

DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-111809>

Оригинальное исследование



К вопросу зависимости прочности зерна кукурузы от его влажности

В.М. Погосян, А.Л. Мечкало, А.А. Полуэктов

Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, Краснодар, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Обоснование. При обмолоте селекционного материала кукурузы влажность имеет основополагающую роль, так как при слишком малой влажности (сухой материал) в процессе обмолота происходит дробление зерновки и посевной материал получается непригодным для использования, а при увеличенной влажности происходит недомолот, а также появляются микродефекты незаметные человеческому глазу, что заметно снижает всхожесть селекционного материала.

Цель исследования. Определить зависимость прочности кукурузного зерна от влажности, произвести эксперимент, выявив усилие достаточное для разрушения семени.

Материалы и методы. В представленной работе проведен анализ научных исследований Г.К. Такоева, М.Г. Голикова и Н.С. Буддо, которые установили зависимости дробления семян во время обмолота початков кукурузы от влажности семени. В настоящей статье представлены данные опытов по изучению прочности зерна кукурузы с различной влажностью при обмолоте на комбайнах Rostselmash NOVA 330 и Claas Mega 370. Данные были получены при помощи осциллографа. Влажность кукурузы оказывает существенное влияние на качество обмолота початков. Представлена схема винтового пресса, который использовался для определения усилия разрушения зерна.

Результаты. Установлено, что с увеличением влажности зерна в початках производительность кукурузных молотилок снижается, что влечет за собой усложнение конструкций молотильных аппаратов. Опыты показали, что при влажности 18,21% зерно кукурузы гибрида Краснодарский 425 МВ выдерживает статическую нагрузку в среднем равную 108 Н, а при влажности 29,28% нагрузка разрушения снижается до 90–100 Н.

Закключение. Проведя анализ полученных экспериментальных данных и, построив соответствующие графики, нами доказано, что при снижении влажности зерна кукурузы с 30 до 17% прочность зерна увеличивается.

Ключевые слова: початок; влажность; усилие; разрушение; зерно; прочность.

Для цитирования:

Погосян В.М., Мечкало А.Л., Полуэктов А.А. К вопросу зависимости влажности к прочности зерна кукурузы // Тракторы и сельхозмашины. 2023. Т. 90, № 1. С. 59–65. DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-111809>

Рукопись получена: 05.10.2022

Рукопись одобрена: 11.10.2022

Опубликована: 15.03.2023

DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-111809>

Original Study Article

Dependence of corn kernel strength on moisture

Vladimir M. Pogosyan, Andrey L. Mechkalo, Alexander A. Poluektov

Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russian Federation

ABSTRACT

BACKGROUND: Moisture has an essential role at threshing of breeding material of corn, as when moisture is too low (material is dry) shattering of corn seed takes place while threshing and seed material becomes inapplicable to use, whereas increased moisture leads to underthreshing and microtraumas, invisible to the naked eye, that significantly reduces germination of the breeding material.

AIMS: To define dependence of corn kernel strength on moisture, to carry out an experiment to identify kernel fracture force.

METHODS: In this study the analysis of scientific researches, made by such scientists as G.K. Takoev, M.G. Golikov and N.S. Buddo who established dependences of corn shattering while corn cob threshing on corn moisture was carried out. The experimental data on study of corn kernel strength with various moisture at threshing by the Rostselmash NOVA 330 and the Claas Mega 370 combine harvesters is presented in the article and obtained with use of an oscillograph. Corn moisture has a significant impact on cob threshing quality. The scheme of the screw press, used for defining kernel fracture force, is shown in the article.

RESULTS: It is established that productive capacity of corn threshers reduces with increase of kernel moisture in cobs, leading to complication of threshers' design. The experiments revealed that the kernel of the Krasnodarsky 425 MV hybrid corn with the moisture of 18.21% can withstand the average load of 108 N, whereas with the moisture of 29.28% the fracture force reduces to 90–100 N.

CONCLUSIONS: With the analysis of the obtained experimental data and after plotting corresponding graphs, it is proved that kern strength increases with corn kernel moisture decrease from 30% to 17%.

