

ВЫСОТА СРЕЗА КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

THE CUTTING HEIGHT AS A FACTOR FOR INCREASING THE HARVESTER EFFICIENCY

Станислав Смолинский

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины,
ул. Героев обороны, 13, г. Киев, 03041 Украина
E-mail: s_smolinsky@meta.ua

Получено 2013-01-31, вручено в печать 2013-06-12

Одним из путей повышения эффективности работы зерноуборочных комбайнов можно назвать уборку зерновых культур срезанием колосковой части стебля растения, обеспечивая при этом значительное уменьшение подачи соломы в молотилку в сравнении с традиционным способом уборки. Поэтому можно считать высота среза зерновых культур является одним из факторов, повышающих эффективность работы комбайна.

На основании проведенных опытов установлено, что по причине существенной вариации высоты и полеглости стеблей по длине гона в процессе уборки комбайном при срезе колосковой части растения необходимо применять на зерноуборочных комбайнах системы адаптации, обеспечивающие контроль и оперативное управление параметрами комбайна, и прежде всего изменение (а также и стабилизацию) величины высоты среза стеблей в зависимости от состояния стеблестоя.

В результате исследований получено условием эффективной работы жатки при срезании колосковой части растения зерновых культур. Для исследования изгиба отдельного стебля как тонкого, гибкого и нерастяжимого стержня по углу наклона касательной кривой изгиба к продольной оси стебля в соответствующих точках проводится компьютерный эксперимент, в результате которого получены графические и функциональные зависимости критического угла наклона в виде экспоненциальной функции:

При рассмотрении и анализе уравнения кривой изгиба получено выражение для определения усилия изгиба, что позволит более точно смоделировать процесс взаимодействия жатки со стеблем убираемой культуры и выбрать рациональные значения параметров уборочного агрегата.

В статье приведены результаты экспериментальных исследований по изучению влияния высоты среза стеблей, которые представлены в виде эмпирической зависимости.

Пробными опытами доказана гипотезе о возможности уменьшения потерь зерна путем срезания колосковой части стеблей зерновых культур с уменьшением

подачи соломы к молотильно-сепарирующему устройству комбайна и увеличению скорости движения уборочной машины.

Зерноуборочный комбайн, колосковая часть, высота среза, отгиб стеблей.

Введение

Основными машинами для уборки зерновых культур являются конструктивно сложные, энергонасыщенные и динамичные самоходные зерноуборочные комбайны, которые отличаются показателями технической характеристики и эффективности работы. Анализ существующих направлений повышения эффективности работы зерноуборочных комбайнов показывает нецелесообразность повышения пропускной способности самоходных зерноуборочных комбайнов, поскольку большинство комбайнов имеет оптимальные значения этого параметра, при котором возможно достичь необходимые качественные и энергетические показатели работы. Альтернативой классической уборке зерновых культур можно считать срезание верхней зерносодержащей части растений универсальными зерноуборочными комбайнами с навесными жатками. При этом достигается повышение производительности работы комбайна (га/ч) 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 зарываться в почву почвообрабатывающими агрегатами.

Состояние вопроса

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. Так, в одно и тоже время влажность верхней зерносодержащей части колосовых культур при уборке составляет 15-25 %, а нижней (соломистой) при этом – 21-48 % [1], что дает возможность утверждать о целесообразности уменьшения высоты среза стеблей по достижению рациональной влажности в соответствующей точке стебля при постепенном просыхании под действием природно-климатических факторов. Кроме того, анализ рабочего процесса комбайна позволяет сделать вывод об уменьшении силового воздействия рабочих органов жатки на стеблестой зерновых культур, что приводит к уменьшению потерь зерна за жаткой.

Недостатком навесных обычных жаток зерноуборочных комбайнов является то, что они качественно срезают стебли колосовых растений лишь на небольшом расстоянии от поверхности поля, поскольку при увеличенных высотах 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 [2]. 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 [3, 4].

Поэтому, возникает необходимость рассмотреть рабочий процесс жатки комбайна исходя из системного подхода учитывая взаимодействия рабочих элементов жатки с биосредой – стеблестоем, что позволит определить условия качественного срезания зерносодержащей части растений зерновых культур. Без решения указанной проблемы стебли зерновых культур будут срезаться достаточно большой длины и с незначительным содержанием зерна в хлебной массе при подаче ее в молотилку комбайна.

Цель исследований

Для решения сформулированной проблемы необходимо провести исследования, целью которых является обоснование условий качественной уборки зерновых культур со срезанием колосковой части растения.

