

О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ МОДЕРНИЗАЦИИ ПАЛЬЦА ПОДБОРЩИКА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Лесняк О.Н., Соловьев А.Н., Матросов А.А., Вислоусова И.Н., Котов В.В., Михалев А.И.

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация. Работа посвящена актуальной теме – снижению уборочных потерь урожая. Рассмотрены преимущества и недостатки пружинных пальцев подборщика. Отмечено, что при подборе валка пружинные пальцы подборщика способны деформироваться. Установлено, что наличие пружины в конструкции пальцев обуславливает его податливость, склонность к деформациям и накоплению потенциальной энергии, что в последствии влияет на величину скорости движения пальца в зоне подбора валка. Для сокращения потерь зерна вымолотом предложено демпфирующее устройство к пальцу полотняно-транспортного подборщика.

Ключевые слова. Подборщик, пальцы подборщика, демпфирующее устройство, потери зерна вымолотом.

ON THE FEASIBILITY OF UPGRADING THE GRAIN PICKER'S FINGER

Lesnyak O.N., Soloviev A.N., Matrosov A. A., Vislousova I.N., Kotov V.V., Mikhalev A.I.

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Annotation. The work is devoted to the theme of reducing harvest losses of crops. The advantages and disadvantages of spring fingers of the pick-up. The ability of the spring fingers of the picker to deform during the selection of the roll was noted. It is established that the presence of a spring in the finger structure causes its pliability, and, consequently, the tendency to significant deformations and accumulation of potential energy. Subsequently, this leads to an increased speed of movement of the finger in the area of picking up the roll and grinding the grain. To reduce the loss of grain by grinding, a damping device is proposed to the finger of the canvas-conveyor picker.

Keywords. Picker, picker fingers, damping device, grain loss from threshing

Уборка урожая зерновых культур является важным технологическим процессом, в котором значительное внимание уделяется качеству уборки. По экспертной оценке [1], на сегодняшний день в нашей стране более чем с половины площадей, занятых под посевами зерновых культур, убирают двухфазным способом – валковыми жатками срезают хлебную массу и укладывают ее на стерне в валок, который впоследствии подбирается навесным подборщиком. Двухфазный способ уборки урожая позволяет увеличить сроки уборки по времени и сократить потери зерна за счет его самоосыпания. Однако, следует отметить, что использование различных способов организации уборки зерновых культур не снимает с повестки дня вопрос сокращения уборочных потерь [2,3], и в настоящее время решение этой задачи является актуальным.

Известно, что величина потерь за подборщиком во многом зависит от условий подбора [3,4], причем чем хуже эти условия – валок уложен на короткой стерне или находится на почве – тем выше потери зерна. В указанных условиях, подборщик устанавливается таким образом, что его подбирающие пальцы контактируют с почвой. Это приводит к деформации пальцев и накоплению потенциальной энергии. Накопленная пальцем потенциальная энергия впоследствии переходит в кинетическую энергию ударного воздействия пальцев по нижней части валка [5]. В результате чего имеет место вымолот зерна пальцами подборщика.

Данное утверждение относится к металлическим пружинным пальцам как барабанного, так и полотняно-транспортного подборщика, который получил наибольшее распространение как в нашей стране, так и за рубежом [5, 6]. Однако пружинный палец полотняно-транспортного подборщика имеет большое количество недостатков помимо ударного воздействия по валку. Он ненадежен в эксплуатации, так как не сохраняет расчетный угол с полотном, что исключительно важно для качества подбора и сброса стебельной массы валка. В пружинном металлическом пальце наблюдаются значительные необратимые деформации в процессе его работы, в результате чего он утрачивает подбирающую способность, и растительная масса наматывается на транспортер. Ко всему еще, он имеет нетехнологичную для изготовления конструкцию (большое количество отбракованных деталей).

Это обстоятельство вынуждает исследователей и производителей сельскохозяйственной техники, в частности подборщиков, неоднократно возвращаться к решению задачи по оптимизации конструкции пружинного пальца подборщика.