Keywords: *cob; moisture; force; fraction; kernel; strength.*

Cite as:

Pogosyan VM, Mechkalo AL, Poluektov AA. Dependence of corn kernel strength on moisture. *Tractors and Agricultural Machinery*. 2023;90(1):59–65. DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-111809>

Received: 05.10.2022

Accepted: 11.10.2022

Published: 15.03.2023

ВВЕДЕНИЕ

За последние годы опубликован ряд работ, посвященных исследованию влияния влажности кукурузного зерна на степень механических повреждений его при обмолоте. Данные этих исследований разноречивы.

Некоторые авторы, как, например, Г.К. Такоев [1], утверждают, что наименьший процент дробления зерна получается при влажности зерна 18–20%. Отклонения, как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения влажности ведут к повышенному выходу дробленых зерен. Другие авторы (М.Г. Голик [2]) приводят данные, показывающие, что количество механических повреждений увеличивается при снижении влажности зерна с 23% до 9,9%. Поэтому, целесообразно обмолачивать семенные початки с влажностью зерна до 23%, а затем уже сушить зерно. Наконец, есть авторы (Н.С. Буддо), которые считают ошибочным мнение о большой повреждаемости сухих семян. По их наблюдениям, снижение всхожести травмированных семян тем больше, чем выше влажность семян в момент обмолота.

Цель исследования – определить зависимость прочности кукурузного зерна от влажности, произвести эксперимент, выявив усилие разрушения семени.

МАТЕРИАЛА И МЕТОДЫ

В ВИМе в течение ряда лет проводились исследования процесса обмолота початков кукурузы различной влажности на молотильных устройствах бильного (Н.А. Рудаков) и винтового (Н.В. Сережина) типов. Опытами установлено, что в самый ранний срок уборки кукурузы (при влажности зерна 34–36%) степень повреждений была очень велика. При обмолоте початков гибрида ВР-156 повреждение достигало 42% зерен.

Причины такого количества повреждений семян В.С. Кравченко [3] объясняет следующим: при влажности выше 25% прочность эндоспермы зерна бывает значительно меньшей, чем у зерна с более низкой влажностью. Кроме того, у влажной кукурузы связь зерна со стрижнем более сильная, чем у сухой. Количество поврежденных зерен при обмолоте початков увеличивается с повышением их влажности у всех сортов кукурузы, но по величине травмирования зерен имеются различия, зависящие от особенности сорта или гибрида.

На основании опытов М.Г. Голик считает, что по мере понижения влажности зерна его дробимость усиливается. Ссылаясь на работу И.В. Крагельского, он объясняет результаты опытов следующим образом.

Существует два вида прочности: первый из них базируется на максимальной стойкости, при которой для разрушения материала требуются большие усилия и характерны малые деформации; второй же

базируется на максимальной податливости, при которой разрушение характеризуется малыми усилиями и большими деформациями. Для сухого зерна характерен первый вид прочности, а для влажного – второй. Так, например, при скорости обмолота 48 м/сек из 100 сухих зерен дробится 85, а из 100 влажных – 50 зерен. В то же время, сухое зерно выдерживает давление 150–200 Н, а влажное – 30–40 Н. Поэтому, при молотье сухое зерно подвергается малой деформации, но легко дробится от удара. Влажное же зерно подвергается большей деформации, но меньшему дроблению от удара, чем сухое. Излом при обмолоте происходит обычно поперек зерна и только в отдельных случаях вдоль него [4].

Следует отметить, что в опытах М.Г. Голика допущена методическая ошибка. В самом деле, неправильно будет сравнивать результаты опытов по обмолоту сухих початков и початков с повышенной влажностью, которые проводились по словам автора «при тех же режимах». Правильно было бы сравнивать между собой качественные показатели обмолота початков с различной влажностью, полученные при оптимальных режимах обмолота для каждого случая.

Это мнение подтверждается и опытами С.Ю. Данилевича, которыми установлено, что при влажности зерна 18–21% оптимальная окружная скорость лопастного барабана равняется 5,5–6,0 м/сек, а при влажности зерна 12–14% – 3,5–0,5 м/сек.

В связи с исследованием процесса обмолота кукурузы при уборке зерновыми комбайнами Rostselmash NOVA 330 и Claas Mega 370 и с целью выявления взаимосвязи прочности зерна и его поврежденности, нами были проведены опыты по изучению прочности зерна кукурузы с различной влажностью. Эти опыты проводились параллельно опытам по обмолоту кукурузы с применением осциллографирования на специальных установках (рис. 1).

