

УДК 631.361

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки, сельскохозяйственные науки)

ВОЗДЕЙСТВИЕ СИЛ НА ОБМОЛАЧИВАЕМЫЙ ПОЧАТОК КУКУРУЗЫ

Погосян Владимир Макичевич
к.т.н., доцент
pogosyn@gmail.com

Полуэктов Александр Александрович
ассистент
aleksandr.poluektov2000@yandex.ru

Байрамов Паша Исхар оглы
bayramoff999@mail.ru
*ФГБОУ ВО «Кубанский ГАУ им. И.Т.Трубилина»,
Краснодар, Россия*

Обмолот – это процесс удаления зерна из початков, который происходит в ходе сбора урожая кукурузы. В связи с этим возникает необходимость правильного определения статического и динамического воздействия сил на обмолачиваемый початок кукурузы, что является неотъемлемым фактором, влияющим на качество и количество собранного урожая. Во всех известных молотильных аппаратах самым сильным усилием является усилия сжатия, которое возникает при воздействии прижимного устройства на початок. Использование прижимного устройства позволяет создать надежный контакт обмолачиваемого вальца с початком. С другой стороны слишком большое прижимное усилие негативно скажется на качестве обмолоченного материала, особенно это сказывается в рассмотрении селекционных молотилок. В данной статье были рассмотрены силовые схемы возникающих реактивных сил и их равнодействующих на соседние зерна обмолачиваемого початка кукурузы. Так же была получена графическая зависимость между силой приложенной к початку и реакцией зерновой ножки

Ключевые слова: ПОЧАТОК, ТРЕНИЕ, УСИЛИЕ, РАЗРУШЕНИЕ, ЗЕРНО, ПРОЧНОСТЬ, ВЛАЖНОСТЬ

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-198-022>

UDC 631.361

4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences, agricultural sciences)

INFLUENCE OF FORCES ON THRESHED CORN

Pogosyan Vladimir Makichevich
Cand.Tech.Sci., associate Professor
pogosyn@gmail.com

Poluektov Aleksander Aleksandrovich
assistant
aleksandr.poluektov2000@yandex.ru

Bayramov Pasha Iskhar oglu
bayramoff999@mail.ru
*Kuban State Agrarian University named after
I.T.Trubilin, Krasnodar, Russia*

Threshing is the process of removing the kernels from the cobs during the corn harvest. In this regard, there is a need to correctly determine the static and dynamic effects of forces on a threshed ear of corn, which is an integral factor affecting the quality and quantity of the harvested crop. In all known threshing devices, the strongest force is the compression force, which occurs when the clamping device acts on the cob. The use of a clamping device allows you to create reliable contact between the threshing roller and the cob. On the other hand, too much clamping force will negatively affect the quality of the threshed material, this is especially true when considering selection threshers. This article examined the power diagrams of the emerging reactive forces and their resultant effects on neighboring grains of a threshed corn cob. A graphical relationship was also obtained between the force applied to the cob and the reaction of the grain stalk

Keywords: COB, FRICTION, EFFORT, DESTRUCTION, GRAIN, STRENGTH, MOISTURE

Как уже отмечалось выше обмолот – это процесс удаления зерна из початков, который происходит в ходе сбора урожая кукурузы. Статическое воздействие сил в данном контексте связано с воздействием неподвижных

элементов молотильного аппарата на початки кукурузы. Динамическое воздействие сил связано с движением обмолачивающего агрегата и его элементов. В процессе сбора урожая кукурузы, обмолот осуществляется благодаря воздействию и вращению молотильного вальца на початки кукурузы. Динамическое воздействие сил может быть оптимально настроено, чтобы обеспечить высокую эффективность процесса обмолота. Однако, недостаточное динамическое воздействие может привести к неполному обмолоту, тогда как чрезмерное воздействие может привести к истиранию и повреждению зерна и початков. Для достижения оптимального результата, необходимо балансировать и настраивать статическое и динамическое воздействие сил на обмолачиваемый початок кукурузы [1].

