RESULTS OF RESEARCH OF THE CUTTING FORCE OF FODDER BEETS DURING GRINDING

A.I. Ryadnov¹, O.A. Fedorova¹, A.K. Mamahai²

¹ *Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

² *Federal Scientific Agro-Engineering Center of the
All-Russian Institute of Mechanization, Moscow*

Received 08.06.2021

Submitted 20.08.2021

Summary

Comparative experimental studies of the cutting force of the root beet of the varieties «Crimean Pink» and «Record Poly» were carried out when grinding knives with a cutting part of a wave-shaped and rectilinear shape with single-sided and double-sided sharpening when they are installed in the knife wall of the grinder at angles to the vertical of 0 ° and 30°. It is determined that the minimum cutting force of both varieties of fodder beet is fixed when using knives with a wave – shaped cutting part, and the maximum-knives with a cutting part having a rectilinear shape with one-sided sharpening.

Abstract

Introduction. Providing livestock with full-fledged feed, balanced in nutrients, vitamins and trace elements in accordance with the planned productivity, allows you to significantly increase the efficiency of production of livestock products. Feed beet is a highly effective feed for cattle, as it is a rich source of starch. The digestibility of fodder beet by cattle is significantly increased when fed with crushed root-tubers to a certain size. Therefore, root crops should be crushed with choppers before feeding. The most important requirement for grinders is the minimum energy consumption for cutting. The energy cost of cutting is determined primarily by the cutting force. This article is devoted to the study of the cutting force of feed beet varieties «Crimean Pink» and «Record Poly» under laboratory conditions, depending on the cutting depth during its grinding in preparation for feeding to cattle, as well as on the shape of the cutting edge of the knife of the knife wall of the chopper and the angle of the knife in the knife wall. The aim of the study is to experimentally select the shape of the cutting edge of the knife of the knife wall of the chopper of a new design that provides a minimum cutting force for feed beets during its grinding. **Materials and methods.** The object of the study was the knife wall of a shredder manufactured under the RF patent No. 2729524. Flat knives, differing in the shape of the cutting part, were mounted in the knife wall. The first group of knives had a wave-shaped cutting part with double-sided sharpening, and the second and third groups of cutting parts were made straight, respectively, with single-sided and double-sided sharpening. All knives had a length of 120 mm and a thickness of 3 mm. The knives in the knife wall were installed at an angle to the vertical of 0° and 30°. Studies of the cutting force were carried out on a specially designed stand when grinding two varieties of feed beet «Crimean Pink» and «Record Poly». The stand included a hydraulic press, electronic scales, a video camera, and an adapter made of a wooden bar and equipped with a ruler. In the course of experimental studies, the values of the cutting force of feed beet during its grinding were determined, depending on the shape of the cutting edge of the knife of the knife wall and the depth of immersion of the knife in the root crop. **Results and conclusions.** As a result of experimental studies, the values of cutting forces of feed beets «Crimean Pink» and «Record Poly» were obtained every 10 mm of immersion in the root crop of knives of three groups when they are installed in the knife wall at vertical angles of 0 ° and 30°, the average values of cutting forces and their average square deviations, as well as mathematical dependences of the cutting force of feed beets of two varieties on the cutting depth. The results of experimental studies have shown that the minimum cutting force of both varieties of fodder beet is fixed when using knives with a wave – shaped cutting part, and the maximum-knives with a cutting part having a straight shape with one-sided sharpening. The average cutting force of fodder beet when it is crushed with knives with a straight-line cutting part and a double-sided sharpening is higher by 6-40% than when using knives with a wave-shaped cutting part. When using knives with a wave-shaped cutting part, the average cutting force of feed beet of the «Crimean Pink» variety

increases by 10% when the angle of installation of the knife is changed from 00 to 300, and of the «Record Poly» variety-by 35%. Thus, in the shredders of the new design, it is necessary to use knives with a wave-shaped cutting part.

Key words: feed beet, chopping, chopper, knife wall, knife, cutting force.

