

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 631.354.2

DOI: 10.26897/2687-1149-2021-1-15-19

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЦЕНКИ
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ****ФЕДОРЕНКО ВЯЧЕСЛАВ ФИЛИППОВИЧ**, академик РАН, д-р техн. наук, заместитель директора¹
vim@vim.ru**ТАРКИВСКИЙ ВИТАЛИЙ ЕВГЕНЬЕВИЧ**[✉], д-р техн. наук,
заведующий лабораторией разработки средств измерений и программного обеспечения²
Tarkivskiy@yandex.ru[✉]**ТРУБИЦЫН НИКОЛАЙ ВЛАДИМИРОВИЧ**, канд. техн. наук,
заведующий сектором метрологического обеспечения²
trubicin@yandex.ru**ВОРОНИН ЕВГЕНИЙ СЕРГЕЕВИЧ**, научный сотрудник²
KDbYScience@mail.ru¹ Федеральний научний агроінженерний центр ВІМ; 109428, Російська Федерація, г. Москва, 1-й Інститутський проїзд, 5² Новокубанський філіал ФГБНУ «Росінформагротех» (КубНІІТіМ); 352243, Російська Федерація, г. Новокубанськ, ул. Красная, 15

Аннотация. При оценке функциональных характеристик зерноуборочных комбайнов одним из важнейших определяемых показателей являются потери зерна молотильно-сепарирующим устройством, которые согласно ГОСТ 28301-2015 «Комбайны зерноуборочные. Методы испытаний» не должны превышать 1,5%. Существующие методы их определения и расчёта трудоёмки и требуют ручной расстановки специализированных рамок пробоотборников в хлебостое перед комбайном или использования ленточных пробоотборников. Более того, в технологиях уборки зерновых культур с измельчением и разбрасыванием соломы необходима автоматизированная система размещения рамок-пробоотборников. Представлено автоматизированное устройство размещения рамок-пробоотборников под молотильно-сепарирующим устройством зерноуборочного комбайна во время работы. Предлагаемая конструкция универсальна, позволяет организовать процесс размещения пяти рамок-пробоотборников размером 1500×650 мм как в ручном, так и в автоматическом режимах с заданным интервалом. Устройство обеспечивает безопасность труда испытателей, снижает трудоёмкость проведения испытаний на 10...15%, повышает качество проведения агротехнической и эксплуатационно-технологической оценок зерноуборочных комбайнов.

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн, агротехническая оценка, потери зерна, молотильно-сепарирующее устройство, пробоотборник.

Формат цитирования: Федоренко В.Ф., Таркивский В.Е., Трубицын Н.В., Воронин Е.С. Повышение эффективности оценки функциональных характеристик зерноуборочных комбайнов // Агротехника. 2021. № 1 (101). С. 15-19. DOI: 10.26897/2687-1149-2021-1-15-19.

©Федоренко В. Ф., Таркивский В.Е., Трубицын Н.В., Воронин Е.С., 2021



ORIGINAL PAPER

**INCREASING THE ESTIMATION EFFICIENCY OF THE FUNCTIONAL
CHARACTERISTICS OF GRAIN HARVESTERS****VYACHESLAV F. FEDORENKO**, Deputy Director, DSc (Eng), Member of the Russian Academy of Sciences¹
vim@vim.ru**VITALY E. TARKIVSKIY**[✉], Head of the Laboratory, DSc (Eng)²
Tarkivskiy@yandex.ru[✉]**NIKOLAY V. TRUBITSYN**, Head of the Metrological Support Sector, PhD (Eng)²
trubicin@yandex.ru**EVGENIYS. VORONIN**, Research Engineer²
KDbYScience@mail.ru¹ Federal Scientific Agroengineering Center VIM; 109428, Russian Federation, Moscow, 1st Institutskiy Proezd Str., 5² Novokubansk Branch of Federal State Budgetary Scientific Institution “Rosinformagrotech” (KubNIITiM); 352243, Russian Federation, Novokubansk, Krasnaya Str., 15

Abstract. When assessing the functional characteristics of combine harvesters, one of the most important indicators to be determined is grain loss occurring in the threshing-and-separating unit. In compliance with GOST 28301-2015 “Combine harvesters. Test methods”, it should not exceed 1.5%. The existing methods of its determination and estimation are laborious and require specialized frames of samplers manually placed in the grain in front of the combine or the use of strip samplers. Moreover, technologies for grain harvesting with chopping and spreading straw require the use of an automated system for placing sample frames. The authors present an automatic device for placing sampling frames under the threshing-and-separating unit of a grain harvester during its operation. The proposed design five sampling frames with a size of 1500×650 mm both in manual and automatic modes with a predetermined interval. The device provides for better labor safety of testers, reduces the complexity of testing by 10...15%, and improves the accuracy of the agrotechnical and operational-technological assessment of grain harvesters.

