

## Изследвания при математическо моделиране на загубите от зърнокомбайн

Лъчезар Йорданов

*Research unto mathematical modeling of grain losses from combine harvester: The paper the presented the results of a study of mathematical models for loss of grain combine harvester. Presented a techno-economic optimization model of the work of combine harvester working on flat terrains. The model describes the ongoing processes in the combine harvester and its dependencies are displayed losses of grain, and the results are presented graphically.*

**Key words:** grain harvester, grain losses, mathematical modeling.

### ВЪВЕДЕНИЕ

За ефективността от работата на зърнокомбайн се съди от количеството и качеството на получената зърнена продукция и преките експлоатационни разходи при реализацията на технологичния процес. Случайно изменящите се външни въздействия (добив, влажност, сорт на прибираната култура, сламистост, полегалост на посева, наклон на терена и др.) много често се явяват причина да не могат да бъдат използвани проектите им възможности, както за производителност, така и за качество на работа [1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9]. Напоследък в световната практика на селскостопанското производство съществува ясно изразена тенденция към използване на електронни устройства и системи с различна степен на сложност за автоматичен контрол на технологичните процеси в селскостопанските машини [4]. Особено актуален е проблемът за разработване и внедряване на такива устройства и системи в зърнокомбайни [1, 2, 3, 5, 9]. Тези системи са най-ефективни, когато имат качествата на автоматични оптимизатори, т.е. когато в тях са заложили математически модели за непрекъснато оптимизиране на работата на машината в реално време [9]. Повечето системи за контрол и управление на процесите в зърнокомбайните използват технически-контролируеми величини на процеса и управляват само отделните агрегати на зърнокомбайните, без да се отчита икономическият характер на влиянието на различни фактори, определящи условията на прибиране на културите, което оказва съществено влияние на цялостната ефективност при работа [1, 2, 3, 5, 9].

В настоящия доклад се представят резултати от математическото моделиране на загубите при работа на зърнокомбайн.

### ИЗЛОЖЕНИЕ

Основната технологична цел на функционирането на един зърнокомбайн е прибирането на определен вид зърнени култури за минимално време, с максимално добро качество на продукта. В най-общ случай технико-икономическият оптимизационен модел на зърнокомбайн може да бъде представен в неявен вид със следния израз [1, 2, 3, 5, 7, 9]:

$$\bar{Y}_j = \bar{F}_j(\bar{x}, \bar{u}, \bar{E}, \bar{\Omega}, \bar{\Sigma}) \quad , \quad j = 1, 2, 3, \dots, p; \quad (1)$$

където:  $\bar{Y}_j$  са технико – икономическите критерии за оптималност;

$\bar{x} = \{x_1, x_2, \dots, x_l\}^T$  – векторът на функционалните параметри, определящи различните регулировки на работните органи на зърнокомбайн;

$\bar{u} = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}^T$  – векторът на управленията, поддържащи зададения технологичен режим на работа;

$\vec{E} = \{e_1, e_2, \dots, e_k\}^T$  – векторът на икономическите показатели и характеристиките (цени на машината, горивото, зърното, амортизационни и ремонтни отчисления, разходи за труд и др.);

$\vec{\Omega} = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_s\}^T$  – векторът, чиито елементи определят условията на прибиране (добив, вид на културата, сламистост, влажност, полегналоост на посевите, напречни и надлъжни наклони на полето и др.);

$\vec{\Sigma} = \{\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_r\}^T$  – векторът на външните случайни въздействия;

$\vec{F}_j$  – операторите за преобразуване на входните въздействия в критериите за оптималност  $\vec{Y}_j$ .

Вижда се, че задачата за оптимизиране работата на зърнокомбайна е многокритериална. Един от възможните методи за нейното решаване е избирането на един от критериите за главен, а за останалите се въвеждат съответните ограничения. Критерият за оптималност следва да отчита в еквивалентни съотношения количеството и качеството на получената зърнена продукция, а също така и преките експлоатационни разходи. За главен критерий е избран приведенения доход  $D$ , определен по формула (2):

$$D = C_g - \frac{S}{W_h} - P_\varepsilon \quad (2)$$

където:

$C_g$  е изкупната цена на пълноценното зърно в лв./kg;

$S$  – преките експлоатационни разходи за прибирането в лв./h;

$W_h$  – часовата експлоатационна производителност на зърнокомбайна в kg/h;

$P$  – стойността на загубите на зърно на зърнокомбайна в лв./kg;

$D$  – приведеният доход в лв./kg.

Критерият (2) ще има максимум, ако величината  $Y$ :

$$Y = \frac{S}{W_h} + P_\varepsilon, \rightarrow \text{има минимум} \quad (3)$$

Като основен критерий за статична оптимизация приемаме величината  $Y$ . При нейното детайлизиране се приема, че преките експлоатационни разходи  $S$  представляват сума от следните основни съставлящи:

$$S = S_1 + S_2 + S_3 + S_4, \quad (4)$$

където:  $S_1$  са разходи за трудово възнаграждение на комбайнера лв.;  $S_2$  – разходи за амортизационни отчисления на зърнокомбайна, за ремонт, техническо обслужване и съхранение на зърнокомбайна в лв.;  $S_3$  – разходи за гориво и смазочни материали в лв.;  $S_4$  – разходи за основни и спомагателни материали в лв.