Citation. Ryadnov A. I., Fedorova O. A., Mamahai A. K. Results of research of the cutting force of fodder beets during grinding. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3 (63) 356-366 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-37.

Author's contribution. All the authors of this study were directly involved in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this article have read and approved the final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.363.2

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ УСИЛИЯ РЕЗАНИЯ КОРМОВОЙ СВЁКЛЫ ПРИ ИЗМЕЛЬЧЕНИИ

А. И. Ряднов¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
О. А. Федорова¹, доктор технических наук, профессор
А. К. Мамахай², специалист

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, г. Москва

Дата поступления в редакцию 08.06.2021

Дата принятия к печати 20.08.2021

Актуальность. Обеспечение животноводства полноценными кормами, сбалансированными по питательным веществам, витаминам и микроэлементам в соответствии с запланированной продуктивностью, позволяет существенно повышать эффективность производства продукции животноводства. К высокоэффективным кормам для крупного рогатого скота относится кормовая свёкла, так как она является богатым источником крахмала. Усвояемость кормовой свёклы крупным рогатым скотом существенно повышается при скармливании измельченными до определенных размеров корнеклубнеплодами. Поэтому корнеклубнеплоды перед скармливанием следует измельчать с помощью измельчителей. Важнейшее требование к измельчителям – минимальные затраты энергии на резание. Затраты энергии на резание определяются, в первую очередь, усилием резания. Данная статья посвящена вопросу изучения усилия резания кормовой свёклы сортов – «Крымская розовая» и «Рекорд Поли» в лабораторных условиях в зависимости от глубины резания при ее измельчении при подготовке к скармливанию крупному рогатому скоту, а также от формы режущей кромки ножа ножевой стенки измельчителя и угла установки ножа в ножевой стенке. **Цель исследования** – экспериментальным путем выбрать форму режущей кромки ножа ножевой стенки измельчителя новой конструкции, обеспечивающей минимальное усилие резания кормовой свёклы при ее измельчении. **Материалы и методы.** Объектом исследования являлась ножевая стенка измельчителя, изготовленного по патенту РФ №2729524. В ножевую стенку монтировались плоские ножи, отличающиеся формой режущей части. Первая группа ножей имела режущую часть волнообразной формы с двухсторонней заточкой, а у второй и третьей групп режущие части были изготовлены прямолинейными соответственно с односторонней и двухсторонней заточками. Все ножи имели длину 120 мм и толщину 3 мм. Ножи в ножевой стенке устанавливались под углом к вертикали 0° и 30°. Исследования усилия резания проводились на специально разработанном стенде при измельчении двух сортов кормовой свёклы «Крымская розовая» и «Рекорд Поли». Стенд включал гидравлический пресс, электронные весы, видеокамеру и переходник, выполненный из деревянного бруса и оборудованный линейкой. В процессе экспериментальных исследований определялись значения усилия резания кормовой свёклы при ее измельчении в зависимости от формы режущей кромки ножа ножевой стенки и глубины погружения ножа в корнеклубнеплод. **Результаты и выводы.** В результате экспериментальных исследований получены значения усилий резания кормовой свёклы «Крымская розовая» и «Рекорд Поли» через каждые 10 мм по-

гружения в корнеклубнеплод ножей трех групп при их установке в ножевой стенке под углами к вертикали 0° и 30° , средние значения усилия резания и их средние квадратические отклонения, а также математические зависимости усилия резания кормовой свёклы двух сортов от глубины резания. Результаты экспериментальных исследований показали, что минимальное усилие резания обоих сортов кормовой свёклы зафиксировано при использовании ножей с режущей частью волнообразной формы, а максимальное – ножей с режущей частью, имеющих прямолинейную форму с односторонней заточкой. Среднее усилие резания кормовой свёклы при ее измельчении ножами с режущей частью, имеющей прямолинейную форму и двухстороннюю заточку, выше на 6 – 40 %, чем при использовании ножей с режущей частью волнообразной формы. При использовании ножей с режущей частью волнообразной формы среднее усилие резания кормовой свёклы сорта «Крымская розовая» возрастает на 10 % при изменении угла установки ножа с 0° до 30° , а сорта «Рекорд Поли» – на 35 %. Таким образом, в измельчителях новой конструкции необходимо применять ножи с режущей частью волнообразной формы.