Key words: combine harvester, agrotechnical assessment, grain loss, threshing and separating unit, sampler.

For citation: Fedorenko V.F., Tarkivskiy V.E., Trubitsyn N.V., Voronin E.S. Increasing the estimation efficiency of the functional characteristics of grain harvesters // Agricultural Engineering, 2021; 1 (101): 15-19. (In Rus.). DOI: 10.26897/2687-1149-2021-1-15-19.

Введение. Определение потерь зерна является важным показателем, определяемым при испытаниях зерноуборочных комбайнов. При выборе оптимального скоростного режима и определении номинальной производительности уровень потерь в соответствии с ГОСТ 28301 не должен превышать 1,5%. Оперативное определение потерь зерна также является важным в процессе эксплуатации для выбора скоростного режима при технологических настройках комбайнов в зависимости от конкретной урожайности.

Для выбора оптимального скоростного режима работы комбайна стандарт требует проведения не менее трёх экспериментов на трёх скоростях. В каждой повторности необходимо устанавливать не менее 12 пробоотборников в каждое междурядье хлебостоя по всей ширине предстоящего прохода комбайна, что существенно увеличивает трудоёмкость проведения испытаний.

В отечественной [1-4] и зарубежной литературе [5, 6] встречаются работы, посвящённые различным методикам определения потерь зерна зерноуборочными комбайнами. Учёными ведутся работы по усовершенствованию методов и технических средств для агротехнической оценки зерноуборочных комбайнов [7-10].

В настоящее время назрела необходимость разработки устройства, позволяющего автоматизировать расстановку пробоотборников с целью оперативного определения потерь зерна зерноуборочным комбайном.

Цель исследования: разработка универсального расстановщика рамок-пробоотборников для определения потерь зерна зерноуборочным комбайном, обеспечивающего расстановку рамок независимо от типа зерноуборочного комбайна.

Материал и методы. Проведён анализ пробоотборников различного типа, который послужил основой для разработки универсального расстановщика рамок-пробоотборников, позволяющего определять потери зерна молотильно-сепарирующего устройства зерноуборочного комбайна без нарушения технологического процесса уборки и внесения изменений в конструкцию комбайна.

Результаты и обсуждение. Широкое применение при испытаниях зерноуборочных комбайнов нашли резиновые пробоотборники разработки КубНИИТиМ, основными недостатками которых являются их большое количество, необходимое для достижения высокой точности оценки, и вероятность попадания пробоотборников в жатку зерноуборочного комбайна [11, 12]. Общими особенностями применения пробоотборников – резиновых коврик, предложенных Волгоградским ГАУ,

и пробоотборников КубНИИТиМ, применяемых в стандартизованном методе, – является их установка в хлебостой до прохода комбайна. Использование ленточных пробоотборников ограничивается при испытаниях комбайнов в связи с большой трудоёмкостью их установки.

Стандарт на методы испытаний зерноуборочных комбайнов допускает использование рамок-пробоотборников, размещенных за молотильно-сепарирующим устройством. Главным недостатком применяемых методов определения потерь зерна является высокая трудоёмкость размещения рамок-пробоотборников во время испытаний.

Указанный недостаток можно устранить с помощью дистанционно-управляемого расстановщика рамок-пробоотборников, установленного под комбайном.

Исходя из колеи эксплуатируемых в сельском хозяйстве комбайнов было принято решение разработать расстановщик рамок-пробоотборников размером 1700×600 мм.

Расстановщик представляет собой объёмную кассету (рис. 1), вмещающую в себя пять рамок-пробоотборников и состоящую из рамы 1, блока замков 2, элементов крепления 3 и блока управления замками 4.

