

введ. 01.07.86 до 01.07.96 // Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения качества. Ч. 2. – Москва: Стандартинформ, 2011. – Текст: непосредственный.

9. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести: дата введения 1986-07-01. – Москва: Стандартинформ, 2011. – 11 с. – Текст: непосредственный.

10. ГОСТ Р 52325-2005. Семена сельскохозяйственных растений. Сортовые и посевные качества. Общие технические условия: дата введения 2006-01-01. – Москва: Изд-во стандартов, 2005. – 24 с. – Текст: непосредственный.

11. ГОСТ Р 52554-2006. Пшеница. Технические условия: дата введения 2006-07-09. – Москва: Изд-во стандартов, 2006. – 17 с. – Текст: непосредственный.

References

1. Kutsenko, Yu.N. Obosnovanie struktury elektrooborudovaniya i sistemy avtomatizirovannogo upravleniya ustanovki separatsii zernovykh kultur // Vestnik agrarnoy nauki Dona. – 2014. – No. 2 (26). – S. 15-19.

2. Samoylov, V.A. Novoe oborudovanie dlya pererabotki zernovykh kultur v pishchevye produkty / V.A.Samoylov, A.I. Yarum, V.N. Nevzorov i dr. – Krasnoyarsk, 2017. – 197 s.

3. Sorokin, N.N. Poluchenie vysokokachestvennykh semyan i tovarnogo zerna pri posleuborochnoy obrabotke / N.N. Sorokin // Innovatsionnye tekhnologii i tekhnicheskie sredstva dlya APK. – Ch. IV. – Voronezh: FGBOU VPO VGAI, 2011. – S. 122-124.

4. Sorokin, N.N. Razrabotka metodiki i pribornogo bloka dlya ekspress-kontrolya kachestva

semyan i tovarnogo zerna. Innovatsionnye razrabotki molodykh uchenykh Voronezhskoy oblasti na sluzhbu regiona. Sbornik dokladov. – Voronezh: Voronezhskiy TsNTI, 2012. – S. 28-29.

5. Barysheva, N.N., Pronin, S.P. Metod opredeleniya vskhozhesti semyan pshenitsy na osnove membrannykh potentsialov // Inzhenernye tekhnologii i sistemy. – 2019. – T. 29, No. 3. – S. 443-455. DOI: <https://doi.org/10.15507/2658-4123.029.201903.443-455>.

6. Pyatygin S.S. Rasprostranyayushchiesya elektricheskie signaly v rasteniyakh // Tsitologiya. – 2008. – T. 50. – S. 154-159.

7. Merchenko, N.N., Pronin, S.P., Zryumova, A.G. Razrabotka metoda kontrolya vskhozhesti zeren pshenitsy po membrannomu potentsialu // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2013. – No. 10 (108). – S. 103-106.

8. GOST 12036-85. Semena selskokhozyaystvennykh kultur. Pravila priemki i metody otbora prob. – Pereizd. s izm. No. 2 vzamen GOST 12036-66; vved. 01.07.86 do 01.07.96 // Semena selskokhozyaystvennykh kultur. Metody opredeleniya kachestva. Ch. 2. – Moskva: Standartinform, 2011.

9. GOST 12038-84. Semena selskokhozyaystvennykh kultur. Metody opredeleniya vskhozhesti, vved. 1986.07.01. – Moskva: Standartinform, 2011. – 11 s.

10. GOST R 52325-2005. Semena selskokhozyaystvennykh rasteniy. Sortovye i posevnye kachestva. Obshchie tekhnicheskie usloviya. vved. 2006.01.01. – Moskva: Izd-vo standartov, 2005. – 24 s.