Стойността на загубите  $P_\varepsilon$  е сума от следните видове загуби на зърно:

$$P_\varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + \varepsilon_4 + \varepsilon_5 + \varepsilon_6 + \varepsilon_7 \quad (5)$$

където:  $\varepsilon_1$  са загуби на жътварката;  $\varepsilon_2$  – загуби от неовършано зърно;  $\varepsilon_3$  – загуби от начупено зърно;  $\varepsilon_4$  – загуби от свободно зърно в сламата;  $\varepsilon_5$  – загуби на свободно

зърно от зърно-чистачното устройство;  $\varepsilon_6$  биологични загуби, дължащи се на удължаване на времето за прибиране на зърнената култура; и  $\varepsilon_7$  – загуби от травмирано зърно.

При съставяне на математическите модели на величините на загубите са използвани емпиричните зависимости, установени по експериментален път в условия близки до експлоатационните, и описани в [2, 3, 6, 7, 8, 9, 10]. Описаните модели са при работа на зърнокомбайн по равнинни терени, с наклони от 0 до 5°.

Съгласно представените зависимости в [1, 2, 3, 5, 6, 7, 9] загубите са силно зависими от натоварването на вършачния апарат и честотата на въртене на барабана. Загубите от жътварката не зависят от регулировките на вършачката на зърнокомбайна (те зависят от постъпателната скорост на машината и агротехническите срокове за прибиране на реколтата). От регулировките на вършачката зависят загубите от: неовършано зърно  $\varepsilon_2$ , начупено зърно  $\varepsilon_3$  и травмирано зърно  $\varepsilon_7$ , които се определят по формулите:

$$\varepsilon_2 = l_0 + a_0 q + a_1 \omega_r + a_2 \omega_r^2 \quad \% \quad (6)$$

$$\varepsilon_3 = l_0'' + a_0'' q + a_1'' \omega_r + a_2'' \omega_r^2 \quad \% \quad (7)$$

$$\varepsilon_7 = l_0''' + a_0''' q + a_1''' \omega_r + a_2''' \omega_r^2 \quad \% \quad (7)$$

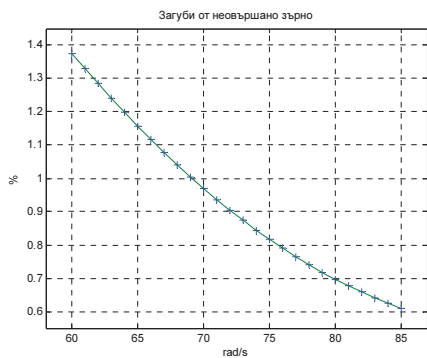
където:  $l_0, l_0', l_0''$ ,  $a_0, a_0', a_0''$ ,  $a_1, a_1'$  и  $a_1''$  са емпирични коефициенти, които зависят от: сорта на прибираната зърнена култура, влажността на обработвания материал, конструкцията и настройките на вършачния апарат, и са определени по експериментален път.

Загубите от сламотръса и зърночистачното устройство зависят нелинейно от натоварването  $q$  и се определят по формулата:

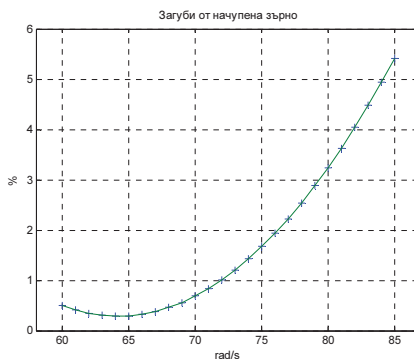
$$\varepsilon_W = \varepsilon_4 + \varepsilon_5 = a_W e^{(b_W q)} \quad (8)$$

където:  $a_W$  и  $b_W$  са емпирични коефициенти, получени по експериментален път за конкретната конструкция.

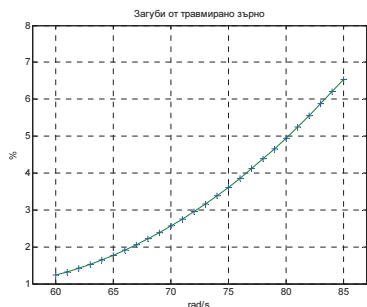
Резултатите от моделирането на загубите на вършачния апарат са изобразени на следващите фигури, при еднаква влажност на житната маса  $W = 14\%$  и различно натоварване и/или честотата на въртене на вършачния барабан.



