (рис. 1).



Рис. 1. Фотография посевов с земли

Fig. 1. Crop images from the ground

Для съемки с БПЛА были выбраны следующие параметры полета: высота – 150 м, скорость – примерно 80 км/ч. При этом пространственное разрешение по поверхности Земли составило 1,2 см/пиксел (рис. 2).

Для анализа точности автоматического распознавания и подсчета всходов был выбран ряд участков поля. На данных участках подсчитали количество всходов в ручном режиме – по снимку и в автоматическом режиме – с помощью разработанного программного обеспечения для распознавания



Рис. 2. Результаты съемок БПЛА

Fig. 2. Imagery results

и подсчета всходов (таблица). Разница в подсчетах количества всходов составила 3-5%.

Примеры результатов испытаний представлены в таблице.

Таким образом, развитие и применение технологий дистанционного мониторинга посевов позволяет повысить эффективность контроля выполнения посевных работ и других полевых операций.

Количество всходов ПРИ АВТОМАТИЧЕСКОМ И РУЧНОМ ПОДСЧЕТЕ, ШТ. NUMBER OF SHOOTS IN CASE OF AUTOMATIC AND MANUAL COUNTING, PCS		
Автоматический подсчет Automatic counting	Ручной подсчет Manual counting	Разница, % The difference, %
1069	1013	5,53
1012	1048	3,56

Представленные в статье метод и АПС автоматизированного контроля количества всходов и качества сева в целом существенно ускоряют процесс обработки данных фотосъемок и помогают оперативно исследовать состояние посевов.

Выводы

Разработаны методики и аппаратно-программные средства определения количества и координат всходов, а также выявления и геопривязки проблемных зон посевов.

Методики апробированы на практике и подтвердили свою высокую точность.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федоренко В.Ф. Информационные технологии в сельскохозяйственном производстве: научно-аналитический обзор. М.: Росинформагротех, 2014. 234 с.
2. Применение средств дистанционного зондирования Земли в сельском хозяйстве. Материалы всероссийской научной конференции (с международным участием). Санкт-Петербург, 16-17 сентября 2015 г. СПб.: АФИ, 2015. 196 с.
3. Артюшин А.А., Смирнов И.Г. Научно-техническое обеспечение применения ГЛОНАСС в сельскохозяйственном производстве // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2015. N1. 8-11.
4. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П. Инновационные механизированные технологии и автоматизированные технические системы для сельского хозяйства // Модернизация сельскохозяйственного производства на базе инновационных машинных технологий и автоматизированных систем: Сборник докладов XII Международной научно-практической конференции. Ч.1. М.: ВИМ. 2012. С. 31-44.
5. Измайлов А.Ю., Хорошенков В.К. Автоматизированные информационные технологии в производственных процессах растениеводства // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2010. N4. С. 3-9.
6. Измайлов А.Ю., Хорошенков В.К. Автоматизированная система управления посевом и внесением удобрений // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2011. N4. С. 9-12.
7. Смирнов И.Г., Марченко Л.А., Личман Г.И., Мочкова Т.В., Спиридонов А.Ю. Беспилотные летательные аппараты для внесения пестицидов и удобрений в системе точного земледелия // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2017. N3. С. 10-16.
8. Лобачевский Я.П., Смирнов И.Г., Хорт Д.О. Беспилотные технические средства для интеллектуальных технологий в садоводстве // Научно-практические основы ускорения импортозамещения продукции садоводства: Сборник. 2017. С. 257-262.
9. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Smirnov I.G., Kolesnikova V.A., Marchenko L.A. Substantiation of parameters of unmanned aerial vehicles for pesticides and fertilizers application in precision farming system // Mechanization in agriculture & Conserving of the resources. Sofia, Bulgaria. N5, 2017. С. 168-170.
10. Марченко Л.А., Личман Г.И., Смирнов И.Г., Мочкова Т.В., Колесникова В.А. Дифференцированное внесение удобрений и пестицидов с использованием беспилотных летательных аппаратов // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2017. N3. С. 17-23.
11. Дуда Р.О., Харт П.Е. Распознавание образов и анализ сцен: Пер. с англ. М.: Мир, 1976. 509 с.
12. Личман Г.И., Колесникова В.А., Марченко Н.М., Марченко А.Н. Разработка алгоритма оценки точности систем позиционирования ГЛОНАСС/GPS при дифференцированном внесении удобрений // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2017. N2. С. 4-8.
13. Визинтер Ю.В., Желтов С.Ю., Бондаренко А.В., Ососков М.В., Моржин А.В. Обработка и анализ изображений в задачах машинного зрения: курс лекций и практических занятий. М.: Физматкнига, 2010. 672 с.

14. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2005. 584 с.

15. Norremar M., Griepentrog H.W., Nielsen J., Søgaard H.T. The development and assessment of the accuracy of an autonomous GPS-based system for intrarow mechanical weed control in row crops. *Biosystems engineering*. 2008; Vol. 101; 4: 396-410.

16. Марченко Л.А., Пакшвер С.А., Личман Г.И. Оценка эффективности дифференцированного внесения средств химизации методами инвестиционного анализа // Автоматизация и информационное обеспечение производственных процессов в сельском хозяйстве: Сборник докладов XI Международной научно-практической конференции. Ч. 2. М.: ВИМ. 2010. С. 731-738.

REFERENCES

1. Fedorenko V.F. *Informatsionnye tekhnologii v sel'skokhozyaystvennom proizvodstve: nauchno-analiticheskiy obzor* [Information technologies in agricultural production: research and analytical overviews]. Moscow: Rosinformagrotekh, 2014: 234. (In Russian)

2. Earth remote sensing instrumental means use: Materialy vserossiyskoy nauchnoy konferentsii (s mezhdunarodnym uchastiem). St. Petersburg, 16-17 September 2015. St. Petersburg: AFI, 2015: 196. (In Russian)

3. Artyushin A.A., Smirnov I.G. Scientific and technical support of GLONASS application in agricultural production. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2015; 1: 8-11. (In Russian)

4. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P. Innovative mechanized technologies and the automated technical systems for agriculture. *Modernizatsiya sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva na baze innovatsionnykh mashinnykh tekhnologii i avtomatizirovannykh sistem: Sbornik dokladov XII Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii*. Vol. 1. Moscow: VIM, 2012: 31-44. (In Russian)

5. Izmaylov A.Yu., Khoroshenkov V.K. Automated information technologies in processes of crop production. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2010; 4: 3-9. (In Russian)

6. Izmaylov A.Yu., Khoroshenkov V.K. Avtomatizirovannaya sistema upravleniya posevom i vneseniyem udobreniy [Automated control system of seeding and fertilizing]. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2011; 4: 9-12 (In Russian).

7. Smirnov I.G., Marchenko L.A., Lichman G. I., Mochkova T. V., Spiridonov A.Yu. Unmanned aerial vehicles for pesticides and fertilizers application in precision farming system. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2017; 3: 10-16. (In Russian)

8. Lobachevskiy Ya.P., Smirnov I.G., Khort D.O. Unmanned technical means for intellectual technologies in horticulture. *Nauchno-prakticheskie osnovy uskoreniya importozameshcheniya produktsii sadovodstva: Sbornik*. Michurinsk: MGAU, 2017: 257-262. (In Russian)

9. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Smirnov I.G., Kolesnikova V.A., Marchenko L.A. Substantiation of parameters of unmanned aerial vehicles for pesticides and fertilizers application in precision farming system // *Mechanization in agriculture & Conserving of the resources*. Sofia, Bulgaria. N5, 2017. C. 168-170.