11. GOST R 52554-2006. Pshenitsa. Tekhnicheskie usloviya. Vved. 2006.07.09. – Moskva: Izd-vo standartov, 2006. – 17 s.



УДК 631.363.636.321.38

А.К. Бец, И.Ю. Александров
A.K. Betz, I.Yu. Aleksandrov

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ПАРАЛЛЕЛЬНО РАБОТАЮЩИХ МАШИН В ЦЕХАХ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОРМОВ

RELIABILITY EVALUATION OF PARALLEL OPERATING EQUIPMENT UNITS IN FEED PREPARATION SHOPS

Ключевые слова: кормоприготовительные цехи, животные, полнорационные рассыпные кормосмеси, оценка надежности технологических линий, коэффициент готовности комплекта машин.

Keywords: feed preparation shops, animals, total mixed ration, reliability evaluation of production lines, availability factor of a set of equipment.

На современном этапе развития основной задачей агропромышленного комплекса является достижение устойчивого роста сельскохозяйственного производства, надежное обеспечение страны продуктами питания и сельскохозяйственным сырьем. Практикой установлено, что при скормливании животным сбалансированных по питательности кормов увеличивается их продуктивность. В сельскохозяйственном производстве, согласно классификации В.И. Земскова, по свойствам приготавливаемых кормов предприятия делят на две группы. В первую входят кормозаводы, цехи, агрегаты, которые предназначены для подготовки в рассыпном, гранулированном и брикетированном виде сухих кормов, пригодных для длительного хранения. Предприятия второй группы (цехи) используют для подготовки влажной кормосмеси непосредственно перед скормливанием животным. Надежность и эффективность работы технологического оборудования кормоцехов во многом зависят от его правильного использования. При оценке надежности технологических линий кормоцехов расчет заканчивают определением коэффициента готовности комплекта машин. Существующие цеха имеют большое количество параллельно работающих машин. Поэтому очень затруднительно ведение журнала регистрации отказов отдельно по каждой машине. При обработке экспериментальных данных необходимо произвести расчет или отдельно по каждой машине, или вначале свести все данные в один ряд и далее просчитать необходимые параметры для выявления закона распределения и показателей надежности. Нами предлагается при проведении хронометражных работ параллельно работающих машин одной марки и в одном цехе фиксировать время между последующими отказами любой машины независимо от того, что остальные продолжают работать, и время этого простоя. Таким образом, будут определены все основные теоретические показатели надежности параллельно работаю-

щих машин и показатели, характеризующие эксплуатационные показатели этих машин.

At the present time, the main task of the agricultural industry complex is to achieve sustainable growth of agricultural production, reliable supply of the country with food and agricultural raw materials. The practical experience proves that feeding animals with nutritionally balanced feed increases their productivity. In farm production, according to the classification of V.I. Zemskov, the enterprises are divided into two groups regarding the properties of the feeds being prepared. The first group includes feed mills, shops and units that are intended for the preparation of bulk, pelleted and briquetted dry feeds suitable for long-term storage. The enterprises of the second group (shops) prepare wet feed mixtures immediately before feeding the animals. The reliability and efficiency of the technological equipment operation at feed shops largely depend on the proper use of equipment. When the reliability of the technological lines of feed plants is evaluated, the calculation is completed by the determination of the availability factor of the set of equipment. The existing feed shops have a large number of equipment units running at the same time. Therefore, it is very difficult to make records in the fault log for each equipment unit. When the experimental data are processed, it is necessary to make calculations either separately for each equipment unit, or first bring all the data in one row and then calculate the necessary parameters to identify the distribution law and reliability indices. When timing the operation of the same-type equipment units running at the same time and in the same feed shop, we propose to log the time between subsequent failures of any equipment units regardless of the fact that the other units continue the operation, and log the down-time. In this way all the main theoretical indices of reliability of the units running at the same time and the operation indices of these units will be determined.

Бец Анатолий Карлович, к.т.н., доцент каф. «Механизация производства и переработки сельскохозяйственной продукции», Алтайский государственный аграрный университет. Тел. (3852) 203-272. E-mail: anatolii.bez@mail.ru.