Ключевые слова: кормовая свёкла, измельчение корнеклубнеплодов, измельчители, усилие резания.

Цитирование. Ряднов А. И., Федорова О. А., Мамахай А. К. Результаты исследований усилия резания кормовой свёклы при измельчении. *Известия НВ АУК*. 2021. 3(63). 356-366. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-37.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В настоящее время важнейшей проблемой сельскохозяйственного производства является обеспечение населения страны продуктами животноводства, в том числе мясомолочными. Для решения данной проблемы необходимо развивать скотоводство, что невозможно без наличия прочной кормовой базы.

Обеспечение животноводства полноценными кормами, сбалансированными по питательным веществам, витаминам и микроэлементам в соответствии с запланированной продуктивностью, позволяет существенно повышать эффективность производства продукции животноводства.

К высокоэффективным кормам, в частности для крупного рогатого скота, относится кормовая свёкла. Кормовая свёкла является богатым источником крахмала и, следовательно, углеводов. В связи с этим при кормлении крупного рогатого скота кормовой свёклой можно исключить остальные источники углеводов, обогатив корма протеином, минеральными добавками и витаминами [2, 7, 12].

Усвояемость кормовой свёклы крупным рогатым скотом существенно повышается при скармливании корнеклубнеплодами, измельченными до определенных размеров. Поэтому корнеклубнеплоды перед скармливанием следует измельчать с помощью измельчителей. Важнейшее требование к измельчителям – минимальные затраты энергии на резание.

Для снижения затрат энергии на резание корнеклубнеплодов измельчителями необходимо знать основные факторы, влияющие на энергоёмкость измельчения. Для решения данной задачи необходимо провести теоретические и экспериментальные исследования процесса резания кормовых материалов, в том числе и кормовой свёклы. Кроме того, результаты таких исследований позволят провести оптимизацию параметров и режимов работы измельчителей.

В работах [6, 11, 13, 15] установлено, что затраты энергии на резание корнеклубнеплодов во многом определяются усилием резания. Кроме того, на энергоёмкость процесса измельчения корнеклубнеплодов наибольшее влияние оказывают такие факторы, как угол защемления и скорость резания [1].

В работе [4] представлены результаты экспериментальных исследований влияния угла скольжения и скорости резания моркови на величину удельной работы резания, а также скорости движения ножа на усилие резания. Полученные результаты позволили авторам статьи оптимизировать углы скольжения и сделать вывод о том, что с повышением скорости резания растет удельная работа резания. В работе [3] даны рекомендации по значениям угла резания ножа, которые могут быть использованы только для конкретного измельчителя при измельчении определенных корнеклубнеплодов. Этот вывод подтверждают авторы работы [11]. При этом следует отметить, что разработано большое количество конструкций измельчителей корнеклубнеплодов, устройство, принцип работы, и результаты исследований некоторых из них представлен в работах [8-10].

Исследования многих ученых показали, что усилие резания корнеклубнеплодов, а следовательно, и энергоемкость процесса измельчения зависит от принципа резания измельчителем, его конструктивных особенностей и ряда других факторов.

Цель настоящей работы – экспериментальным путем выбрать форму режущей кромки ножа ножевой стенки измельчителя новой конструкции, обеспечивающей минимальное усилие резания кормовой свёклы при ее измельчении.

Материалы и методы. Экспериментальные исследования оценки усилия резания корнеклубнеплодов проводились в лаборатории кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет».