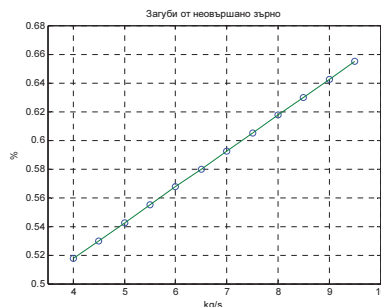
**Фиг. 1 – Загуби от неовършано зърно  $\varepsilon_2$  в зависимост от ъгловата скорост на вършачния барабан  $\omega_r$ , за натоварването  $q = 8 \text{ kg/s}$ .**



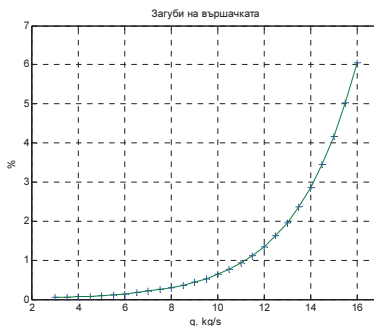
**Фиг. 2 – Загуби от начупено зърно  $\varepsilon_3$  в зависимост от ъгловата скорост на вършачния барабан  $\omega_r$ , за натоварването  $q = 8 \text{ kg/s}$ .**



**Фиг. 3 – Загуби от травмирано зърно  $\varepsilon_7$  в зависимост от ъгловата скорост на вършачния барабан  $\omega_r$ , за натоварването  $q = 8 \text{ kg/s}$ .**



**Фиг. 4 – Загуби от неовършано зърно  $\varepsilon_2$  в зависимост натоварването  $q$ , при ъгловата скорост на вършачния барабан  $\omega_r = 73 \text{ rad/s}$ .**



**Фиг. 5 – Загуби на вършачката  $\varepsilon_W$  в зависимост натоварването  $q \text{ kg/s}$**

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1) Проведените изследвания и получените резултати с базова конструкция на зърнокомбайн с барабанен вършачен апарат показват: че загубите от травмирано, начупено и неовършано зърно на зърнокомбайна са линейно зависими от натоварването  $q$  и нелинейно от ъгловата скорост на вършачния барабан.

2) Загубите на вършачния апарат са силно зависими от натоварването и се изменят по експоненциален закон.

3) Получените резултати за технико-икономическия оптимизационен модел по принцип могат да бъдат използвани и при други конструкции зърнокомбайни при конкретни условия на работа.

4) При избора на входни данни за изследване на протичащия технологичен процес в зърнокомбайна със системата за събиране на данни са използвани резултатите от описания модел, което позволява определяне на оптималните стойности на основните параметри за ефективна работа на машината при конкретни условия.

### ЛИТЕРАТУРА

[1] Орманджи К. и др., Рациональная скорость движения рисозерноуборочных комбайнов, Тракторы и сельхозмашины, М., 1985.

[2] Минков, Д., Р. Чиков, В. Витков. Теоретично и експериментално изследване на система за автоматично управление на натоварването на зърнокомбайн. Селскостопанска техника, С., 1998, 6, 17-29.

[3] Минков, Д., Д. Партинов, Р. Чиков, Вероятностни модели за оптимизиране работата на зърноприбиращите комбайни. Селскостопанска техника, С., 1989, 8, 90-101.

[4] Витков В., Р. Чиков, Л. Йорданов. Метод за синтез на оптимизиращи системи за прибиращи машини. В: Юбилейна научна сесия'94, 12-14 октомври 1994 г., ВТУ "Ангел Кънчев", Печатна база на ВТУ "Ангел Кънчев", Русе, 1994, , секция 3, 70-75.

[6] Отчет по тема 8824. НИС при ВТУ „А. Кънчев“, Русе, 1988.

[7] Yordanov L., Daskalov P., Arvanitis K., Sigrimis N. Microprocessor static optimal control of the loading of a grain-gathering harvester. IN: 'MICROPROCESSOR SYSTEMS IN AGRICULTURE' in Plock, Poland, 25-26 MAY 2004, Plock, Poland, 2004, p. 247-258.

[8] М. Михайлов, Л. Йорданов Л., В. Витков. Развитие на електронните системи в зърнокомбайните.// Селскостопанска техника, 2008, брой 2, стр. 13-16.

[9] Отчет по тема 189/1990 ТНТМ при ВТУ „Ан. Кънчев“, Русе, с ръководител Л. Йорданов, 1990 г.

[10] www.rostovnadon.ru, Техническа документация за комбайн зерноуборочный самоходный РСМ-10Б ДОН1500Б, 2006.

[11] Mirzazadeh, Ali, S. Abdollahpour, A. Mahmoudi, A. R. Bukat, Intelligent modeling of material separation in combine harvester's threshing by ANN, International Journal of Agriculture and Crop Sciences, Vol. 4 (23), 1767-1777, 2012, ISSN 2227-670X ©2012 IJACS Journal.

### За контакти:

гл. ас. Лъчезар Лазаров Йорданов, Катедра "Компютърни системи и технологии", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082 888 859, e-mail: liordanov@ecs.uni-ruse.bg

**Докладът е рецензиран.**