В ранее проводившихся исследованиях при помощи фото скоростной аппаратуры было установлено, что при попадании в молотильный аппарат початок принимает положение, когда его ось принимает параллельное положение относительно молотильного и транспортирующего валцов. При встрече початка с элементами обмолачивающего вальца происходит изменение режима движения в результате чего возникает удар «влет». Далее в представленной научной статье будет рассмотрен такой вариант удара.

Величина механического воздействия рабочих органов ОДЗА и МСУ на зерно кукурузы в початке ограничивается не только прочностными свойствами защитной плодовой оболочки, а также силой связи зерна со стержнем в области носка, середины и комля. Знание данной механико-технологической характеристики позволяет повысить уровень дифференцирования силового воздействия на початки кукурузы со стороны рабочих органов применяемых машин. Это позволяет транспортировать початки кукурузы без листовой обертки, ориентировать их в пространстве и дозированно подавать на соответствующую обработку, а также обмолачивать без нанесения зерну макро- и микроповреждений [2,3].

С целью дальнейшего развития данного направления исследований осуществлялось уточнение данных по усилию выдёргивания одиночного зерна из носка, середины и комля початка кукурузы различных подвидов.

Для упрощения теоретических расчетов введем следующие обозначение: силу, приложенную к початку – P , массу початка – $M_{п}$ и ускорение – j . Тогда формула для нахождения силы, приложенной к початку примет вид (1)

$$P = M_{п} \cdot j \quad (1)$$

При воздействии на початок силы P , зерна будут вдавливаясь в низ (в стержень початка), в результате чего (принимая во внимание геометрическую форму зерна кукурузы), зерно к которому приложена сила P будет выдавливать соседние зерна, а вместе их контакта будет возникать нормальная реакция – N и сила трения – F (рисунок 1), следствием возникновения данных составляющих является обмолот початков.

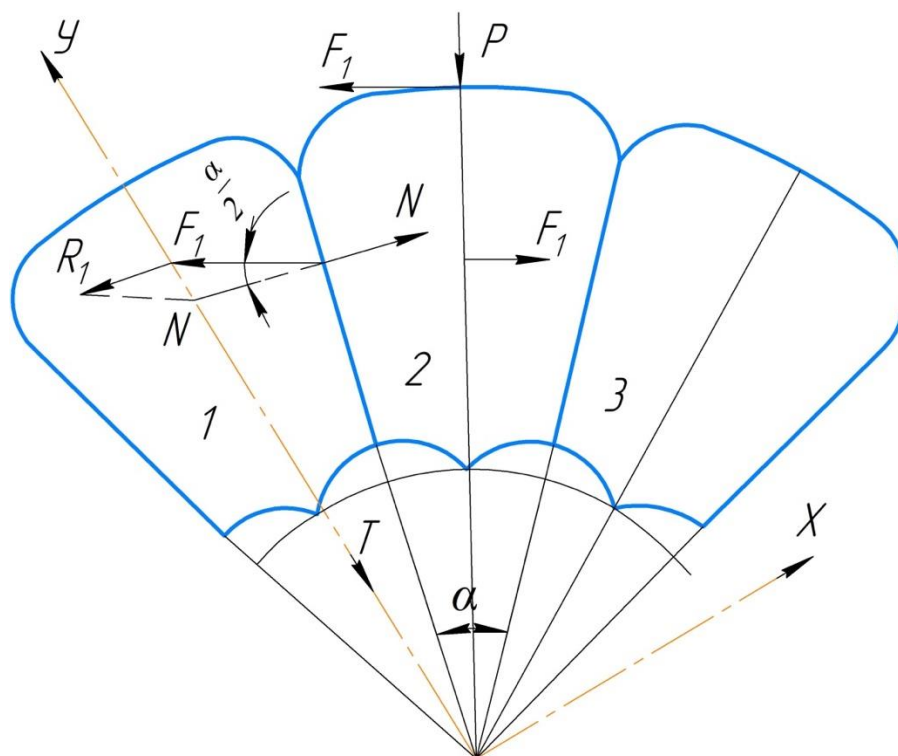


Рис. 1. Схема действия возникающих реактивных сил при взаимодействии силы P с зерном кукурузы в початке