Александров Игорь Юрьевич, к.т.н., доцент каф. «Механизация производства и переработки сельскохозяйственной продукции», Алтайский государственный аграрный университет. Тел. (3852) 203-272. E-mail: ig.aleksandrov@mail.ru.

Betz Anatoliy Karlovich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chair of Agricultural Production and Processing Mechanization, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 203-272. E-mail: anatolii.bez@mail.ru.

Aleksandrov Igor Yuryevich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chair of Agricultural Production and Processing Mechanization, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 203-272. E-mail: ig.aleksandrov@mail.ru.

Введение

На современном этапе развития основной задачей агропромышленного комплекса является достижение устойчивого роста сельскохозяйственного производства, надежное обеспечение страны продуктами питания и сельскохозяйственным сырьем.

Эффективность скормливания животным полнорационных рассыпных кормосмесей подтвер-

ждается исследованиями отечественными и зарубежными научными данными [1-3].

Кормоприготовительные цехи предназначены для приема, накопления, обработки и выдачи приготовленной кормосмеси.

Целью работы является повышение эффективности работы цехов для производства кормосмесей путем увеличения их безотказности, оптимизации надежности и состава технологических линий.

Исследованиям структуры технологических линий кормоцехов посвящены работы [4, 5]. При оценке надежности технологических линий кормоцехов расчет заканчивают определением коэффициента готовности комплекта машин.

В цехах для производства полнорационных гранулированных кормосмесей имеется много параллельно работающих машин, которые выполняют одинаковые функции (дробилки, грануляторы). Так как машины работают в одних и тех же условиях и в одном цехе, то закон распределения наработки на отказ и устранения отказов для них один.

В работах [6, 7] коэффициент готовности параллельно-работающих машин (линий) равен коэффициенту готовности машины (линии).

Однако это условие выполняется лишь в том случае, когда на каждую машину (линию) имеется ремонтная бригада.

Существенное влияние на готовность системы оказывает ограничение количества ремонтных бригад.

При наличии одной ремонтной бригады, обслуживающей две параллельно-работающие машины, возможен простой одной из машин в ожидании конца ремонта другой, а также наоборот. Следовательно, надежность такой системы будет отлична и не будет равна коэффициенту готовности машины.

Результаты исследований

Для решения этой задачи построим граф состояний для данной системы (рис. 1).

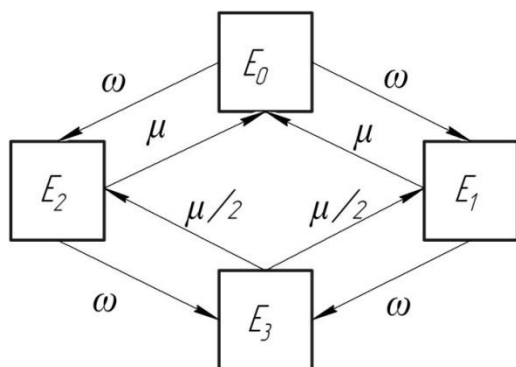


Рис. 1. Граф состояний параллельно-работающих машин при одной ремонтной бригаде

Рассмотрим все возможные состояния данной системы:

E_0 – состояние системы, когда все элементы исправны;

E_1 – состояние, когда первый элемент отказал, а второй продолжает работать;

E_2 – состояние, когда второй элемент отказал, а первый продолжает работать;

E_3 – состояние, когда оба элемента отказали;

ω – параметр потока отказов;

μ – параметр потока восстановления.

