

Polish Academy of Sciences
University of Engineering and Economics in Rzeszów
University of Life Sciences in Lublin
Faculty of Production Engineering

MOTROL

**COMMISSION OF MOTORIZATION AND ENERGETICS
IN AGRICULTURE**

**AN INTERNATIONAL JOURNAL
ON OPERATION OF FARM
AND AGRI-FOOD INDUSTRY MACHINERY**

Vol. 18, No 3

LUBLIN – RZESZÓW 2016

Editor-in-Chief: *Eugeniusz Krasowski*

Assistant Editor: *Jerzy Grudziński*

Associate Editors

1. Agricultural machinery: *Dmytro Voytiuk*, Kiev, *Mariusz Szymanek*, Lublin
2. Machinery of agri-food industry: *Leszek Mościcki*, Lublin
3. Energetics: *Iliia Nikolenko*, Simferopol, *Janusz Wojdalski*, Warszawa
4. Land management, urban planning, architecture and geodesy: *Karol Noga*, Kraków, *Roman Kadaj*, Rzeszów, *Michał Proksa*, Rzeszów, *Lech Lichołaj*, Rzeszów
5. Mathematical, statistics: *Andrzej Kornacki*, Lublin, *Rostislav Bun*, Lviv

Editorial Board

<i>Dariusz Andrejko</i> , Lublin, Poland	<i>Jaromir Mysłowski</i> , Szczecin, Poland
<i>Andrzej Baliński</i> , Kraków, Poland	<i>Ignacy Niedziółka</i> , Lublin, Poland
<i>Volodymyr Bulgakow</i> , Kiev, Ukraine	<i>Stanislav Nikolajenko</i> , Kiev, Ukraine
<i>Zbigniew Burski</i> , Lublin, Poland	<i>Paweł Nosko</i> , Lugansk, Ukraine
<i>Karol Cupiał</i> , Częstochowa, Poland	<i>Gennadij Oborski</i> , Odessa, Ukraine
<i>Aleksandr Dashchenko</i> , Odessa, Ukraine	<i>Yurij Osenin</i> , Lugansk, Ukraine
<i>Kazimierz Dreszer</i> , Lublin, Poland	<i>Marian Panasiewicz</i> , Lublin, Poland
<i>Konstantin Dumenko</i> , Mykolayiv, Ukraine	<i>Sergiy Pastushenko</i> , Mykolayiv, Ukraine
<i>Dariusz Dziński</i> , Lublin, Poland	<i>Iwan Rohowski</i> , Kiev, Ukraine
<i>Stepan Epoyan</i> , Kharkiv, Ukraine	<i>Zinovii Ruzhylo</i> , Kiev, Ukraine
<i>Jan Gliński</i> , Lublin, Poland	<i>Vjacheslav Shebanin</i> , Mykolayiv, Ukraine
<i>Dimitry Goncharenko</i> , Kharkiv, Ukraine	<i>Povilas A. Sirvydas</i> , Kaunas, Lithuania
<i>Janusz Grzelka</i> , Częstochowa, Poland	<i>Volodymyr Snitynskiy</i> , Lviv, Ukraine
<i>Aleksandr Hołubenko</i> , Lugansk, Ukraine	<i>Stanisław Sosnowski</i> , Rzeszów, Poland
<i>L.P.B.M. Jonssen</i> , Groningen, Holland	<i>Henryk Sobczuk</i> , Lublin, Poland
<i>Stepan Kovalyshyn</i> , Lviv, Ukraine	<i>Ludvikas Spokas</i> , Kaunas, Lithuania
<i>Józef Kowalczyk</i> , Lublin, Poland	<i>Andrzej Stępniewski</i> , Lublin, Poland
<i>Volodymyr Kravchuk</i> , Kiev, Ukraine	<i>Michał Sukach</i> , Kiev, Ukraine
<i>Petro Kulikov</i> , Kiev, Ukraine	<i>Aleksandr Sydorchuk</i> , Kiev, Ukraine
<i>Elżbieta Kusińska</i> , Lublin, Poland	<i>Beata Ślaska-Grzywna</i> , Lublin, Poland
<i>Andrzej Kusz</i> , Lublin, Poland	<i>Wojciech Tanaś</i> , Lublin, Poland
<i>Janusz Laskowski</i> , Lublin, Poland	<i>Giorgiy F. Tayanowski</i> , Minsk, Bielarus
<i>Kazimierz Lejda</i> , Rzeszów, Poland	<i>Leonid Tishchenko</i> , Kharkiv, Ukraine
<i>Jerzy Merkiś</i> , Poznań, Poland	<i>Denis Viesturs</i> , Ulbrok, Latvia
<i>Sławomir Mikrut</i> , Rzeszów, Poland	<i>Anatolij Yakovenko</i> , Odessa, Ukraine
<i>Jarostaw Mykhajlovych</i> , Kiev, Ukraine	<i>Tadeusz Złoto</i> , Częstochowa, Poland
<i>Janusz Mysłowski</i> , Szczecin, Poland	

All the articles are available on the webpage: <http://www.pan-ol.lublin.pl/wydawnictwa/Teka-Motrol.html>

All the scientific articles received positive evaluations by independent reviewers

Linguistic consultant: *Ivan Rohovski*
Typeset: *Ivan Rohovski, Adam Niezbecki*
Cover design: *Hanna Krasowska-Kołodziej*
Photo on the cover: *Janusz Laskowski*

© Copyright by Polish Academy of Sciences 2016

© Copyright by University of Engineering and Economics in Rzeszów 2016

© Copyright by University of Life Sciences in Lublin 2016

in co-operation with National University of Life and Environmental Science of Ukraine in Kiev 2016

Editorial Office address

Polish Academy of Sciences Branch in Lublin
Pałac Czartoryskich, Plac Litewski 2, 20-080 Lublin, Poland
e-mail: eugeniusz.krasowski@up.lublin.pl

Printing

AgroMediaGroup, Novokonstantinovska Str. 4a, 04-080 Kiev, Ukraine

Publishing Office address

AgroMediaGroup, Novokonstantinovska Str. 4a, 04-080 Kiev, Ukraine

ISSN 1730-8658
Edition 150+16 vol.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИЗМЕЛЬЧАЮЩЕГО АППАРАТА НА ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ

Владимир Кузьменко¹, Александр Холодюк²

¹*Национальный научный центр
«Институт механизации и электрификации сельского хозяйства»
Ул. Вокзальная, 11, пгт. Глеваха-1, Васильковский район, Киевская область, Украина.
E-mail: vfkuzmenko@ukr.net*

²*Винницкий национальный аграрный университет
Ул. Солнечная, 3, г. Винница, Украина. E-mail: holodyk@yandex.ua*

Vladimir Kuzmenko¹, Oleksandr Kholodiuk²

*National Scientific Center "Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture"
Str. Vokzalna, 11, Glevaha 1, Vasylkiv district, Kyiv region, Ukraine.
E-mail: vfkuzmenko@ukr.net*

²*Vinnytsia National Agrarian University
Str. Soniachna, 3, Vinnytsia, Ukraine. E-mail: holodyk@yandex.ua*

Аннотация. Целью статьи является изучение закономерностей влияния конструктивных и режимных параметров работы битерно-ножевого измельчающего аппарата с активными ножами на удельную работу резания листостебельной массы люцерны.