Используя принцип Даламбера для уравновешенной системы и анализируя полученную выше схему составим уравнение движение, применительно к движению початка кукурузы молотильном аппарате [4]. Все действующие силы, указанные на рис. 1, спроектируем на ось, совпадающую с направлением действующей силы P .

$$m_3 j + 2F \cdot \cos \frac{\alpha}{2} + 2N \cdot \sin \frac{\alpha}{2} - P = 0 \quad (2)$$

Для установления зависимости между приложенной силой P и реакцией связей упростим полученное уравнение, заменяя динамический процесс обмолота початков аналогичным процессом, протекающим в статических условиях. Когда початок кукурузы постепенно сжимается между параллельными плоскостями, тогда ускорение $J=0$, а сила:

$$P = 2F \cdot \cos \frac{\alpha}{2} + 2N \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$$

но

$$F = f \cdot N$$

и тогда

$$P = 2N \left(\sin \frac{\alpha}{2} + f \cos \frac{\alpha}{2} \right) \quad (3)$$

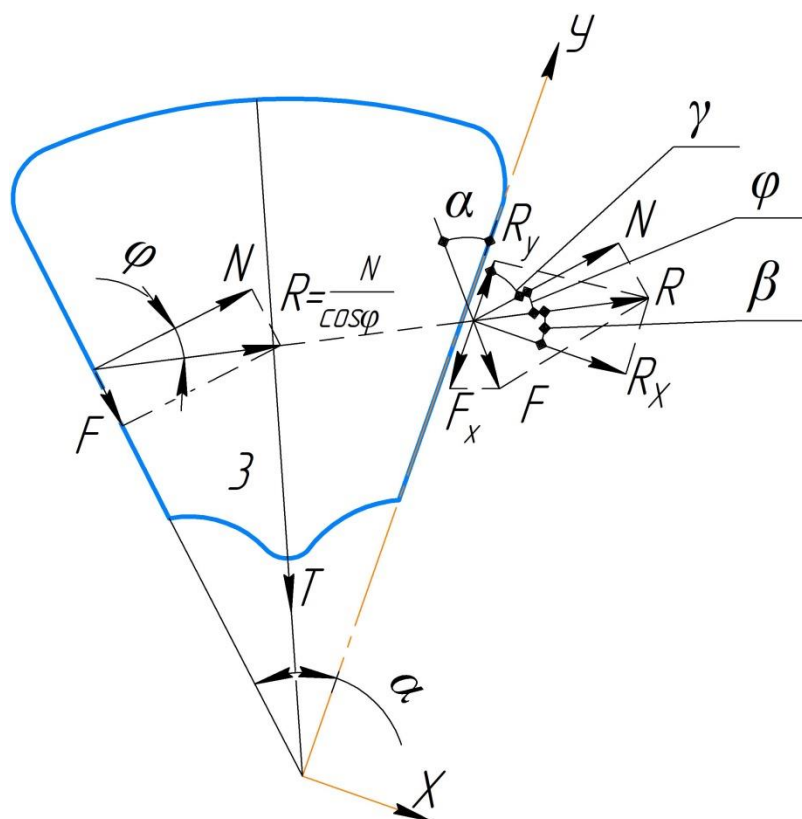


Рис. 2. Схема действия реактивных сил N и F и их равнодействующей R на соседнее зерно кукурузы в початке

Выделим зерно (рис. 2) и рассмотрим действие сил N и F , возникающих от взаимодействия силы P с зерном 2.