Так, например, для сокращения потерь зерна за подборщиком (в том числе и вымолотом его подбирающими пальцами) Гячева В.Н. [7], рекомендует понизить жесткость пальцев, а в работе [8] авторы предлагают использовать подбирающий палец, граблины которого изогнуты в центральной части. Однако, следует отметить, что данные предложения не решают проблему потерь зерна вымолотом. Понижение жесткости пальцев может привести к увеличению их деформации при подборе валка и способствовать возрастанию ударного воздействия пальцев по нижней части валка и, соответственно, вымолоту зерна [5]. Изменение конфигурации граблин пальца, предложенное в работе [8] не затрагивает пружинный элемент, а соответственно, при деформации пальца во время подбора, он по-прежнему способен накапливать потенциальную энергию (за счет пружинного элемента), которая впоследствии будет расходоваться на удар по нижней части валка и вымолот зерна.

Котенко А.Ф. и др. [9], а также Victor B. Erdman [10] для предотвращения поворота пальца относительно крепежного элемента и снижения удельного давления пальца на почву предлагают использовать палец подборщика переменной жесткости. Но на сегодняшний день нет оценки влияния такого пальца на потери зерна вымолотом.

Чубиков Н.Е. [11], Бобрищева Л. В. [12] и другие авторы [13,14,15] для предотвращения потерь за подборщиком изменяют способ крепления пальца, оснащают его специальными скребками, накладками, устройствами очистки от стеблей и т.п., что не решает проблему потерь зерна вымолотом.

Таким образом, можно сделать вывод, что на сегодняшний день имеются лишь единичные работы, по изучению зависимости потерь зерна вымолотом от конструктивных характеристик пальцев подборщика и эти работы требуют дополнительных теоретических и экспериментальных исследований.

Учитывая вышеизложенное, поставлена **цель исследования** – сокращение потерь зерна за подборщиком путем модернизации подбирающего пружинного пальца.

Задача исследования – найти оптимальный вариант конструкции пальцев подборщика, позволяющий уменьшить потери зерна вымолотом.

Считаем, что палец подборщика состоит из подбирающей части – граблины (1, 2), пружины (3) и крепежного элемента (4, 5) (рисунок 1). Склонность пальца к значительным деформациям и накоплению потенциальной энергии, обуславливает наличие пружины в его конструкции [16].

Условно представим палец в виде упругого стержня, определим запасенную при деформации энергию. Проведем анализ движение конечной его точки *M* (рисунок 2), имеющей максимальную скорость в зоне подбора валка.

Процесс деформации пальца отображается изменением величины конструктивного угла α_0 – угла наклона пальца *KM* к полотну транспортера и варьируется с помощью параметра H_n [16]. Чем меньше угол α , тем больше деформация пальца (рисунок 2).



Рисунок 1 – Пружинный палец полотняно-транспортерного подборщика

На рисунке 2 отмечено два положения пальца подборщика – когда он свободно движется и не испытывает деформации (отрезок *KM*, - пунктирная линия) и деформированный (отрезок *KM'*, отмечен сплошной линией). Деформация характеризуется разницей углов α и α_0 , а смещение конечной точки пальца δ определяется по формуле (1).

$$\delta(t) = L_n \sin(\alpha_0 - \alpha(t)). \quad (1)$$

где L_n – длина пальца подборщика *KM*.

В процессе деформации пальца подборщика подбирающий стержень и крепежные элементы изгибаются, а пружина закручивается. Для определения скорости удара пальца по валку примем расчетную схему (рисунок 3), в которой используем некоторые допущения.