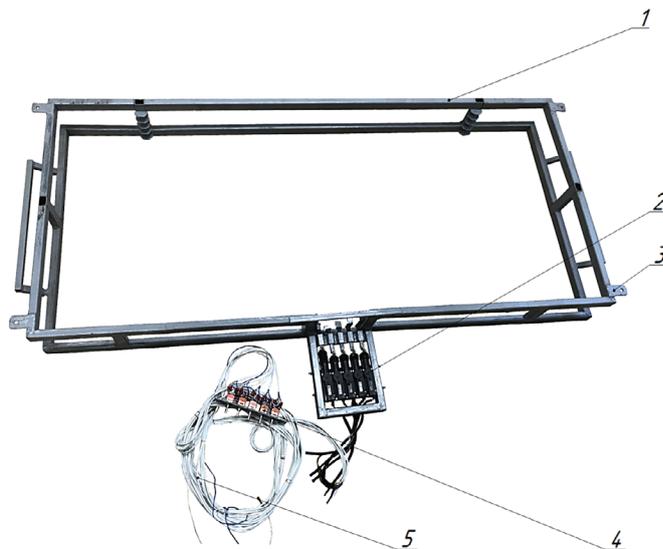


Рис. 1. Расстановщик рамок-пробоотборников:
1 – рама; 2 – блок замков; 3 – элементы крепления;
4 – блок управления замками; 5 – кабель управления

Fig. 1. Device for placing sampling frames:
1 – chassis; 2 – block of locks;
3 – fasteners;
4 – lock control unit; 5 – control cable

Рама расстановщика представляет собой сварную конструкцию, изготовленную из труб прямоугольного сечения (рис. 2).

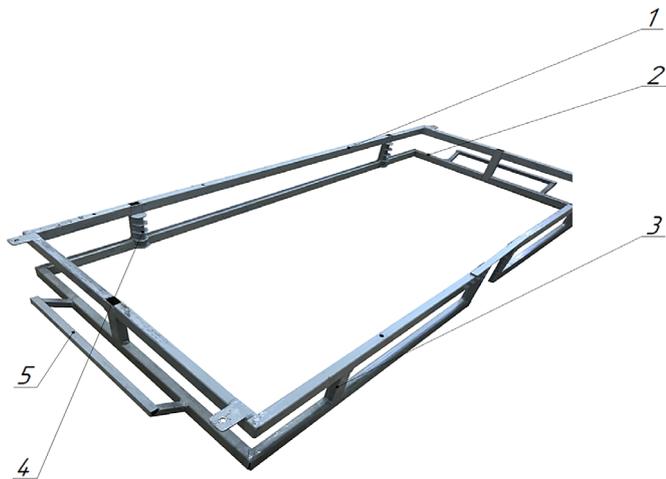


Рис. 2. Общий вид рамы автоматического расстановщика:

1 – верхнее основание; 2 – нижнее основание; 3 – стойка; 4 – полка пробоотборника

Fig. 2. General view of the automatic automatic placing device:

1 – top base; 2 – bottom base; 3 – rack; 4 – sampler shelf

Верхнее и нижнее основания рамы имеют длину и ширину, позволяющие рамке-пробоотборнику под действием собственного веса свободно покидать кассету расстановщика при открытии замка или быть установленной в нее. На верхнем основании приварены кронштейны для крепления под днище комбайна. Конструкции нижних частей комбайнов не позволяют разработать универсальный крепеж, поэтому для подвешивания расстановщика используются стяжные ремни с замком на основе храпового механизма.

На двух передних стойках рамы приварены полки, которые совместно с затворами замков образуют трёхточечное опорное ложе для рамки-пробоотборника. Совокупность всех полок и затворов замков образуют пятипозиционную кассету расстановщика.

Блок замков (рис. 3) установлен на задней части рамы и предназначен для поочередного освобождения рамок-пробоотборников из кассеты расстановщика.