Равнодействующая этих сил

$$R = \sqrt{N^2 + (fN)^2} \quad \text{или} \quad R = \frac{N}{\cos\varphi} \quad (4)$$

является внешней силой, разрушающей связь зерна 3 со стержнем початка (рис. 2).

Действие этой силы направлено от центра початка по касательной. Сила R вызывает на другой боковой грани зерна 3 реакцию R_x и силу трения F_x . Сила трения F_x и сила связи зерна со стержнем T будут препятствовать отделению зерна от стержня початка.

Для того, чтобы определить зависимость между возникающими в результате обмолота силами, которые действуют на обмолачиваемый поча-

ток, необходимо используя полученные ранее векторные величины составить дифференциальное уравнение движение зерна вдоль оси стержня початка.

Таким образом полученное уравнение примет вид:

$$m_{3j} = R \cdot \sin\beta - F_x - T \cdot \cos\frac{\alpha}{2} \quad (5)$$

$$\text{угол } \gamma = 90 - \alpha;$$

$$\text{угол } \beta = 90 - (\varphi + \gamma) = 90 - (\varphi + 90 - \alpha) = \alpha - \varphi;$$

$$R_x = R \cdot \cos\beta = R \cdot \cos(\alpha - \varphi) = f \frac{N}{\cos\varphi} \cdot \cos(\alpha - \varphi);$$

$$F_x = fR_x = fR\cos(\alpha - \varphi) = f \frac{N}{\cos\varphi} \cdot \cos(\alpha - \varphi);$$

$$R_y = R \cdot \sin\beta = R \cdot \sin(\alpha - \varphi);$$

Подставляя значение этих величин в уравнение (5), получим:

$$m_{3j} = \frac{N}{\cos\varphi} \cdot \sin(\alpha - \varphi) - f \frac{N}{\cos\varphi} \cdot \cos(\alpha - \varphi) - T \cdot \cos\frac{\alpha}{2} \quad (6)$$

Приравниваем $j=0$ и решаем уравнение относительно силы связи зерна со стержнем T :

$$T = \frac{N}{\cos\varphi \cdot \cos\frac{\alpha}{2}} \cdot (\sin(\alpha - \varphi) - f \cdot \cos(\alpha - \varphi)) \quad (7)$$

Проведя анализ полученного выше уравнение (7), можно прийти к выводу, что для того чтобы произошло эффективное отделение зерна от початка при непосредственном ударе в центр початка, необходимо выполнение следующего неравенства [5].

$$\sin(\alpha - \varphi) > f \cdot \cos(\alpha - \varphi) \quad (8)$$

В частном случае, когда выражение (8) принимает значение равенства, то значение связи стержня T равняется 0, в результате чего на обмо-

лачиваемый початок не действует сила удара, что приводит к недомолоту початка и большим потерям материала.

Физический смысл выражения (8) заключается в том, что при воздействии внешней силы R на обмолачиваемый початок вектор R геометрически примет положение совпадающее с направлением вектора составляющей R_x , таким образом значение составляющей $R_y=0$.

