ТЕХНОЛОГИИ, СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ



УДК 581.1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАКОПЛЕННОЙ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ ИМПУЛЬСНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА СЕМЕНА[1]

© 2018 г. М.В. Суханова, В.П. Забродин, А.В. Суханов

В статье приводится методика определения накопленной потенциальной энергии при импульсном физическом воздействии на семена. Анализ исследований, описывающих влияние импульсных воздействий, вызванных действием ударной волны на всхожесть семян различных культур, показал, что с увеличением ударного воздействия всхожесть семян вначале возрастает, достигая максимума, а затем снижается. При этом максимальная всхожесть наблюдается при различных значениях ударных нагрузок и зависит от размеров семян, сорта, материала ударяемой поверхности и других факторов. Несмотря на различные значения ударных нагрузок, характер протекания кривых всхожести имеет общую особенность. Сначала с ростом ударной нагрузки до некоторого определенного значения всхожесть семян возрастает, достигая максимума, а затем она убывает. При этом характер кривых всхожести имеет одинаковый вид. Это позволяет предположить, что на всхожесть семян и на другие жизненно важные процессы оказывает влияние энергия, накопленная семенами, при импульсном воздействии. На основании проведенных исследований сделан вывод о том, что на всхожесть и на другие жизненно важные процессы семян оказывает влияние накопленная семенами энергия, и существуют определенные режимы внешних импульсных воздействий различной природы (механические, магнитные и т.д.), способствующие увеличению биоэнергетического потенциала семян. В результате проведенных исследований определена накопленная потенциальная энергия и выявлены факторы, влияющие на всхожесть семян при импульсном воздействии. Полученная зависимость для определения накопленной потенциальной энергии при ударном действии внешней нагрузки позволяет рассчитать оптимальные режимы ударного воздействия на семена, способствующие увеличению биоэнергетического потенциала семян.

Ключевые слова: импульсные воздействия, биоэнергетический потенциал семян, всхожесть, удар, потенциальная энергия семян.

The technique of definition saved up potential energy a pulse physical impact on seeds is given. The analysis of the researches describing influence of the pulse impact caused by action of a shock wave on viability of the various seeds has shown that with increase in shock influence the viability of seeds increases in the beginning, reaching a maximum, and then decreases. At the same time the maximum viability is observed at various values of shock loadings and depends on the sizes of seeds, a grade, material of the struck surface and other factors. Despite various values of shock loadings, the nature of viability curves has the general feature. At first with growth of shock loading the viability of seeds increases up to some certain value, reaching a maximum, and then it decreases. The identical type of viability curves allows to assume the energy which is saved up by seeds at pulse influence exerts impact on viability of seeds and on other vital processes. On the basis of the conducted researches the conclusion is drawn that the energy which is saved up by seeds exerts impact on viability and on other vital processes of seeds, and there are certain modes of external pulse influences of various nature (mechanical, magnetic, etc.) promoting increase in bioenergy potential of seeds. As a result of the conducted researches the saved-up potential energy is defined and the factors influencing viability of seeds at pulse influence are revealed. The received dependence for definition of the saved-up potential energy at shock action of external loading allows find the optimum modes of shock impact on the seeds promoting increase in bioenergy potential of seeds.

Keywords: pulse influences, bioenergy potential of seeds, viability, blow, potential energy of seeds.

[1] Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 17-01-00323/18.

Введение. Для повышения биоэнергетического потенциала семян сельскохозяйственных культур применяют различные методы воздействия. Эти методы условно разделяют на методы биологического, химического и физического воздействия.

В данной работе определим накопленную потенциальную энергию при импульсном физическом воздействии на семена.

В технологиях производства зерновых культур семена подвергаются механическому воздействию со стороны рабочих органов машин в течение всего технологического процесса возделывания – от посева до уборки. В процессе подготовки к посеву семена подвержены механическому воздействию рабочих органов сельскохозяйственной техники [1]. В процессе переработки, хранения и уборки семена взаимодействуют с мотовилом жатки, транспортирующими органами, молотильным устройством.

Методика и результаты исследований. Анализ исследований, выполненных учеными [2–8], дает основание сделать предположение о том, что на всхожесть семян и на другие жизненно важные процессы, протекающие в семени, оказывает влияние потенциальная энергия, накопленная семенами при импульсном воздействии [9–12].

Для определения накопленной потенциальной энергии при импульсном действии нагрузки рассмотрим взаимодействие сферической частицы массой m с отражающей поверхностью рабочего органа сельскохозяйственных машин.