10. Marchenko L.A., Lichman G. I., Smirnov I.G., Mochkova T. V., Kolesnikova V.A. Variable rate application of fertilizers and pesticides using unmanned aerial vehicles. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2017; 3: 17-33. (In Russian)

11. Duda R.O., Hart P.E. Pattern classification and scene analysis. Moscow: Mir, 1976: 509. (In Russian)

12. Lichman G.I., Kolesnikova V.A., Marchenko N.M., Marchenko A.N. Algorithm development for assessment of accuracy positioning systems GLONASS/GPS with differentiated application of fertilizers. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2017; 23: 4-8. (In Russian)

13. Vizinter Yu.V., Zheltov S.Yu., Bondarenko A.V., Ososkov M.V., Morzhin A.V. Obrabotka i analiz izobrazheniya v zadachakh mashinnogo zreniya: kurs lektsiy i prakticheskikh zanyatiy [Processing and analysis of image in tasks of computer vision: course of lectures and practical training]. Moscow: Fizmatkniga, 2010: 672. (In Russian)

14. Gonsales R., Vuds R. Tsifrovaya obrabotka izobrazheniy [Digital image processing]. Moscow: Tekhnosfera, 2005: 584. (In Russian)

15. Norremar M., Griepentrog H.W., Nielsen J., Søgaard H.T. The development and assessment of the accuracy of an autonomous GPS-based system for intrarow mechanical weed control in row crops. *Biosystems engineering*. 2008; Vol. 101; 4: 396-410. (In English)

16. Marchenko L.A., Pakshver S.A., Lichman G.I. Assessment of efficiency of differentiated application of chemicals by methods of investment analysis. *Avtomatizatsiya i informatsionnoe obespechenie proizvodstvennykh protsessov v sel'skom khozyaystve: Sbornik dokladov XI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Vol. 2. Moscow: VIM. 2010: 731-738. (In Russian)

Критерии авторства. Автор несет ответственность за представленные в статье сведения и плагиат.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Contribution. The author is responsible for information and plagiarism avoiding.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ ДЛЯ БОРЬБЫ С СОРНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ

Абдулгалимов М.М.¹,

ст. науч. сотр.;

Магомедов Ф.М.²,

докт. техн. наук, профессор;

Сенькевич С.Е.³,

канд. техн. наук, доцент;

Умаров Р.Д.²,

инженер;

Меликов И.М.²,

канд. техн. наук

¹Дагестанский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени Ф.Г. Кисриева, пр. Акушинского, Научный городок, г. Махачкала, Дагестан 367014, Российская Федерация,

²Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джембулатова, ул. М. Гаджиева, д. 180, г. Махачкала, Республика Дагестан, 367032, Российская Федерация,

³Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, 1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Российская Федерация

Сорная растительность в садах и виноградниках – одна из главных причин низкой урожайности. Применяемые технологии и средства борьбы недостаточно эффективно обеспечивают снижение засоренности садов и виноградников, что приводит к недобору урожая плодов. Поэтому необходимо усовершенствовать имеющиеся приемы и средства, разработать новые и создать научно-обоснованный комплекс мероприятий по борьбе с сорняками. Данная проблема требует дальнейших исследований с целью разработки перспективных технологий и технических средств механизации борьбы с сорной растительностью. Представлены результаты исследований по механизации борьбы с сорной растительностью, способы и устройства для ее осуществления. С учетом биологических особенностей сорняков разработана и научно обоснована конструкция огневого культиватора для борьбы с сорной растительностью в садах и виноградниках. Он позволит снизить себестоимость обработки и существенно повысить ее качество, а также минимизировать негативное влияние применения гербицидов на культурные растения, повысить урожайность, улучшить качество продукции, обеспечить ресурсосбережение. Применение предлагаемого огневого культиватора исключит ручные прополки и поможет более эффективно бороться с сорняками в междурядьях садов и виноградников.

Ключевые слова: сады, виноградники, технологии, средства механизации, огневой культиватор, борьба с сорной растительностью.

■ **Для цитирования:** Абдулгалимов М.М., Магомедов Ф.М., Сенькевич С.Е., Умаров Р.Д., Меликов И.М. Совершенствование технологии и средств механизации для борьбы с сорной растительностью // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2017. N5. С. 38-42.

IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY AND MECHANIZATION MEANS FOR WEED CONTROL

Abdulgalimov M.M.¹;

Magomedov F.M.²,

Dr. Sc. (Eng.);

Sen'kevich S. E.³,

Ph. D. (Eng.);

Umarov R.D.²;

Melikov I.M.²,

Ph. D. (Eng.)

¹Kisriyev Dagestan Scientific and Research Institute of Agriculture, Akushinsky av., Nauchnyy gorodok, Makhachkala, Republic of Dagestan, 367014, Russian Federation

²Dagestan State Agrarian University named after M.M. Dzhambulatov, M.Gadzhiev St., 180, Makhachkala, Republic of Dagestan, 367032, Russian Federation

³Federal Scientific Agricultural Engineering Center VIM, 1st Institutskiy proezd, 5, Moscow, 109428, Russian Federation

Weed vegetation in orchards and vineyards is one of the main reasons of low productivity. The applied technologies and weed control means provide decrease in contamination of orchards and vineyards insufficiently effectively that leads to a fruits harvest reduce. Therefore it is necessary to improve the available methods and means, to develop new ones and on this basis to create scientifically-grounded complex of measures on weed control. This problem requires further studies

with the aim of developing the prospective technologies and technical means of mechanization for the weed control. Results of researches on mechanization of weed control, ways and means for realization of it are presented in the paper. Taking into account biological features of weeds the design of a flame cultivator for weed control in orchards and vineyards is developed and science-based. This cultivator will allow to reduce the prime cost, significantly increase quality and minimize the negative impact of herbicide use on crops, to improve yields, product quality and resource efficiency. Use of the offered flame cultivator will eliminate hand-weeding and help for more effective weed control in the rows of orchards and vineyards.

Keywords: Orchards; Vineyards; Technologies; Mechanization means; Flame cultivator; Weed control.

For citation: Abdulgalimov M.M., Magomedov F.M., Sen'kevich S.E., Umarov R.D., Melikov I.M. Improvement of technology and mechanization means for weed control. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2017; N5. 38-42. DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-5-38-42. (In Russian).

Одно из условий получения высокого урожая – борьба с сорной растительностью, негативно влияющей как на продуктивность сельскохозяйственных культур, так и на плодородие почв.

Борьба с сорной растительностью позволит повысить качество сельскохозяйственной продукции и эффективность современного садоводства и виноградарства. Для этого необходимо разработать и внедрить новые технологии и технические средства. Одно из таких решений – специальный огневой культиватор.

Цель исследований – разработка огневого культиватора для борьбы с сорной растительностью в садах и виноградарствах

Материалы и методы. Для ухода за сельскохозяйственными культурами применяют механические методы обработки и немеханические (химические, физические и биологические).

Установлено, что ни один комплекс агротехнических приемов не обеспечивает полного уничтожения сорной растительности. Но и применение гербицидов не дает высокой эффективности, поскольку по общим энергозатратам превышает механическую культивацию и боронование в 4-5 раз. Гербицидная технология не обеспечивает должного результата из-за отравляющего воздействия на культурные растения, негативно воздействует на комплекс почвенных организмов и окружающую среду. При этом нельзя забывать о высокой стоимости химикатов.

Применение тяжелой техники при механическом способе обработки, с одной стороны, уплотняет почву, а с другой – разрушает канальную структуру почвы, создаваемой гниющими корнями растений, червями и подпочвенными живыми организмами.

Для борьбы с сорными растениями в перспективе могут быть применены излучатели ультравысокочастотных электромагнитных колебаний (УВЧ), электрические поля высокого напряжения и лазерное излучение. Американские ученые установили, что использование УВЧ-колебаний в полевых условиях приводит к гибели 81-100% однолетних дву-

дольных и многолетних сорняков. УВЧ вызывают усиленное движение молекул в тканях, возникающее при прохождении через них микроволн, или чрезмерное нагревание тканей.

Одним из перспективных и нетрадиционных видов борьбы с сорной растительностью служит термический (огневой) способ. Норвежские исследователи определили оптимальные соотношения времени и температуры обработки, необходимые для гибели различных видов сорняков. На основании этих данных были разработаны конструкции рабочих органов с защитными и направляющими экранами, позволяющими поддерживать оптимальную температуру в обрабатываемой области. Эффективность данного метода во многом зависит от стадии развития сорняков [1-3].