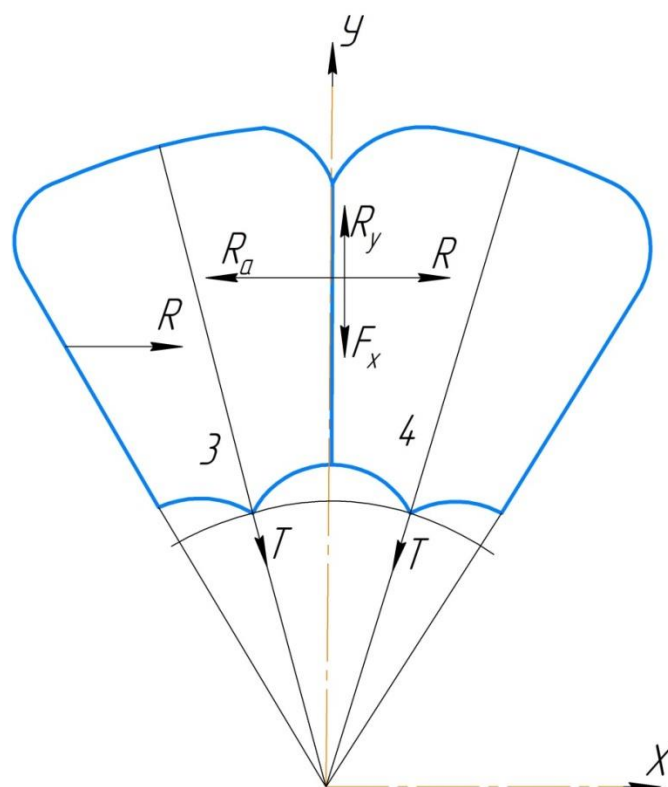


Рис. 3. Схема действия равнодействующей R сил N и F на соседнее зерно кукурузы в початке

Анализируя вышеупомянутое, можно сказать, что чем больше левая часть правой части (8), тем меньше необходимо создать усилие, для эффективного обмолота початков.

Значение угла клиновидности зерна α будет уменьшаться количество рядов зерен на початке, и следовательно составляющая R будет увеличиваться, что приведет к уменьшению необходимого усилия обмолота. Сле-

довательно у початков с крупными зернами процесс обмолота будет происходить при меньших создаваемых усилиях, тем самым затраты энергии на обмолот существенно сократятся [6].

Также необходимо учитывать и влажность початка, так как она напрямую влияет необходимое для обмолота усилие. Чем больше влажность, тем выше коэффициент трение зерна друг об друга.

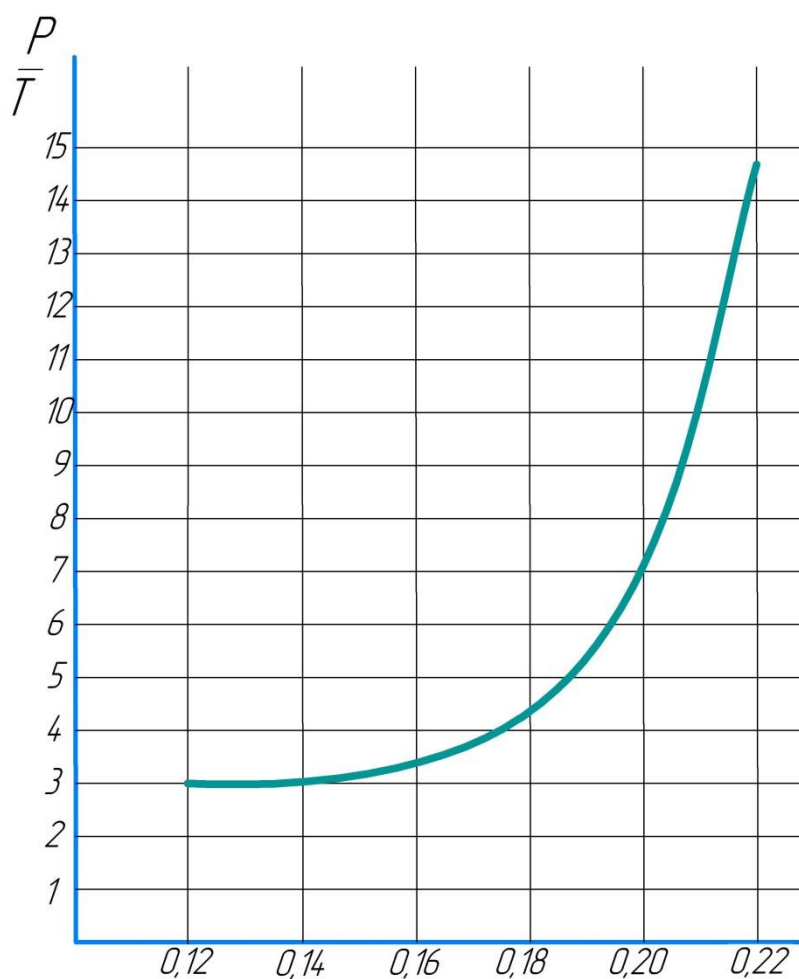


Рис. 4. Зависимость между отношением силы Р к разрывному усилию Т зерновой ножи и величиной коэффициента трения