Методики исследований

При анализе процесса взаимодействия жатки зерноуборочного комбайна со стеблестоем зерновых культур установлено, что основными проблемами, существенно влияющими на протекания срезания верхней части зерновых культур могут быть: существенные вариации высоты и полеглости стеблестоя по длине гона; возможные потери урожая вследствие отгиба стеблей жаткой комбайна при высоком срезании.

Программой экспериментальных исследований предусматривалось изучение вариации средней высоты и полеглости стеблестоя зерновых культур в период уборки по длине гона. Исследования проводились на основе стандартной методики определения условий испытаний зерноуборочных комбайнов согласно ГОСТ 28301-89 и стандартных методик [5, 6] на опытных полях Национального университета биоресурсов и природопользования Украины. Сроки проведения исследований – 21-29.07.2009 г. (в период уборки), площадь поля – 55 га, культура – пшеница, сорт – Национальная озимая, урожайность – 37,5-44 ц·га⁻¹, влажность зерна – 14,5-5,7 %

При проведении исследований использовалась измерительная рулетка с диапазоном измерений 0–3 м с точностью до 1 мм. По длине гона принимались участки через 50 м по шести гонах. Расстояние между центрами гонов соответствует ширине захвата жатки комбайна, используемого при уборке на этом участке (зерноуборочный комбайн MF9690 оборудован жаткой с шириной захвата 7,62 м без копирования поверхности поля). На каждом контрольном участке производилось измерение длин 10 стеблей в свободном и выпрямленном состоянии (с вычислением их средних арифметических значений), а также определяли среднюю полеглость стеблей.

Результаты исследований

На основании проведенных экспериментальных исследований получены графики изменения средней высоты (рис. 1) и полеглости стеблей вдоль гона поля (рис. 2). Полученные результаты позволяют сказать о неоднозначности настроек жатки зерноуборочного комбайна при срезании колосковой части растения.

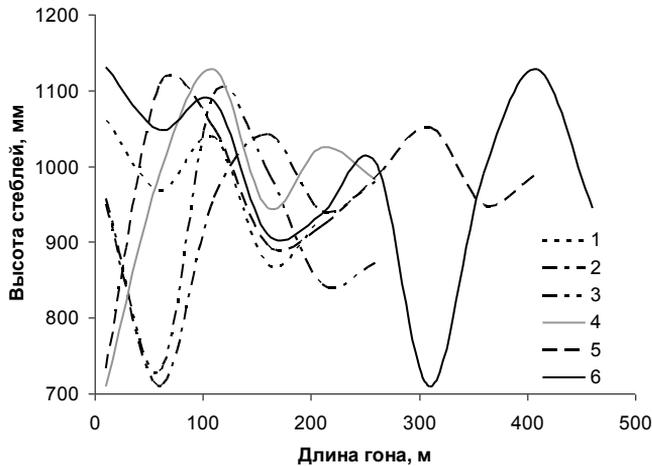


Рис. 1. График вариации средней высоты стеблей пшеницы по длине гона: 1) опытный участок №1; 2) опытный участок №2; 3) опытный участок №3; 4) опытный участок №4; 5) опытный участок №5; 6) опытный участок №6

Fig. 1. Graph of variation of middle height for wheat stems on pass: 1) experimental plot #1; 2) experimental plot #2; 3) experimental plot #3; 4) experimental plot #4; 5) experimental plot #5; 6) experimental plot #6

Вследствие существенной вариации высоты и полеглости стеблей по длине гона для обеспечения эффективной уборки зерновых культур путем среза колосковой части растения необходимо применять на зерноуборочных комбайнах системы адаптации, состоящие из систем контроля и оперативного управления высотой среза стеблей в зависимости от состояния стеблестоя.

Условием эффективной работы жатки при срезании колосковой части растения зерновых культур также является

$$\theta(l) \leq \theta_{кр}(l),$$

где $\theta(l)$ – значение угла наклона касательной к продольной оси в текущей точке, расположенной на расстоянии l от места закрепления стебля в почве;

$\theta_{кр}(l)$ – критическое значение угла наклона касательной к продольной оси в этой точке, при котором возможен отгиб стеблей дном жатки.

