

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ФРЕЗЕРНОЙ МАШИНЫ ДЛЯ НАРЕЗКИ ГРЯД

АЛДОШИН НИКОЛАЙ ВАСИЛЬЕВИЧ, докт. техн. наук, профессор

E-mail: naldoshin@yandex.ru

ПАНОВ АНДРЕЙ ИВАНОВИЧ, канд. техн. наук, доцент

E-mail: pandivof@mail.ru

МЕХЕДОВ МИХАИЛ АЛЕКСЕЕВИЧ, канд. с.-х. наук, доцент

E-mail: mihailm1a@rambler.ru

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

Обоснована схема конструкции фрезерной двухбарабанной машины для обработки почвы при современных грядовых технологиях возделывания овощных культур. Проведенные полевые испытания опытных образцов машины, разработанной совместно Федеральным агроинженерным центром ВИМ и Российским государственным аграрным университетом – МСХА имени К.А. Тимирязева, показали, что данная конструкция не всегда обеспечивает рыхление верхнего слоя почвы в соответствии с агротехническими требованиями для формирования гряд. Предложена математическая модель для компьютерных расчетов основных параметров рабочих органов машины-грядообразователя – диаметров и частот вращения фрезерных барабанов. Выполнено компьютерное моделирование и проведены расчеты кинематических показателей работы машины – подачи на нож и степени крошения (толщины стружки, отрезаемой ножами фрезерных барабанов), а также энергетических показателей, действующих на фрезерные барабаны сил сопротивления почвы, крутящих моментов, а также мощности передаваемой через вал отбора мощности трактора. Описанная математическая модель работы машины учитывает различные почвенные условия. Разработаны рекомендации по совершенствованию конструкции машины путем оснащения привода заднего фрезерного барабана от гидромотор-редуктора. В результате аналитических исследований определено, что для повышения качества обработки почвы и снижения энергетических затрат необходимо плавное регулирование частоты вращения заднего фрезерного барабана в пределах 150...200 мин⁻¹. Модернизированный фрезерный грядообразователь способен обеспечить качественное рыхление почвы на глубину до 12 см с измельчением пожнивных остатков и мульчирование поверхности поля зубьями заднего барабана под посадку картофеля, топинамбура в системе элитного семеноводства, а также нарезку гряд при возделывании моркови, салата и других овощей в открытом грунте для всех природно-климатических зон России.

Ключевые слова: фрезерование почвы, машина для нарезки гряд, возделывание овощей.

Формат цитирования: Алдошин Н.В., Панов А.И., Мехедов М.А. Совершенствование конструкции фрезерной машины для нарезки гряд // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горюхина». 2019. N1(89). С. 15-19.

IMPROVEMENT OF ROTARY MACHINE FOR RIDGE FORMING

NIKOLAY V. ALDOSHIN, DSc (Eng), Professor

E-mail: naldoshin@yandex.ru

ANDREY I. PANOV, PhD (Eng), Associate Professor

E-mail: pandivof@mail.ru

MIKHAIL A. MEKHEDOV, PhD (Ag), Associate Professor

E-mail: mihailm1a@rambler.ru

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

The authors present the design of a twin-rotor machine for ridge bed forming in cultivation of vegetables technologies. The field tests of the machine prototypes carried out jointly by Federal Agroengineering Center VIM and Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy have shown that this design does not always loosen the topsoil in accordance with the agronomic requirements for ridge formation. A mathematical model has been developed to enable computer calculations of the rational parameters of the machine's working parts – tiller rotor diameters and speeds. Computer simulations have been

performed to calculate the machine's kinematic parameters – feed to the cutter and the degree of crumbling (the thickness of soil cut off by the tiller rotors), as well as energy indicators – soil resistance forces acting on the rotors, driving torques, as well as the power transmitted through the tractor's power takeoff shaft. The considered mathematical model of the machine operation takes into account various soil conditions. Recommendations have been worked out to improve the machine design by driving the rear tiller rotor from the hydraulic motor. According to analytical studies, in order to improve the quality of tillage and reduce energy costs, it is necessary to smoothly change the rear rotor speed in the range between 150 and 200 min⁻¹. The upgraded machine will provide high-quality tillage at the depth of up to 12 cm with grinding of crop residues and mulching the field surface with teeth of the rear tiller rotor for planting potato and Jerusalem artichoke in the system of elite seed production, and cutting the ridges in the cultivation of carrot, lettuce and other vegetables in the open ground in all climatic zones of Russia.