Объектом исследования являлась ножевая стенка (рисунок 1) измельчителя, изготовленного по патенту РФ №2729524. В ножевую стенку монтировались плоские ножи группами, которые отличаются формой режущей части. Первая группа ножей имела режущую часть волнообразной формы с двухсторонней заточкой, а у второй и третьей групп режущие части были изготовлены прямолинейными соответственно с односторонней и двухсторонней заточками (рис. 2). Все ножи имели длину 120 мм и толщину 3 мм.

Ножи в ножевой стенке устанавливались под углом к вертикали 0° и 30° при горизонтальном расположении корпуса измельчителя (рисунок 1).

Рисунок 1 – Ножевая стенка измельчителя

Figure 1 – Knife wall of the chopper

Рисунок 2 – Формы режущей части ножей:
1 – режущая часть волнообразной формы; 2 – режущая часть прямолинейной формы с односторонней заточкой; 3 – режущая часть прямолинейной формы с двухсторонней заточкой

Figure 2 – Shapes of the cutting part of the knives:
1 – the cutting part of the wavelike shape; 2 – the cutting part of the rectilinear shape with one-sided sharpening; 3 – straight-line cutting part with double-sided sharpening

Исследования усилия резания проводились на специально разработанном стенде (рисунок 3) при измельчении двух сортов кормовой свёклы «Крымская розовая» и «Рекорд Поли». Эти сорта кормовой свёклы широко возделываются в хозяйствах Нижнего Поволжья и по своим физико-химическим показателям подходят для скармливания крупному рогатому скоту.

Рисунок 3 – Стенд для оценки усилия резания корнеклубнеплодов

Figure 3 – Stand for evaluating the cutting force of root crops

Разработанный стенд включал гидравлический пресс, электронные весы, видеокамеру и переходник, выполненный из деревянного бруса и оборудованный линейкой.

До начала исследования из свёклы вырезались куски, каждый из которых имел форму прямоугольного параллелепипеда высотой 120 мм. Все вырезанные куски свёклы взвешивались и нумеровались.

Корпус измельчителя с ножевой стенкой устанавливался на электронные весы, в него помещался вырезанный кусок кормовой свёклы, который прессом через переходник подавался на измельчение. Скорость резания во всех случаях не изменялась.

Процесс измельчения кормовой свёклы записывался на видеокамеру, что позволяло фиксировать усилие резания через каждые 10 мм хода переходника.

После измельчения каждого куса свёклы корпус измельчителя и ножевая стенка очищались, а измельченные части свёклы взвешивались с целью определения возможных потерь корма при измельчении корнеклубнеплодов.

Данный стенд позволял замерять усилие резания кормовой свёклы по глубине погружения ножа в корнеклубнеплод.

Результаты и обсуждение. Результаты экспериментальных исследований позволили получить зависимости усилия резания P двух сортов кормовой свёклы от глубины резания h ножами трех групп при установке их в ножевой стенке под двумя углами к вертикали (рисунки 4, 5, 6 и 7).

Рисунок 4 – Зависимость усилия резания кормовой свёклы сорта «Крымская розовая» от глубины резания при угле установки ножа 0°

Figure 4 – Dependence of the cutting force of feed beet of the variety "Crimean pink" on the cutting depth at the angle of installation of the knife 0°

Рисунок 5 – Зависимость усилия резания кормовой свёклы сорта «Рекорд Поли» от глубины резания при угле установки ножа 0°

Figure 5 – Dependence of the cutting force of the feed beet of the "Record Poly" variety on the cutting depth at the angle of installation of the knife 0°

Рисунок 6 – Зависимость усилия резания кормовой свёклы сорта «Крымская розовая» от глубины резания при угле установки ножа 30^0

Figure 6-Dependence of the cutting force of feed beet of the variety "Crimean pink" on the cutting depth at the angle of installation of the knife 30^0

Рисунок 7 – Зависимость усилия резания кормовой свёклы сорта «Рекорд Поли» от глубины резания при угле установки ножа 30^0

Figure 7 – Dependence of the cutting force of the feed beet of the "Record Poly" variety on the cutting depth at the angle of installation of the knife 30^0

Данные, представленные на рисунках 4-7, позволили рассчитать для каждого варианта средние значения усилия резания кормовой свёклы P_{cp} и их средние квадратические отклонения σ (таблица 1), а также получить математические зависимости усилия резания кормовой свёклы сортов «Крымская розовая» и «Рекорд Поли» от глубины резания ножами с режущей частью волнообразной формы и прямолинейной формы с односторонней и двухсторонней заточками при их установках на 0^0 и 30^0 к вертикали (таблица 2).