Пусть зерновка массой m, движущаяся со скоростью $Vз$, сталкивается с неподвижной поверхностью. При ударе часть кинетической энергии частицы преобразуется в потенциальную энергию деформации, а часть кинетической энергии возвращается частице после отражения. Уравнение энергетического баланса будет иметь вид:

$$U = T_y - T_{от}, \quad (1)$$

где U – потенциальная энергия деформации частицы и отражающей поверхности;

T_y – кинетическая энергия частицы до удара;

$T_{от}$ – кинетическая энергия частицы после удара.

Потенциальная энергия деформации частицы и отражающей поверхности определится выражениями:

$$U_з = \frac{P_д \cdot \Delta l_з}{2}; \qquad U_п = \frac{P_д \cdot \Delta l_п}{2}, \quad (2)$$

где $U_з$– потенциальная энергия деформации частицы;

$U_п$ – потенциальная энергия деформации поверхности;

$P_Д$ – сила динамического воздействия на частицу и поверхность;

$\Delta l_з$ – абсолютная деформация частицы;

$\Delta l_п$ – абсолютная деформация поверхности.

Абсолютные деформации частицы и поверхности связаны с размерами и жесткостью выражениями:

$$\Delta l_ч = \frac{P_д \cdot c}{E_з \cdot F_з}; \qquad \Delta l_п = \frac{P_д \cdot \Delta_п}{E_п \cdot F_п}, \quad (3)$$

где c – толщина зерновки;

$E_з$, $E_п$ – модули Юнга, соответственно, частицы и поверхности;

$F_з$, $F_п$ – площадь деформированной поверхности соответственно, частицы и поверхности;

Δп – толщина деформированной поверхности;

$P_Д$ – динамическая (мгновенная) сила.

Подставив значения абсолютных деформаций из (3) в выражения потенциальной энергии (2), получим:

$$U_з = \frac{P_д^2 \cdot c}{2E_з \cdot F_з}; \qquad U_п = \frac{P_д^2 \cdot \Delta_п}{2E_п \cdot F_п}. \quad (4)$$

Кинетическая энергия, накопленная частицей в момент удара,

$$T_у = \frac{m_з \cdot V_у^2}{2}, \quad (5)$$

где $m_з$ – масса частицы;

$V_у$ – скорость частицы в момент удара.

Часть кинетической энергии возвращается частице после отражения от поверхности. Скорость отражения связана со скоростью удара $V_у$ соотношением

$$V_{от} = V_у \cdot k_в, \quad (6)$$

где $k_в$ – коэффициент восстановления.

Тогда кинетическая энергия частицы после отражения будет равна:

$$T_{от} = \frac{m_з \cdot V_у^2 \cdot k_в^2}{2}. \quad (7)$$

Подставив полученное выражение в уравнение энергетического баланса (1), после преобразований получим уравнение потенциальной энергии, накопленной частицей и отражающей поверхностью:

$$U = \frac{m_з \cdot V_у^2}{2}(1 - k_в^2). \quad (8)$$

Приравнивая правые части выражений (4) и (8) и учитывая, что потенциальная энергия зерновки определяется из выражения $U_з = U - U_п$, получим

$$U_з = m_з \cdot V_у^2(1 - k_в^2) - \frac{P_д^2 \cdot \Delta_п}{E_п \cdot F_п}. \quad (9)$$

Из теоремы об изменении количества движения следует, что

$$m_з \cdot V_у = P_д \cdot \Delta t,$$

где Δt – время ударного взаимодействия зерновки с отражающей поверхностью.

Тогда мгновенная сила будет равна:

$$P_д = \frac{m_з \cdot V_у}{\Delta t}.$$

Подставив в (9) вместо $P_д$ его значение, получим выражение для определения потенциальной энергии, накопленной частицей при ударном действии нагрузки:

$$U_з = m_з \cdot V_у^2 \left((1 - k_в^2) - \frac{m_з \cdot \Delta_п}{(\Delta t)^2 \cdot E_п \cdot F_п} \right). \quad (10)$$

Полученная зависимость позволяет определить накопленную потенциальную энергию семян и оценить степень влияния различных внешних факторов на всхожесть семян.

В результате проведенных исследований определена накопленная потенциальная энергия и выявлены факторы, влияющие на всхожесть семян при импульсном воздействии.