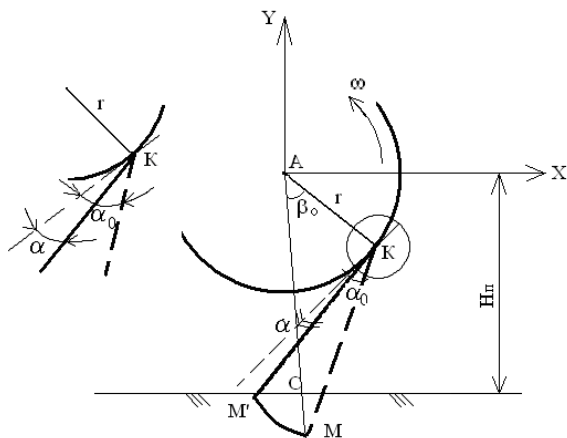
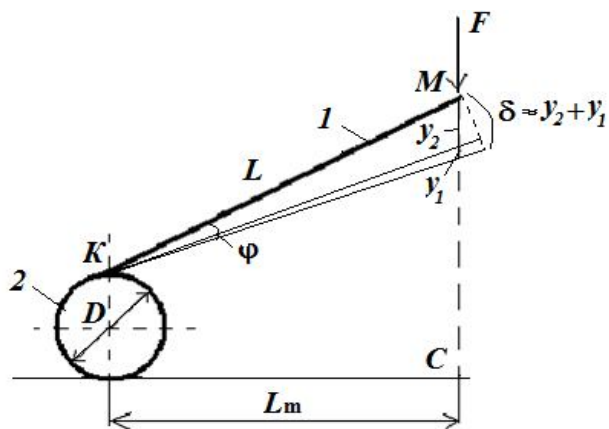


Рисунок 2 – Процесс контакта пальца с почвой и деформации.



1 – прямолинейный стержень; 2 - пружина
Рисунок 3 – Схема к расчету скорости удара пальца подборщика

Считаем, что палец подборщика состоит из пружины 2, и прямолинейного стержня 1. В расчете используем сосредоточенную силу F , приложенную в точке M (рисунок 3).

При нагружении пальца силой F (рисунок 3) пружина закручивается, что приводит к повороту конца пальца (точки M) на угол φ и к смещению его на величину y_2 . Наблюдается также прогиб стержня y_1 вследствие изгиба пальца. Полное смещение пальца δ (в точке M) представляет собой сумму деформаций пружины от кручения и стержня KM от изгиба.

Деформация пальца зависит от податливости конструкции в целом, поэтому применительно к пальцам, которыми оснащен полотняно-транспортный подборщик ППТ-3А, имеем

$$J = J_2 + J_1 = \frac{\pi D n L_m L}{J_x E} + \frac{L^3}{3EJ_x}, \quad (2)$$

где J – податливость всего пальца; J_2 – податливость пружины (2, рисунок 3); J_1 – податливость консоли KM (1, рисунок 3).

Сила зависит от величины прогиба, то есть

$$F = G\delta. \quad (3)$$

Деформация пальца происходит в пределах упругости, поэтому потенциальная энергия деформации

$$U = \frac{\delta^2}{2J} \text{ или } U = \frac{G\delta^2}{2}, \quad (4)$$

где $G = 300$ Н/м – приведенная жесткость конструкции пальца подборщика, определенная экспериментально при изучении величины деформации пальца под воздействием силы равной 10 Н.

После снятия нагрузки, накопленная пальцем потенциальная энергия, переходит в кинетическую, приводящую в движение точки пальцев. Наибольшей скоростью обладает точка M и ее скорость определяется как

$$V = \sqrt{\frac{1}{mJ}} \delta, \quad (5)$$

где V – скорость движения пальца подборщика, м/с; m – масса консоли KM , г.

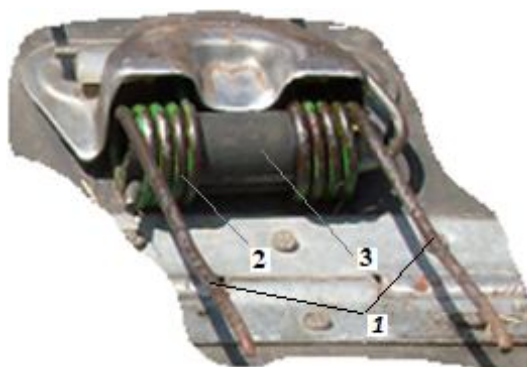
Согласно формуле (5) установлено, что при деформации пальца порядка 10 мм скорость движения пальцев (скорость удара) достигает 2,5 м/с. Согласно данным Кленына Н.И. [6] при такой скорости удара наблюдается осыпание зерен и даже облом колосьев.