Блок состоит из плоской арки 1, сваренной из труб прямоугольного сечения, внутри которой на осях 2 установлены пять электрических мотор-редукторов с тяговыми рейками. Концевые выключатели тяговых реек соединены подвижно с тягами замков 4, изготовленных из трубы квадратного сечения, на которых жестко смонтированы лепестки затворов 7. Замковые тяги, установленные в направляющие 6 и приваренные к опоре 5, воспринимают всю динамическую нагрузку от рамок-пробоотборников, передаваемую через затворы на опору и арку соответственно. Затворы имеют Г-образную форму с целью упрощения конструкции и возможности создания кассетной структуры без применения дополнительных фиксаторов рамок-пробоотборников. Мотор-редукторы посредством кабеля связаны с блоком управления.

Перед началом эксплуатации следует провести подготовительные операции, связанные с установкой

рамок-пробоотборников в кассету расстановщика и подвешивания его на комбайн.

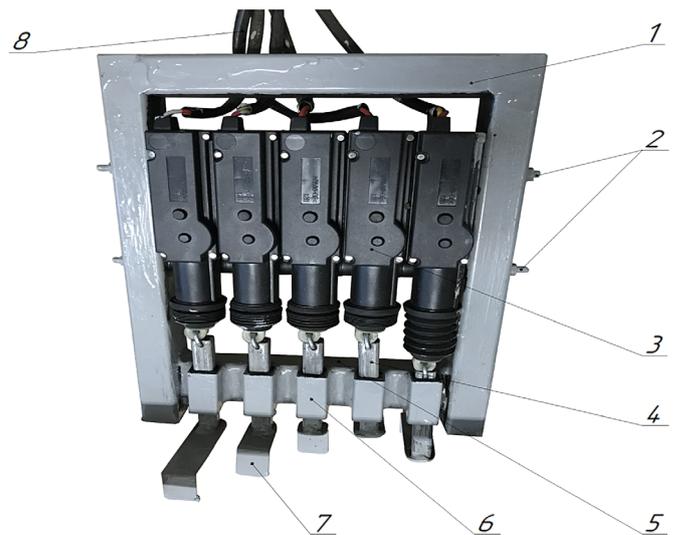


Рис. 3. Общий вид блока замков:

1 – арка; 2 – ось; 3 – мотор-редуктор; 4 – тяга; 5 – опора; 6 – направляющая; 7 – затвор; 8 – кабель управления

Fig. 3. General view of the block of locks:

1 – arch; 2 – axis; 3 – geared motor; 4 – traction; 5 – support; 6 – guide; 7 – shutter; 8 – control cable

Расстановщик устанавливается таким образом, чтобы не изменился клиренс комбайна или чтобы его изменение было минимальным (рис. 4). Возможна установка расстановщика не горизонтально поверхности поля, а таким образом, чтобы задняя часть была наклонена к поверхности поля для лучшего выхода рамок-пробоотборников из кассеты. После установки расстановщика блок управления замками помещают в кабине комбайна, предварительно закрепив кабели на корпусе комбайна таким образом, чтобы они не мешали работе движущихся узлов комбайна.



Рис. 4. Расстановщик рамок-пробоотборников под комбайном

Fig. 4. Device for placing sampling frames under the grain harvester

Для точного позиционирования пробоотборников следует заранее отметить точки установки посредством вешек или установки координат в навигационном оборудовании (если используется).

После того, как комбайн достигнет точки установки пробоотборника, оператор, воспользовавшись трехпозиционным тумблером на блоке управления, через кабель даёт команду на открытие первого замка. Мотор-редуктор посредством тяги отводит затвор замка из кассеты, рамка-пробоотборник, потерявшая опору, падает сначала одной стороной на стерню, затем, в процессе движения комбайна, происходит соскальзывание второй стороны рамки с полки, и, таким образом, процесс установки первого пробоотборника можно считать завершённым.

При дальнейшем движении комбайна рамка-пробоотборник остается между задними колесами и принимает на полог поток массы, выходящей из капотного отдела комбайна. По достижении комбайном второй точки установки пробоотборника оператор даёт команду на открытие второго замка, и процесс повторяется.