К недостаткам немеханических методов обработки относится: непредсказуемость экологических последствий в среднесрочной и долгосрочной перспективе.

Наиболее распространены в настоящее время механические методы обработки [4-5]. Их анализ указывает на низкую эффективность, поскольку они уничтожают лишь надземные части нежелательной сорной растительности.

Результаты и обсуждение. Мы разработали огневой культиватор для борьбы с сорной растительностью в садах и виноградарствах [6-7].

Известен огневой культиватор для обработки сорных растений в приствольных полосах сада (патент RU A01M №101324) [8]. Он состоит из рамы с расположенными на ней газораспределителем, горелкой, щитом-экраном и источником газа. При движении культиватора по междурядью щит-экран, коснувшись штамба, начинает отклоняться в сторону, противоположную направлению движения. Одновременно поворачивается находящийся на одной с ним оси кран газораспределителя, уменьшая поступление газа в горелку. После обхода штамба щит-экран и кран газораспределителя под действием пружины возвращаются в исходное положение, и цикл повторяется до следующего касания щитом-экраном штамба дерева. Для изоляции штамба дерева от ожога щит-экран покрыт материалом

с низким коэффициентом теплопередачи.

Но этот культиватор можно использовать только в рядах многолетних насаждений: пламя больших размеров ограничивает его применение на виноградниках и в садах с низкой кроной.

Известен также огневой культиватор (авторское свидетельство СССР №139507), который состоит из резервуаров со сжиженным газом «пропан-бутан», снабженных питающей арматурой, соединительного трубопровода, испарителя (змеевика), жаровой камеры, индукционной катушки с магнитным прерывателем, двух штанг с горелками, колесного хода и опорных полозков. Сжигание газа в горелках жаровой камеры при работе агрегата осуществляется следующим образом: жидкий газ из баллона через арматуру поступает по трубопроводу в испаритель и оттуда через две штанги – в горелки, расположенные в шахматном порядке навстречу друг другу. Зажигание происходит от электроискровых разрядов в запальных свечах, смонтированных в корпуса горелок передней штанги. Горелки задней штанги зажигаются пламенем передних горелок. Испарение сжиженного газа осуществляется в испарителе-змеевике, установленном над жаровой камерой. При работе жаровая камера опирается на два регулируемых по высоте ползуна. Для предотвращения поломки горелки закреплены на двуплечих рычагах, прижимаемых пружинами и упорами. В случае встречи с препятствием горелка перемещается относительно сопла и снова опускается в рабочее положение после прохождения препятствия [10].

К недостаткам данного огневого культиватора можно отнести ограниченность ширины захвата и невозможность использования в рядах многолетних насаждений.

Поставленная нами цель достигается тем, что огневой культиватор устроен из секций-горелок, которые через трубопроводы подсоединены к источнику газа и тракторному компрессору, обеспечивающему устойчивость и управляемость пламенем.

Секции-горелки уста-

навливаются на стойках над полозками на регулируемой высоте и представляют собой отрезки труб с глухими фланцами на концах и отверстиями снизу для ввинчивания газовоздушных сопел, а посередине каждого отрезка трубы спереди по ходу движения культиватора имеются отверстия для подачи газа и сжатого воздуха.

Концентрация горячего воздуха и пламени непосредственно над поверхностью почвы и повышение эффективности огневой обработки растений достигаются щитами-отражателями, подсоединенными с помощью болтов к фланцам и расположенными горизонтально над газовоздушными соплами.

Для обработки сорняков в рядах на концах крайних секций-горелок встроены сопла, направленные под острым углом вниз в область рядов.

Штамбы насаждений защищаются от прямого попадания огня заслонкой дугообразной формы, жестко соединенной с щупом, который, касаясь штамба при движении культиватора, поворачивает заслонку, и она перекрывает пламя (при этом заслонка штамба не касается).

Для обеспечения прямолинейного движения и во избежание бокового скольжения на склоновых землях к полозкам снизу приварены вертикальные продольные пластины-ножи, образующие полозья-коньки.

Данный огневой культиватор, кроме многолет-

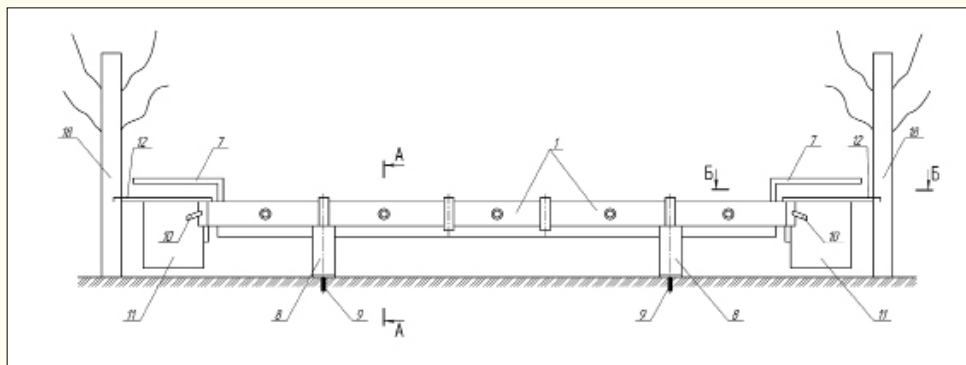


Рис. 1. Огневой культиватор (вид спереди)

Fig. 1. Flame cultivator (front view)

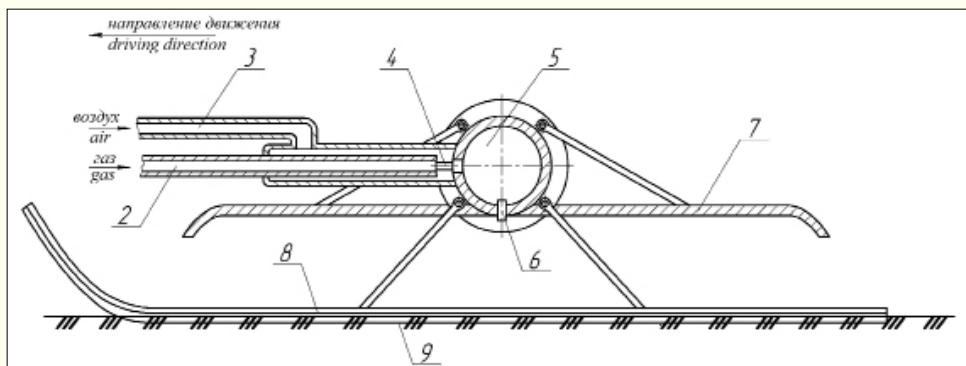


Рис. 2. Конструкция секции горелок

Fig. 2. Torches section design driving direction

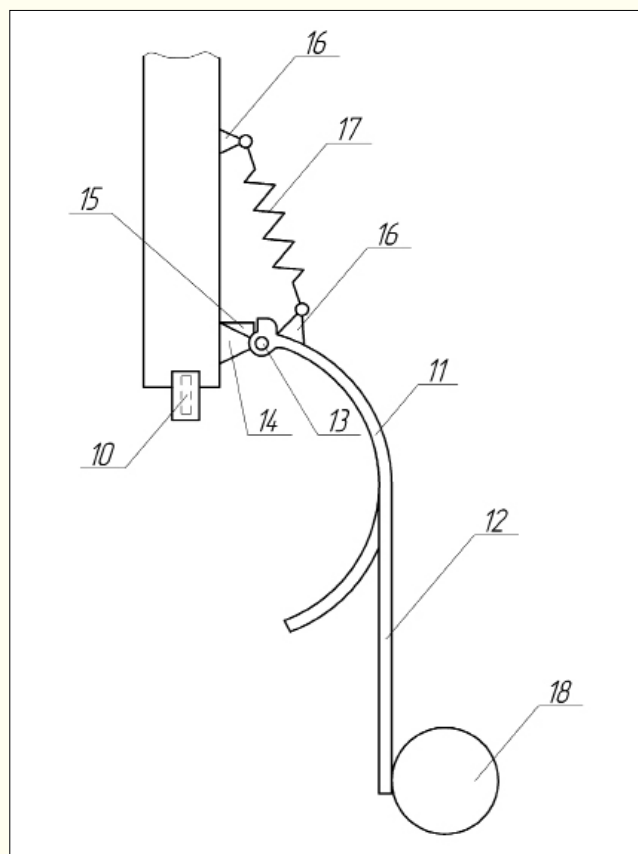


Рис. 3. Механизм защиты штамбов от прямого пламени
Fig. 3. Body of tree protection mechanism against a direct flame

них насаждений, может быть использован и на сплошных посевах однолетних культур.