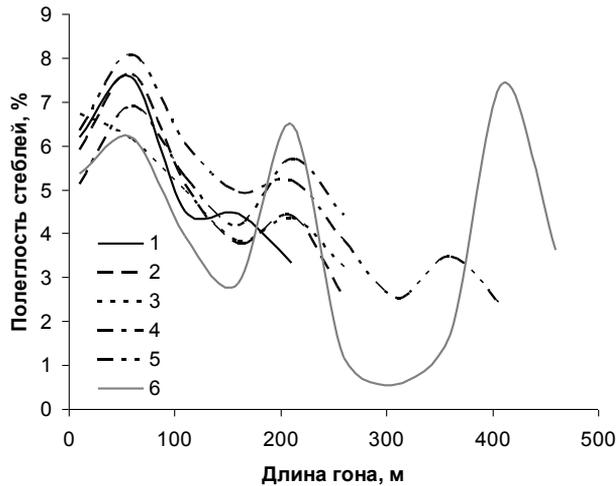


Рис.2. График вариации средней полеглости стеблей пшеницы по длине гона: 1) опытный участок №1; 2) опытный участок №2; 3) опытный участок №3; 4) опытный участок №4; 5) опытный участок №5; 6) опытный участок №6

Fig. 2. Graph of variation of middle slope for wheat stems on pass: 1) experimental plot #1; 2) experimental plot #2; 3) experimental plot #3; 4) experimental plot #4; 5) experimental plot #5; 6) experimental plot #6

Для исследования изгиба отдельного стебля как тонкого, гибкого и не-растяжимого стержня длиной $L=1000$ мм по углу наклона θ касательной кривой изгиба к продольной оси стебля в соответствующих точках проводится компьютерный эксперимент. Методика эксперимента основывается на построении возможных кривых изгиба для разного характера процесса с использованием стандартных графических редакторов и касательных к этим линиям в соответствующих точках, а также определения наклона касательных к продольной оси стебля при высоте среза 50, 60, 70, 80, 90 см. Линии критического изгиба стебля как гибкого стержня при высоте среза 50, 60, 70, 80, 90 см приведены на рис. 3, а графики зависимости критического угла наклона касательной к продольной оси стебля от положения точки при разной величине высоты среза – на рис. 4.

Получены также функции критического угла наклона касательной к кривой изгиба от положения точки вдоль стебля в виде экспоненциальной зависимости:

- при высоте среза 30 см: $\theta(l) = 1,2261e^{0,0025l}$; (1)
- при высоте среза 40 см: $\theta(l) = 1,1278e^{0,0033l}$; (2)
- при высоте среза 50 см: $\theta(l) = 1,0301e^{0,0046l}$; (3)
- при высоте среза 60 см: $\theta(l) = 0,8421e^{0,0065l}$; (4)
- при высоте среза 70 см: $\theta(l) = 0,608e^{0,0105l}$; (5)
- при высоте среза 80 см: $\theta(l) = 0,3037e^{0,0173l}$; (6)
- при высоте среза 90 см: $\theta(l) = 0,1471e^{0,0245l}$; (7)

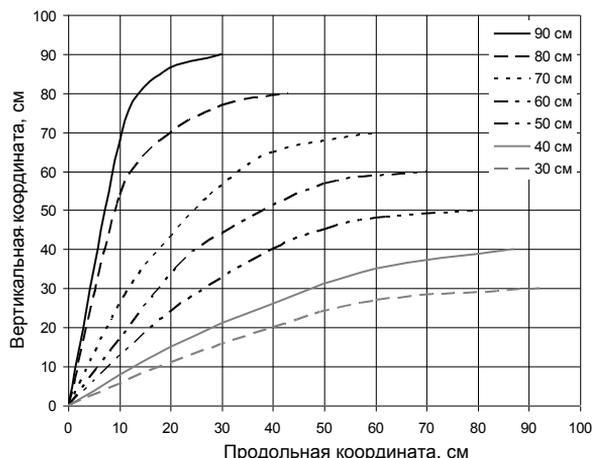


Рис. 3. Линии критического изгиба стебля как гибкого стержня
Fig. 3. Lines of limit bend of stem as flexible bar

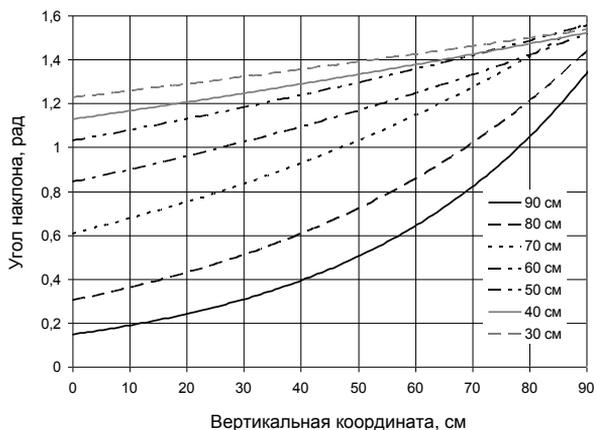


Рис. 4. Графики зависимости критического угла наклона касательной к продольной оси стебля от положения точки (вертикальной координаты) при разной величине высоты среза
Fig. 4. Dependences of limit slope of tangent to longitudinal axis of stem on point position (vertical coordinate) for different cutting height