Key words: rotary tillage, ridge cultivator, vegetable growing.

For citation: Aldoshin N.V., Panov A.I., Mekhedov M.A. Improvement of rotary machine for ridge forming. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*. 2019; 1(89): 15-19. (in Rus.).

Введение. В современных технологиях возделывания овощей одной из важных операций является нарезка гряд [1]. Проведенные исследования грядовой и грядово-ленточной технологий показали их эффективность на почвах разных типов: суглинистых, легкосуглинистых и супесчаных. Грядовая и грядово-ленточная технологии устойчивы к неблагоприятным воздействиям окружающей среды. Использование гряд позволяет повысить коэффициент размножения семенного материала, уменьшить количество вносимых пестицидов, что обеспечивает получение экологически чистой продукции.

Федеральным научным агроинженерным центром ВИМ совместно с Российским государственным аграрным университетом – МСХА имени К.А. Тимирязева разработана двухбарабанная фрезерная машина для образования гряд перед посадкой или посевом [2].

Проведенные испытания выявили, что данная машина выполняет технологический процесс нарезки гряд в соответствии с агротехническими требованиями на почвах легкого и среднего механического состава. В то же время на более тяжелых, суглинистых и глинистых почвах крошение верхнего слоя почвы может оказаться недостаточным.

Цель исследований – разработать математическую модель для расчета кинематических и энергетических показателей работы фрезерной двухбарабанной машины для нарезки гряд.

Материал и методы. В исследовании были использованы методы математического анализа, моделирования, эксперимент.

Расчетная схема машины и действующих в работе внешних сил приведена на рисунке 1.

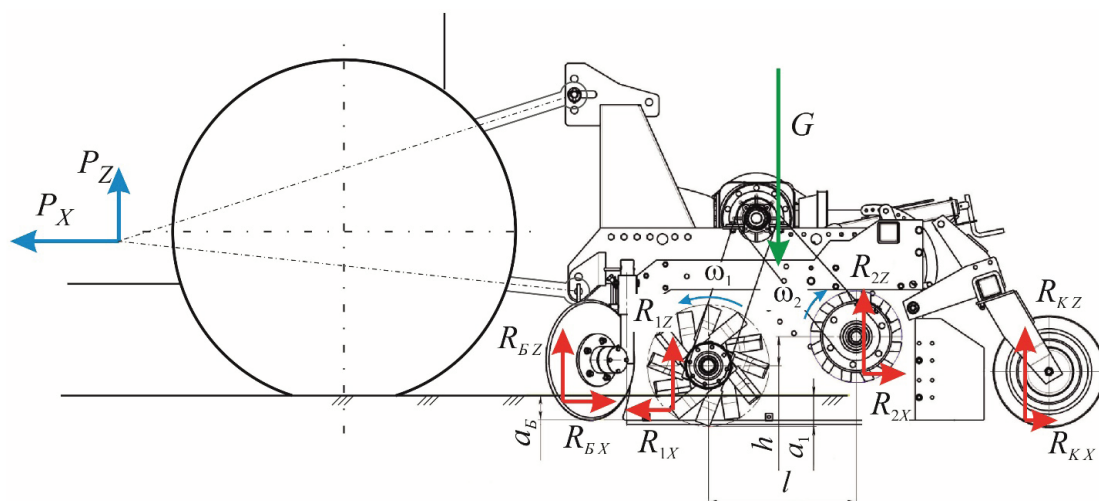


Рис. 1. Схема машины и внешних сил, действующих при работе в продольно-вертикальной плоскости

Fig. 1. Diagram of the machine and external forces acting when operating in the longitudinal-vertical plane

Фрезерная машина включает раму с навеской и механизмом привода редуктора и цепных передач; передний фрезерный барабан с изогнутыми Г-образными ножами, вращающимися по ходу движения с частотой ω_1 ; задний барабан с прямыми зубьями, вращающимися в противоположном направлении с частотой ω_2 ; два бороздообразующих диска, формирующих откосы гряды; два опорных

колеса на заднем бруске рамы для регулировки глубины обработки и высоты гряды. В результате технологического процесса образуется профилированное поле с трапециевидными грядами шириной по верху 1500 мм и бороздами глубиной до 185 мм, и шириной 300 мм.