Огневой культиватор для выжигания сорной растительности (рис. 1-3) включает газовые секции-горелки 1, состоящие из трубопроводов для подвода газа 2 и воздуха 3, газового сопла 4, смесителей-коллекторов 5 (которыми являются отрезки труб) и газоздушных сопел 6; щитов-отражателей 7; опорных полозков-коньков 8 с вертикальными пластинами-ножами 9 для обеспечения прямолинейного движения; концевых газоздушных сопел 10; заслонок 11, приваренных к щупам 12 и втулкам 13; кронштейнов 14 с упорами 15; рычагов 16, соединенных между собой возвратными пружинами 17.

Работает огневой культиватор следующим образом. По трубопроводу 2 через сопло 4 газ пода-

ется в смеситель-коллектор 5 (полость отрезка трубы). Туда же по «трубе-рубашке» 3 подается воздух, обволакивающий струю газа. Выходящую через газоздушные сопла 6 смесь газа и воздуха поджигают. При этом пламя горелок 1 и горячий воздух, сконцентрированные под щитом-отражателем 7, обжигают листья и семена сорных растений. Пламя концевой сопла 10 направляется в область рядов насаждений под острым углом вниз. При движении агрегата щуп 12, коснувшись штамба 18, отклоняется в сторону, противоположную направлению движения, при этом приваренная к нему дугообразная заслонка 11 поворачивается вокруг оси и перекрывает пламя от концевой сопла 10, не допуская прямого контакта со штамбом насаждения 18. После прекращения контакта щупа 12 со штамбом 18, под действием возвратной пружины 17 заслонка 11 возвращается в исходное положение, поворачиваясь до упора 15 на кронштейне 14, который вместе с пружиной 17 удерживает заслонку 11 с щупом 12 в фиксированном положении до встречи с очередным препятствием. Пластины-ножи 9, приваренные к полозкам 8, образуя полозья-коньки и, врезаясь в землю, обеспечивают прямолинейное движение и не допускают бокового скольжения агрегата на склоновых землях.

Выводы. Немеханические методы обработки имеют невысокую экономическую эффективность и непредсказуемость экологических последствий в среднесрочной и долгосрочной перспективе.

Существующие технические средства не позволяют реализовать агротехнический уход за культурами в междурядьях, не обладают комплексом таких свойств, как высокая производительность при малой стоимости агрегата и эксплуатационных издержках, приспособленность к работе в садах и виноградниках, способность эффективно уничтожать сорную растительность.

Предлагаемая разработка (огневой культиватор) проста в изготовлении, имеет небольшую металлоемкость и возможность одновременно обрабатывать междурядья и ряды многолетних насаждений, обеспечивая высокую эффективность и ресурсосбережение технологического процесса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ресурсосберегающие системы обработки почвы / под ред. Макарова И.П. М.: Агропромиздат, 1990. 242 с.
2. Лачуга Ю.Ф., Савченко И.В., Чекмарев П.А., Шогенов Ю.Х., Кирсанов В.В., Шумов Ю.А., Голубев Д.А., Измайлов А.Ю., Мазитов Н.К., Кряжков В.М., Лобачевский Я.П., Елизаров В.П., Смирнов И.Г., Шайхов М.К., Жук А.Ф., Марченко О.С., Сорокин Н.Т., Белых С.А., Рычков В.А., Солдатова Т.Г. и др. Влагодобывающие

технологии, техника для обработки почв и использование минеральных удобрений в экстремальных условиях. ВНИМС. Рязань, 2014. 246 с.

3. Дворянкин Е.А., Колягин Ю.С. Влияние гербицидов группы Бетанала на физиологию формирования урожая // Сахарная свекла. 2005. N10. С. 10-11.

4. Тринка Д.Е. Огневой агрегат для борьбы с вредителями и сорной растительностью сельскохозяйствен-

ных культур // Труды Кишиневского СХИ, 1972. Вып. 109. С. 87-108.

5. Черников В.А., Алексахин Р.М., Голубев А.В. Альтернативные системы земледелия и их экологическое значение. М.: Колос, 2000. 535 с.

6. Кирюшин В.И. Методика разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия и технологий возделывания сельскохозяйственных культур. М.: МСХА, 1995. 81 с.

7. Черкасов Г.Н. Ресурсосберегающие технологии земледелия // Перспективы технологии для современного сельскохозяйственного производства: Сборник докладов Международной научно-практической конференции. Курск: РАСХН, ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии, 2005. 563 с.

8. Патент N2584481 РФ. Огневой культиватор /Абдулгалимов М.М. Бюлл. 2016.

REFERENCES

1. Resursosberegayushchie sistemy obrabotki pochvy [Resource-saving systems of the soil cultivation]. Ed. Makarov I.P. Moscow: Agropromizdat, 1990: 242. (In Russian)

2. Lachuga Yu.F., Savchenko I.V., Chekmarev P.A., Shogenov Yu.Kh., Kirsanov V.V., Shumov Yu.A., Golubev D.A., Izmaylov A.Yu., Mazitov N.K., Kryazhkov V.M., Lobachevskiy Ya.P., Elizarov V.P., Smirnov I.G., Shaykhov M.K., Zhuk A.F., Marchenko O.S., Sorokin N.T., Belykh S.A., Rychkov V.A., Soldatova T.G., et al. Vlogoakkumuliruyushchie tekhnologii, tekhnika dlya obrabotki pochvy i ispol'zovanie mineral'nykh udobreniy v ekstremal'nykh usloviyakh [Water storage technologies, machines for soil cultivation and mineral fertilization in extreme conditions]. Ryazan': VNIMS, 2014: 245. (In Russian)

3. Dvoryankin E.A., Kolyagin Yu.S. Effect of herbicides of Betanal group on physiology of yield formation. *Sakharnaya svekla*. 2005; 10: 10-11. (In Russian)

4. Trinko D.E. Flame aggregate for pest and weed control of agricultural crops. *Trudy Kishinevskogo SKhI*. 1972; 109:

87-108. (In Russian)

5. Chernikov V.A., Aleksakhin R.M., Golubev A.V. A'l'ternativnye sistemy zemledeliya i ikh ekologicheskoe znachenie [Alternative farming systems and ecological significance of them]. Moscow: Kolos, 2000. 535. (In Russian)

6. Kiryushin V.I. Metodika razrabotki adaptivno-landshaftnykh sistem zemledeliya i tekhnologiy vozdel'yvaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Methods for the development of adaptivelandscape systems of agriculture and technologies for crop cultivation]. Moscow: MSKhA, 1995: 81. (In Russian)

7. Cherkasov G.N. Resourcesaving technologies in soil management. *Perspektivy tekhnologii dlya sovremennogo sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva: Sbornik dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Kursk: RASKhN, VNII zemledeliya i zashchity pochv ot erozii, 2005: 563. (In Russian)

8. Patent N2584481 RF. Ognevoy kul'tivator [Flame cultivator]. Abdulgalimov M.M. Byull. 2016.

Критерии авторства. Все авторы несут ответственность за представленные в статье сведения и плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution. The authors are responsible for information and plagiarism avoiding.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.