Исходя из анализа полученных уравнений (1-7), функцию критического угла наклона $\theta(l)$ можно записать в общем виде

$$\theta(l) = a e^{bl}, \quad (8)$$

где a, b – эмпирические коэффициенты, которые зависят от убираемой культуры, параметров и характеристик стеблей, а также характера изгиба стебля.

При подстановке этих значений в условие эффективного срезания колосковой части зерновых культур можно определить режимы работы жатки зерноуборочного комбайна при разных значениях высоты среза.

Известно, что уравнение дуги изгиба описывается уравнением [7, 8]

$$EI (d^2\Theta(l)/dl^2)=P \sin\Theta, \quad (9)$$

где EI – жесткость стержня (стебля) на изгиб;

P – сосредоточенная изгибающая сила, приложенная к концу стержня.

В случае приложения усилий в любой из точек вдоль стержня, их действие заменяют эквивалентным усилием, которое прилагается к концу стержня.

В левую часть уравнения дуги (9) входит вторая производная $d^2\Theta(l)/dl^2$. Учитывая общую запись функции критического угла наклона получим [9]

$$d\Theta(l)/dl=ab e^{bl}, \quad (10)$$

$$d^2\Theta(l)/dl^2=ab^2 e^{bl}. \quad (11)$$

Синус угла наклона для упрощения рассмотрения разложим в степенной ряд [9]

$$\sin \Theta = \Theta - (\Theta^3/6) + \dots = a e^{bl} - (a^3 e^{3bl})/6 + \dots \quad (12)$$

После преобразования уравнения дуги изгиба (9) и с учетом полученных выражений (10-12), усилие изгиба будет определяться согласно

$$P = (EI ab^2 e^{bl}) / (a e^{bl} - (a^3 e^{3bl})/6 + \dots). \quad (13)$$

Полученное выражение усилия (13) позволит более точно смоделировать процесс взаимодействия жатки со стеблем убираемой культуры.

Для проверки гипотезы об уменьшении уровня потерь зерна при срезании колосковой части зерновых культур были проведены экспериментальные исследования по изучению влияния высоты среза стеблей (15, 20, 25, 30 см) на потери зерна за жаткой. Исследования проводились на основе стандартной методики испытаний зерноуборочных комбайнов. При исследованиях применяли зерноуборочный комбайн MF9690 с жаткой без копирования поверхности поля.

На основании анализа результатов экспериментальных исследований установлено, что влияние высоты среза H на величину потерь зерна $ПЗ$ описывается уравнением вида [10]

$$ПЗ = 0,0023 H^2 - 0,0182 H - 0,0467. \quad (14)$$

Для проверки рабочей гипотезы о возможности уменьшения потерь зерна путем срезания колосковой части стеблей зерновых культур были проведены экспериментальные исследования процесса уборки пшеницы зерноуборочным комбайном MF9690 [10], в результате которых установлено, что при высоте среза стеблей 50 см потери зерна за жаткой составляют $0,12 \pm 0,116 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$ при рабочей скорости поступательного движения комбайна $10 \text{ км} \cdot \text{ч}^{-1}$. Минимальное значение потерь зерна при обычном срезе $0,18 \pm 0,172 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$ достигалось при высоте среза 15 см и рабочей скорости поступательного движения комбайна $2 \text{ км} \cdot \text{ч}^{-1}$.

На основании полученных данных можно сделать вывод о перспективности последующих исследований уборки зерновых культур путем срезании колосковой части стеблей зерновых культур. Это говорит о том, что высота среза является одним из важнейших факторов повышения эффективности рабочего процесса зерноуборочного комбайна.

Выводы

1. Установлено, что вследствие существенной вариации высоты и полеглости стеблей по длине гона, как показывают результаты определения характеристик стеблестоя в период уборки, для обеспечения эффективной уборки зерновых культур срезанием колосковой части растения необходимо применять на зерноуборочных комбайнах системы адаптации, позволяющие определять состояния стеблестоя и оперативно управлять параметрами жатки зерноуборочного комбайна;
2. В результате проведенного компьютерного эксперимента получено условие отгиба стебля жаткой комбайна по критическому углу наклона касательной. Это позволит в дальнейшем определить режимы работы зерноуборочного комбайна при разной высоте среза зерновых культур;
3. В статье приведены результаты экспериментальных исследований влияния высоты среза хлебной массы на потери зерна за жаткой и приведено экспериментальное обоснование возможности уборки зерновых культур срезанием колосковой части растения.