Известно, что измельчение листостебельной массы является одной из энергоемких операций в общем процессе заготовки, от которой также зависит и конечное качество полученного корма. Кроме того, вследствие высокой скорости и мощного воздушного потока измельченной массы для погрузки ее в транспортные средства, теряются ее самые ценные фракции – листья, бутоны, соцветия.

Указано, что одним из направлений разрешения этих проблем является использование в технологическом процессе заготовки сенажа пресс-подборщиков или тележек-подборщиков-транспортировщиков, которые содержат измельчающий аппарат многоплоскостного резания со скоростью материала 4-8 м/с.

На основании аналитических и экспериментальных исследований обобщено, что на энергетические и качественные показатели работы измельчителей влияют режимы их работы, углы скольжения, заточки и установки ножа, а также техническое состояние режущей пары и свойства растительного слоя. Мощность измельчаемого аппарата за-

висит от скоростного режима работы, влажности материала, секундной подачи, зазора между лезвием и противорежущей пластиной.

Приведено строение и принцип работы разработанной битерно-ножевой экспериментальной установки. Основной конструктивной особенностью предложенного измельчающего аппарата является то, что режущая пара измельчителя расположена вдоль формирующего канала, а не поперек как у других аппаратов, например барабанном или дисковом. Вследствие резания стеблевой массы со скольжением удельное усилие резания уменьшается, что является предпосылкой уменьшения величины удельной работы резания.

Согласно методике проведения экспериментальных исследований предусматривалось для измерения энергосиловых параметров процесса резания использование метода тензометрирования с помощью проволочных датчиков сопротивления.

Проводимые эксперименты по определению рациональных конструктивных и режимных параметров битерно-ножевого измельчаемого аппарата проводились с использованием методики планирования многофакторного эксперимента.

Поиск рациональных конструктивно-режимных параметров работы битерно-

ножевого измельчаемого аппарата осуществляли путем построения двухмерных сечений поверхностей отклика, где условием решения задачи была минимизация критерия удельной работы резания.

Установлено, что наименьшее значение удельной работы резания $10,1-11,6$ кДж/м² растений люцерны влажностью $W=44,2-55,7$ % получили при следующих параметрах $D_0=0,500$ м, $D_p=0,510$ м, $V_0=1,62-2,2$ м/с и $\omega_p=5,5-10,0$ с⁻¹ при подаче массы, которая не превышает $q_n=3,6$ кг/с на одну режущую пару. При таких конструктивных параметрах аппарата рекомендуемая длина пальцев питающего ротора равна $h_p=18-20$ см.

Результаты работы могут в дальнейшем быть использованы рядом предприятий при проектировании и конструировании измельчающих аппаратов пресс-подборщиков или тележек-подборщиков для заготовки листовых кормов.

Ключевые слова: битерно-ножевой измельчающий аппарат, питающий ротор, активный дисковый нож, резание стеблей, энергоёмкость.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Стабильный уровень развития молочного животноводства не возможен без устойчивой кормовой базы. Ее основу формируют разновидности стебельных кормов: зеленый корм, сенаж, силос, сено. Почти 85 % стеблевых кормов – это измельченные корма, для заготовки которых применяют кормоуборочные комбайны. Измельчающие устройства комбайнов, которые выполняются барабанного или дискового типов, являются основной их конструкций.

Измельчение листостебельной массы является одной из энергоёмких операций в общем процессе заготовки, от которой также зависит и конечное качество полученного корма. Как известно, на измельчение одной тонны листостебельных кормов расходуется $3,6-25,2$ МДж энергии, что составляет около 30 % от общих затрат на заготовку и приготовление кормов [1].

Существующие на сегодняшнее время кормоуборочные машины имеют относительно высокие энергозатраты на измельчение и не всегда обеспечивают необходимую

степень и фракционный состав кормов. Кроме того, вследствие высокой скорости и мощного воздушного потока измельченной массы для погрузки ее в транспортные средства, теряются ее самые ценные фракции – листья, бутоны, соцветия [2, 3]. В связи с этим применение и внедрение новых энерго-сберегающих средств в условиях острого энергетического кризиса, который сейчас наблюдается почти во всех отраслях народного хозяйства, при заготовке сенажа приобретает особенно актуальное значение.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Одним из направлений разрешения этих проблем является использование в технологическом процессе заготовки сенажа пресс-подборщиков или тележек-подборщико-транспортников, которые содержат измельчающий аппарат многоплоскостного резания со скоростью 4-8 м/с. Такие аппараты используются в конструктивно-технологических схемах пресс-подборщиков и тележек-подборщиков таких известных зарубежных фирм как: Pottinger, Mengele, Taarup (Дания), Far, Claas, Krone, Deutz Fahr (Германия), New Holland, Case, John Deere (США) и др. [4, 5, 6, 7].

Основным узлом этих машин является измельчающий аппарат наклонного и скользящего резания, подающий устройство которого может быть выполнен в виде цепочно-пальцевого конвейера, эксцентричного мотопила с управляемыми граблями (граблей) или ротора [8, 9].

Частным случаем измельчения растительной массы является процесс резания. И.А. Тиме принадлежит мировой приоритет научного обоснования процессов резания и именно им были предложены первые зависимости для определения усилия резания.

Процесс резания изучался также многими отечественными и зарубежными исследователями (русские и советские: И.А. Тиме, К.А. Зворыкин, А.Г. Усачев, А.Н. Челюсткин, В.А. Аршинов, Г.А. Алексеев, П.А. Ребиндер, В.А. Желиговский, Г.И. Бремер, Н.Е. Резник, Е.С. Босой, В.А. Зяблов, С.В. Мельников, отечественные И.И. Ревенко и др., зарубежные:

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИЗМЕЛЬЧАЮЩЕГО АППАРАТА НА ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ

Тэйлор, Дил, Никольсон, Герберт, Кроненберг, Шлезингер, Окаши, Фукуи и др.).

На энергетические и качественные показатели работы измельчителей влияют режимы их работы, углы скольжения, заточки и установки ножа, а также техническое состояние режущей пары и свойства растительного слоя [10, 11, 12, 13]. Мощность измельчаемого аппарата зависит от скоростного режима работы, влажности материала, секундной подачи, зазора между лезвием и противорежущей пластиной.

Скорость резания $V_{рез}$ является одним из кинематических и динамических факторов процесса резания, от которого зависит производительность и энергоемкость машины. Поэтому связь энергоемкости процесса со скоростью резания является определяющим для его технико-экономической оценки.

Швец Д.С. [14], исследуя процесс резания стебельных кормов, отмечает, что с увеличением скорости резания $V_{рез}$ энергоемкость уменьшается, объясняя это тем, что при большой скорости резания напряжение, которое возникает в месте соприкосновения лезвия ножа с слоем стеблей, концентрируется возле него. Не успев распространиться в деформированном слое, она вызывает его разрушение. Таким образом, за счет уменьшения затрат энергии на деформацию слоя снижается энергоемкость процесса.