Выводы и заключение. Определение накопленной потенциальной энергии при импульсном действии внешней нагрузки позволяет рассчитать оптимальные режимы ударного воздействия на семена, способствующие увеличению биоэнергетического потенциала семян.

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке Гранта РФФИ №17-01-00323/18.

Конфликт интересов. Авторы подтверждают, что представленные данные не содержат конфликта интересов.

Литература

1. The Sowing of Grain Crops in Dry Conditions / I.N. Krasnov, A.V. Kasyanenko, I.A. Kravchenko, V.V. Miroschnikova, T.N. Tolstoukhova // International Journal of Advanced Biotechnology and Research. – 2017. – Vol. 8. – Issue 4. – P. 957–963.

2. Исследование ударного воздействия механического устройства на семена озимой пшеницы / В.П. Забродин, А.Ф. Бутенко, М.В. Суханова, С.М. Чепцов // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2018. – Т. 12. – № 2. – 48 с. – С. 14–18.

3. Нефедьева, Е.Э. Действие импульсного давления на прорастание семян / Е.Э. Нефедьева, Н.Г. Мазей // Влияние физических, химических и экологических факторов на рост и развитие растений: материалы 4-й Всероссийской научной конференции в МГОПИ. – Орехово-Зуево, МГОПИ, 2007. – С. 33–35.

4. Нефедьева, Е.Э. Особенности стрессовой реакции растений гречихи на ударно-волновое воздействие / Е.Э. Нефедьева, В.Н. Хрянин // Доклады академии наук. – 1999. – Т. 368. – № 2. – С. 286–288.

5. Сидорцов, И.Г. Установка для предпосевной обработки семян // Техника в сельском хозяйстве. – 2007. – № 3. – С. 61–62.

6. Механизм увеличения водопоглощения семян под воздействием магнитного поля / К.Х. Попандопуло, Н.В. Ксенз, И.Г. Сидорцов, Б.Н. Сорокин // Вестник аграрной науки Дона. – 2010. – № 1. – С. 10–15.

7. Пат. 165280 U1 РФ, МПК G01P 3/38. Устройство для определения скорости зерна при ударе / Чепцов С.М., Бутенко А.Ф. – № 2016108740/28; заявл. 10.03.2016; опубл. 10.10.2016, Бюл. № 28.

8. Пат. 2618106 Российская Федерация. Способ предпосевной обработки семян и устройство для его осуществления / Суханова М.В., Суханов А.В., Малиновский С.В.; заявитель и патентообладатель Суханова М.В. – № 2016101318; заявл. 19.01.16; опубл. 02.05.17, Бюл. № 13. – 4 с.

9. Теняев, А.В. Доброе семя – добрые всходы / А.В. Теняев, Н.М. Донскова // Защита и карантин растений. – 2004. – № 3. – С. 12–13.

10. Снижение повреждаемости семян при протравливании / Р.Р. Камалетдинов, Э.Р. Хасанов, Ф.Н. Галлямов, М.Х. Байгускаров // Научное обеспечение устойчивого функционирования и развития АПК: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием в рамках XIX Международной специализированной выставки «АгроКомплекс-2009». – Ч. I. – Уфа: ФГОУ ВПО Башкирский ГАУ, 2009. – С. 82–84.

11. Hongze L., Konglai Z. Ecological agriculture comprehensive efficiency evaluation Index system and assessment method // China Forestry Economy. – 2007. – № 9. – P. 19–22, 38.

12. Beylis, V.M. Classification of the machine technological systems in plant industry / V.M. Beylis // Agricultural machinery and technologies. – 2015. – № 5. – P. 38–42.

References

1. Krasnov I.N., Kasyanenko A.V., Kravchenko I.F., Miroschnikova V.V., Tolstoukhova T.N. The Sowing of Grain Crops in Dry Conditions, *International Journal of Advanced Biotechnology and Research*, Vol. 8, Issue 4, 2017, pp. 957–963.