Из результатов расчетов, представленных в таблице 1, следует, что среднее значение усилия резания минимально при использовании ножей с режущей частью волнообразной формы. Кормовая свёкла сорта «Рекорд Поли» измельчается с меньшим усилием, чем «Крымская розовая» при применении ножей с режущей частью волнообразной формы и с прямолинейной формой, имеющих как одностороннюю, так и двухстороннюю заточку.

Таблица 1 – Средние значения P_{sr} и средние квадратические отклонения σ усилия резания кормовой свёклы

Table 1 – The average values of the P_{sr} and the average square deviations σ of the cutting force of feed beets

Форма режущей части ножа / Shape of the cutting part of the knife	Сорт свёклы / Beet variety	Угол установки ножа, град. / Angle of instal- lation of the knife, deg.	P_{sr} , Н / P_{sr} , Н	σ , Н
Волнообразная / Undulating	Крымская розовая / Crimean pink	0	60	12
		30	66	27
	Рекорд Поли / Record Poly	0	31	8
		30	42	18
Прямолинейная с односто- ронней заточкой / Straight- line with one-way sharpening	Крымская розовая / Crimean pink	0	133	38
		30	105	20
	Рекорд Поли / Record Poly	0	153	44
		30	143	31
Прямолинейная с двухсто- ронней заточкой / Straight- line with double-sided sharp- ening	Крымская розовая / Crimean pink	0	68	15
		30	70	21
	Рекорд Поли / Record Poly	0	44	13
		30	48	19

Таблица 2 – Зависимости усилия резания кормовой свёклы от глубины резания

Table 2 – Dependence of the cutting force of feed beet on the cutting depth

Форма режущей части ножа / Shape of the cutting part of the knife	Сорт свёклы / Beet variety	Угол установки ножа, град. / Ang- le of installation of the knife, deg.	Зависимости усилия резания свёклы P от глубины резания h / Dependence of the cutting force of beet P on the cutting depth h
Волнообразная / Undulating	Крымская розовая / Crimean pink	0	$P = -11524h^2 + 1369,3h + 30,69$ / $P = -11524h^2 + 1369.3h + 30.69$
		30	$P = -14340h^2 + 2363,7h - 10,15$ / $P = -14340h^2 + 2363.7h - 10.15$
	Рекорд Поли / Record Poly	0	$P = -2674h^2 + 457,5h + 16,33$ / $P = -2674h^2 + 457.5h + 16.33$
		30	$P = -17574h^2 + 2104,1h - 3,55$ / $P = -17574h^2 + 2104.1h - 3.55$
Прямолинейная с односторонней заточкой / Straight-line with one-way sharpening	Крымская розовая / Crimean pink	0	$P = -27803h^2 + 4095,7h + 11,17$ / $P = -27803h^2 + 4095.7h + 11.17$
		30	$P = -8997h^2 + 1532,7h + 54,71$ / $P = -8997h^2 + 1532.7h + 54.71$
	Рекорд Поли / Record Poly	0	$P = -20668h^2 + 3795,1h + 20,02$ / $P = -20668h^2 + 3795.1h + 20.02$
		30	$P = -12376h^2 + 2141,8h + 70,92$ / $P = -12376h^2 + 2141.8h + 70.92$
Прямолинейная с двухсторонней заточкой / Straight-line with double-sided sharpening	Крымская розовая / Crimean pink	0	$P = -12097h^2 + 1292,1h + 46,17$ / $P = -12097h^2 + 1292.1h + 46.17$
		30	$P = -9236h^2 + 1669,4h + 12,20$ / $P = -9236h^2 + 1669.4h + 12.20$
	Рекорд Поли / Record Poly	0	$P = -7618h^2 + 1044,2h + 16,82$ / $P = -7618h^2 + 1044.2h + 16.82$
		30	$P = -16471h^2 + 1770,5h + 17,86$ / $P = -16471h^2 + 1770.5h + 17.86$