Н.Е. Резник [11] в процессе своих исследований получил результаты, которые свидетельствуют о снижении усилия $P_{рез}$ и работы резания $A_{рез}$ с увеличением скорости до 25 м/с. Автор объясняет такую закономерность также уменьшением затрат энергии на предварительное сжатие материала при больших скоростях резания.

В целом, существующие данные [11, 15, 16, 17, 18, 19] о влиянии скоростных режимов на энергосиловые показатели процесса резания слоя растительных материалов, в силу своей предельности и различных условий проведения исследований, не позволяют выполнить обобщенные выводы. Однако однозначно установлено, что общие энергозатраты, необходимые для выполнения технологического процесса полевыми измельчителями-погрузчиками увеличиваются с увеличением скорости резания, так как при этом возрастают потери энергии на холостой ход

механизмов устройства, изменение количества движения материала и его трение по кожуху измельчителя [20, 21].

Уменьшение затрат энергии способствует разработке измельчаемого аппарата с активной частью противореза [22, 23, 24, 25]. Такие аппараты позволяют выполнять резку стеблей наклонным или касательным срезом, что, в свою очередь, способствует уменьшению затрат энергии на технологический процесс и улучшению качества среза слоя стеблей.

Таким образом, на основе выполненного анализа результатов теоретических и экспериментальных исследований технологического процесса измельчения резанием, можно отметить достаточно разностороннюю изученность процесса резания стебельных кормов, однако отсутствуют исследования битерно-ножевого измельчающего аппарата и процесса что им реализуется.

ПОСТАНОВКА ЗАДАНИЯ

Целью проведения данных исследований предусматривалось изучение закономерностей влияния конструктивных и режимных параметров работы битерно-ножевого измельчающего аппарата с активными ножами на удельную работу резания листостебельной массы люцерны.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Исследования проводились на экспериментально-лабораторной установке, которая была разработана лабораторией заготовки кормов Национального научного центра "Институт механизации и электрификации сельского хозяйства" [26]. Основной конструктивной особенностью предложенного измельчающего аппарата является то, что режущая пара измельчителя расположена вдоль формирующего канала, а не поперек как у других аппаратах, например барабанном или дисковом. Вследствие резания стеблевой массы со скольжением удельное усилие резания уменьшается, что является предпосылкой уменьшения величины удельной работы резания.

Общий вид лабораторной установки, содержащей битерно-ножевой измельчающий

аппарат, представленный на рис. 1, а ее конструкционно-технологическая схема на рис. 2. Она включает ленточный конвейер 1, измельчающий аппарат, на раме которого установлен подающий устройство 3 листо-стебельной массы, битерный питательный ротор 4, режущий механизм 5, формирующий канал 6 и механизмы индивидуального привода 7, 8, 9.



Рис. 1. Общий вид опытной установки
Fig. 1. General view of pilot plant

Процесс измельчения осуществляется следующим образом. Травяная масса, которая поступает в формирующий канал 6 подающим устройством 3 измельчаемого аппарата, порционно увлекается парой пальцев 4 питающего ротора (рис. 2).

Далее материал, сжимаясь и уплотняясь парой пальцев, подводится в зону резки, где разрезается дисковыми ножами 5, поскольку последние лежат в плоскости с пальцами ротора 4. Благодаря вращению дискового ножа 5 происходит резание растительной массы со скольжением.

Далее измельченная масса пальцами питательного ротора 4 по поддону формирующего канала 6 протягивается вдоль дисковых ножей режущего механизма 5.

Следующая порция материала поступает в формирующий канал 6, увлекается другой парой пальцев питательного ротора 4 и процесс измельчения повторяется.

Исследования проводили с люцерной в стадии бутонизации и начала цветения.

Длина стеблей изменялась от 25 до 75 см из среднеарифметической величиной 40,3 см.

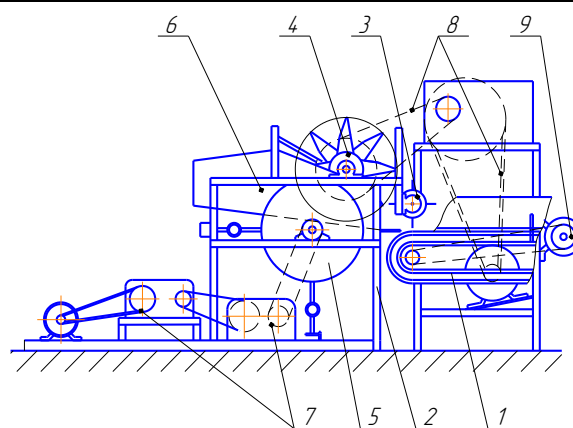


Рис. 2. Конструкционно-технологическая схема опытной установки: 1 – ленточный конвейер, 2 – рама, 3 – подающий устройство, 4 – питающий ротор, 5 – режущий механизм, 6 – формирующий канал, 7 – привод режущего механизма, 8 – привод питающего ротора, 9 – привод ленточного конвейера

Fig. 2. Constructional-technological scheme of the experimental setup: 1 – the conveyor belt, 2 – frame, 3 – feed device, 4 – feed rotor, 5 – cutting mechanism, 6 – forming a channel, 7 – drive of the cutting mechanism, 8 – feed rotor drive, 9 – drive belt

Из анализа аналитических и экспериментальных исследований принимали следующие значения режущего инструмента: угол заострения ножей $\beta=30^\circ$, зазор в режущей паре 2-4 мм, толщина дискового ножа 3 мм, острота кромки лезвия $\delta=84$ мкм.

Согласно методике проведения экспериментальных исследований предусматривалось для измерения энергосиловых параметров процесса резания использование метода тензометрирования с помощью проволочных датчиков сопротивления.

Определения силовых показателей процесса измельчения на лабораторной установке было проведено с применением измерительного оборудования (рис. 3).

Измерительно-регистрирующие приборы включают тензодатчики, блок питания АГАТ 13884, два тензоусилителя ТОПАЗ-4-02 и быстродействующий самописец Н 338-6П. Они образуют систему для получения, обработки и выдачи результатов измерений. Уточнение параметров измельчаемого аппарата осуществлялось с использованием метода многофакторных экспериментов. Для оптимизации процесса резки травяной массы

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИЗМЕЛЬЧАЮЩЕГО АППАРАТА НА ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ

был выбран критерий удельной работы резания A_n , кДж/м².

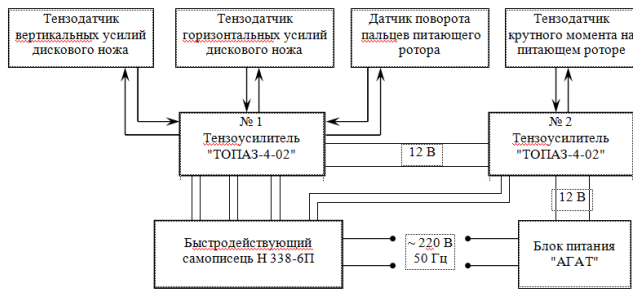


Рис. 3. Принципиальная схема измерения силовых показателей процесса
Fig. 3. Schematic diagram of measurement of power parameters of process

После выполненного теоретического анализа и поисковых экспериментов были выявлены факторы, которые влияют на рабочий процесс резания (рис. 4): скорость вращения лезвия дискового ножа x_1 (V_d), м/с, угловая скорость вращения ротора x_2 (ω_p), с⁻¹, диаметр дискового ножа x_3 (D_d), м, диаметр ротора x_4 (D_p), м, площадь сечения измельченной листостебельной массы x_5 (S_m), м², влажность листостебельной массы x_6 (W), %. При проведении исследований указанные факторы разделили на технологические и конструкционные.