Список литературы

1. Леженкин, А.Н. Методология формирования энерго- и ресурсосберегающей технологии уборки зерновых культур в условиях фермерских хозяйств (на примере Украины) Автореферат дисс. д.т.н., М., 2008, 35 с.
2. Горбулин, А.И. Исследование влияния высоты среза зерновых культур на качественные и энергетические показатели уборочных агрегатов Автореферат дисс. к.т.н., Саратов, 1969, 28 с.
3. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин. Под. ред. Е.С.Босого. Москва: Машиностроение, 1977, 568 с.
4. Дунай, Н.Ф.; Комаристов В.Е. Сельскохозяйственные машины. Москва: Колос, 1984, 478 с.
5. ГОСТ 28301-89 Комбайны зерноуборочные Методы испытаний. Москва: Издательство стандартов, 1990, 19 с.
6. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва: Агропромиздат, 1985, 351 с.
7. Попов, Е.П. Теория и расчет гибких и упругих стержней. Москва: Наука, 1986, 264 с.
8. Жилкин, В.А. Расчет на прочность и жесткость стеблей злаковых культур *Тракторы и сельхозмашины*, 2011, №6, С. 33-36.
9. Корн, Г.; Корн, Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. Москва: Наука, 1973, 832 с.
10. Смолинский, С.В. Исследование влияния параметров жатки на величину потерь зерна при работе зерноуборочного комбайна. *Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-практ. Конференции*. Минск, 2011, Том 1, С. 231–235.

Stanislav Smolinskyy

THE CUTTING HEIGHT AS A FACTOR FOR INCREASING THE HARVESTER EFFICIENCY

Abstract

There is efficiently to harvest of grain-crops by cutting only ear part of stem with increasing of content of straw as by tow, but this technique is available for harvesting of all grain-crops. It is possible to use the cutting height as factor for increasing the harvester efficiency.

In accordance with outcomes of experiments for definition of stems height and stems inclination in different points of field we can define a resume about using the adaptation system in the harvesters. This system can control the field parameters and adjust the harvester parameters on-line.

In the article there is presented the outcomes of computer experiments for definition of dependences of limit slope of tangent to longitudinal axis of stem on point position for different cutting height.

By harvesting of grain-crops with cutting only ear part of stem it is possible to reduce the corn losses after header and to augment the harvester capacity.

Harvester, ear part, cutting height, bend of stem.

Stanislav Smolinskyy

JAVŲ PJOVIMO AUKŠTIS – KOMBAINO DARBO EFEKTYVUMO DIDINIMO VEIKSNYS

Santrauka

Šiuolaikinės augalininkystės technologijos reikalauja naujų, efektyvių darbi- nių dalių javų kombainams kūrimo arba esamos technikos energoimlumo mažini- mo. Vienas iš tokių būdų yra javų varpų nušukavimas. Tuo atveju į javų kombaino kuliamąją patenka mažiau masės. Tačiau, atsižvelgiant į javų fizikines-mechanines savybes, ne visų javų derlių galima šiuo būdu nuimti efektyviai, kartu padidinant javų kombaino našumą.

Daug efektyviau naudoti javų nuėmimo būdą, kai nupjaunamos tik varpos. Ly- ginant su javų varpų nušukavimu, šis būdas nežymiai padidina kuliamos masės kiekį, tačiau jį galima panaudoti visų rūšių javų derliui nuimti. Todėl galima teigti, kad javų pjovimo aukštis yra vienas iš kombaino darbo efektyvumo gerinimo rodiklių.

Eksperimentiniais tyrimais nustatyta, kad javų stiebų atlenkimas yra svar- biausias veiksnys javams nuimti paliekant kuo aukštesnę ražieną, t.y. nupjaunant tik varpas. Todėl javų kombainams reikia naudoti specialias adaptacijos sistemas, kurios leistų nustatyti javų būklę ir signalus operatyviai perduotų kombaino pjau- namosios parametrų valdymo įrangai.

Javų nuėmimas nupjaunant tik varpas leistų sumažinti kombaino pjovimo grūdų nuostolius ir padidintų javų kombaino našumą.

Kombainas, javų varpų sritis, pjovimo aukštis, stiebų atlenkimas.