Максимальное среднее усилие резания имеют ножи с прямолинейной формой режущей частью с односторонней заточкой.

Ножи с прямолинейной формой режущей части и двухсторонней заточкой имели среднее усилие резания выше на 6 % при измельчении кормовой свёклы «Крымская розовая» с установкой ножей под углом 30^0 и на 40 % – при измельчении кормовой свёклы «Рекорд Поли» с установкой ножей под углом 0^0 .

Изменение угла установки ножей с режущей частью волнообразной формы в ножевой стенке с 0^0 на 30^0 приводит к увеличению среднего усилия резания кормовой свёклы сортов «Крымская розовая» и «Рекорд Поли» соответственно на 10 % и 35 %.

Зная зависимости усилия резания кормовой свёклы от глубины резания, представленные в таблице 2, можем определить для каждого варианта глубину погружения ножа в корнеклубнеплод, при которой усилие резания будет максимальным. Эти знания могут быть полезными при усовершенствовании конструкции измельчителя.

Кроме того, экспериментальные исследования показали, что от формы режущей части ножа зависит качество готовой продукции и процесс резания определяет геометрические характеристики ломтика, что напрямую влияет на однородность кормовой свёклы. При воздействии рабочего органа измельчителя на корнеклубнеплод выделяется клеточный сок, т.е. происходит процесс нарушения клеточной структуры. Измельчение наблюдается с эффектом сепарации, и при этом происходит нарушение силы поверхностного слоя, что ведет к потере питательных свойств, снижению качества готового корма из-за того, что сок в свободном состоянии темнеет, покрывается плесенью и окисляется [14]. Экспериментальные исследования потерь сока и качество готового корма необходимо провести дополнительно.

Выводы. Результаты экспериментальных исследований показали, что минимальное усилие резания обоих сортов кормовой свёклы зафиксировано при использовании ножей с режущей частью волнообразной формы, а максимальное – ножей с режущей частью, имеющих прямолинейную форму с односторонней заточкой.

Среднее усилие резания кормовой свёклы при ее измельчении ножами с режущей частью, имеющей прямолинейную форму и двухстороннюю заточку, выше на 6-40 %, чем при использовании ножей с режущей частью волнообразной формы.

При использовании ножей с режущей частью волнообразной формы среднее усилие резания кормовой свёклы сорта «Крымская розовая» возрастает на 10 % при изменении угла установки ножа с 0^0 до 30^0 , а сорта «Рекорд Поли» – на 35 %.

Таким образом, в измельчителях новой конструкции необходимо применять ножи с режущей частью волнообразной формы.

Библиографический список

1. Ананьев В. С. Аналитическое определение общего усилия резания в роторном измельчителе корнеклубнеплодов // Вестник КрасГАУ. 2012. №11. С. 269-273.
2. Брусенков А. В., Ильина И. Е. Повышение эффективности приготовления корнеклубнеплодов // Наука в центральной России. 2019. № 2 (38). С. 91-97.
3. Курдюмов В. И., Аюгин П. Н. Анализ факторов, влияющих на энергоёмкость резания // Нива Поволжья. 2008. № 3 (8). С. 57-59.
4. Курдюмов В. И., Аюгин П. Н., Аюгин Н. П. Снижение энергоёмкости измельчения // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2008. №5 (43). С. 50-53.
5. Определение усилия со стороны ножа при резании с качением корнеклубнеплодов в измельчителе с горизонтальным вращающимся диском / П. А. Савиных [и др.] // Молочно-жировые вестники. 2016. № 3 (23). III кв. С. 62-74.
6. Результаты производственных испытаний экспериментального измельчителя корнеплодов / В. В. Новиков, В. С. Зотеев, О. А. Камышева, А. С. Грецов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 2 (64). С. 74-76.