Внешними силами при работе являются: сила тяжести G машины, силы реакции R_1 и R_2 при резании почвы

ножами первого и второго фрезерных барабанов, силы сопротивления почвы на бороздообразующих дисках R_B , реакции почвы R_X на опорных колесах машины.

Технологический процесс рыхления почвы на глубину a_1 осуществляется передним фрезерным барабаном радиуса r_1 . Кинематические и энергетические параметры работы фрезерной машины зависят от типа и геометрии рабочих органов [5].

Подача на нож и максимальная толщина стружки, определяющие степень крошения почвы, равны

$$s = \frac{2\pi r_1}{z\lambda}, \text{ м}; \quad \delta_{\max 1} = \frac{s}{r_1} \sqrt{2r_1 a_1 - a_1^2}, \text{ м}, \quad (1)$$

где $\lambda = \frac{\omega_1 r_1}{v}$ – показатель кинематического режима переднего фрезерного барабана при поступательной скорости v [6].

Результаты исследований. С учетом исходных данных проведено компьютерное моделирование работы переднего фрезерного барабана.

Исходные данные для расчета:

Глубина фрезерования $a_1 = 12 \dots 16$ см, $a_2 = 5 \dots 6$ см.

Ширина захвата машины $B = 1,2 \dots 1,8$ м.

Поступательная скорость машины $v = 1,0 \dots 2,0$ м/с.

Частоты вращения роторов $\omega_1 = 23,04$ рад/с; $\omega_2 = 27,03$ рад/с.

Радиусы фрезерных барабанов $R_1 = 0,235$ м; $R_2 = 0,175$ м.

Результаты проведенных расчетов показаны на рисунке 2.

Для определения энергетических показателей работы фрезерной машины в составе тягово-приводного комбинированного агрегата [3] необходимо учитывать все составляющие баланса мощности.

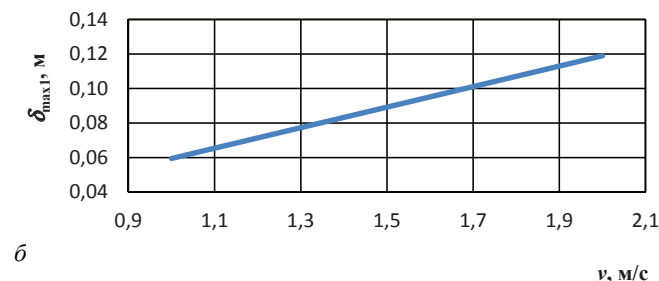
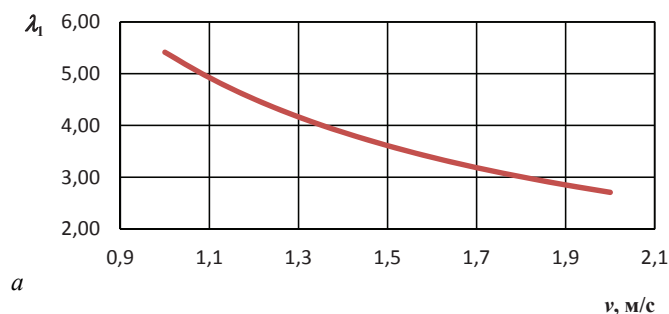


Рис. 2. Расчетные зависимости от скорости v машины для переднего фрезерного барабана:

- а) показателя λ кинематического режима;
- б) максимальной толщины $\delta_{\max 1}$ отрезаемой стружки

Fig. 2. The calculated relationship between the speed v of the machine and the front tiller rotor:

- а) kinematic mode indicator λ ;
- б) maximum thickness $\delta_{\max 1}$ of the soil cut-off

Составляющие сил сопротивления резанию почвы передним фрезерным барабаном равны (рис. 3):

$$R_{1x} = \frac{P_o \cos \psi}{\cos \psi'}; \quad R_{1z} = \frac{P_o \sin \psi}{\cos \psi'}, \text{ Н}, \quad (3)$$

где $P_o = \frac{M_{\phi}}{R}$; $\psi = \arctg \frac{R_z}{R_x}$.

