

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

Станислав Смолинский

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины
Украина, г. Киев, ул. Героев Оборона, 15

Аннотация. Приведен анализ вопроса повышения эффективности работы зерноуборочного комбайна. Определено, что одним из перспективных путей повышения эффективности функционирования комбайна является срезание только верхней части стеблей, где содержится зерно, что приведет к уменьшению содержания соломы в хлебной массе. Приведены технологические и технические принципы его реализации.

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн, дифференцированный метод уборки, показатели эффективности, производительность комбайна, потери зерна, высота среза.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Основными машинами для уборки зерновых культур на сегодняшний день являются конструктивно сложные и энергонасыщенные самоходные зерноуборочные комбайны, которые отличаются как технической характеристикой, так и показателями эффективности работы. Производственный опыт подсказывает, что для уборки зерновых культур в сжатые сроки и минимальными потерями урожая следует использовать высокопроизводительную технику высокого уровня технического состояния и при соответствующей ее подготовке к условиям работы. Сегодня в Украине для уборки урожая зерновых культур используются преимущественно комбайны производства зарубежных фирм таких как CLAAS, MASSEY FERGUESON, CNH, FENDT, SAMPO, DEUTZ-FAHR, JOHN DEERE, LAVERDA, ГОМСЕЛЬМАШ, РОССЕЛЬМАШ и другие, которые имеют близкие по значениям показатели технической характеристики, но отличаются качественными показателями работы.

Анализ существующих подходов относительно повышения эффективности машин для уборки зерновых культур показывает, что увеличение пропускной способности самоходных зерноуборочных комбайнов яв-

ляется на современном уровне развития сельскохозяйственной техники нецелесообразно, поскольку наиболее эффективно применять комбайн при настройке параметров на некоторое рациональное значение пропускной способности, при которой возможно достичь необходимые качественные и энергетические показатели работы.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель работы – на основании анализа рабочего процесса зерноуборочного комбайна обосновать принципы повышения эффективности функционирования зерноуборочного комбайна.

Исследованиями технологий уборки зерновых культур занимались многие ученые Кленин Н.И., Жалнин Э.В., Л. Шпокас и другие [С.А.Алферов 1981, Д.Г. Войтюк и др. 2011, Н.И.Кленин 2004, А.Кушнарев и др. 2010, А.Н.Леженкин 2008, А.П.Ловчиков 2004, 2005, В.И.Недовесов и др. 2011, А.Н.Погорелец, Г.И.Живолуп 2003, Л.Шпокас 2008, Т.Beck 1990, /Z.Kelemen, I.Komlodi 2003], в результате которых были разработаны различные технологические схемы уборки зерновых культур и технические средства для их реализации.

Для решения задачи повышения эффективности зерноуборочного комбайна рассмотрим их технологические и технические

предпосылки. Следует учитывать системный подход при решении таких задач, поскольку рабочий процесс зерноуборочного комбайна является взаимодействием рабочих органов машины (их характеристика – параметры и режимы работы) с технологическим материалом с соответствующими характеристиками.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Как известно, на производительность комбайна W (га/час) влияют ширина захвата жатки B (м) и рабочая скорость уборочной машины V (км/час). Поэтому с увеличением этих параметров будет увеличиваться и производительность комбайна.

На основе проведенного анализа установлено, что увеличение ширины захвата жатки комбайна приведет к увеличению мощности двигателя, массы машины в целом и энергоемкости процесса [1-3]. Увеличение скорости движения комбайна возможно достичь при увеличении пропускной способности МСУ комбайна, что является нецелесообразным. Другая возможность реализации увеличения скорости движения комбайна достигается уменьшением массовой подачи материала в молотильно-сепарирующее устройство (МСУ) комбайна путем отдельной (дифференцированной) уборки зерновых культур. Проведем краткий анализ возможных способов дифференцированной уборки.

Наиболее известным и научно обоснованным способом дифференцированной уборки является очес зерна на корню. При этом первой операцией в технологическом процессе является очес зерна, который выполняет полевая мобильная уборочная машина. При этом может применяться универсальный зерноуборочный комбайн, который оборудован очесывающей жаткой (рис. 1).

После очеса, следующими операциями технологического процесса уборки зерновых культур является доработка очесанного вороха на технологических линиях послеуборочной обработки, а также уборка с поля растительной массы или ее измельчение для последующей заделки в почву в качестве удобрения. Но опыт применения метода очеса при уборке зерновых культур показывает определенную его ограниченность при

уборке колосовых культур вследствие их характеристик (например, силы связи зерна с колосом).