2. Zabrodin V.P., Butenko A.F., Sukhanova M.V., Chepczov S.M. Issledovanie udarnogo vozdejstviya mekhanicheskogo ustrojstva na semena ozimoj pshenicy [Research of shock impact of the mechanical device on the winter wheat seeds], *Sel`skokhozyajstvennye mashiny i tekhnologii*, 2018, T. 12, No 2, 48 p., pp.14–18. (In Russian)

3. Nefed`eva E.E., Mazej N.G. Dejstvie impul`snogo davleniya na prorastanie semyan [of Pulse pressure action at the germination of seeds], *Vliyanie fizicheskikh, khimicheskikh i ekologicheskikh faktorov na rost i razvitie rastenij: materialy 4-j Vserossijskoj nauchnoj konferencii v MGOPI*, Orekhovo-Zuevo, MGOPI, 2007, pp. 33–35. (In Russian)

4. Nefed`eva E.E., Khryanin V.N. Osobennosti stressovoj reakcii rastenij grechikhi na udarno-volnovoe vozdejstvie [Stressful reaction features of buckwheat plants to

shock-wave influence], *Doklady akademii nauk*, 1999, T. 368, No 2, pp. 286–288. (In Russian)

5. Sidorczov I.G. Ustanovka dlya predposevnoj obrabotki semyan [Device for preseeding processing of seeds], *Texnika v sel`skom xozyajstve*, 2007, No 3, pp. 61–62. (In Russian)

6. Popandopulo K.X., Ksenz N. V., Sidorczov I.G., Sorokin B.N. Mexanizm uvelicheniya vodopogloshheniya semyan pod vozdejstviem magnitnogo polya [Mechanism of increase in water absorption of seeds under the influence of magnetic field], *Vestnik agrarnoj nauki Dona*, 2010, No 1, pp. 10–15. (In Russian)

7. Chepczov S.M., Butenko A.F. Ustrojstvo dlya opredeleniya skorosti zerna pri udare [Device for determination of grain speed at blow], pat. 165280 U1, RF, No 2016108740/28, zayavl. 10.03.2016; opubl. 10.10.2016, Byul. No 28. (In Russian)

8. Sukhanova M.V., Sukhanov A.V., Malinovskij S.V. Sposob predposevnoj obrabotki semyan i ustrojstvo dlya ego osushhestvleniya [Method of preseeding process and the device for its implementation], pat. 2618106 RF, zayavitel` i patentoobladatel` Suxanova M.V., No 2016101318, zayavl. 19.01.16, opubl. 02.05.17, Byul. No 13, 4 p. (In Russian)

9. Tenyaev A.V., Donskova N.M. Dobroe semya – dobrye vskhody [Kind seed – kind shoots], *Zashhita i karantin rastenij*, 2004, No 3, pp. 12–13. (In Russian)

10. Kamaletdinov P.P., Khasanov E.R., Gallyamov F.N., Bajguskarov M.X. Snizhenie povrezhdaemosti semyan pri protravlivanii [Seeds damageability decrease at a preseeding process], *Nauchnoe obespechenie ustojchivogo funkcionirovaniya i razvitiya APK: materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem v ramkax XIX Mezhdunarodnoj specializirovannoj vystavki «AgroKompleks-2009»*, Ch. I, Ufa, FGOU VPO Bashkirskij GAU, 2009, pp. 82–84. (In Russian)

11. Hongze L., Konglai Z. Ecological agriculture comprehensive efficiency evaluation Index system and assessment method, *China Forestry Economy*, 2007, No 9, pp. 19–22, 38.

12. Beylis V.M. Slassification of the machine technological systems in plant industry, *Agricultural machinery and technologies*, 2015, No 5, pp. 38–42.

Сведения об авторах

Суханова Майя Викторовна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Высшая математика и механика», Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет» в г. Зерноград (Ростовская область, Российская Федерация).

Забродин Виктор Петрович – доктор технических наук, профессор кафедры «Высшая математика и механика», Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет» в г. Зерноград (Ростовская область, Российская Федерация).

Суханов Андрей Валерьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Вычислительная техника и автоматизированные системы управления», ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения», старший научный сотрудник Центра инновационных и интеллектуальных технологий Ростовского филиала АО «НИИАС» (Российская Федерация).

Information about the authors

Sukhanova Mayya Victorovna – Candidate of Technical Sciences, associate professor of the High mathematics and mechanics department, Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of FSBEI HE «Don State Agrarian University» in Zernograd (Rostov region, Russian Federation).

Zabrodin Victor Petrovich – Doctor of Technical Sciences, Professor of the High mathematics and mechanics department, Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of FSBEI HE «Don State Agrarian University» in Zernograd (Rostov region, Russian Federation).

Sukhanov Andrey Valerievich – Candidate of Technical Sciences, associate professor of the Computer facilities and automated control systems department, Rostov State Transport University, senior research associate of the innovative and intellectual technologies, Center of the JSC «NIIAS» (Russian Federation).