УДК 658.52.011.56; 631.2:628.9

DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-5-43-48

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОЗДУХА И ОСВЕЩЕНИЯ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Юферев Л.Ю.*,
докт. техн. наук;

Довлатов И.М.,
аспирант;

Рудзик Э.С.

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, 1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Российская Федерация, *e-mail: leouf@yandex.ru

Отмечена актуальность проблемы обеззараживания, обеспыливания помещений и современные способы ее решения. При выращивании животных и птицы это может не только повысить продуктивность, но и облегчить работу персонала. Предложено автоматизировать систему обеззараживания и обеспыливания помещения, а также систему освещения. Разработан алгоритм, на основе которого написана универсальная программа на языке программирования C++. Проведена комплектация микропроцессорной платформы ARDUINO необходимыми датчиками. Программа внесена в микропроцессор ATMEGA, входящий в состав ARDUINO. За основу обеззараживающей системы взято двухкомпонентное устройство АРУФ, включающее в себя два компонента: ультрафиолетовый и аэрозольный модули. Каждый из алгоритмов (освещения и обеззараживания) состоит из трех частей: сбор и анализ данных; управление; вывод данных на дисплей. Последовательность составляет один цикл, который затем повторяется. В первой части на основе показаний датчиков осуществляется присвоение переменным некоторых значений. Во второй части на основе значений переменных происходит управление устройствами обеззараживания и освещения. В третьей части в результате изменения номера экрана и переменной возможны переключение дисплея и просмотр данных о состоянии установки и внешних параметров. Разработанное устройство универсально и пригодно для любых птицеводческих и животноводческих помещений. Все параметры (время начала и завершения работы АРУФ в пределах 24 ч, суточное время освещения определенного цикла, максимальная и минимальная влажность, длительность каждого цикла), на основе которых ведется контроль и управление, являются переменными, то есть оператор может задавать их с помощью дисплея в меню настроек.

Ключевые слова: автоматизация процесса, УФ-облучение, аэрозоль, животноводческое помещение, циклы освещения.

■ **Для цитирования:** Юферев Л.Ю., Довлатов И.М., Рудзик Э.С. Автоматизация процесса обеззараживания воздуха и освещения в сельскохозяйственных помещениях // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2017. N5. С. 43-48.

AUTOMATION OF AIR DISINFECTION AND LIGHTING IN AGRICULTURAL BUILDINGS

Yuferev L.Yu.*, Dr.Sc.(Eng.);

Dovlatov I. M.;

Rudzik E.S.

Federal Research Agro-engineering centre VIM, 1st Institutsky proezd, 5, Moscow, 109428, Russian Federation, *e-mail: leouf@yandex.ru

The article describes the urgency of this problem and modern ways of its solving. Modern disinfection and lighting systems are not developed enough. The authors proposed to automate the system of disinfection, dust removal and lighting in the farm building. We developed algorithm on the basis of which the universal program in the programming language C++ was written. Assembled the microprocessor set ARDUINO. The program is included in the microprocessor ATMEGA, which is part of ARDUINO. As a basis for the disinfection system, a two-component ARUF device was used, which includes two decontaminating components: an ultraviolet lamp and an aerosol dispenser. Each of the algorithms (lighting and disinfection) consists of 3 parts: data collection and analysis, control, data output to the display. The sequence of 3 parts is 1 cycle, then it repeated. In the first part on the basis of indications of sensors assignment to variables of some values was carried out. In the second part, based on the values of the variables, the decontamination and lighting devices are controlled. In the third part due to changing the screen number, variable, it is possible to switch the display and view the status of the installation and external parameters. The program, written on the basis of algorithms, is universal and suitable for almost any poultry and livestock buildings. All parameters (the time of the beginning and completion of the ARUF

operation within 24 hours, the daily time of the illumination of a certain cycle, the maximum and minimum humidity, the duration of each cycle) used for control and management are variables. Operator can set the items using the display in the menu.

Keywords: Process automation; UV radiation; Aerosol; Animal house; Lighting cycles.

■ **For citation:** Yuferev L.Yu., Dovlatov I.M., Rudzik E.S. Automation of air disinfection and lighting in agricultural buildings. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2017. N5. 43-48. DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-5-43-48. (In Russian).

Дезинфекция и правильные световые режимы – важные условия безопасности и эффективности животноводческих и птицеводческих комплексов.

Дезинфекцию проводят не только с целью профилактики и уничтожения возбудителей инфекционных болезней, но и для снижения уровня обсеменности внешней среды условно патогенной микрофлорой, которая, накапливаясь в больших количествах, может вызвать заболевание животных или снизить их продуктивность.

Цель исследования – разработка автоматизации системы обеззараживания и освещения в помещениях для выращивания птиц и животных, обоснование ее актуальности для сельхозпроизводства.

Для борьбы с патогенной микрофлорой мы предлагаем двухкомпонентное устройство, которое состоит из аэрозольного модуля и установки ультрафиолетового облучения.

Аэрозольный способ дезинфекции воздуха сокращает финансовые расходы по сравнению с вакцинацией, облегчает труд и экономит время обслуживающего персонала. Затраты на амортизацию оборудования и строительных конструкций снижаются в 4 раза.

Помимо влажной аэрозольной обработки используют сухие аэрозоли, получаемые при возгорании компонентов термической смеси или испаряющиеся в результате быстротекущей реакции между химическими веществами.

В присутствии животных дезинфекцию рекомендуют проводить, используя для этого 2%-ный раствор хлорамина. Например, для профилактической дезинфекции крольчатников в присутствии животных используют 2%-ный раствор хлорамина, 5%-ный раствор креолина, смесь 2%-ного раствора формальдегида с 1%-ным раствором едкого натра, 2%-ный раствор дезмола [1].

Возможны и другие компоновки состава аэрозольных смесей, например 20%-ный водный раствор резорцина (80 мг/м^3), 10%-ный раствор молочной кислоты (100 мг/м^3), йод-алюминий (0,2-0,3 г йода кристаллического, 0,01 г пудры алюминиевой и 3-4 капли воды на 1 м^3), 20%-ный спиртовой раствор риванола (80 мг/м^3) и др.

Второй компонент устройства обеззараживания – ультрафиолетовое облучение (УФ). Оно сни-

жает количество болезнетворных микроорганизмов. Это электромагнитное излучение, охватывающее диапазон длин волн от 100 до 400 нм оптического спектра электромагнитных колебаний, то есть спектр между видимым и рентгеновским излучением [4]. УФ-обеззараживание является электрофизическим воздействием и не требует при обработке помещений дополнительных затрат.

Для обеззараживания ультрафиолетом используется диапазон длин волн 205-315 нм. Благодаря УФ-излучению возникает деструктивно-модифицирующее фотохимическое повреждение ДНК клеточного ядра микроорганизма. В результате проведенных опытов и наблюдений установлено, что наилучшее бактерицидное воздействие проявляется при длине волн 254 нм. Эффективность воздействия УФ-излучения на разные микроорганизмы различна. Наибольшее распространение в помещениях имеют кишечные палочки (*Escherichia coli*), стафилококки (*Streptococcus progenies*) и сальмонелла (*Salmonella*) [10, 11].

Принцип действия ультрафиолетовых бактерицидных ламп основан на пропускании электрического разряда через разреженный газ (включая пары ртути), находящийся внутри герметичного корпуса.

Наибольшее распространение, благодаря высокоэффективному преобразованию электрической энергии в излучение, получили разрядные ртутные лампы низкого давления. В них процесс электрического разряда в аргоно-ртутной смеси переходит в излучение длиной волны 253,7 нм. Эти лампы имеют высокой срок службы – 5000-8000 ч [5]. Известны ртутные лампы высокого давления, которые при небольших габаритных размерах обладают большой единичной мощностью – 100-1000 Вт, что позволяет в отдельных случаях уменьшить число облучателей в бактерицидной установке. С другой стороны, они малоэффективны, имеют низкую бактерицидную эффективность, срок их службы в 10 раз меньше по сравнению с лампами низкого давления, и поэтому не нашли широкого применения [3].