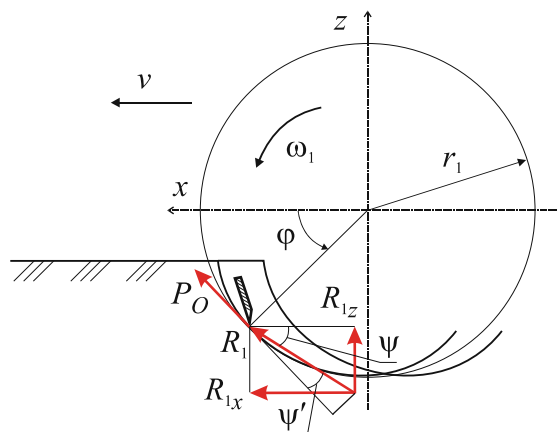


Рис. 3. Схема сил, действующих на нож переднего фрезерного барабана

Fig. 3. Diagram of the forces acting on the front tiller rotor knife

Для расчетов точка приложения равнодействующей R_1 берется на расстоянии $0,5a$ от дна борозды, а величины углов для острых ножей фрез составляют $\psi = 20^\circ$ и $\psi' = 15^\circ$ [6].

Мощность, передаваемая через ВОМ трактора на передний фрезерный барабан, зависит от свойств почвы и согласно [4] равна

$$N_{\phi 1} = a_1 B v \left(k_p + \frac{k_o v^2 \lambda^2}{1000} \right) / \eta, \text{ кВт}, \quad (4)$$

где a_1 – глубина хода ножей фрезерного барабана, м; B – ширина барабана, м; v – поступательная скорость, м/с; k_p и k_o – коэффициенты сопротивления резанию и отбрасыванию почвы, кПа и $\text{Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4$; $\eta = 0,8 \dots 0,84$ – КПД передачи (центрального и бортового редукторов).

Крутящий момент на переднем фрезерном барабане равен

$$M_{\phi 1} = N_{\phi 1} / \omega_1, \text{ кН} \cdot \text{м}. \quad (5)$$

Расчеты по формуле (4) проведены для различных почвенных условий, характеризуемых коэффициентами сопротивления: резанию почвы $k_p = 30 \dots 90$ кПа и отбрасыванию почвы при фрезеровании $k_o = 5 \dots 8$ $\text{Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4$.

Окончательное крошение комков пласта почвы производит задний фрезерный барабан с прямыми зубьями, действие которых на комки почвы, отбрасываемые первым ротором, носит ударный характер с позиций механики дробления материалов (рис. 4).

Действие ударной нагрузки от места контакта тел распространяется с конечной скоростью волны напряжений и деформаций [4]. Напряжение в комке при ударе зуба со скоростью $u = \omega_2 r_2$, м/с (где ω_2 – частота вращения, рад/с; r_2 – радиус барабана, м), будет равно $\sigma = u \sqrt{E \rho}$, Па (где E – модуль упругости, Па; ρ – плотность почвы, $\text{кг}/\text{м}^3$).

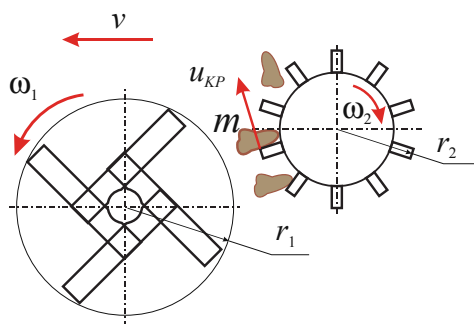


Рис. 4. Схема ударного воздействия заднего ротора на комки почвенного пласта, отбрасываемые передним ротором

Fig. 4. Diagram of the rear tiller rotor impact on soil layer clumps cast by the front tiller rotor

Задавая предельное значение напряжения σ_B разрушения почвы, Па, можно рассчитать критическое значение скорости удара, приводящего к крошению комков [7]

Расчетная зависимость критической скорости $u_{кр}$ удара от поступательной скорости v машины показана на рисунке 5.