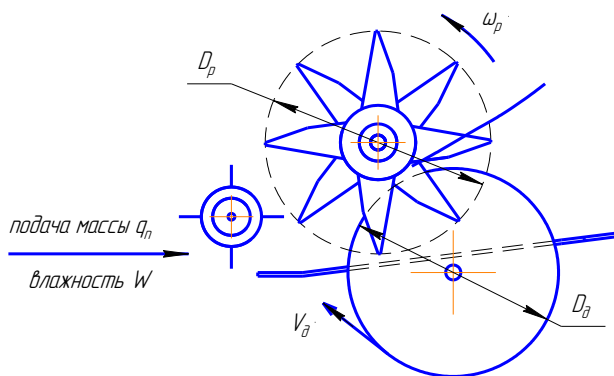


Рис. 4. Схема к определению факторов влияющих на процесс измельчения листостебельной массы
Fig. 4. Diagram to determination of factors influencing crushing process of vegetation mass

Значения выбранных факторов при разных значениях варьирования приведены в таблице 1.

Таблица 1. Значения факторов при различных уровнях их варьирования
Table 1. Data of factors at different levels of variation

Фактор и его обозначение, единица измерения	Значения факторов при различных уровнях их варьирования		
	-1	0	+1
x_1 – скорость вращения лезвия дискового ножа, м/с	1,5	2,5	3,5
x_2 – угловая скорость вращения ротора, с ⁻¹	2,0	6,0	10,0
x_3 – диаметр дискового ножа, м	0,250	0,375	0,500
x_4 – диаметр ротора, м	0,46	0,70	0,94
x_5 – площадь сечения измельченной массы, м ²	0,00 20	0,00 50	0,00 80
x_6 – влажность листостебельной массы, %	44,2	62,0	79,8

Эксперименты по определению рациональных конструкционных и режимных параметров битерно-ножевого измельчаемого аппарата проводились с использованием методики планирования многофакторного эксперимента по плану Бокса (B_2) и (B_4).

В результате проведенного регрессионного анализа были получены следующие аппроксимирующие квадратичные формулы в кодированном виде, что определяют зависимость удельной работы резания A_n листостебельной массы от конструкционных x_1, x_2, x_3, x_4 ($R_2=0,898$) и технологических x_5, x_6 ($R_2=0,98$) факторов

$$Y = 15910,08 + 4706,94x_1 + 3457,81x_2 - 1709,40x_3 + 2759,10x_4 + 1579,23x_1^2 - 448,11x_2^2 + 4166,70x_1x_2 + 2672,78x_1x_4 + 602,75x_2x_3 + 1901,21x_2x_4 - 787,72x_3x_4, \quad (1)$$

$$Y = 7507,5 - 4416,5x_5 - 1014,17x_6 + 5230,0x_5^2 - 919,0x_6^2 + 5312,5x_5x_6. \quad (2)$$

Обработка результатов исследований осуществлялась с использованием пакета программ "Statistica 6.5". Проверка полученных экспериментальных данных на отсутствие грубых ошибок проводилась по критерию Кохрена, значимость коэффициентов

регрессии – по критерию Стьюдента, проверка адекватности модели по критерию Фишера [27].

Исследование уравнений регрессии (1), (2) осуществляли путем построения поверхностей отклика (рис. 5, рис. 6) и графиков в прямоугольной системе координат, как функции параметра оптимизации $A_n = f(V_\delta, \omega_p, D_\delta, D_p, S_m, W)$.

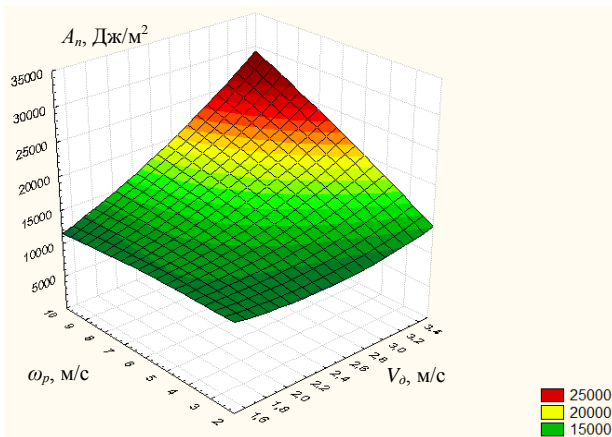


Рис. 5. Поверхность отклика изменения удельной работы резания A_n от изменения скорости вращения лезвия дискового ножа V_δ и угловой скорости вращения ротора ω_p

Fig. 5. Response surface of changes in the specific work of cutting A_n by changes of rotation speed of the disk blade V_δ and angular rotation of the rotor speed ω_p

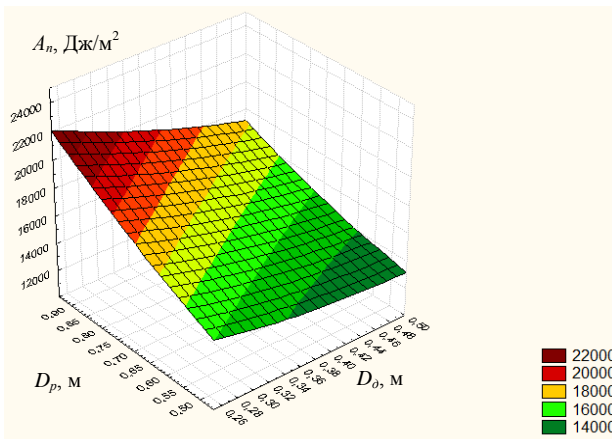


Рис. 6. Поверхность отклика изменения удельной работы резания A_n от изменения диаметров дискового ножа D_δ и ротора D_p

Fig. 6. Response surface of changes in the specific work of cutting A_n by change diameters of disk blade rotor D_δ and D_p

С зависимости (1) видно, что наибольшее влияние на критерий оптимизации оказывают: скорость вращения лезвия дискового

ножа (x_1), угловая скорость вращения ротора (x_2), диаметр ротора (x_4). Увеличение факторов x_1 , x_2 и x_4 способствует увеличению критерия оптимизации Y (рис. 5 и 6). Влияние диаметра дискового ножа (x_3) на критерий оптимизации является самым маленьким и его значение необходимо принимать, исходя из производительности Q измельчаемого аппарата.

Анализируя графическую зависимость рис. 7 можно отметить, что увеличение диаметра дискового ножа (D_δ) с 0,250 до 0,500 м с постоянной скоростью вращения $V_\delta = 2,5$ м/с, приводит к уменьшению величины удельной работы резания. С ростом угловой скорости вращения питающего ротора от $2,0$ с⁻¹ до $10,0$ с⁻¹, уменьшение удельной работы резания, которое имеет прямолинейный характер, менее выраженное.