Установки с УФ-облучением бывают открытого и закрытого типа. Рассмотрим устройство закрытого типа, которое можно использовать в присутствии персонала.

Преимущества использования УФ-установок

для профилактической дезинфекции следующие:

- дезинфекция экологически безопасна;
- длина волн 100-280 нм повреждает молекулы ДНК микроорганизма, тем самым предотвращая его дальнейшее развитие;
- доказана эффективность УФ-излучения в борьбе с возбудителями вирусных инфекций;
- применение бактерицидных установок рекомендовано санитарно-эпидемиологическими нормами и правилами Российской Федерации [6].

На рост и продуктивность животных и птицы влияет также освещение, которое можно переводить на дневной и ночной режим (таблица).

Table Таблица		
РЕКОМЕНДАЦИЯ ПО СУТОЧНОМУ ОСВЕЩЕНИЮ ДЛЯ КУР RECOMMENDATION FOR DAILY LIGHTING FOR THE HENS		
Возраст, недели Age, weeks	Блок темноты, ч Block of darkness, hours	Световой день Daylight hours, from... to
1-2	0-1	23-24 ч
3	8	с 9:00 до 1:00
4	10	с 9:00 до 23:00
5	12	с 9:00 до 21:00
6	14	с 9:00 до 19:00
с 17 по 18	15	с 9:00 до 18:00
19	14	с 8:00 до 18:00
20	13	с 8:00 до 19:00
21	11	с 6:00 до 19:00
22	9	с 4:00 до 18:00
с 25 и далее	8	с 3:00 до 18:00

Механизмы воздействия освещения на птицу достаточно хорошо изучены. Основные параметры освещения, влияющие на жизнедеятельность кур, – это освещенность, спектр излучения осветителей, длительность светового дня и ее регулировка [2].

Для выращивания свиней на мясо могут использоваться безоконные свиноводческие помещения с регулируемым искусственным освещением; для поросят в возрасте от 2 до 4 мес. продолжительность освещения составляет 5 ч (тремя периодами по 1 ч 40 мин), для молодняка от 4 мес. до завершения откорма – 3 ч 20 мин (двумя периодами по 1 ч 40 мин).

Автоматизация животноводческих помещений позволяет уменьшить количество персонала и тем самым снизить себестоимость товара (продукта) [9].

В настоящее время комплексная автоматизация развита недостаточно: включение и отключение света, проведение дезинфекций, контроль влажности и температуры выполняет обслуживающий персонал. Это обстоятельство может негативно отразиться как на операторах (вредное воздействие ультрафиолета и аэрозолей), так на здоровье и продуктивности животных и птицы из-за влияния человеческого фактора [7, 8].

Материалы и методы. Для управления процессами необходимо разработать алгоритм и написать программу, с помощью которой будет осуществляться автоматический контроль обеззараживания сельскохозяйственного помещения и управление циклами освещения. Для этого надо: определить необходимые параметры, установить переменные; собрать микропроцессорный комплект ARDUINO; внести программу в микропроцессор ATMEGA; совместить ARDUINO с обеззараживающим устройством АРУФ и системой освещения в помещении; провести испытание на производстве; выявить работоспособность, экономическую выгоду, надежность и безопасность автоматизированной системы.

Для автоматизации АРУФ использованы:

- микропроцессорная платформа ARDUINO с микропроцессором ATMEGA;
- часы реального времени ZS042 на микросхеме DS 3231;
- цифровые датчики температуры и влажности в помещении DHT11;
- флеш-карта Micro SD, запоминающая последние данные программы, что необходимо в случае аварийного отключения микропроцессорного комплекта, и Card reader;
- монтажная плата;
- реле для управления цепями высоких токов.

Пример автоматизации обеззараживания сельскохозяйственных помещений предложили на двухкомпонентном устройстве АРУФ, разработанном ФНАЦ ВИМ (рис. 1, 2). Составили алгоритм и написали специальную программу для микропроцессора ATMEGA, который входит в состав микропроцессорной платформы ARDUINO. С помощью ATMEGA ведется автоматический контроль внешних параметров (температуры, влажности, времени, присутствия человека).

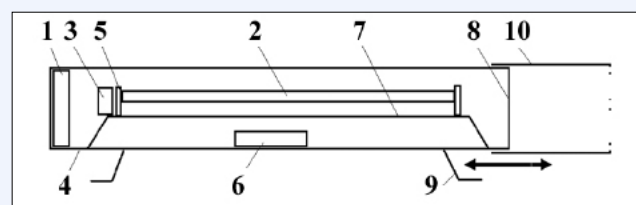


Рис. 1. Устройство АРУФ

1 – вентилятор; 2 – амальгамная УФ-лампа; 3 – рассекающий; 4 – корпус; 5 – ламподержатели; 6 – пускорегулирующая аппаратура; 7 – отражатель; 8 – перфорированные стенки; 9 – опоры; 10 – модуль с распылителем аэрозоля

Fig. 1. Device ARUF

1 – fan; 2 – amalgam UV lamp; 3 – divider; 4 – case; 5 – lamp holders; 6 – ballasts; 7 – reflector; 8 – perforated walls; 9 – supports; 10 – module with aerosol dispenser

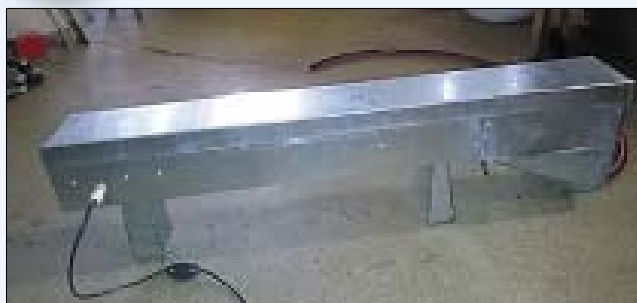


Рис. 2. Внешний вид АРУФ

Fig. 2. ARUF appearance

Все анализируемые данные выводятся на экран дисплея.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Благодаря составленному алгоритму автоматизации написана универсальная программа на языке программирования C++, которая самостоятельно контролирует работу АРУФ и освещения, а также позволяет задавать необходимые переменные.

Испытания планируется провести совместно с ВНИИ ветеринарной санитарии, гигиены и экологии.

Рассмотрим алгоритм автоматизации двухкомпонентного обеззараживающего устройства на примере АРУФ, разработанного в ФНАЦ ВИМ.

Представленные алгоритмы состоят из 3 частей:

- 1 - сбор и анализ данных;
- 2 - управление;
- 3 - вывод данных на дисплей.

Последовательность 3 частей составляет 1 цикл, который затем повторяется.

Рассмотрим алгоритм для АРУФ. Сначала определим переменные:

R – состояние аэрозоля ($R=1$ – аэрозоль вкл., $R=0$ – выкл.);

A – состояние АРУФ ($A=1$ – АРУФ вкл., $A=0$ – выкл.)

Z – состояние замка двери за предыдущий цикл ($Z=1$ – дверь открыта, $Z=0$ – закрыта);

N – порядковый номер экранов на дисплее (всего 3 экрана);

Δt – время нахождения человека в помещении, с.

Переменные определяют исходя из показаний датчиков:

a – показания датчика влажности, %;

b – показания датчика замка ($b=1$ – дверь открыта, $b=0$ – закрыта);

c – показания датчика температуры, °C;

τ – текущее время (показания часов реального времени), с;

d – показания кнопки для переключения экрана дисплея ($d=1$ – кнопка нажата, $d=0$ – кнопка не нажата).

Часть 1. Сбор и анализ данных

1) Начальное условие $\tau=00:00$ характеризует завершение суточного цикла. То есть, если показания часов реального времени τ удовлетворяют данному условию, то переменные Δt и A принимают

значение 0.