7. Ряднов А. И., Федорова О. А., Мамахай А. К. Совершенствование конструкции измельчителя корнеклубнеплодов // Вестник НГИЭИ. 2021. № 3 (118). С. 40–51.
8. Савиных П. А., Булатов С. Ю., Смирнов Р. А. Измельчитель корнеклубнеплодов // Сельский механизатор. 2013. Вып. 8. С. 40–41.
9. Савиных П. А., Булатов С. Ю., Смирнов Р. А. Разработка и результаты предварительных исследований малогабаритного измельчителя корнеклубнеплодов // Вестник ВНИИМЖ. Механизация, автоматизация и машинные технологии в животноводстве. 2014. № 4 (16). С. 115–118.
10. Савиных П. А., Булатов С. Ю., Смирнов Р. А. Оптимизация рабочего процесса измельчителя корнеклубнеплодов // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2015. № 3 (3). С. 36–41.
11. Cattle feeding experiment and chopping device parameter determination for mechanized harvesting of forage rape crop / X. Wan [et al.] // Transactions of the ASABE. 2021. 64 (2). P. 715–725.
12. Cutting resistance of soft materials: effects of blade inclination and friction / A. Spagnoli [et al.] // Theoretical and Applied Fracture Mechanics. 2019. No. 101. P. 200–206.
13. Determination of the optimal incline angle of the incision of the cutting machine of the tuber grinder of potatoes / S. N. Shukhanov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. V. 548(5). 052026.
14. Jamshidpouya M., Najafi G., Tavakoli Hashjin T. Design, fabrication and evaluation of electric forage chopper with adjustable helix angle // Journal of Agricultural Science and Technology. 2018. V. 20 (5). P. 923–938.
15. Upgraded rotary cross-shaped food shredder knife / U. D. Batyrov [et al.] // International Conference «Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies», IT and QM and IS 2017. 2017. P. 309–311.

Conclusion. The results of laboratory studies have shown that the minimum effort and minimum loss of nutrients for cutting both varieties of fodder beets were recorded when using wave-shaped knives, and the maximum - with one-sided sharpening.

When using a wave-shaped knife, the average cutting force of fodder beets of the Krymskaya Rose variety increases by 10% with a change in the knife setting angle from 00 to 300, and of Record Poly variety - by 32%.

To assess the influence of the angle of installation of knives with one-sided and two-sided sharpening on the cutting force of fodder beets, additional laboratory studies are required.

References

1. Ananyev V. S. Analytical determination of the total cutting force in the rotary chopper of root tubers // Bulletin of KrasGAU. 2012. No. 11. P. 269–273.
2. Brusenkov A. V., Ilina I. E. Improving the efficiency of root crop preparation // Nauka v tsentralnoy Rossii. 2019. No. 2 (38). P. 91–97.
3. Kurdyumov V. I., Ayugin P. N. Analysis of factors affecting the energy consumption of cutting // Niva Povolzhya. 2008. No. 3 (8). P. 57–59.
4. Kurdyumov V. I., Ayugin P. N., Ayugin N. P. Reduction of the energy intensity of grinding // Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2008. No. 5 (43). P. 50–53.
5. Determination of the knife force when cutting with rolling root tubers in a shredder with a horizontal rotating disk / P. A. Savinykh [et al.] // Dairy bulletin. 2016. No. 3 (23). III sq. P. 62–74.
6. Results of production tests of an experimental root chopper / V. V. Novikov, V. S. Zoteev, O. A. Kamysheva, A. S. Gretsov // Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. 2017. No. 2 (64). P. 74–76.
7. Ryadnov A. I., Fedorova O. A., Mamakhai A. K. Sovershenstvovanie konstruktssii shredder kornekclubneplodov // Vestnik NGIEI. 2021. No. 3 (118). P. 40–51.
8. Savinykh P. A., Bulatov S. Yu., Smirnov R. A. Chopper of root-tubers // Rural mechanizer. 2013. Issue 8. P. 40–41.
9. Savinykh P. A., Bulatov S. Yu., Smirnov R. A. Development and results of preliminary studies of a small-sized root-tuberoses chopper // Vestnik VNIIMZH. Mechanization, automation and machine technologies in animal husbandry. 2014. No. 4 (16). P. 115–118.