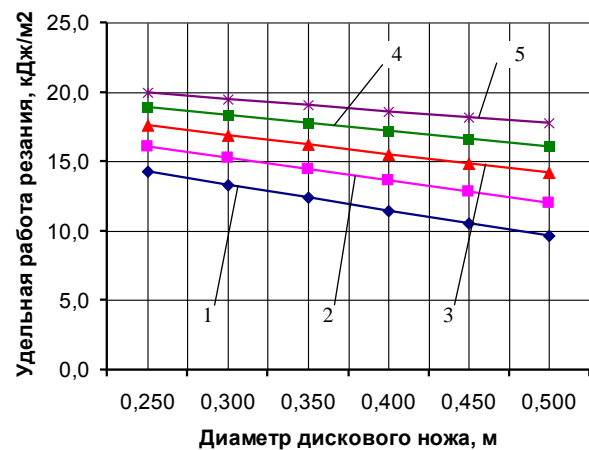


Рис. 7. Зависимость удельной работы резания от изменения диаметра дискового ножа при угловой скорости вращения ротора ($V_\delta = 2,5$ м/с, $D_p = 0,70$ м): 1 – $\omega_p = 2,0$ с⁻¹, 2 – $\omega_p = 4,0$ с⁻¹, 3 – $\omega_p = 6,0$ с⁻¹, 4 – $\omega_p = 8,0$ с⁻¹, 5 – $\omega_p = 10,0$ с⁻¹

Fig. 7. Dependence of specific cutting operation by changing the diameter disc cutter rotor at an angular speed ($V_\delta = 2,5$ м/с, $D_p = 0,70$ м): 1 – $\omega_p = 2,0$ с⁻¹, 2 – $\omega_p = 4,0$ с⁻¹, 3 – $\omega_p = 6,0$ с⁻¹, 4 – $\omega_p = 8,0$ с⁻¹, 5 – $\omega_p = 10,0$ с⁻¹

С зависимости (2) можем отметить, что большое влияние на критерий оптимизации осуществляет величина площади сечения материала (x_5). При влажности люцерны 45–55 % (рис. 8) удельная работа резания с увеличением подачи постоянно уменьшается соответственно от $23,6$ – $19,6$ кДж/м² до $4,10$ –

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИЗМЕЛЬЧАЮЩЕГО АППАРАТА НА ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ

6,37 кДж/м². Величина удельной работы резания с увеличением подачи люцерны, в зависимости от ее влажности, изменяется в пределах от 1,8 до 5,3 раз.

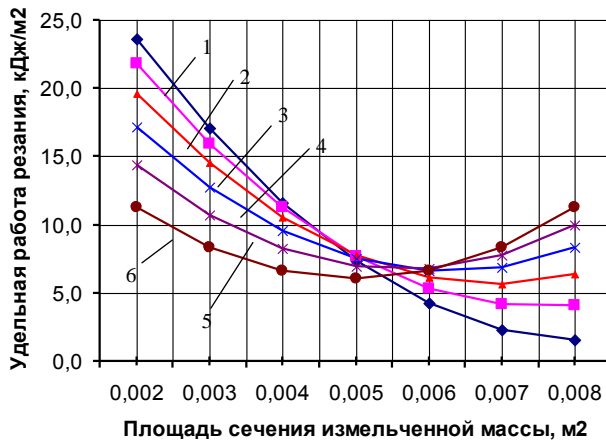


Рис. 8. Зависимость удельной работы резания от площади сечения разрезанной травяной массы люцерны при влажности: 1 – $W=45\%$, 2 – $W=50\%$, 3 – $W=55\%$, 4 – $W=60\%$, 5 – $W=65\%$, 6 – $W=70\%$

Fig. 8. Dependence of the specific cutting operation by the cross sectional area of the cut grass mass of alfalfa by humidity: 1 – $W=45\%$, 2 – $W=50\%$, 3 – $W=55\%$, 4 – $W=60\%$, 5 – $W=65\%$, 6 – $W=70\%$

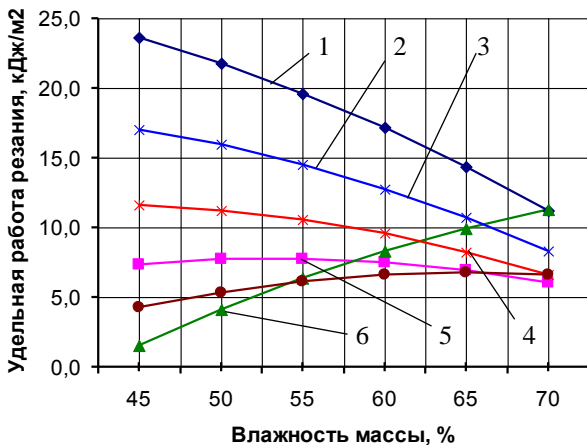


Рис. 9. Зависимость удельной работы резания от влажности люцерны при площади сечения разрезанной стеблевой массы: 1 – $S_M=2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$, 2 – $S_M=3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$, 3 – $S_M=4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$, 4 – $S_M=5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$, 5 – $S_M=6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$, 6 – $S_M=8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$

Fig. 9. Dependence of the specific work by cutting alfalfa humidity when the cross sectional area of the cut stalk mass: 1 – $S_M=2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$, 2 – $S_M=3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$, 3 – $S_M=4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$,

4 – $S_M=5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$, 5 – $S_M=6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$, 6 – $S_M=8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$

При изменении влажности в пределах 55-70 % для подачи массы от $2 \cdot 10^{-3}$ до $8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ смена удельной работы резания имеет характер роста и убывания (рис. 9). Поиск рациональных конструктивно-режимных параметров работы битерно-ножевого измельчаемого аппарата осуществляли путем построения двухмерных сечений поверхностей отклика (рис. 10) где условием решения задачи была минимизация критерия удельной работы резания

$$Y(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6) \rightarrow \min$$

при $-1 \leq (x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6) \leq 1$.

Установление рациональных значений факторов осуществляли с каноническим преобразованием математических моделей [27].

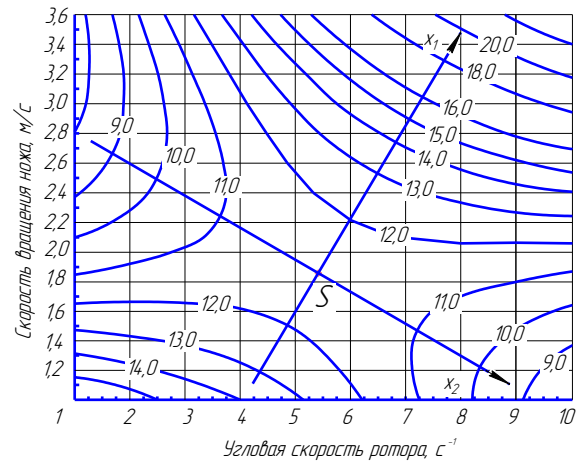


Рис. 10. Сечение поверхности отклика, которая характеризует величину удельной работы резания (кДж/м²) от скорости вращения лезвия дискового ножа V_d и угловой скорости ротора ω_p при $D_d=0,500 \text{ м}$, $D_p=0,510 \text{ м}$, $W=44,2 - 55,7\%$

Fig. 10. The cross section of the response surface that characterizes the specific work of cutting (кДж/м²) on the speed of rotation of the disk blade V_d and angular velocity of the rotor ω_p при $D_d=0,500 \text{ м}$, $D_p=0,510 \text{ м}$, $W=44,2 - 55,7\%$

ВЫВОДЫ

1. На энергетические и качественные показатели работы измельчителей влияют режимы их работы, углы скольжения, заточки и установки ножа, а также техническое состояние режущей пары, свойства растительного слоя и его секундной подачи.