В качестве показателя прочности зерна было принято усилие, необходимое для разрушения зерна под действием статической и ударной нагрузок. Чтобы исключить влияние размеров зерен на показатель его прочности, опыты проводили с зернами одинаковых размеров.

Для определения усилия, разрушающего зерно, при статической нагрузке, зерно сдавливалось по ширине на специальном винтовом прессе, где оно располагалось на наковальне динамометрического кольца с проволочными датчиками. При постепенном опускании винта зерно разрушалось [5].

Процесс разрушения зерна фиксировался на фотобумагу с помощью осциллографа. На осциллограмме измеряли максимальную амплитуду кривой разрушения A , а усилие P определяли по графику тарировки динамометрического кольца.

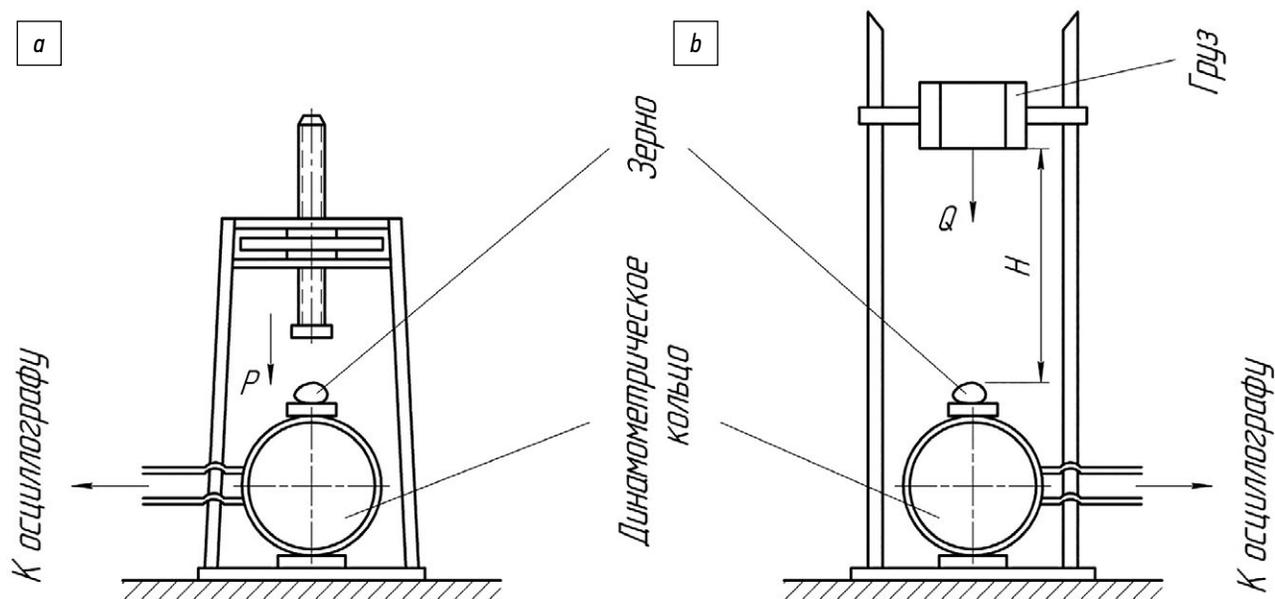


Рис. 1. Схема прибора для определения усилия разрушения зерна: *a* – при статической нагрузке, *b* – при ударной нагрузке.
Fig. 1. The scheme of the device for kernel fracture force measuring: *a* – for static load; *b* – for impact load.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Результаты [7] определения усилия разрушения зерен кукурузы гибрида Краснодарский 425 МВ при статической нагрузке после обработки осциллограммы сведены в таблицу 1.

Опыты показали, что при влажности 18,21% зерно кукурузы гибрида Краснодарский 425 МВ выдерживает статическую нагрузку в среднем равную 108 Н,

а при влажности 29,28% нагрузка разрушения снижается до 90–100 Н.

Итак, резкое снижение прочности наблюдается у зерен с влажностью выше 28%. Если с повышением влажности с 22,45 до 27,89% (5,44%) среднее усилие разрушения зерна понизилось с 98,2 Н до 96,3 Н (на 2%), то с повышением влажности с 27,89 до 29,28% (на 1,39%) оно понизилось с 96,3 до 91,0 Н, т.е. на 4,5% [6].