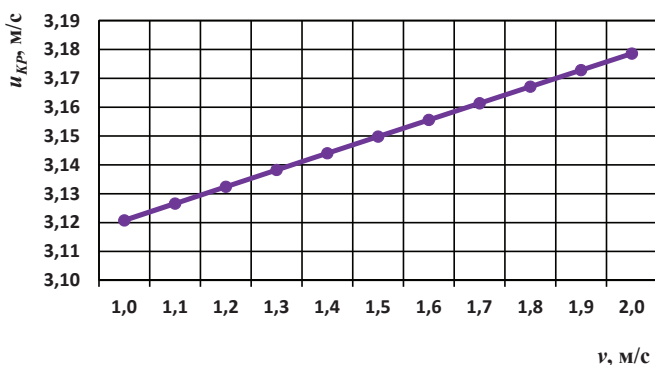


Рис. 5. Зависимость критической скорости $u_{кр}$ удара от поступательной скорости v машины

Fig. 5. Relationship between the critical velocity $u_{кр}$ of the impact and the translational speed v of the machine

Эта зависимость соответствует работе машины на суглинистой почве плотностью $\rho = 1600 \text{ кг/м}^3$ и модулем упругости $E = 2,0 \text{ МПа}$, при прочности комков $\sigma_B = 0,3 \text{ МПа}$, при $k_B = 0,2$.

С учетом обеспечения скорости $u_{кр}$ удара за счет окружной скорости $u_2 = \omega_2 r_2$ зубьев заднего фрезерного барабана требуемая частота вращения заднего барабана должна быть равна $n_2 = \frac{30\omega_2}{\pi}$, мин⁻¹.

Проведенные расчеты крошения комков почвы различного механического состава (легкосуглинистой, среднесуглинистой и глинистой) показывают, что при поступательной скорости машины $v = 1 \dots 2 \text{ м/с}$ частота вращения заднего барабана должна иметь возможность плавной регулировки в пределах $n_2 = 150 \dots 200 \text{ мин}^{-1}$. Фрезерный грядообразователь при этом будет обеспечивать качественное рыхление почвы на глубину до 12 см с измельчением пожнивных остатков

и мульчирование поверхности поля рабочими органами (зубьями) заднего барабана на глубину до 6 см под посадку семенного картофеля, топинамбура в системе элитного семеноводства, а также нарезку гряд при возделывании моркови, салата и других овощей в открытом грунте в соответствии с агротехническими требованиями.

Выводы

1. В современных технологиях возделывания овощных культур наилучшее качество нарезки гряд обеспечивает двухбарабанная фрезерная машина.
2. Для регулирования качества крошения почвы при подготовке к грядовой посадке или посеву овощей в различных почвенных условиях необходимо плавное изменение частоты вращения заднего фрезерного барабана в пределах 150...200 мин⁻¹.
3. Привод заднего фрезерного барабана вместо цепной передачи следует оснастить гидромотор-редуктором.

Библиографический список

1. SIMON. The designer-manufacturer of equipment for preparing soil and harvesting vegetables. Cultivateau market gardening twin rotor bed former. URL: <http://www.machines-simon.com/en/our-machines/soil-preparation/twin-rotor-bed-former/single-cultivateau/> (дата обращения: 15.10.2018).
2. Зволинский В.Н. Мосяков М.А., Семичев С.В. Опыт и перспективы применения двухбарабанных ротационных почвообрабатывающих орудий // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 2. С. 24-27.
3. Симоненко А.Н. Тягово-приводная характеристика машинно-тракторного агрегата // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2016. № 1 (71). С. 37-40.
4. Машиностроение. Энциклопедия в сорока томах. Сельскохозяйственные машины и оборудование. Т. IV-16 / И.П. Ксеневиц, Г.П. Варламов, Н.Н. Колчин и др. М.: Машиностроение, 2002. 720 с.
5. Martin Md.A., Fielkea John M., Desbiolles Jacky M.A. Furrow parameters in rotary strip-tillage: Effect of blade geometry and rotary speed. Biosystems Engineering, 2014; 118:7-15. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2013.10.015.
6. Ветохин В.И., Панов И.М., Шмонин В.А., Юзбашев В.А. Тягово-приводные комбинированные почвообрабатывающие машины. Теория, расчет, результаты испытаний: Монография. Киев: Феникс, 2009. 264 с.