2. На основании проведенных экспериментальных исследований предложенного битерно-ножевого измельчающего аппарата определена область рациональных значений. Наименьшее значение удельной работы резания $10,1-11,6$ кДж/м² растений люцерны влажностью $W=44,2-55,7$ % получили при следующих параметрах $D_0=0,500$ м, $D_p=0,510$ м, $V_0=1,62-2,2$ м/с и $\omega_p=5,5-10,0$ с⁻¹ при подаче массы, которая не превышает $q_n=3,6$ кг/с на одну режущую пару. При таких конструктивных параметрах аппарата рекомендуемая длина пальцев питающего ротора равна $h_p=18-20$ см.

3. Результаты работы могут в дальнейшем быть использованы рядом предприятий при проектировании и конструировании измельчающих аппаратов многоплоскостного резания пресс-подборщиков или тележек-подборщиков для заготовки листостебельных кормов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1. Yasenetskiy V.A. 1990.** Mashiny dlya izmelcheniya kormov / V.A. Yasenetskiy, P.V. Goncharenko. Pod re – daktsiyey akad. VASKHNIL L.V. Pogorelogo. – K.: Tekhnika. – 166.
- 2. Sinazh 2011.** z lyutserny: deshevo ta yakisno // Agroexpert. – № 1 (30). – 60–61.
- 3. Pres-pidbyrach 2012.** ruynuvannya stereotipiv dosvidom // Propozytsiya. – № 4 (202). – 136–137.
- 4. Kholodyuk O.V. 2011.** Konstruktsiyni osoblyvosti podribnyuvalnikh pristroyiv zarubizhnikh pidbirachiv Claas ta Krone / O.V. Kholodyuk // Zbirnyk naukovykh prats VNAU, № 6 – Seriya Tekhnichni nauky. – 79–89.
- 5. Kholodyuk O.V. 2010.** Osoblyvosti konstruktsiy podribnyuvalnikh pristroyiv pidbirachiv Pottinger / O.V. Kholodyuk // Zbirnyk naukovykh prats VNAU, № 5 – Seriya Tekhnichni nauky. – 81–89.
- 6. Ofitsiynny sayt kompanyy John Deere** [Elektronnyy resurs]. – Rezhym dostupu: http://www.deere.ua/uk_UA/industryagriculture/agriculture.page
- 7. Ofitsiynny sayt kompanyy New Holland** [Elektronnyy resurs]. – Rezhym dostupu: <http://agriculture.newholland.com/ua/uk/Products/Pages/products.aspx>
- 8. Kholodyuk O.V. 2002.** Isnuyuchi tekhnolohiyi zahotivli Sina ta perspektyvy yikh rozvytku / O.V. Kholodyuk // Zb. nauk . prats Vinnytskoho derzh. s.–h. u–tu. – Vinnytsya. – Vyp. 11. – 218–222.
- 9. Osobov V.I. 1978.** Mekhanicheskaya tekhnologiya kormov. / V.I. Osobov. – M.: Kolos. – 344.
- 10. Melnikov S.V. 1978.** Mekhanizatsiya i avtomatizatsiya zhivotnovodcheskikh ferm. / S.V. Melnikov. – L.: Kolos. Leningr. otd–niye. – 560.
- 11. Reznik N.Ye. 1975.** Teoriya rezaniya lezviyem i osnovy rascheta rezhushchikh apparatov. / N.Ye. Reznik, M.: Mashinostroyeniye. – 311.
- 12. Zaviryukha N. 2012.** Energeticheskiye pokazateli protsessa dvokhpodpornogo rezaniya stebley kukurudzy / N. Zaviryukha // Motrol. – Motoryxacia ya Energetyka rolnictwa. – Lyublin, – Vol. 14 – № 2 – 103–112.
- 13. Dumenko K. 2014.** Doslidzhennya zminy usilly rizannya pry znosi i zatupleny lez prori-zaty robochoho orhanu / K. Dumenko, I. Pavlyuchenko // Motrol. – Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – Lublin – Rzeszow, – Vol. 16 – № 2 – 291–294.
- 14. Shvets D.S. 1966.** Doslidzhennya protsessa rizannya stebel kormovykh roslyn / D.S. Shvets // Visnyk silsko – hospodarskoyi nauky. – № 6. – 22–27.
- 15. Gappoyev A.I. 2001.** Energeticheskiye pokazateli izmelchitelya vinogradnoy lozy / A.I. Gappoyev // Mekha–nizatsiya i elektrifikatsiya selskogo khozyaystva. – № 12. – 18–19.
- 16. Zyablov V.A. 1964.** Osnovy teorii tekhnologicheskogo protsessa rezaniya v rezhushchikh apparatakh kormo – prigotovitelnykh mashin / V.A. Zyablov // Nauchnyye trudy VIESKH. T. 14. M., 7–65.
- 17. Pritchenko S.A. 1965.** Vpliv konstruktivnykh parametriv i rezhimiv roboti rizalnogo aparata podribnyuvacha na yenerge–tichni ta yakisni pokazniki podribnennya / S.A. Pritchenko // Visnik silskogospodarskoï nauki. – № 12, – 28–33.
- 18. Kuzmov N.T. 1974.** O vliyanii skorosnogo rezhima raboty rezhushchego apparata na energetiku protsessa izmelcheniya zelenykh kormov v pastu / N.T. Kuzmov // Kormo–proizvodstvo: Ural – trudy nauch. – skogo issled. in–ta.

selskogo khozyaystva. – Sverdlovsk. Tom. XII. – 192–197.

19. Lovkis Z.V. 2009. Vybor i obosnovaniye parametrov izmelchatelya sukhikh naturalnykh krasnyashchikh veshchestv / Z.V. Lovkis, V.V. Chuyeshkov // Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya selskogo khozyaystva: mezhved. tematich. sb. / RUNIP "IMSKH NAN Belarusi", pod obshch. red. V.N. Dashkova. – Minsk. – Vyp. 43. tom. 2. – 125–129.

20. Klimatov A.V. 1964. Opredeleniye zatrat moshchnosti na izmelcheniye v kormoborochnykh kombaynakh / A.V. Klimatov // Traktory i s. kh. mashiny. – 33–34.

21. Pohorilyy L.V. 1988. Obgruntovannaya napryamku rozrobky bahatofunktsionalnogo kompleksu / L.V. Pohorilyy, M.Y. Karpenko // Visnyk silskohospodarskoyi nauky. – № 2. – 58–62.

22. Nazarov S.I. 1988. Obosnovaniye parametrov diskovykh protivorezov k izmelchatelyu ot khodov rasteniyevodstva / S.I. Nazarov, V.A. Sharshunov, O.A. Bober // Doklady VASKHNIL. – №1. – 38–42.