Таблица 1. Результаты определения усилия разрушения зерен кукурузы гибрида Краснодарский 425 МВ

Table 1. Results of measuring the kernel fracture force of the Krasnodarsky 425 MV hybrid corn

Опыты	Влажность зерна, %							
	29,28		27,89		22,45		18,21	
	A	P	A	P	A	P	A	P
1	–	–	50,0	11,11	43,0	9,56	46,5	10,33
2	38,5	8,57	48,0	10,68	47,5	10,55	45,0	10,00
3	–	–	38,5	8,57	38,0	8,45	43,5	9,67
4	42,0	9,34	36,5	8,12	26,5	5,90	59,0	13,11
5	24,0	5,34	44,5	9,90	44,5	9,90	59,5	13,23
6	46,5	10,33	33,5	7,45	48,0	10,68	38,0	8,46
7	59,0	13,12	34,0	7,56	48,0	10,68	38,0	8,46
8	43,5	9,67	–	–	52,5	11,68	58,5	13,00
9	37,0	8,23	45,5	10,11	43,0	9,56	58,5	13,00
10	40,0	8,90	59,0	13,12	50,5	11,23	39,5	8,76
A_{cp}	41,4	–	43,3	–	44,2	–	48,6	–
P_{cp}	–	9,10	–	9,63	–	9,82	–	10,8

Для определения прочности зерна при ударной нагрузке зерно разбивалось на копре с падающим грузом до появления трещин на его оболочке. При различной прочности зерен (в зависимости от его влажности) и при постоянном весе груза ($Q=2$ Н) это достигалось тем, что груз перед ударом устанавливали на необходимую высоту. Процесс разрушения зерна так же, как и при статической нагрузке, записывался с помощью осциллографа, но не на фотобумагу, а на фотопленку высокой чувствительности (130° ДИН), так как процесс разрушения зерна происходит всего тысячные доли секунды [7].

Определение усилия, разрушающего зерно при ударной нагрузке, производили, исходя из закона изменения количества движения и импульса силы:

$$mV_1 - mV_2 = Q(t + \tau) - N\tau, \quad (1)$$

где m – масса груза в кг·с²/м; V_1 – начальная скорость падения груза, м/сек; V_2 – конечная скорость падения груза, м/сек; Q – вес груза, кг; t – время свободного падения груза, с; τ – время деформации зерна, с; N – реакция разрушения зерна, равная усилию давления груза на зерно, кг.

Так как начальная скорость падения груза и скорость падения груза в конце разрушения равны нулю, то

$$Q(t + \tau) - N\tau = 0, \quad (2)$$

тогда

$$N = Q \left(\frac{t}{\tau} + 1 \right). \quad (3)$$

Время свободного падения груза

$$t = \sqrt{\frac{2H}{g}},$$

где H – высота падения груза, см; g – ускорение силы тяжести, см/сек².

Из приведенных выше формул видно, что величина реакции N , соответствующая усилию разрушения зерна (при $Q=\text{const}$), зависит от H и τ .

Среднюю высоту H подбирали опытным путем (табл. 2).

Затем, величину τ определяли из осциллограммы изменением отрезка времени, соответствующего деформации зерна ($\tau_{\text{ср}}=0,002$ с).

Характер разрушения зерна при статической и ударной нагрузках показан на рис. 2.

Кривые усилия разрушения зерна кукурузы гибрида Краснодарский 425 МВ в зависимости от его влажности приведены на рис. 3.

ВЫВОД

Публикации по тематике настоящего исследования позволяют заключить, что прочность зерна кукурузы