На скорость удара пальцев существенное влияние оказывает и кинематический режим работы подборщика. Моделируя процесс подбора валка, и изменяя величину деформации пальца [5], установлено что при $\lambda=1,3$ и деформации пальца порядка 10 мм скорость удара достигает уже 4,5 м/с, что является довольно критичным значением с точки зрения потерь зерна вымолотом.

Следовательно, для сокращения потерь зерна за подборщиком надо, прежде всего, исключить деформацию пальцев при подборе валка, что в полевых условиях практически невозможно.

Поэтому необходимо модернизировать конструкцию пальцев подборщика, в частности, для снижения скорости движения пальцев в зоне подбора повысить ее демпфирующие свойства.

Для этого предлагается [17] оборудовать типовой палец полотняно-транспортного подборщика демпфирующим устройством из вибропоглощающего материала (резины), способного к значительному рассеянию энергии (рисунок 4).



1-палец подборщика; 2 – пружина; 3 – демпфирующее устройство
Рисунок 4 – Палец подборщика ППТ-3А, оснащенный демпфирующим устройством:

Эффективность данной модернизации пальцев подборщика доказана лабораторными и полевыми экспериментами [18]. В полевых условиях установлено, что потери зерна за подборщиком, оборудованным пальцами с демпфирующим устройством, на 18,7% меньше, чем за типовым подборщиком.

В заключении следует отметить, что в перспективе целесообразно рассмотреть возможность оснащения демпфирующим устройством пальцев барабанного подборщика, а также эффективность замены металлических пружинных пальцев на полимерные.

Список использованных источников

1. Цугленок, Н. В. Сравнительный анализ способов уборки и послеуборочной обработки зерновых культур [Текст]/Н. В. Цугленок [и др.] // Проблемы современной аграрной науки: материалы междунар. заоч. науч. конф. – Красноярск: М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, Краснояр. гос. аграр. ун-т, 2012. – С. 232–234
2. Каскулов, М. Х. Проблемы уменьшения потерь зерна при уборке зерновых культур [Текст]/ М. Х. Каскулов, Ю. А. Шекихачев, М. Н. Малухов // Вопросы сельскохозяйственного производства: сб. науч. тр. – М., 1988. – 143с.: ил.
3. Комарова, М. К. Борьба с потерями зерновых колосовых / М. К. Комарова, В. И. Недовесов. – М.: Колос, 1980. – 450 с.
4. Красноступ, С. М. Анализ влияния условий подбора на характер потерь зерна за полотняно-транспортным подборщиком [Текст]/ С. М. Красноступ, О. Н. Лесняк, А. Д. Азаров // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения: материалы междунар. науч.-практ. конф., 26 – 29 марта – Ростов н/Д.: Рост. гос. акад. с-х. машиностроения, 2008. – С. 166 – 168.
5. Красноступ, С. М. Изучение характера взаимодействия пальцев полотняно-транспортного подборщика с валком в зоне подбора [Текст]/ С. М. Красноступ, О. Н. Лесняк, А.Д. Азаров // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. – 2011. – Т. 11. – № 10 (61), (спец. выпуск 6). – С. 1808-1816.
6. Кленин, Н. И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины: учебники и учебное пособия для средних специальных учеб. заведений / Н. И. Кленин, В. Г. Егоров. – М.: Колос, 2005. – 464 с.: ил.
7. Гячева, В. Н. Свободные колебания пружинного пальца подборщика [Текст] / В. Н. Гячева // Уравновешивание рабочих органов и снижения вибраций сельхозмашин: сб. статей / РИСХМ. – Ростов н/Д, 1972. – С. 120 – 122.
8. Пат. на полезную модель 187917 РФ U1A01D 89/00. Пружинный палец транспортного подборщика уборочной машины / И. И. Огнев, И. Г. Огнев; А.П. Ловчиков, и др. заявитель и патентообладатель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина" – № 2018142301; заявл. 30.11.2018; опубл. 22.03.2019, Бюл. № 9.
9. Пат. 1761034 А1 СССР А01D89/00, 80/02. Транспортный подборщик. / А.Ф. Котенко, А.И. Николаенко, Е.А. Черненко и др.; заявитель Головное специализированное конструкторское