Библиографический список

1. Скорляков В.И., Белик М.А. Анализ неравномерности хлебной массы и потерь, допускаемых зерноуборочными комбайнами // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: Сборник докладов IX Международной научно-практической конференции «ИнформАгро-2017». М., 2017. С. 362-368.
2. Скорляков В.И. Исследование потерь зерна через измельчитель-разбрасыватель зерноуборочных комбайнов: относительные показатели и характер распределения // Техника и оборудование для села. 2018. № 3. С. 33-37.
3. Ряднов А.И., Тронеv С.В., Скворцов И.П. Метод оценки качества работы зерноуборочных комбайнов // Аграрная наука – основа успешного развития АПК и сохранения экосистем: Сборник докладов Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2012. Т. 3. С. 205-208.
4. Ряднов А.И., Тронеv С.В., Скворцов И.П. Теоретическое обоснование нового способа оценки качества работы зерноуборочного комбайна // Стратегическое развитие АПК и сельских территорий РФ в современных международных условиях: Сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Победы в Великой Отечественной войне 1941-1945 гг. Волгоград, 2015. Т. 2. С. 41-44.
5. Andrews S.B., Siebenmorgen T.J., Loewer D.H. Combine test system for determining harvest loss in rice // American Society of Agricultural Engineers. 1992. № 8. С. 759-763. DOI: 10.13031/2013.26110.
6. Špokas L., Adamčuk V., Bulgakov V. et al. The experimental research of combine harvesters. *Research in Agricultural Engineering*. 2016; 62: 106-112. DOI: 10.17221/16/2015-RAE.
7. Скорляков В.И., Белик М.А. Совершенствование оценки потерь зерна молотильно-сепарирующим устройством зерноуборочного комбайна // Техника и оборудование для села. 2019. № 6. С. 18-22. DOI: 10.33267/2072-9642-2019-6-18-22.
8. Устройство для отбора проб потерь зерна за рабочими органами зерноуборочных комбайнов: патент № 188022 Российская Федерация / В.И. Скорляков, Т.А. Юрина; заявл. 22.06.2018; опубл. 26.03.2019. Бюл. № 9.

Использование разработанного расстановщика рамок-пробоотборников позволит снизить трудоёмкость процесса испытаний на 10...15%.

Выводы

1. Предложенная конструкция расстановщика рамок-пробоотборников для определения потерь зерна молотильно-сепарирующим устройством комбайна позволяет расставлять рамки в режиме эксплуатации на любом типе комбайна.
2. Разработанный расстановщик рамок-пробоотборников позволит снизить трудоёмкость проведения испытаний зерноуборочных комбайнов на 10...15%.
3. Разработанная конструкция расстановщика рамок-пробоотборников позволяет исключить нахождение персонала во время работы в опасной близости от комбайна, что повышает безопасность проведения испытаний.

References

1. Skorlyakov V.I., Belik M.A. Analiz neravnomernosti khlebnoy massy i poter', dopuskaemykh zernouborochnymi kombaynami [Analysis of uneven grain mass and losses after grain harvesters]. In: *Nauchno-informatsionnoe obespechenie innovatsionnogo razvitiya APK: Sb. dokladov IX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "InformAgro-2017"*, 2017: 362-368. (In Rus.)
2. Skorlyakov V.I. Issledovanie poter' zerna cherez izmel'chitel'-razbrasyvatel' zernouborochnykh kombaynov: otноситel'nye pokazateli i kharakter raspredeleniya [Study of grain losses through a grinder-spreader of grain harvesters: relative indicators and distribution pattern]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*, 2018; 3: 33-37. (In Rus.)
3. Ryadnov A.I., Tronev S.V., Skvortsov I.P. Metod otsenki kachestva raboty zernouborochnykh kombaynov [Method for assessing the quality of grain harvesters]. In: *Agrarnaya nauka – osnova uspeshnogo razvitiya APK i sokhraneniya ekosistem. Sb. dokladov Mezhdunarodnoy nauch.-prakt. konferentsii*, 2012. 3: 205-208. (In Rus.)
4. Ryadnov A.I., Tronev S.V., Skvortsov I.P. Teoreticheskoe obosnovanie novogo sposoba otsenki kachestva raboty zernouborochnogo kombayna [Theoretical grounds for a new method for assessing the quality of a combine harvester]. In: *Strategicheskoe razvitie APK i sel'skikh territoriy RF v sovremennykh mezhdunarodnykh usloviyakh: Sb. dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 70-letiyu Pobedy v Velikoy Otechestvennoy voyne 1941-1945*, 2015; 2: 41-44. (In Rus.)
5. Andrews S.B., Siebenmorgen T.J., Loewer D.H. Combine test system for determining harvest loss in rice. *American Society of Agricultural Engineers*, 1992; 8: 759-763.
6. Špokas L., Adamčuk V., Bulgakov V. et al. The experimental research of combine harvesters. *Research in Agricultural Engineering*. 2016; 62: 106-112. DOI: 10.17221/16/2015-RAE
7. Skorlyakov V.I., Belik M.A. Sovershenstvovanie otsenki poter' zerna molotil'no-separiruyushchim ustroystvom zernouborochnogo kombayna [Improving the assessment of grain losses by the threshing-separating unit of a grain harvester]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*, 2019; 6:18-22. (In Rus.)
8. Skorlyakov V.I., Yurina T.A. Ustroystvo dlya otbora prob poter' zerna za rabochimi organami zernouborochnykh