23. Poroshin M.V. 1973. Sravnitelnyye issledovaniya raboty izmelchitelnykh apparatov s aktivnoy i passivnoy protivorezhushchimi chastyami / M.V. Poroshin // Trudy Kubanskogo selskokhozyaystvennogo instituta. Vstp. 67 (95), Krasnodar. – 7–11.

24. Yermichev V.A. 1990. Issledovaniye vliyaniya vibratsii rotora na kachestvo rezaniya materialov / V.A. Yermichev // Kompleksnaya mekhanizatsiya proizvodstvennykh protsessov ferm krupnogo rogatogo skota. Sbornik nauch. trudov VNIIMZH. Podolsk. – 64–67.

25. Geyer V.A. 2005. Proizvoditelnost izmelchatelya listostebelnoy massy / V.A. Geyer, N.F. Latyntsev, G.Ye. Chepurin // Traktory i selskokhozyaystvennyye mashiny. – № 6. – 48–49.

26. Kholodyuk O.V. 2003. Bíterno–nozhoviy rízalniy aparat ta yogo klasifikatsiyní oznaki / O.V. Kholodyuk // Mekhanizatsiya ta yelektrifikatsiya s.–g.: Mízhvíd. temat. nauk. zb. / UAAN: NNTS "ÍMESG". – Glevakha. – Vip. 87. – 174–180.

27. Melnikov S.V. 1972. Planirovaniye eksperimenta v issledovaniyakh selskokhozyaystvennykh protsessov / S.V. Melnikov, V.R. Aleshkin, P.M. Roshchin. – L.: Kolos. – 200.

**RESEARCH OF GRINDING MACHINE
PARAMETERS INFLUENCE
ON PROCESS OF ENERGY
CONSUMPTION**

Summary. The aim of the article is to study the patterns of influence of structural and regime parameters of beater-blade grinding unit with blades active on the specific work of cutting leaf-stalk mass of alfalfa.

It is known that grinding leaf-stalk mass is one of energy-consumption operations in the overall process of the storage, on which also depends the final quality of the resulting food. Furthermore, due to the high speeds and strong airflow ground mass in its loading is losing its most valuable fractions – leaves, buds, blossoms.

It is indicated that one of the ways to solve these problems is to use in the process silage baler or silage trucks, transporters, which contain grinding machine omnidirectional cutting material at a rate of 4-8 m/s.

On the basis of analytical and experimental studies it is summarized that energy and qualitative indicators of crushers influence on operating them, slip angles, sharpening blades and installation, as well as the technical condition of the cutting pair and properties of vegetable layer. Power of the grinding machine is dependent on a high-speed mode, the humidity of the material, second feed clearance between the blade and the shearbar.

It is shown the powered structure principle and the developed beater-cutter of the experimental setup. The main structural feature of the proposed grinding machine is that the shredder cutter pair is located along the forming channel, rather than transversely as in other devices such as a disk or drum. As a result of cutting the stem mass slightly specific cutting force is reduced, which is a prerequisite for reducing the value of the specific cutting operation.

According to the methodology of experimental studies it is provided for measuring power parameters of the cutting process the use of strain measurement method using wire resistance sensors.

It were conducted experiments to determine the rational structural and regime parameters of beater-blade grinding machine using the procedure of planning multivariate experiment.

The search of rational structurally-regime parameters of work beater-blade grinding machine were carried out by constructing two-dimensional cross sections of the response surfaces, where the condition of solving the problem was to minimize the specific cutting operation test.

It was found that the lowest value of the specific work of cutting $10,1-11,6 \text{ kJ/m}^2$ by alfalfa plant humidity $W = 44,2 - 55,7 \%$ obtained with the following parameters $D_d = 0,500 \text{ m}$, $D_p = 0,510 \text{ m}$, $V_d = 1,62-2,2 \text{ m/s}$ and $\omega_p = 5,5-10,0 \text{ s}^{-1}$ at feeding weight which does not exceed $Q_p = 3,6 \text{ kg/s}$ on one pair of cutting. Under such structural parameters of the machine recommended length of the supply rotor is finger $h_p = 18-20 \text{ cm}$.

The results can be further used on a number of enterprises in the design and construction of grinding machines baler or silage carts for harvesting leafy forage.

Key words: beater-blade grinding machine, the feed rotor, active rotary cutter, cut the stems, the energy consumption.

СОДЕРЖАНИЕ

Iryna Bernyk: research parameters of ultrasound processing equipment dispersed in technological environment.....	3
Victoria Korol, Maxim Nazarenko, Vadim Zaliznyak, Vasil Obodenko: research of reliability of lifting devices in terms of its real loading.....	14
Владимир Кравчук, Леонид Шустик, Виктор Погорелый, Людмила Маринина, Сергей Маринин, Николай Новохацкий: технико-технологические решения для полосовой обработки почвы	20
Александр Сидорчук: проектно-технологические предпосылки управления аграрным производством на основе IT-технологий.....	32
Вячеслав Ловейкин, Константин Почка: анализ динамического уравнивания приводов машин роликового формования	41
Lysenko Vitaliy, Opryshko Oleksiy, Komarchyk Dmyriy, Pasichnyk Natalya, Opryshko Nadiya: remote sensing on-line crop monitoring for yield programming	53
Vyatseslav Lovejkin, Yuriy Chovnyuk, Anastasia Liashko: parameter identification and vibration control of robust harvester’s mechanical system “threshing barrel – motor”	60
Григорий Шкаровский: методика количественной оценки комплектования машинно-тракторных агрегатов	67
Yuriy Chovnyuk., Igor Sivak: mechatronic information systems for motion control of machine-tractor aggregates	74
Вячеслав Ловейкин, Виктор Крушельницкий: оптимизация режима пуска мостового крана по критерию среднеквадратического значения движущего усилия	82
Виктор Шейченко, Игор Маринченко: исследование качения катка с рифами в продольно-вертикальной плоскости при взаимодействии с стеблями конопли.....	90
Виктор Шейченко, Виктор Недовесов, Альвиан Кузьмич, Александр Грицака, Михаил Шевчук: исследование кривошипно-шатунного привода режущего аппарата жатки	96
Сергей Пилипака, Николай Муквич: конструирование минимальных поверхностей с помощью изотропных кривых, лежащих на поверхности тора.....	101
Yuriy Chovnyuk, Igor Sivak: nonlinear position-dependent circuit theory for describing motions of machine-aggregates with mechatronics control systems	111
Сергей Карабиньош, Алексей Корниенко: влияние технологических параметров процесса на прочностные характеристики соединений	122
Григорий Шкаровский: мобильные энергетические средства интегральной конструктивно-компоновочной схемы – состояние и пути развития.....	129
Виктор Полищук, Еугениуш Красовски: исследование процесса газовыделения при постепенной подаче субстрата в метантенк.....	136
Олег Гнатюк, Александр Покутный, Тамара Билько: применение вероятностного моделирования для прогнозирования безопасности системы «механизатор-машинно-тракторный агрегат-производственная среда».....	146