На графике (рис. 4) приведена, для наглядности, рассчитанная по формуле (7) зависимость между отношением силы Р к разрывному усилию Т зерновой ножи и величиной коэффициента трения. Как уже говорилось

чем больше влажность зерна, тем большее необходимо создать усилие для эффективного проведения обмолота. Из графика следует что при влажности зерна соответствующей коэффициенту трения 0,22 обмолот початков кукурузы прекращается [7].

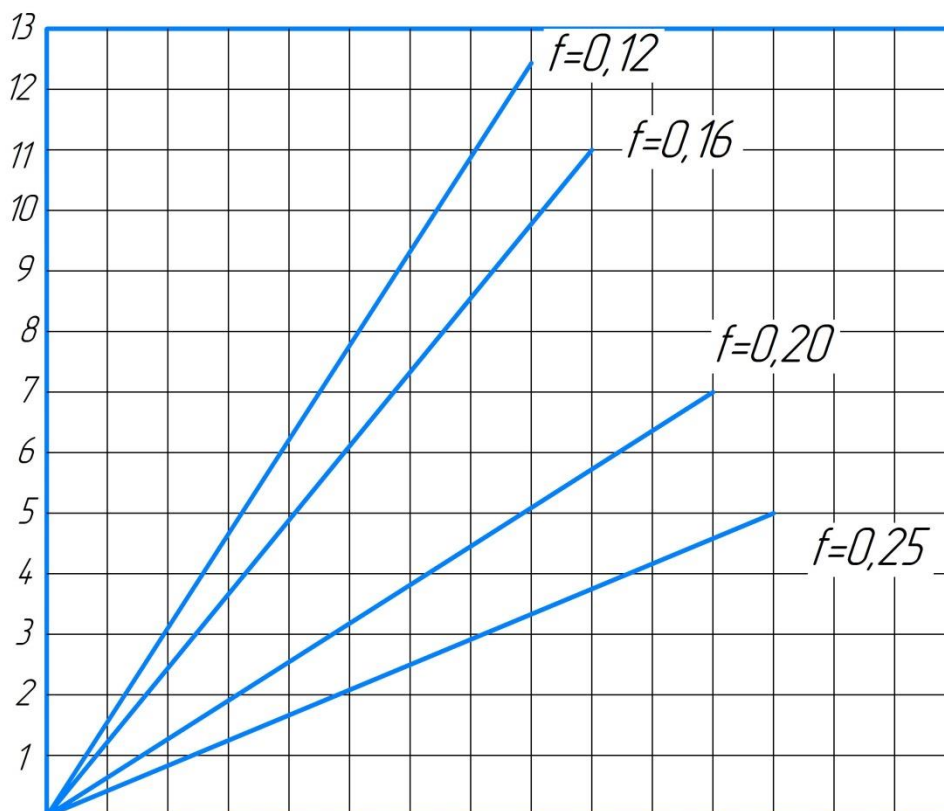


Рис. 5. Зависимость между реактивной силой N и приложенной нагрузкой P в связи с изменением влажности зерна (то есть изменением коэффициента трения)

При одинаковой нагрузке P , приложенной к сухому и влажному початку, давление N на сухое зерно больше, чем на влажное, и вымолот зерен у сухих початков кукурузы осуществляется с меньшими внешними силами P при свободном прямом ударе (рис. 5).

Процесс обмолота ударом «влет» затрудняется с увеличением влажности кукурузных початков ввиду увеличения трения зерна по зерну. Обмолот початков кукурузы свободным ударом прекращается при влажности

зерна, соответствующей коэффициенту трения $f=0,22$. Выведенные теоретические закономерности подтвердились экспериментальным путем.