Составим систему уравнений А.Н. Колмогорова

$$\begin{cases} -P_0 2\omega + P_1\mu + P_2\mu = 0 & (1) \end{cases}$$

$$\begin{cases} -P_1(\mu + \omega) + P_0\omega + P_3 \frac{\mu}{2} = 0 & (2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} -P_3\mu + P_1\omega + P_2\omega = 0 & (3) \end{cases}$$

$$\begin{cases} -P_2(\mu + \omega) + P_0\omega + P_3 \frac{\mu}{2} = 0. & (4) \end{cases}$$

Выразим из уравнения (2) P_1

$$P_1 = \frac{P_0\omega + P_3 \frac{\mu}{2}}{\mu + \omega}. \quad (5)$$

Выразим из уравнения (4) P_2

$$P_2 = \frac{P_0\omega + P_3 \frac{\mu}{2}}{\mu + \omega}. \quad (6)$$

Полученные выражения подставим в (1)

$$-P_0 2\omega + \mu \frac{P_0\omega + P_3 \frac{\mu}{2}}{\mu + \omega} + \mu \frac{P_0\omega + P_3 \frac{\mu}{2}}{\mu + \omega} = 0.$$

Сделав ряд преобразований, получим:

$$P_3 = P_0 \frac{2\omega^2}{\mu^2}. \quad (7)$$

Подставляя P_3 в (5) и (6), получим:

$$P_2 = P_0 \frac{\omega}{\mu}; \quad (8)$$

$$P_1 = P_0 \frac{\omega}{\mu}. \quad (9)$$

Из условия равенства единице суммы вероятностей состояний, составляющих группу событий, получим:

$$P_0 + P_1 + P_2 + P_3 = 1. \quad (10)$$

Подставим полученные значения:

$$P_0 \left(1 + \frac{\omega}{\mu} + \frac{\omega}{\mu} + \frac{\omega^2}{\mu^2} \right) = 1.$$

Выразим P_0

$$P_0 = \left(1 + 2 \frac{\omega}{\mu} + \frac{\omega^2}{\mu^2} \right)^{-1}. \quad (11)$$

Для данной системы в общем виде

$$Q_C = 2Q_i \cdot K_{ГC}. \quad (12)$$

Выражая через вероятности работоспособного состояния системы, получим:

$$Q_C = 2Q_i P_0 + Q_i P_1 + Q_i P_2. \quad (13)$$

Исходя из выражений (12) и (13)

$$K_{ГC} = P_0 + \frac{P_1 + P_2}{2}. \quad (14)$$

Используя выражения (10) и (14),

$$K_{ГC} = 1 - (P_3 + \frac{P_1 + P_2}{2}). \quad (15)$$

Подставим полученные ранее значения вероятностей

$$K_{ГC} = 1 - P_0 (2 \frac{\omega^2}{\mu^2} + \frac{\omega + \omega}{2}).$$

Подставив P_0 в конечном итоге, получим:

$$K_{ГC} = 3K_G - K_G^2 - 1. \quad (16)$$

Коэффициент готовности параллельно-работающих машин (линий) при одной ремонтной бригаде оценивается выражением (16).

При проведении хронометражных работ такие машины кодируются в определенном порядке. В данном случае фиксируется время между отказами и время восстановления для каждой машины.

Существующие цеха имеют по восемь и более параллельно работающих дробилок. Поэтому очень затруднительно ведение журнала регистрации отказов отдельно по каждой машине. При обработке экспериментальных данных необходимо произвести расчет или отдельно по каждой машине, или вначале свести все данные в один ряд и далее просчитать необходимые параметры для выявления закона распределения и показателей надежности.

Нами предлагается при проведении хронометражных работ параллельно работающих машин одной марки и в одном цехе фиксировать время между последующими отказами любой машины независимо от того, что остальные продолжают работать, и время этого простоя.