2) Если показания часов реального времени не равны 00:00, то проверяем следующее условие: попадают ли показания часов реального времени в интервал работы АРУФ от τ_1 до $\tau_2 + \Delta t$. Если не попадают, то переменная A принимает значение 0; τ_1 и τ_2 – настраиваемые параметры.

3) Если показания часов реального времени попадают в рабочий интервал, то $A=1$, далее проверяем показания датчика b . Если $b=0$, то переменная $Z=0$.

4) Если $b=1$, то есть в данный момент дверь открыта, необходимо проверить значение переменной Z за предыдущий цикл, то есть открылась ли дверь в текущий цикл $Z=0$ или дверь была уже открыта в предыдущий цикл $Z=1$.

5) Если дверь открылась в текущий цикл, то необходимо запомнить текущее время (показание часов реального времени) как $\tau_z = \tau$ и задать для переменной Z значение 1 (это необходимо для следующего цикла).

6) Если дверь была открыта в предыдущий цикл, то необходимо продлить Δt по формуле:

Δt (текущего цикла) = Δt (предыдущего цикла) + τ (текущее время) – τ_z (время, при котором дверь была открыта в предыдущем цикле),

а потом запомнить время $\tau_z = \tau$.

7) Далее анализируем показания датчика влажности a . Если относительная влажность воздуха в помещении выше допустимой влажности, то есть $a \geq a_{\max}$, то переменная R принимает значение 0.

8) Если относительная влажность не удовлетворяет условию $a \geq a_{\max}$, то проверяем, не ниже ли относительная влажность минимального значения, то есть $a \leq a_{\min}$. Если это так, то переменная R принимает значение 1. Если нет, следовательно, относительная влажность попала в интервал между $a_{\min}$ и $a_{\max}$, поэтому никакие действия не предпринимаются.

9) Далее проводим анализ датчика d . Если $d=1$ – кнопка нажата, поэтому необходимо поменять номер экрана дисплея на следующий экран по формуле $N+1$.

10) Следует учесть то, что номер экрана не может превышать свой максимальный номер. Если $N > N_{\max}$, то $N=0$.

Часть 2. Управление

На основании полученных значений переменных в предыдущем пункте мы можем провести управление АРУФ в целом и по отдельности – ультрафиолетовой лампой и аэрозолем:

1) Начинаем с рассмотрения условия параметра A . Если $A=0$, то АРУФ выключаем.

2) Если $A=1$, проверяем переменную Z . Если $Z=0$, то АРУФ выключаем. Если $Z=1$, то включаем ультрафиолетовую лампу.

3) Далее проверяем переменную R . Если $R=1$, то аэрозоль включаем, если $R=0$ – аэрозоль выключаем.

Часть 3. Вывод данных на дисплей

Дисплей содержит в себе 3 различных экрана, меняющихся в зависимости от значения переменной N .

1) Сначала мы задаем условие $N=0$. Если это так, то отображаться будет первый экран. При этом в зависимости от переменных A и Z первый экран будет меняться. Так, если $Z=1$, то на экране отображается «дверь откр.». Если $Z=0$ и $A=0$, то отображается «дверь закр.» и «до вкл. АРУФ...». Если $Z=0$ и $A=1$, то отображается «дверь закр.» и «до выкл. АРУФ...». Вместо «...» будет отображено оставшееся время.

2) Если $N \neq 0$, то следует условие $N=2$. Если это так, то будет отображаться второй экран. В зависимости от значения переменной R на экране может отображаться «АР вкл.»; «влажность ...» или «АР выкл.»; «влажность ...». Вместо «...» будет отображена относительная влажность воздуха в помещении, %.

3) Если $N \neq 0$ и $N \neq 1$, то задается условие $N=1$. Если это так, то отобразится третий экран «температура ...». Вместо «...» будет отображена температура воздуха в помещении, °C. Если нет, то остается последний экран, где отображены «настройки».

Далее рассмотрим второй алгоритм, представляющий автоматизацию освещения для разделения на дневные и ночные циклы, подходящий для любого сельскохозяйственного объекта.

По аналогии с предыдущим алгоритмом имеются те же 3 части.

Определение переменных:

X – номер цикла;

$L[X]$ – массив переменных, время длительности цикла, с;

$M_1[X]$ – массив переменных, время включения света в цикле, с;

$M_2[X]$ – массив переменных, время выключения света в цикле, с;

S – время начала цикла, с;

D – состояние света (вкл. или выкл.)

Часть 1. Сбор и анализ данных

1) Первое условие заключается в том, чтобы узнать истекло ли время определенного цикла. Если да, то начинается следующий цикл $X+1$ и обнуляется время начала цикла S .

2) Если $X > X_{\max}$, то $X=0$.

3) Далее проверяем, попадает ли текущее время t в рабочий интервал (когда свет включен) определенного цикла. Если да, то $D=1$. В ином случае $D=0$.

4) Далее проводим анализ датчика d . Если $d=1$ кнопка нажата, поэтому необходимо поменять номер экрана дисплея на следующий экран по формуле $N+1$.

муле $N+1$.

5) Если $N > N_{\max}$, то $N=0$.

Часть 2. Управление

При $D=1$ свет включается, при $D=0$ – выключается.

Часть 3. Вывод данных на дисплей

1) Сначала мы задаем условие $N=0$. Если это так, то отображаться будет первый экран «настройки».

2) Если $N \neq 0$, то следует условие $N=1$. Если это так, то отображаться будет второй экран. В зависимости от значения переменной D на экране может отображаться «№ цикла...»; «до вкл. света ...» или «№ цикла ...»; «до откл. света ...».

Учтено возникновение аварийного отключения системы автоматизации. Все последние данные запоминаются на флеш-карте, поэтому могут быть просто воспроизведены при перезапуске устройства.

Выводы. Установлено, что автоматизация процесса обеззараживания, обеспыливания и освеще-



Рис. 3. Экспериментальный макет микропроцессорного комплекса

Fig. 3. Experimental microprocessor complex

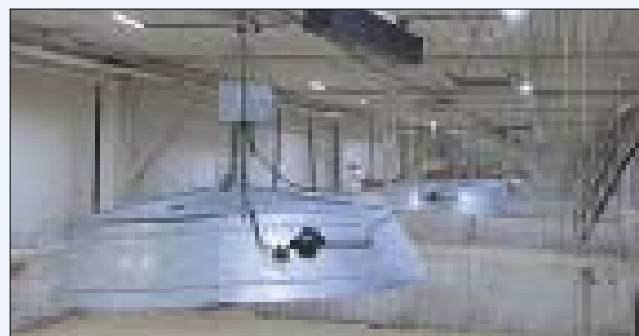


Рис. 4. АРУФ в сельхозпомещении

Fig. 4. ARUF in the agricultural house

ния позволяет значительно уменьшить трудовые затраты, исключить некорректную работу персонала, повысить эксплуатационную надежность и стабильность при выращивании птицы и животных.

Достоинством программно-аппаратного комплекса является то, что он может работать в любых птицеводческих и животноводческих помещениях, так как все параметры (время работы АРУФ, время освещения, номинальная влажность), на основе которых ведется контроль и управление необходимыми условиями, являются переменными, могут выставляться оператором с помощью дисплея.

Воздействие АРУФ может стать неблагоприятным для человека из-за ультрафиолетового излучения и аэрозольных смесей. Поэтому при посеще-

нии оператором помещения установка автоматически отключается, а время нахождения человека в помещении запоминается и является добавочным ко времени окончания работы АРУФ в суточном цикле.