СОДЕРЖАНИЕ

Иван Роговский: граф-моделирование при восстановлении работоспособности сельскохозяйственных машин	155
Andriy Golub: landscape analysis methodology of national parks territories	165
Al-Atum Mohammad, Sergei Karabinesh: features of construction of grinding down of mixers of forage for shallow cattle	172
Владимир Ковбаса, Дмитрий Калиниченко: теоретические предпосылки взаимодействия деформируемого приводного колеса с почвой	180
Андрей Новицкий, Александр Банный: логико-вероятностное моделирование надежности сложной сельскохозяйственной техники	191
Владимир Ковбаса, Аль-Хазаали Хайдер Раад Надим: анализ способов и технических средств для орошения плодовых насаждений в условиях Ирака	200
Валерий Войтюк, Николай Денисенко, Виталий Маслюк, Роман Яковенко: пути повышения долговечности рабочих органов кормоприготовительных машин	211
Вячеслав Ловейкин, Юрий Човнюк, Иван Кадыкало: анализ и минимизация динамических нагрузок в упругих элементах грузоподъемных машин при подъеме груза «с подхватом».....	217
Александр Быстрый, Иван Роговский, Валентина Мельник: универсальный блок контроля параметров технического состояния ходовой системы зерноуборочного комбайна	224
Наталья Матухно, Виктор Недовесов: Относительно полемики по стратегии технической политики в обеспечении уборки хлебов в Украине отечественными зерноуборочными комбайнами.....	235
Александр Надточий, Людмила Титова: построение АТ системы диагностики зерноуборочных комбайнов на основе базы знаний	249
Василий Ачкевич, Оксана Ачкевич: обоснование параметров доильного аппарата попарного действия с двухкамерным коллектором.....	256
Владимир Кузьменко, Александр Холодюк: исследование влияния параметров измельчающего аппарата на энергоемкость процесса резания	262

LIST OF THE REVIEWERS

- | | |
|--------------------------|-------------------------|
| 1. Aleksandr Voynalovich | 14. Oleg Chernysh |
| 2. Aleksey Opryshko | 15. Oleg Marus |
| 3. Anastasiya Kutsenko | 16. Oleksiy Beshun |
| 4. Andrey Novitskiy | 17. Sergei Kyurchev |
| 5. Gennady Golub | 18. Sergey Fryshev |
| 6. Grigoriy Shkaryvskiy | 19. Sergey Pylypaka |
| 7. Iwan Rohowski | 20. Vadym Yaremenko |
| 8. Konstantin Pochka | 21. Valentyna Melnyk |
| 9. Leonid Rogovskiy | 22. Vasiliy Khmelevskiy |
| 10. Mariya Bondar | 23. Victor Polyschuk |
| 11. Nicholas Berezoviy | 24. Victor Teslyuk |
| 12. Oksana Zazimko | 25. Vyacheslav Loveykin |
| 13. Oleg Chernysh | 26. Zinoviy Ruzhylo |

Editors of the “MOTROL” magazine of the Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture would like to inform both the authors and readers that an agreement was signed with the Interdisciplinary Centre for Mathematical and Computational Modelling at the Warsaw University referred to as “ICM”. Therefore, ICM is the owner and operator of the IT system needed to conduct and support a digital scientific library accessible to users via the Internet called the “ICM Internet Platform”, which ensures the safety of development, storage and retrieval of published materials provided to users. ICM is obliged to put all the articles printed in the “MOTROL” on the ICM Internet Platform. ICM develops metadata, which are then indexed in the “Agro” database.

We are pleased to announce that the magazine “MOTROL – Motorization and Energetics in Agriculture” (ISSN 1730-8658) has undergone a positive evaluation of the IC Journals Master List 2013, the result of which is granting the ICV Index (Index Copernicus Value) 6.56 pts. The resulting score was calculated on the basis of a survey submitted by the Editorial Team as well as assessments made by the professionals from Index Copernicus. We invite you to familiarize yourself with the methodology of IC Journals Master List evaluation:

<http://journals.indexcopernicus.com/masterlist.php?q=motrol>

Impact factor of the “MOTROL” journal according of the Commission of Motorization and Energetics in Agriculture is 2,24 (April, 2016).

GUIDELINES FOR AUTHORS (2016)

The journal publishes the original research papers. The papers (min. 8 pages) should not exceed 12 pages including tables and figures. Acceptance of papers for publication is based on two independent reviews commissioned by the Editor.

Authors are asked to transfer to the Publisher the copyright of their articles as well as written permissions for re- production of figures and tables from unpublished or copyrighted materials.

Articles should be submitted electronically to the Editor and fulfill the following formal requirements:

- Clear and grammatically correct script in English,
- Format of popular Windows text editors (A4 size, 12 points Times New Roman font, single interline, left and right margin of 2,5 cm),
- Every page of the paper including the title page, text, references, tables and figures should be numbered,
- SI units should be used.

Please organize the script in the following order (without subtitles):

Title, Author(s) name (s), Affiliations, Full postal addresses, Corresponding author's e-mail

Abstract (up to 200 words), Keywords (up to 5 words), Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion (a combined Results and Discussion section can also be appropriate), Conclusions (numbered), References, Tables, Figures and their captions

Note that the following should be observed:

An informative and concise title; Abstract without any undefined abbreviations or unspecified references; No no-menclature (all explanations placed in the text); References cited by the numbered system (max 5 items in one place); Tables and figures (without frames) placed out of the text (after References) and figures additionally pre- pared in the graphical file format jpg or cdr.

Make sure that the tables do not exceed the printed area of the page. Number them according to their sequence in the text. References to all the tables must be in the text. Do not use vertical lines to separate columns. Capitalize the word 'table' when used with a number, e.g. (Table 1).

Number the figures according to their sequence in the text. Identify them at the bottom of line drawings by their number and the name of the author. Special attention should be paid to the lettering of figures – the size of lettering must be big enough to allow reduction (even 10 times). Begin the description of figures with a capital letter and observe the following order, e.g. Time(s), Moisture (% , vol), (% , m^3m^{-3}) or (% , gg^{-1}), Thermal conductivity ($W m^{-1}K^{-1}$).

Type the captions to all figures on a separate sheet at the end of the manuscript.

Give all the explanations in the figure caption. Drawn text in the figures should be kept to a minimum. Capitalize and abbreviate 'figure' when it is used with a number, e.g. (Fig. 1).

Colour figures will not be printed.

Make sure that the reference list contains about 30 items. It should be numbered serially and arranged al-phabetically by name of first author and then others, e.g.

7. Kasaja O., Azarevich G. and Bannel A.N. 2015. Econometric Analysis of Banking Financial Results in Poland. Journal of Academy of Business and Economics (JABE), Vol. IV. Nr 1, 202–210.

References cited in the text should be given in parentheses and include a number e.g. [7].

Any item in the References list that is not in English, French or German should be marked, e.g. (in Italian), (in Polish).

Leave ample space around equations. Subscripts and superscripts have to be clear. Equations should be numbered serially on the right-hand side in parentheses. Capitalize and abbreviate 'equation' when it is used with a number, e.g. Eq. (1). Spell out when it begins a sentence. Symbols for physical quantities in formulae and in the text must be in italics. Algebraic symbols are printed in upright type.

Acknowledgements will be printed after a written permission is sent (by the regular post, on paper) from persons or heads of institutions mentioned by name.