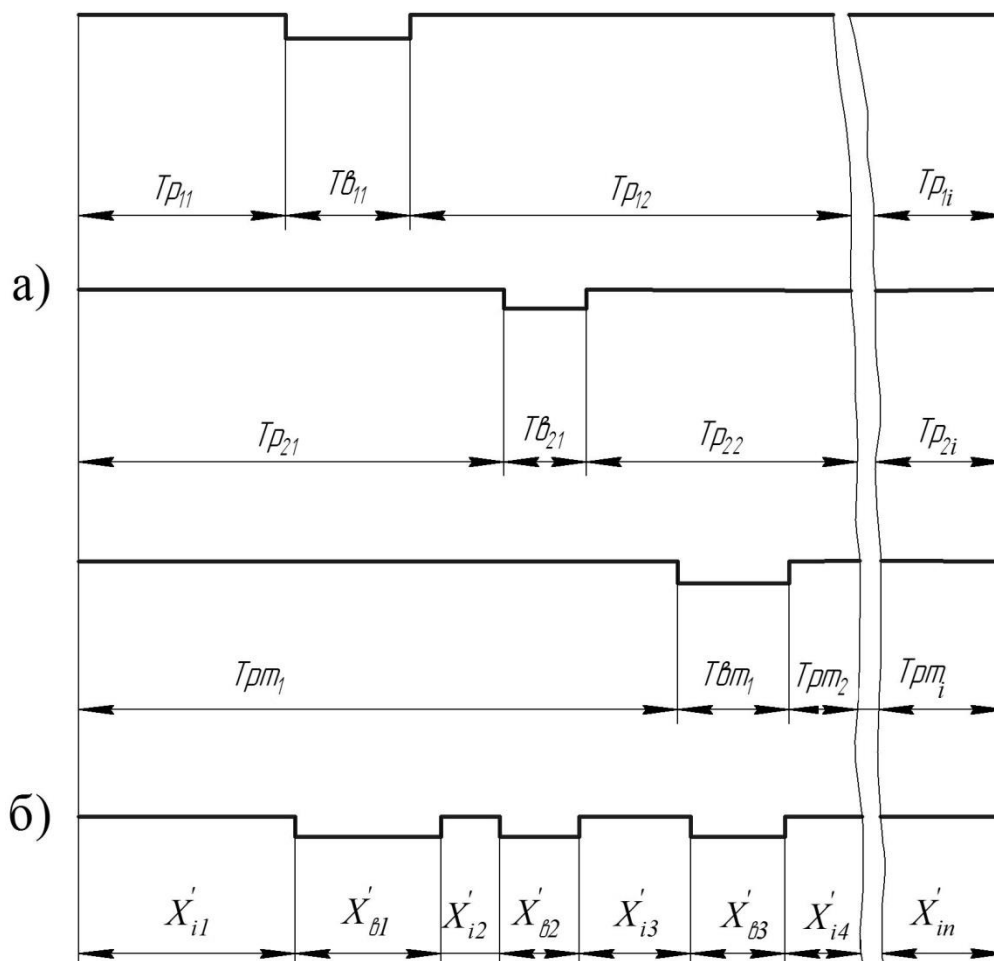


Рис. 2. Реализация случайного процесса эксплуатации параллельно работающих машин:
 а – при параллельном методе фиксации отказов;
 б – при последовательном методе фиксации отказов

На рисунке 2 графически представлены работа и отказы параллельно работающих машин. Наступление двух отказов – событие мало вероятное, поэтому оно не рассматривается.

Рассмотрим методику расчета показателей надежности при последовательной фиксации отказов (рис. 2).

Общее время работы машин равно:

$$T_p = m \sum_{i=1}^n x_i' + (m-1) \cdot \sum_{i=1}^n x_{i\epsilon}', \quad (17)$$

где m – количество параллельно работающих машин;

x – время между i -м отказом;

x – время i -го восстановления.

Общее время простоев:

$$T_\epsilon = \sum_{i=1}^n x_{i\epsilon}'. \quad (18)$$

Коэффициент готовности

$$K_G = \frac{T_p}{T_p + T_\epsilon}.$$

Подставив T_p и T_ϵ

$$\begin{aligned} K_G &= \frac{m \sum_{i=1}^n x_i' + (m-1) \cdot \sum_{i=1}^n x_{i\epsilon}'}{m \sum_{i=1}^n x_i' + (m-1) \cdot \sum_{i=1}^n x_{i\epsilon}' + \sum_{i=1}^n x_{i\epsilon}'} = \\ &= \frac{\sum_{i=1}^n \frac{x_i'}{x_{i\epsilon}'} + \frac{m-1}{m}}{\sum_{i=1}^n \frac{x_i'}{x_{i\epsilon}'} + 1} = 1 - \frac{1}{m} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n x_{i\epsilon}'}{\sum_{i=1}^n x_i' + \sum_{i=1}^n x_{i\epsilon}'} \\ &= 1 - \frac{1}{m} \cdot \frac{1}{\frac{\sum_{i=1}^n x_i'}{\sum_{i=1}^n x_{i\epsilon}'} + 1}. \end{aligned}$$