Рис. 1. Зерноуборочный комбайн CASE, оборудованный очесывающей жаткой
Fig. 1. Harvester by CASE with stripper.

Одной из важных биологических особенностей зерновых культур, которая подтверждает возможность применения уборки только верхней, содержащей зерно, части растения и позволяющей увеличить продолжительность уборки на протяжении рабочего дня, является существенная разница влажности отдельных частей растений. Для колосовых культур влажность верхней зерносодержащей части составляет 15...25%, а нижней (соломистой) - 21...48% [4-6]. Кроме того, анализ рабочего процесса комбайна позволяет сделать вывод о уменьшении силового воздействия рабочих органов жатки на стеблестой зерновых культур, что приводит к уменьшению потерь зерна за жаткой.

Альтернативой методу очеса можно считать срезание верхней зерносодержащей части зерновых культур универсальным зерноуборочным комбайном с навесной жаткой. Этот способ уборки (который может быть применен и при уборке колосовых зерновых культур) заключается в высоком срезании стеблей зерновых культур на высоте 5...10 см ниже первого соцветия [7-10]. При этом достигается повышение производительности работы комбайна и снижения потерь зерна, в силу того, что обмолачивается лишь колосковая часть растений. Высокая стерня, что образуется при этом, аналогично методу очеса, может измельчаться и заделываться в почву почвообрабатывающими агрегатами.

Недостатком навесных обычных жаток зерноуборочных комбайнов является то, что они качественно срезают стебли колосовых растений лишь на небольшом расстоянии от поверхности поля, поскольку при увеличенные высоты среза, например до $2/3$ длины стебля и большее, значительно уменьшается жесткость стеблей, что приводит к отклонению стеблей вперед режущего аппарата и значительных потерь зерна вследствие несрезания зерносодержащей массы [14-20]. При этом совместное действие мотовила и режущего аппарата не оказывает существенное влияние на протекание процесса, так как мотовило во время работы действует лишь менее чем на половину стеблей, а остальные стебли срезаются на основании жесткости и подпора другими растениями. Поэтому, возникает необходимость обосновать параметры жатки комбайна (прежде всего, рабочую скорость и высоту среза), при которых для определенных условий будет выполняться качественный срез зерносодержащей части растений зерновых культур. Без решения указанной проблемы стебли зерновых культур будут срезаться достаточно большой длины и подача зерна в молотилку комбайна будет составлять до 40% общей подачи хлебной массы.

Этот способ может быть реализован в конструкции двухъярусной жатки (рис. 2), верхний ярус которой предназначен для среза зерносодержащей части стеблей, а нижний – соломы.

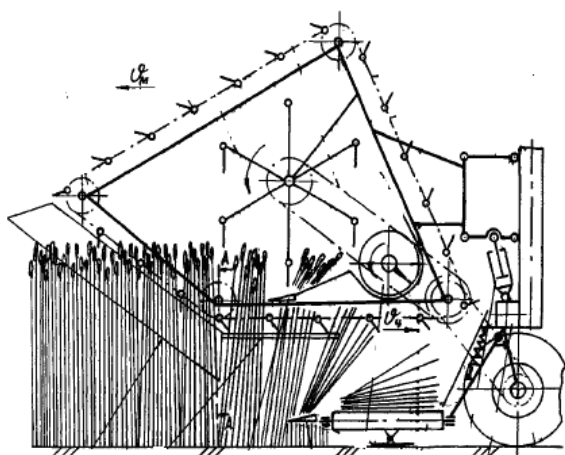


Рис. 2. Двухъярусная жатка для уборки зерновых культур

Fig. 2. Double-deck header for harvesting of grain-crops

При этом способе может также применяться зерноуборочный агрегат, который включает жатку с режущим аппаратом. На раме жатки размещено устройство для прессования рулонов из скошенной хлебной массы. За счет одновременного выполнения процесса скашивания зерносодержащей части растений режущим аппаратом и прессования ее в рулоны механизмом прессования обеспечивается сокращение энергозатрат технологических процессов и сроков уборки, при этом будет наблюдаться также снижение потерь зерна. Одним из недостатков этого способа следует считать существенные затраты на последующую доработку полученной массы, хотя сам процесс уборки зерносодержащей части – достаточно эффективен.