10. Savinykh P. A., Bulatov S. Yu., Smirnov R. A. Optimization of the working process of the root-tuberose chopper // Bulletin of the Mari State University. Series "Agricultural sciences. Economic Sciences". 2015. No. 3 (3). P. 36-41.
11. Cattle feeding experiment and chopping device parameter determination for mechanized harvesting of forage rape crop / X. Wan [et al.] // Transactions of the ASABE. 2021. 64 (2). P. 715-725.
12. Cutting resistance of soft materials: effects of blade inclination and friction / A. Spagnoli [et al.] // Theoretical and Applied Fracture Mechanics. 2019. No. 101. P. 200-206.
13. Determination of the optimal incline angle of the incision of the cutting machine of the tuber grinder of potatoes / S. N. Shukhanov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. V. 548(5). 052026.
14. Jamshidpouya M., Najafi G., Tavakoli Hashjin T. Design, fabrication and evaluation of electric forage chopper with adjustable helix angle // Journal of Agricultural Science and Technology. 2018. V. 20 (5). P. 923-938.
15. Upgraded rotary cross-shaped food shredder knife / U. D. Batyrov [et al.] // International Conference «Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies», IT and QM and IS 2017. 2017. P. 309-311.

Authors Information

Ryadnov Alexey Ivanovich, Professor of the Department "Operation and technical service of machines in agriculture", Volgograd state agrarian University (400002, southern Federal district, Volgograd region, Volgograd, 26 Universitetskiy Ave.), honored worker of the higher school of the Russian Federation, doctor of agricultural Sciences, Professor.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2364-4944>. E-mail: alex.rjadnov@mail.ru;

Fedorova Olga Alekseevna, Professor of the Department of "Technical systems in agriculture", Volgograd state agrarian University (400002, southern Federal district, Volgograd region, Volgograd, 26 Universitetskiy Ave.), Doctor of Technical Sciences, associate Professor,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2615-1101>, E-mail: foa_77@mail.ru;

Mamakhai Angela Kanvekovna, specialist of the Laboratory of processing and storage of plant Products Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Russian Federation, 109428, Russia, Moscow, 1st Institutsky proezd, house 5),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8582-108>, E-mail: mamakhaeva@mail.ru

Информация об авторах

Ряднов Алексей Иванович, профессор кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), доктор сельскохозяйственных наук,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2364-4944>. E-mail: alex.rjadnov@mail.ru;

Федорова Ольга Алексеевна, профессор кафедры «Технические системы в АПК» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), доцент, доктор технических наук,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2615-1101>, E-mail: foa_77@mail.ru;

Мамахай Анжела Канвековна, специалист лаборатории переработки и хранения продукции растениеводства, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ (РФ, 109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, дом 5),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8582-108>, E-mail: mamakhaeva@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-38

ANALYTICAL MODELING OF ARID PASTURE DEGRADATION

A. N. Salugin, M.V. Vlasenko

*Federal Research Centre of Agroecology, Amelioration and Protective Afforestation
of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia*

Received 26.05.2021

Submitted 11.08.2021

Abstract

Introduction. The use of mathematical methods in the study of the dynamics of degradation of the vegetation cover in arid territories is currently relevant in the problems of managing the bioproductivity and sustainability of pasture ecosystems. **Object.** The object of research was the plant associations