9. Устройство для отбора проб измельченной соломы от зерноуборочных комбайнов: патент № 2556073 Российская Федерация, МПК А01D75/00, G01N1/20/М.Ю. Ягельский, С.А. Родимцев; заявл. 23.10.13; опубл. 10.07.2015. Бюл. № 19.

10. Устройство для определения потерь зерноуборочного комбайна: патент № 2137346 Российская Федерация, МПК А01D75/00 / Ю.Д. Ахламов, Г.А. Гоголев, С.А. Отрошко и др.; заявл. 22.01.1998; опубл. 20.09.1999.

11. Чаплыгин М.Е. Методика определения потерь зерна за зерноуборочными комбайнами с помощью резиновых пробоотборников // Научные перспективы XXI века. Достижения и перспективы нового столетия: Сборник докладов по итогам X Международной научно-практической конференции. М., 2015. С. 54-57.

12. Юрина Т.А. Резиновые пробоотборники для оценки потерь зерна комбайнами // Сельский механизатор. 2015. № 7. С. 12-13.

kombaynov [Device for sampling grain losses behind the working units of grain harvesters]: Patent No. 188022 Russian Federation, 2019. (In Rus.)

9. Yagel'skiy M.Yu., Rodimtsev S.A. Ustroystvo dlya otbora prob izmel'chennoy solomy ot zernouborochnykh kombaynov [Device for sampling chopped straw from combine harvesters]: Patent No. 2556073 Russian Federation, IPC A01D75/00, G01N1/20, 2015. (In Rus.)

10. Akhlamov Yu.D., Gogolev G.A., Otroshko S.A. et al. Ustroystvo dlya opredeleniya poter' zernouborochnogo kombayna [Device for determining the losses after a combine harvester]: Patent No. 2137346 Russian Federation, IPC A01D75/00, 1999. (In Rus.)

11. Chaplygin M.E. Metodika opredeleniya poter' zerna za zernouborochnymi kombaynami s pomoshch'yu rezinovykh probootbornikov [Methodology for determining grain losses after combine harvesters using rubber samplers]. In: *Nauchnye perspektivy XXI veka. Dostizheniya i perspektivy novogo stoletiya: Sb. dokladov X Mezhdunarodnoy nauch.-prakt. konferentsii*, 2015: 54-57. (In Rus.)

12. Yurina T.A. Rezinovye probootborniki dlya otsenki poter' zerna kombaynami [Rubber samplers for assessing grain losses after combine harvesters]. *Sel'skiy mekhanizator*, 2015; 7: 12-13. (In Rus.)

Критерии авторства

Федоренко В.Ф., Таркивский В.Е., Трубицын Н.В., Воронин Е.С. выполнили теоретические исследования, на основании полученных результатов провели обобщение и подготовили рукопись. Федоренко В.Ф., Таркивский В.Е., Трубицын Н.В., Воронин Е.С. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 02.10.2020 г.

Одобрена после рецензирования 21.10.2020

Принята к публикации 15.12.2020 г.

Contribution

V.F. Fedorenko, V.E. Tarkivskiy, N.V. Trubitsyn, E.S. Voronin performed theoretical studies, and based on the results obtained, generalized the results and wrote a manuscript. V.F. Fedorenko, V.E. Tarkivskiy, N.V. Trubitsyn, E.S. Voronin have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received 02.10.2020

Approved after reviewing 21.10.2020

Accepted for publication 15.12.2020