Для проверки рабочей гипотезы о возможности уменьшения потерь зерна и увеличения производительности комбайна путем среза верхней зерносодержащей части стеблей зерновых культур (зоны расположения колосков) были проведены пробные эксперименты с применением стандартной методики согласно ГОСТ 28301-89. Результаты исследований подтвердили гипотезу о возможности применения этого метода уборки с целью повышения эффективности работы комбайна. Установлено, что при срезании стеблей пшеницы на высоте приблизительно 50 см от поверхности поля величина потерь уменьшается на 30...35% при увеличении производительности до 65% (средняя высота стеблей составляла 87,7 см).

Уборочный процесс зерновых культур является сложной многопараметрической системой, которая имеет на входе множество параметров условия функционирования $\{X\}$ и на выходе показатели эффективности работы $\{Y\}$.

Сам технологический процесс представляется в виде последовательности операций: 1 – срезания зерносодержащей части стебля, 2 – обмолота массы, 3 – очистки зерна от примесей, 4 – транспортировки зерна, 5 – послеуборочной обработка зерна, 6 – срезания соломы, 7 – прессования срезанной соломы, 8 – измельчения соломы, 9 – заделки измельченной соломы в почву, которые в зависимости от условий могут претерпевать некоторые изменения.

Функционирование технологического

процесса дифференцированной уборки зерновых культур путем срезания зерносодержащей части стебля можно представить в виде модели, которая включает отдельных операций и их взаимосвязи (рис. 3).



Рис. 3. Функциональная модель дифференцированной уборки зерновых культур
Fig. 3. Functional model of differential harvesting of grain-crops

При реализации дифференцированной уборки зерновых культур на эффективность работы уборочного агрегата будут влиять факторы – характеристики биосреды (хлебостоя) $X_{11}, X_{12}, \dots, X_{1F}$ и режимы работы уборочной машины $X_{21}, X_{22}, \dots, X_{2P}$. Тогда множество параметров условия функционирования $\{X\}$ будет представлено

$$\{X\} = \{X_{11}(x, y, t), X_{12}(x, y, t), \dots, X_{1F}(x, y, t), X_{21}(t), X_{22}(t), \dots, X_{2P}(t)\}. \quad (1)$$

При этом допустим, что факторы – характеристики хлебостоя (урожайность культуры, соломистость, высота хлебостоя, характеристики неровностей поверхности поля и т.д.) $X_{11}, X_{12}, \dots, X_{1F}$ будут функцией координат и времени, а факторы - режимы работы уборочной машины (рабочая скорость движения, высота срезания и т.д.) $X_{21}, X_{22}, \dots, X_{2P}$ - только функцией времени.

Показателями эффективности работы $\{Y\}$ при этом будет множество качественных, энергетических и других функциональных параметров системы (например, производительность комбайна, потери зерна и т.д.), которые будут функцией множества параметров условия функционирования $\{X\}$, времени t и множества случайных возмущений $\{\xi\}$

$$\{Y\} = \{Y_1(X, \xi, t), Y_2(X, \xi, t), \dots, Y_R(X, \xi, t)\}. \quad (2)$$

Тогда модель процесса будет иметь вид

$$\left. \begin{aligned} \{Y\} &= \{Y_1(X, \xi, t), Y_2(X, \xi, t), \dots, Y_R(X, \xi, t)\}, \\ \{X\} &= \{X_{11}(x, y, t), X_{12}(x, y, t), \dots, X_{1F}(x, y, t), X_{21}(t), X_{22}(t), \dots, X_{2P}(t)\}. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

При подстановке в модель (3) моделей отдельных ее составляющих, можно получить выражение для определения оптимальных значений параметров уборочной машины $X_{21}, X_{22}, \dots, X_{2P}$ при известных характеристиках биосреды $X_{11}, X_{12}, \dots, X_{1F}$, а при необходимости - прогнозировать показатели эффективности работы $\{Y\}$.

Кроме того, на основании записанной модели может создаваться модель оптимальных управляющих действий с реализации ее в устройстве оперативного управления работой уборочной машины в целом и отдельных ее агрегатов.

Для реализации дифференцированного метода уборки необходимо зерноуборочный комбайн оборудовать блоком контроля и оперативного управления жаткой, которое представим в виде структурной схемы (рис. 4). Устройство состоит из рабочего органа РО (жатки), изменение положение которой над поверхностью почвы определяется изменением высоты ΔH при помощи исполнительного механизма ИМ и контролируется датчиками контроля ДК (датчики контроля высоты стеблестоя, высоты срезания, неровностей поверхности поля и т.д.). Стабильность положения обеспечивается стабилизатором, который встроен в исполнительный механизм ИМ. Работой исполнительного механизма управляют блоком управления БУ управляющим сигналом U сформированным на основании информации от датчиков контроля ДК и загруженной оптимальной величины подачи хлебной массы q .