Окончательно запишем

$$K_G = 1 - m^{-1} \left(\frac{\sum_{i=1}^n x_i'}{\sum_{i=1}^n x_{i\epsilon}'} + 1 \right)^{-1}. \quad (19)$$

Точечная оценка среднего значения случайной величины наработки на отказ определится

$$T = \left[m \cdot \sum_{i=1}^n x_i' + (m-1) \cdot \sum_{i=1}^n x_{i\epsilon}' \right] \frac{1}{2n}, \quad (20)$$

где n – число отказов, произошедших за i -й промежуток времени.

Точечная оценка среднего времени устранения отказов:

$$T_\epsilon = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{i\epsilon}'. \quad (21)$$

Параметр потока отказов

$$\omega = \frac{1}{T} = \frac{2n}{m \cdot \sum_{i=1}^n x_i' + (m-1) \cdot \sum_{i=1}^n x_{i\epsilon}'}. \quad (22)$$

Параметр потока устранения отказов

$$\mu = \frac{1}{T_\epsilon} = \frac{n}{\sum_{i=1}^n x_{i\epsilon}'}. \quad (23)$$

Вывод

Таким образом, определены все основные теоретические показатели надежности параллельно работающих машин, характеризующие их эксплуатационные показатели.

Библиографический список

1. Земсков, В. И. Повышение эффективности работы кормоцехов: учебное пособие / В. И. Земсков. – Новосибирск, 1983. – 96 с. – Текст: непосредственный.
2. Мкртумян, В. С. Влияние надежности оборудования кормоцехов на продуктивность молочного стада / В. С. Мкртумян, Г. Ф. Шантин. – Текст: непосредственный // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 1987. – № 1. – С. 22-25.
3. Flachowsky, G., Gruen, M., Meyer, U. (2013). Feed-efficient ruminant production: opportunities and challenges. *J. Anim. Feed Sci.* 22 (3): 177-187.
4. Земсков, В.И. Надежность комплекта машин и оборудования кормоприготовительных цехов животноводческих ферм и комплексов: учебное пособие / В. И. Земсков. – Барнаул, 1978. – 80 с. – Текст: непосредственный.
5. Земсков, В. И. Механизация животноводческих ферм: учебное пособие / В. И. Земсков, В. Д. Сергеев, И. Я. Федоренко. – Барнаул: Алтайский СХИ, 1983 – 116 с. – Текст: непосредственный.
6. Земсков, В. И. Проектирование ресурсоберегающих технологий и технических систем в животноводстве: учебное пособие. – Санкт-Петербург: Лань, 2016. – 384 с.: ил. – (Учебник для вузов. Специальная литература). – Текст: непосредственный.

7. Федоренко, И. Я. Технологическая оптимизация хозяйственных комбикормов предприятий: монография / И. Я. Федоренко, В. В. Садов. – Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2017. – 243 с. – Текст: непосредственный.

References

1. Zemskov V.I. Povyshenie effektivnosti raboty kormotsekhov: ucheb. posobie. – Novosibirsk, 1983. – 96 s.

2. Mkrumyan V.S., Shantin G.F. Vliyanie nadezhnosti oborudovaniya kormotsekhov na produktivnost molochnogo stada // Sib. vestnik s.-kh. nauchn. – 1987. – No. 1. – S. 22-25.