Данная система позволяет изначально задавать

необходимые условия для контроля влажности, освещения, времени работы АРУФ. Таким образом, значительно облегчается работа обслуживающего персонала. Проведение обеззараживания помещения отвечает всем требованиям дезинфекции и безопасно как для животных, так и для человека.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Довлатов И.М. Обеззараживание воздуха в птицеводческих помещениях ультрафиолетовым излучением // *Инновации в сельском хозяйстве*. 2(23) 2017. С. 126-130.
2. Юферев Л.Ю., Алферова Л.К. Светотехника в сельском хозяйстве. М., 2016. 154 с.
3. Алферова Л.К., Юферев Л.Ю. Бактерицидная установка повышенной эффективности // *Техника в сельском хозяйстве*. 2002. №2. С. 29-31.
4. Алферова Л.К., Козлов А.И., Юферев Л.Ю. Ультрафиолетовый облучатель-озонатор // *Сельский механизатор*. 2000. №6. С. 35.
5. Юферев Л.Ю. Повышение эксплуатационных и энергетических характеристик облучателей «ОЗУФ» // *Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве: Труды международной научно-технической конференции*. 2006. Т. 3. С. 270-275.
6. Прокопенко А.А., Юферев Л.Ю. Эффективность применения УФ-облучателей – озонаторов «ОЗУФ» на объектах ветеринарного надзора // *Экология и сельскохозяйственная техника: Сборник материалов 4-й науч-*

но-практической конференции. М.: ВИЭСХ, 2005. С. 262-266.

7. Алферова Л.К., Юферев Л.Ю. Реле времени // *Сельский механизатор*. 2001. №9. С. 38.

8. Юферев Л.Ю., Юферева А.А. Система автоматического дистанционного управления для комплекта облучательно-озонирующих установок ОЗУФ // *Автоматизация сельскохозяйственного производства: Сборник докладов Международной научно-технической конференции*. М.: Росинформагротех, 2004. С. 86-88.

9. Алферова Л.К., Юферев Л.Ю. Автоматическое управление обеззараживанием воздуха в птицеводческих помещениях // *Автоматизация и информационное обеспечение производственных процессов в сельском хозяйстве: Сборник докладов IX Международной конференции*. М.: Росинформагротех, 2006. С. 529-530.

10. Prescott N.B., Wathes C.M. Spectral sensitivity of the domestic fowl. *British Poultry Science*. 1999; 3(40): 332-339.

11. Dindelgein W. Hygienprobleme in der Schweinemast. *Schweinezucht und Schweinemast*. 1972. №9. S. 246-248.

REFERENCES

1. Dovlatov I.M. Air decontamination in poultry house by UV radiation. *Innovatsii v sel'skom khozyaystve*. 2017; 2(23): 126-130. (In Russian)
2. Yuferev L.Yu., Alferova L.K. Svetotekhnika v sel'skom khozyaystve [Lighting engineering in agriculture]. Moscow, 2016: 154. (In Russian)
3. Alferova L.K., Yuferev L.Yu. Bactericidal installation of the increased efficiency. *Tekhnika v sel'skom khozyaystve*. 2002; 2: 29-31. (In Russian)
4. Alferova L.K., Kozlov A.I., Yuferev L.Yu. Ultra-violet irradiator ozonizer. *Sel'skiy mekhanizator*. 2000; 6: 35. (In Russian)
5. Yuferev L.Yu. Increase in operational and power characteristics of OZUF irradiators. *Energoobespechenie i energosberezhenie v sel'skom khozyaystve: Trudy mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii*. 2006. Vol. 3: 270-275. (In Russian)
6. Prokopenko A.A., Yuferev L.Yu. Efficiency of use of UF-irradiators – ozonizers OZUF on objects of veterinary supervision. *Ekologiya i sel'skokhozyaystvennaya tekhnika: Sbornik materialov 4-y nauchno-prakticheskoy konferentsii*.

М.: VIESKh, 2005: 262-266. (In Russian)

7. Alferova L.K., Yuferev L.Yu. Interval timer. *Sel'skiy mekhanizator*. 2001; 9: 38. (In Russian)

8. Yuferev L.Yu., Yufereva A.A. System of automatic remote control for a set of irradiating ozonizing OZUF installations. *Avtomatizatsiya sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva: Sbornik dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii*. Moscow: Rosinformagrotekh, 2004: 86-88. (In Russian)

9. Alferova L.K., Yuferev L.Yu. Air disinfecting automatic control in poultry houses. *Avtomatizatsiya i informatsionnoe obespechenie proizvodstvennykh protsessov v sel'skom khozyaystve: Sbornik dokladov IX Mezhdunarodnoy konferentsii*. Moscow: Rosinformagrotekh, 2006: 529-530. (In Russian)

10. Prescott N.B., Wathes C.M. Spectral sensitivity of the domestic fowl. *British Poultry Science*. 1999; 3(40): 332-339. (In English)

11. Dindelgein W. Hygienprobleme in der Schweinemast. *Schweinezucht und Schweinemast*. 1972. №9. S. 246-248. (In German).

Критерии авторства. Все авторы несут ответственность за представленные в статье сведения и плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution. The authors are responsible for information and plagiarism avoiding.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.



Рунов

Борис Александрович

24.05.1925-22.09.2017

22 сентября 2017 года

скончался Академик РАН,

**доктор технических наук, профессор,
Заслуженный деятель науки и техники РФ,**

Герой Советского Союза

Борис Александрович Рунов

Борис Александрович Рунов – Герой Советского Союза, прошел трудными дорогами Великой Отечественной войны, встретив победу над фашистскими захватчиками в Праге, где 4-я танковая армия освобождала Чехословакию от немецких войск.

После войны, окончив Московский институт механизации и электрификации сельского хозяйства, всю свою трудовую деятельность Борис Александрович посвятил научной и административной работе в области механизации сельскохозяйственного производства, прошел творческий путь от аспиранта до заместителя Министра сельского хозяйства СССР, доктора наук, профессора, академика.

В 1953 году защитил кандидатскую, а в 1973 – докторскую диссертацию.

Известна его деятельность на посту заведующего сельхозсектором ЦК КПСС, а также на ответственных должностях в Госагропроме СССР и ВАСХНИЛ, был академиком-секретарем, начальником отдела внедрения науки и передового опыта Российской академии сельскохозяйственных наук, советником посольства СССР в Канаде, членом Европейского экономического комитета ООН, ФАО и других международных организаций.

Борис Александрович – крупный ученый в области механизации и электрификации сельского хозяйства, его исследования были посвящены интенсификации растениеводства и животноводства, организации консультационной службы в агроинженерной сфере, применению информационных технологий и точного земледелия с использовани-

ем навигационных систем и внедрению их в различных регионах страны.

Он автор более 300 научных статей, трудов, монографий и брошюр по проблемам механизации и автоматизации в агропромышленном комплексе, рационального использования природных ресурсов, внедрения в производство передового опыта, инновационного пути развития агропромышленного комплекса страны.

Одна из четырех монографий «Промышленный откорм скота в США и Канаде» издана в семи зарубежных странах.

Академик Российской академии наук Рунов Б.А. совмещал научно-педагогическую работу с большой общественной деятельностью в Совете ветеранов и Консультационном совете Министерства сельского хозяйства РФ, участвовал в работе клуба героев Москвы и Московской области.

За ратные и трудовые подвиги Борис Александрович был отмечен высокими наградами родины: медалью Золотая звезда Героя Советского Союза, орденами Ленина, Трудового Красного Знамени, Отечественной войны I степени, двумя орденами Красной звезды, за заслуги перед Отечеством IV степени, медалями «За взятие Берлина», «За освобождение Праги», МСХ РФ, ВДНХ, А.В. Чайнова, Почетным званием заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации.

Светлая память

*о Борисе Александровиче Рунове
навсегда останется в наших сердцах.*

ПОДПИСКА 2018

**КАК
подписаться
на журнал?**



ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ!

Подписку на первое полугодие 2018 г. можно оформить
до 20 декабря включительно
в почтовых отделениях связи
по каталогу агентства «РОСПЕЧАТЬ»
Подписной индекс **35825**

ЖУРНАЛ
«СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИИ»
ВКЛЮЧЕН В ПЕРЕЧЕНЬ ВАК

Редакция журнала:

Тел.: 8 (499) 174-88-11, 8 (499) 174-89-01

E-mail: smit@vim.ru