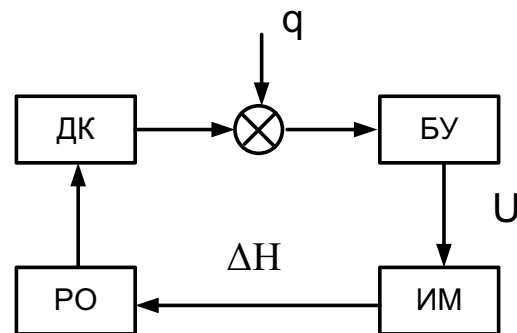


Рис. 4. Структурная схема устройства оперативного управления жатки.
Fig. 4. Block diagram of equipment for operating control of header.

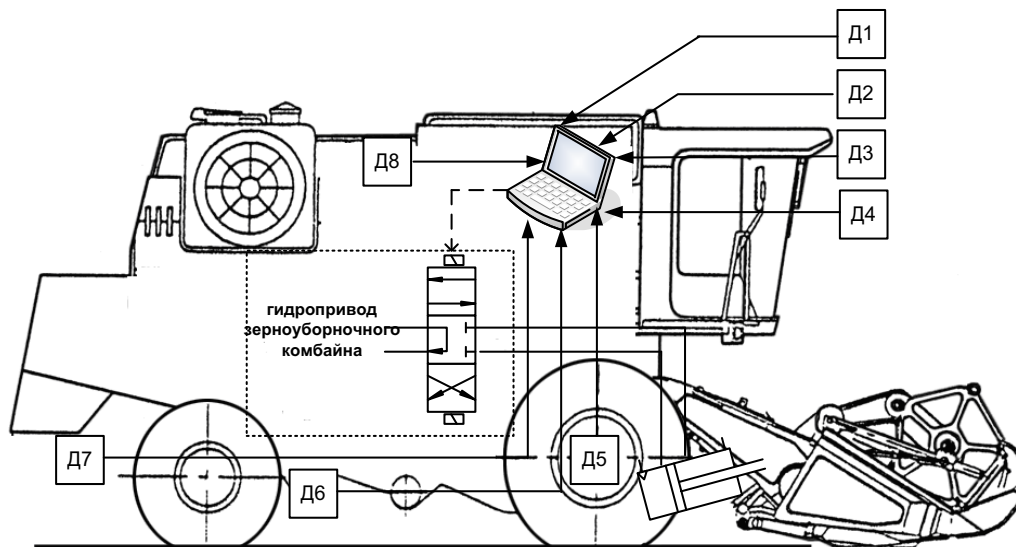


Рис. 5. Схема зерноуборочного комбайна с блоком контроля и оперативного управления
 Fig. 5. Harvester with equipment for operating control

Исследованиями [21] установлено, что применение в составе зерноуборочного комбайна системы автоматического контроля и оперативного управления может обеспечить увеличение производительности более чем на 20%, уменьшение удельной затраты топлива до 8% и потерь зерна не менее чем на 0,5%.

ВЫВОДЫ

1. В результате проведенного анализа способов уборки зерновых культур и рабочего процесса зерноуборочного комбайна установлено, что одним из перспективных путей повышения эффективности функционирования зерноуборочного комбайна является применения дифференцированного метода уборки, который основывается на срезании верхней зерносодержащей части стеблей зерновых культур. Применение этого метода позволит уменьшить подачу соломы в МСУ зерноуборочного комбайна, что приведет к увеличению скорости движения, а следовательно, и производительности комбайна.

2. На основании анализа результатов проведенных опытов можно сделать вывод о перспективности последующих исследований по изучению уборки зерновых культур путем срезании зерносодержащей части стеблей.