3. Flachowsky, G., Gruen, M., Meyer, U. (2013). Feed-efficient ruminant production: opportunities and challenges. *J. Anim. Feed Sci.* 22 (3): 177-187.

4. Zemskov V.I. Nadezhnost komplekta mashin i oborudovaniya kormoprigotovitelnykh tsekhov zhivotnovodcheskikh ferm i kompleksov: ucheb. posobie. – Barnaul, 1978. – 80 s.

5. Zemskov V.I. Mekhanizatsiya zhivotnovodcheskikh ferm: ucheb. posobie / V.I. Zemskov, V.D. Sergeev, I.Ya. Fedorenko. – Barnaul: Altayskiy SKhI, 1983. – 116 s.

6. Zemskov V.I. Proektirovanie resursosberegayushchikh tekhnologiy i tekhnicheskikh sistem v zhivotnovodstve: uchebnoe posobie. – Sankt-Peterburg: Lan, 2016. – 384 s.: il.

7. Fedorenko I.Ya., Sadov V.V. Tekhnologicheskaya optimizatsiya khozyaystvennykh kombikormov predpriyatiy: monografiya. – Barnaul: RIO Altayskiy GAU, 2017. – 243 s.



УДК 665.3:664.3(571.15)

В.И. Лобанов, С.Ю. Бузоверов
V.I. Lobanov, S.Yu. Buzoverov

ЗАВИСИМОСТЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРУШИВАНИЯ СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА ОТ ЧИСЛА ОБОРОТОВ РАБОЧЕГО ОРГАНА ЦЕНТРОБЕЖНОГО ШЕЛУШИТЕЛЯ

THE DEPENDENCE OF SUNFLOWER SEED DEHULLING EFFICIENCY ON THE ROTATIONAL SPEED OF THE WORKING BODY OF A CENTRIFUGAL SEED DEHULLER

Ключевые слова: растительное масло, семена подсолнечника, обрушивание, эффективность обрушивания, число оборотов ротора, центробежный шелушитель.

Целью работы является экспериментальное определение влияния числа оборотов рабочего органа (ротора) центробежного шелушителя на эффективность обрушивания семян подсолнечника. Для решения поставленной цели на кафедре механизации производства и переработки сельскохозяйственной продукции проведены предварительные эксперименты. Отличительной особенностью конструкции является выполнение усовершенствованных направляющих коробов, которые обеспечивают ориентацию семян подсолнечника острием к выходу, то есть по направлению движения потока семян. Причем семена движутся внутри коробов в стесненном потоке без разрыва и наличия больших пустот. Все это позволяет обеспечить ориентированный выход семян из направляющих коробов и удар семян острием о неподвижную деку. Экспериментально определено число оборотов ротора для разрушения семян подсолнечника сорта Кулундинский-1 о неподвижную деку. Установлено, что для фракции «сход с решета 2,4» оптимальное число оборо-

тов вращения ротора составляет 1700 об/мин., для фракции «сход с решета 3,0» – оптимальное число оборотов ротора 1600 об/мин.

Keywords: vegetable oil, sunflower seeds, dehulling, dehulling efficiency, rotor speed, centrifugal seed dehuller.

The research goal was to experimentally determine the effect of the rotational speed of the working body (rotor) of a centrifugal seed dehuller on the efficiency of sunflower seed dehulling. For this purpose, preliminary experiments were conducted at the Department of Agricultural Production Mechanization and Processing. A distinctive feature of the design is the installation of advanced orienting ducts which ensure orientation of sunflower seed points to the outlet, i.e. along the direction of seed flow. The seeds move inside the ducts in a confined flow without gaps and large voids. This ensures oriented seed outlet from the orienting ducts and seed point impact against fixed deck. The rotor speed for seed dehulling against a fixed deck was experimentally determined for sunflower seeds of the variety Kulundinskiy 1. It was found that for the seed size "tail 2.4" the optimal rotor speed of the rotor was 1700 rpm. For the size "tail 3.0", the optimal rotor speed was 1600 rpm.