References

1. SIMON. The designer-manufacturer of equipment for preparing soil and harvesting vegetables. Cultivateau market gardening twin rotor bed former. URL: <http://www.machines-simon.com/en/our-machines/soil-preparation/twin-rotor-bed-former/single-cultivateau/> (In English)
2. Zvolinskiy V.N., Mosyakov M.A., Semichev S.V. Opyt i perspektivy primeneniya dvukhbarabannykh rotatsionnykh pochvoobrabatyvayushchikh orudiy [Experience and prospects of using twin-rotor soil cultivators]. *Traktory i sel'hoz-mashiny*, 2016; 2: 24-27. (in Rus.).

3. Simonenko A.N. Tyagovo-privodnaya kharakteristika mashinno-traktornogo agregata [Traction-and-drive characteristics of a machine-tractor unit]. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*, 2016; 1 (71): 37-40. (in Rus.).

4. Ksenevich I.P., Varlamov G.P., Kolchin N.N. et al. Mashinostroeniye. Entsiklopediya v soroka tomakh. Sel'skohozyajstvennyye mashiny i oborudovanie [Engineering. Encyclopedia in forty volumes. Agricultural machinery and equipment] Vol. IV-16. Moscow, Mashinostroenie, 2002: 720. (in Rus.).

Критерии авторства

Алдошин Н.В., Панов А.И., Мехедов М.А. выполнили экспериментальную работу, на основании полученных результатов провели обобщение и написали рукопись. Алдошин Н.В., Панов А.И., Мехедов М.А. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 18.10.2018

5. Matin Md.A., Fielkea John M., Desbiolles Jacky M.A. Furrow parameters in rotary strip-tillage: Effect of blade geometry and rotary speed. *Biosystems Engineering*, 2014; 118:7-15. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2013.10.015 (In English)

6. Vetokhin V.I., Panov I.M., Shmonin V.A., Yuzbatshev V.A. Tyagovo-privodnye kombinirovannyye pochvoobrabatyvayushchiye mashiny. Teoriya, raschet, rezul'taty ispytaniy: monografiya [Traction-and-drive combined soil cultivators. Theory, calculation, test results: Monograph]. Kiev, Feniks, 2009: 264. (in Rus.).

Contribution

Aldoshin N.V., Panov A.I., Mehedov M.A. carried out the experimental work, on the basis of the results summarized the material and wrote the manuscript. Aldoshin N.V., Panov A.I., Mehedov M.A. have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

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

The paper was received on October 18, 2018

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ АПК / FARM MACHINERY AND TECHNOLOGIES

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

УДК 631.53.01.2

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ СПОСОБА ОЦЕНКИ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ СЕМЯН

АНДРЕЕВ ВЛАДИМИР КОНСТАНТИНОВИЧ, канд. техн. наук, доцент

E-mail: andreev_v_k@mail.ru

ВОСКОБОЙНИКОВ ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ, докт. техн. наук, профессор

E-mail: vosk1914@mail.ru

АНДРЕЕВА НАДЕЖДА ВЛАДИМИРОВНА, инженер

E-mail: fatelm@mail.ru

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

Методы определения жизнеспособности биологических объектов основаны на выявлении различий в их реакции на воздействие внешних параметров среды. Для анализа существующих методов определения жизнеспособности семян и создания предпосылок для разработки экспрессного метода оценки этого показателя использованы основы анализа процессов вещественно-энергетических преобразований материальных систем при протекании в них биотехнологических процессов. Общим подходом анализа биотехнологических процессов, протекающих при хранении и последующей их циклической активизации, являются закономерности многовариационных превращений энергии, т.е. по существу это термодинамический подход. Согласно этому положению, биосистема зерновки сравнивалась с четырьмя системами: изолированной, энергетически консервативной, динамически стационарной и динамически квазистационарной. Формализованы энергетические условия, при которых биосистемы под влиянием внешних воздействий скачкообразно переходят в другое качественное состояние. По форме переходного процесса судят о жизнеспособности исследуемых зерновок. Теоретически обосновано, что оценку жизнеспособности семян экспрессным методом можно производить только в результате катастрофического перехода из одного физиологического состояния семени в другое в результате экстремальных воздействий с контролем внутренней энергии, преобразующейся при ответной физиологической реакции. Предложено получать информацию о преобразовании внутренней энергии семенами пшеницы с помощью измерений биоэлектрических параметров.

Ключевые слова: термодинамика, жизнеспособность семян, способы оценки жизнеспособности семян, воздействия на биосистему, отклик биосистемы на воздействия, диссипаторы.