Таблица 2. Высота установки груза

Table 2. The height of the load weight

Влажность зерна, %	30,22	26,55	17,38
Н, см	140	150	170

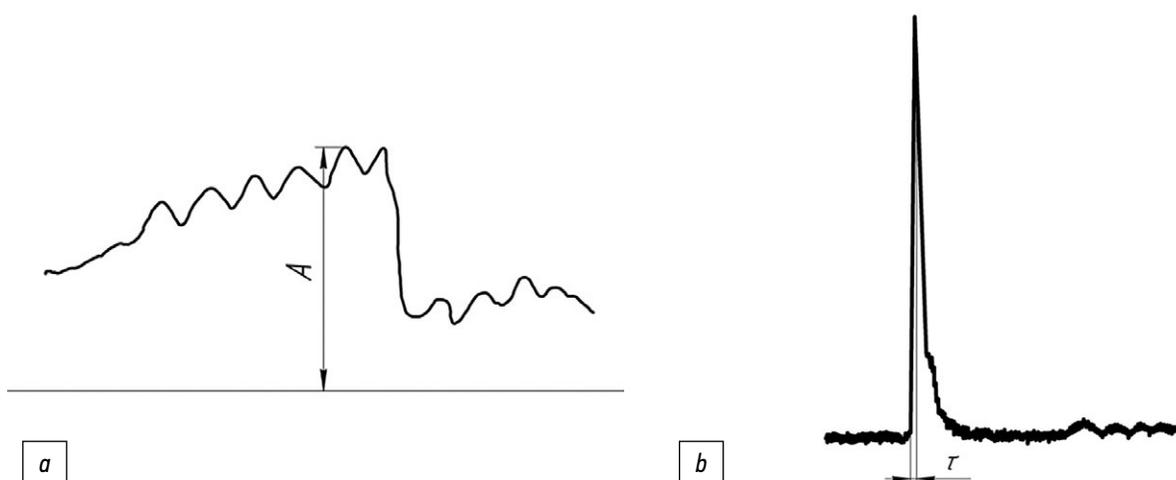


Рис. 2. Образец осциллограммы усилия разрушения зерна кукурузы: a – при статической нагрузке, b – при ударной нагрузке.
Fig. 2. An example of oscillograph trace of corn kernel fracture force: a – at static load; b – at impact load.

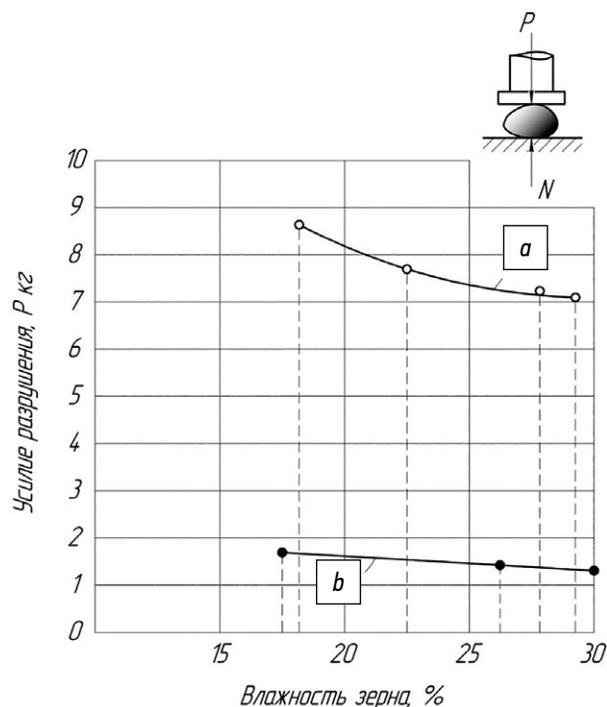


Рис. 3. Усилие разрушения зерна кукурузы гибрида Краснодарский 425 МВ в зависимости от его влажности: *a* – статическая нагрузка, *b* – ударная.

Fig. 3. The corn fraction force of the Krasnodarsky 425 MV hybrid corn depending on its moisture: *a* – static load; *b* – impact load.