3. Изложены технические и технологические предпосылки по применению универсального зерноуборочного комбайна при работе согласно дифференцированного метода уборки зерновых культур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алферов С.А. Как работает зерноуборочный комбайн /С.А.Алферов, А.И.Калошин, А.Д.Угаров // - М.: Машиностроения, 1981. – 190 с.
2. Войтюк, Д.Г. Сравнительный анализ показателей эффективности работы зерноуборочных комбайнов /Д.Г. Войтюк, С.В. Смолинский, А.В. Ямков // Сб. науч. трудов "Технико-технологические аспекты развития и испытания новой техники и технологий для сельского хозяйства Украины" – Вып. 15 (29). – Дослідницьке, 2011. – С. 100–107 (на укр. языке).
3. Горбулин А.И. Исследование влияния высоты среза зерновых культур на качественные и энергетические показатели уборочных агрегатов. /А.И.Горбулин // Автореферат дисс. к.т.н. – Саратов, 1969. – 28 с.
4. ГОСТ 28301-89. Комбайны зерноуборочные. Методы испытаний. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 19 с.
5. Дунай Н.Ф., Сельскохозяйственные машины / Н.Ф. Дунай, В.Е. Комаристов. – М.: Колос, 1984. – 478 с.

6. Кленин Н. И. Вчера и сегодня российского комбайна. // Сельский механизатор. 2004, № 2. – С. 29.
7. Кушнарев А. Проблемы совершенствования технологии уборки зерновых /А.Кушнарев, В.Кравчук, А.Леженкин // Ж. Техніка і технології АПК. – 2010. – №2. – С. 6.
8. Леженкин А.Н. Методология формирования энерго- и ресурсосберегающей технологии уборки зерновых культур в условиях фермерских хозяйств (на примере Украины) / А.Н. Леженкин // Автореферат дисс. д.т.н. М., 2008. – 35 с.
9. Ловчиков А.П. Технологическое совершенство систем уборки зерновых культур /А.П.Ловчиков // Тракторы и с. х. машины. М. 2004, № 11. – С. 26–27.
10. Ловчиков А.П. Повышение качества зерна в период уборки урожая комбайнами. /А.П.Ловчиков // Известия ОГАУ 3(7), Оренбург, 2005. – С. 139–141.
11. Мироненко, В.Г. Разработка средств механизации с управляемым качеством выполнения технологических процессов в растениеводстве. / В.Г. Мироненко // Дисс. ... докт. техн. наук: 05.05.11 / В.Г. Мироненко; НАУ. – К., 2005. – 400 с. (на укр. языке).
12. Недовесов В.И. Анализ экономичности технологического процесса зерноуборочного комбайна / В.И. Недовесов, Г.А. Хайлис, Н.Д. Занько // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. – № 1. – С. 27–29.
13. Патент KG № 0207 МПК А 01 D 91/04 опубл. 01.10.97 Бюл. № 1, 1998
14. Патент RU №0002244397 Зерноуборочный агрегат. А01D43/00;А01F15/07.
15. Патент UA №30206А Жатка для скашивания зерновых колосовых культур. МПК А01D75/02 Публ. 15.11.2000, Бюл. № 6, 2000 р.
16. Погорелец А.Н. Зерноуборочные комбайны / А.Н. Погорелец, Г.И. Живолуп. – К., Украинский Центр духовной культуры, 2003. – 204 с. (на укр. языке).
17. Смолинский С.В. Анализ взаимосвязи между базовыми параметрами современных зерноуборочных комбайнов /С.В. Смолинский // Вестник Харьковского национального технического университета сельского хозяйства им. П. Василенка. – Харьков, 2010. – Вып. 93 Т.1. – С. 182–186.
18. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин / Под. ред. Е.С. Босого // – М.: Машиностроение, 1977. – 568 с.
19. Шпокас Л. Оценка работы высокопроизводительных зерноуборочных комбайнов /Л.Шпокас // Доклад на Международной научно-практической конференции «Аграрная инженерия в условиях глобализации», Киев, 4-5 ноября 2008 г.
20. Beck T. Messung und der Beurteilung von Mahdreschern / T.Beck, H.-D.Kutzbach// Landtechnik. – 45. Jg. (1990). – Heft 6. – S.218-220.
21. Kelemen Z. Möglichkeiten der Verlustsenkung bei Mähreschern /Z.Kelemen, I.Komlodi// Landtechnik in den Ackerbaugebieten in Ungarn, Slowakei und Österreich. - Bükfürdo, 2003. – S. 73–75.

TECHNOLOGICAL AND TECHNICAL PRINCIPLES FOR RISE OF HARVESTER EFFICIENCY

Summary. There is analyzed the problem of rise of harvester efficiency . It is definite, the perspective way for rise of harvester efficiency is harvesting only top of stems with the corn for reduction of straw content. There are given the technological and technical principles for this way realization

Key words: harvester, differential method of harvesting, efficiency, harvester capacity, corn loss, cutting height.