бюро по комплексам машин для двухфазной уборке зерновых, риса, семенников трав и других культур и стационарного обмолота, научно-производственное объединение "Пластик". – №4829431; заявл. 28.05.90; опубл.15.09.92. – Бюл. № 34-3 с.: ил.

10. Пат. 4437296 США МКИ А 01D 77/00. Зубец полотняного подборщика. Draper Pick – Up Tine: / Viktor B. Erdman (Canada); заявитель и патентообладатель Viktor B. Erdman – № 271938; заявл. 9.06.81; опубл. 20.03.84

11. А.с. 193811 СССР А01D41/12. Граблина для полотняно-грабельных подборщиков / Н. Е. Чубиков; заявитель и патентообладатель Н. Е. Чубиков. – № 724923/30-15; заявлено 03.04.61; опубл. 13. 03. 67, Бюл. 7.

12. Пат. 1115069 Канада МКИ А01D 89/00/ Конвейер подборщика уборочной машины. Conveyer of Farm Machine Pickup / L.V. Bobrysheva, B. P. Gavrilenko, V. V. Markov, L. P. Minenko (USSA), заявитель и патентообладатель Rostovskoe Gol. Sp. K. Bjuro K. – № 350430; заявл.; опубл. 29.12.81.

13. Пат. 2056091 С1 РФ А01D 89/00. Подборщик к уборочной машине / Н. А. Попов, Д. И. Белый, В. Н. Солнцев [и др.]; заявитель и патентообладатель Воронежский государственный аграрный университет им. К.Д. Глинки. – № 93007422/15 заявл. 04.02.93; опубл. 20.03.96, Бюл. № 8.

14. Пат. 1561886 А1 СССР А 01 D 89/00. Подборщик / С. И. Волосников, А. А. Исаченко; заявитель Всесоюзный научно-исследовательский институт риса. –№ 4435565/30-15; заявл. 06.06.88; опубл. 07.05.90, Бюл. № 17.

15. Пат. 1227935 Канада МКИ А 01 D 87/00. Подбирающее устройство для комбайна. Pick – Up Attachment for Combine /Johnson, Ralph M., (Canada). Заявитель и патентообладатель Johnson, Ralph M.– Inc. № 930422; заявл. 16.05.72; опубл. 14.06.73

16. Красноступ, С. М. К вопросу о влиянии механических свойств пальцев подборщика на потери зерна [Текст]/ С. М. Красноступ, О. Н. Лесняк, А. Д. Азаров // Современные инновационные технологии в сельскохозяйственном машиностроении: материалы межрегион. науч.-практ. конф., 28-31 марта / РГАСХМ. – Ростов н/Д, 2007 – С. 30 – 34.

17. Пат. на полезную модель 122554 РФ U1A01D 89/00. Пружинные подбирающие пальцы для полотняно-транспортного подборщика уборочной сельскохозяйственной машины / С. М. Красноступ, О. Н. Лесняк; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Донской государственный технический университет" – № 2012126243; заявл. 22.06.2012; опубл. 10.12.2012, Бюл. № 34.

18. Лесняк, О. Н. Определение зависимости потерь зерна вымолотом пальцами подборщика от факторов, его обуславливающих [Текст]/ О. Н. Лесняк, С. М. Красноступ // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения: материалы 7-й междунар. науч.-практ. конф. в рамках 17-й междунар. агропром. выставки «Интерагромаш-2014», 25 – 28 февраля. – Ростов н/Д, 2014. — С. 160 – 163.

Работа выполнена в рамках инициативной НИР