зависит от влажности. Проведенные экспериментальные исследования показали, что со снижением влажности зерна кукурузы гибрида Краснодарский 425 МВ с 30 до 17% прочность его повышается. При ударной нагрузке зерно разрушается под действием силы 32–37 Н, а при статической нагрузке разрушение зерна происходит под действием силы 91–108 Н (при той же влажности), т.е. примерно в 3 раза большей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Такоев Т.К. Исследование качества работы кукурузных молотилок // Труды Северо-Осетинский СХИ. Т. 17. Орджоникидзе: Северо-Осетинский СХИ, 1956. С. 345–348.
2. Голик М.Г. Хранение и обработка початков и зерна кукурузы. М.: Колос, 1968.
3. Кравченко В.С. Параметры и режимы обмолота початков кукурузы; дис. ... д-ра техн. наук. Зерноград, 1997.
4. Курасов В.С. Механико-технологическое обоснование комплекса технических средств для селекции, сортоиспытания и первичного семеноводства кукурузы; дис. д-ра техн. наук. Краснодар, 2003.
5. Погосян В.М. Селекционная кукурузная молотилка // Тракторы и сельхозмашины. 2019. № 5. С. 16–20. doi: 10.31992/0321-4443-2019-5-16-20
6. Погосян В.М. Параметры кукурузной селекционной вальцовой молотилки. дис. канд. техн. наук. Краснодар, 2019.
7. Матущенко А.Е., Полуэктов А.А., Глазков Д.В. Определение скорости поступательного перемещения початка по вальцам початкоразделителя // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 6(92). С. 146–149.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Вклад авторов. В.М. Погосян — поиск публикаций по теме статьи, написание текста рукописи; А.Л. Мечкало — редактирование текста рукописи; А.А. Полуэктов — редактирование текста рукописи, создание изображений. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией)

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

ADDITIONAL INFORMATION

Authors contribution. V.M. Pogosyan — search for publications, writing the text of the manuscript; A.L. Mechkalo — editing the text of the manuscript; A.A. Poluektov — editing the text of the manuscript, creating images. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

Competing interests. The authors declare no any transparent and potential conflict of interests in relation to this article publication.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

REFERENCES

1. Takoev TK. Study of the quality of work of corn threshers. *Trudy Severo-Osetinskiy SKhI*. Vol. 17. Ordzhonikidze: Severo-Osetinskiy SKhI; 1956:345–348.
2. Golik MG. *Storage and processing of cobs and grains of corn*. Moscow: Kolos; 1968.
3. Kravchenko BC. *Parametry i rezhimy obmolota pochatkov kukuruzy* [dissertation] Zernograd; 1997.
4. Kurasov VS. *Mekhaniko-tehnologicheskoe obosnovanie kompleksa tekhnicheskikh sredstv dlya seleksii, sortoispytaniya i pervichnogo semenovodstva kukuruzy* [dissertation] Krasnodar; 2003.
5. Pogosyan VM. Selective corn thresher. *Tractors and agricultural machinery*. 2019;5:16–20. doi: 10.31992/0321-4443-2019-5-16-20
6. Pogosyan VM. *Parametry kukuruznoy selektsionnoy valtsovoy molotilki* [dissertation] Krasnodar; 2019.
7. Matushchenko AE, Poluektov AA, Glazkov DV. Determination of the speed of translational movement of the cob along the rollers of the corn splitter. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2021;6(92):146–149.

ОБ АВТОРАХ

***Полуэктов Александр Александрович,**

ассистент кафедры «Тракторы, автомобили и техническая механика»;
адрес: Российская Федерация, 350044, Краснодар, ул. Калинина, д. 13;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9082-7199>;
eLibrary SPIN: 5742-2553;
e-mail: aleksandr.poluektov2000@yandex.ru

Погосян Владимир Макичевич,

доцент, канд. техн. наук,
доцент кафедры «Тракторы, автомобили и техническая механика»;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6248-4029>;
eLibrary SPIN: 3963-1182;
e-mail: pogosyn@gmail.com

Мечкало Андрей Леонидович,

доцент, канд. техн. наук,
доцент кафедры «Тракторы, автомобили и техническая механика»;
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-8477-5713>;
eLibrary SPIN: 8158-0115;
e-mail: mechkalo.a@edu.kubsau.ru

*Автор для переписки

AUTHORS' INFO

***Alexander A. Poluektov,**

Assistant of the Tractors, Automobiles, and Technical Mechanics Department;
address: 13 Kalinina street, Krasnodar 350044, Russian Federation;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9082-7199>;
eLibrary SPIN: 5742-2553;
e-mail: aleksandr.poluektov2000@yandex.ru

Vladimir M. Pogosyan,

Associate Professor, Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor of the Tractors, Automobiles, and Technical Mechanics Department;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6248-4029>;
eLibrary SPIN: 3963-1182;
e-mail: pogosyn@gmail.com

Andrey L. Mechkalo,

Associate Professor, Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor of the Tractors, Automobiles, and Technical Mechanics Department;
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-8477-5713>;
eLibrary SPIN: 8158-0115;
e-mail: mechkalo.a@edu.kubsau.ru

*Corresponding author