Список литературы

1. Бахарев, Д. Н. Совершенствование технологии послеуборочной обработки початков семенной кукурузы на основе технических решений поэтапного обмолота : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Бахарев Дмитрий Николаевич. – Мичуринск, 2022. – 446 с.
2. Сортовая технология кукурузы / А. С. Капустин, С. И. Капустин, Б. Азиз [и др.]. – Луганск : Луганский национальный аграрный университет, 2013. – 196 с.
3. Пастухов, А. Г. Молотильно-сепарирующее устройство для первичного семеноводства кукурузы / А. Г. Пастухов, Д. Н. Бахарев // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2020. – Т. 14, № 1. – С. 34-39. – DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-1-34-39.
4. Курасов В. С. Механико-технологическое обоснование комплекса технических средств для селекции, сортоиспытания и первичного семеноводства кукурузы / В. С. Курасов // дис. д-ра техн. наук: 05.20.01 / КГАУ. – Краснодар, 2003. – 343 с.
5. Погосян В.М. Селекционная кукурузная молотилка / В. М. Погосян // Тракторы и сельхозмашины. 2019. № 5. С. 16–20.
6. Погосян В.М. Параметры кукурузной селекционной вальцовой молотилки / В. М. Погосян // Дис. канд. техн. наук. 05.20.01 / Краснодар, 2019. – 132 с.
7. Погосян, В. М. К вопросу зависимости прочности зерна кукурузы от его влажности / В. М. Погосян, А. Л. Мечкало, А. А. Полуэктов // Тракторы и сельхозмашины. – 2023. – Т. 90, № 1. – С. 59-66. – DOI 10.17816/0321-4443-111809.

References

1. Baxarev, D. N. Sovershenstvovanie texnologii posleuborochnoj obrabotki pochatkov semennoj kukuruzy` na osnove texnicheskix reshenij poe`tapnogo obmolota : special`nost` 05.20.01 "Texnologii i sredstva mexanizacii sel`skogo xozyajstva" : dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni doktora texnicheskix nauk / Baxarev Dmitrij Nikolaevich. – Michurinsk, 2022. – 446 s.
2. Sortovaya texnologiya kukuruzy` / A. S. Kapustin, S. I. Kapustin, B. Aziz [i dr.]. – Lugansk : Luganskij nacional`ny`j agrarny`j universitet, 2013. – 196 s.
3. Pastuxov, A. G. Molotil`no-separiruyushhee ustrojstvo dlya pervichnogo semenovodstva kukuruzy` / A. G. Pastuxov, D. N. Baxarev // Sel`skoxozyajstvenny`e mashiny` i texnologii. – 2020. – T. 14, № 1. – S. 34-39. – DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-1-34-39.
4. Kurasov V. S. Mexaniko-texnologicheskoe obosnovanie kompleksa texniche-skix sredstv dlya selekcii, sortoispy`taniya i pervichnogo semenovodstva kukuruzy` / V. S. Kurasov // dis. d-ra texn. nauk: 05.20.01 / KGAU. – Krasnodar, 2003. – 343 s.
5. Pogosyan V.M. Selekcionnaya kukuruznaya molotilka / V. M. Pogosyan // Trakto-ry` i sel`xozmashiny`. 2019. № 5. S. 16–20.
6. Pogosyan V.M. Parametry` kukuruznoj selekcionnoj val`czovoj molotilki / V. M. Pogosyan // Dis. kand. texn. nauk. 05.20.01 / Krasnodar, 2019. – 132 s.
7. Pogosyan, V. M. K voprosu zavisimosti prochnosti zerna kukuruzy` ot ego vlazhnosti / V. M. Pogosyan, A. L. Mechkalo, A. A. Polue`ktov // Trakto-ry` i sel`xozma-shiny`. – 2023. – T. 90, № 1. – S. 59-66. – DOI 10.17816/0321-4443-111809.