

К ВОПРОСУ ОТБОРА ПРОБ ЗЕРНА В ПОТОКЕ ПАССИВНЫМ МЕТОДОМ

Т. В. БЕДЫЧ, кандидат технических наук, доцент,
Костанайский инженерно-экономический университет им. М. Дулатова
(110000, Республика Казахстан, г. Костанай, ул. Чернышевского, д. 59)
В. А. АЛЕКСАНДРОВ, кандидат технических наук, доцент,
В. С. КУХАРЬ, кандидат экономических наук,
Г. М. ТРОМПЕТ, кандидат технических наук, доцент,
Уральский государственный аграрный университет
(620075, г. Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, д. 42)

Ключевые слова: *послеуборочная обработка, норья, транспортирование, травмирование, зерновка, устройство для отбора проб.*

В данной статье рассматривается вопрос совершенствования средств механизации послеуборочной обработки с целью повышения качества семенного и продовольственного зерна. Приоритетное значение зернового производства в Российской Федерации и других странах СНГ определяется его социальной значимостью в решении проблемы надежного обеспечения населения продовольствием, а отрасли животноводства кормами. Одним из резервов увеличения производства зерна является сохранение и улучшение его семенных свойств. Биологически неполноценное, дробленое и травмированное зерно является благоприятной средой для обитания и размножения бактерий и микроорганизмов. Установлено, что при наличии микроповрежденных семян в посевном материале Россия и Казахстан недобирают ежегодно продукции зерновых культур до 3 центнеров с гектара. Следовательно, снижение степени травмирования зерна рабочими органами машин для послеуборочной обработки – одна из актуальных проблем сегодняшнего дня, которая до сих пор полностью не решена. Проведен анализ работ ученых по направлению снижения травмирования зерна в технологических процессах машин непрерывного транспорта, который вызывает необходимость разработки методов снижения травмирования и отбора проб зерна. Особенно важно получение достоверной информации о качестве зерна, поэтому к механизмам для отбора проб предъявляются требования, позволяющие избежать случайных, систематических или грубых ошибок. Авторы приводят описание предложенного способа отбора проб зерна в непрерывно движущемся материале за счет использования центробежных сил. Пассивный метод отбора проб заключается в изготовлении окон на траектории движущегося потока, что не препятствует течению технологического процесса. Представлена схема экспериментального образца устройства для отбора проб зерна пассивного действия. Конструкция устройства пассивного действия для отбора проб зерна в непрерывно движущемся потоке защищена предварительным патентом республики Казахстан. Лабораторные испытания предложенного устройства пассивного действия для отбора проб зерна показали его работоспособность и высокую надежность.

THE QUESTION OF SAMPLING GRAIN IN A PASSIVE METHOD

T. V. BEDYCH, candidate of technical sciences, associate professor,
Kostanay Engineering and Economic University
(59 Chernyshevskogo Str., 110000, Kostanay, Kazakhstan)
V. A. ALEXANDROV, candidate of technical sciences, associate professor
V. S. KUKHAR, candidate of economic sciences, assistant professor,
G. M. TROMPET, candidate of technical sciences, associate professor,
Ural State Agrarian University
(42 K. Liebknehta Str., 620075, Ekaterinburg)

Keywords: *postharvest treatment, noria, transportation, injury, weevil, the sampling device.*

The question of perfection of facilities of mechanization after cleaning up treatment is examined in this article, with the purpose of upgrading the seminal and food grain. The priority value of grain-growing production in Russian Federation and other countries of CIS is determined by hissocial meaning fulness in the decision of problem of thereliable providing of population food, and industries of stock-raising by forage. One of backlogs of increase of production of grain is maintenance and improvement of his seminal properties. Biologically inferior, shredded and bruised grain is the favourable environment for habitation and reproduction of bacteria and microorganisms. It is set that at presence of the microscopically damaged seed insowing material, Russia and Kazakhstan have shortage annually the products of grain-crops to 3 metric centners from a hectare. Consequently, decline of degree of injuring of grain the working organs of machines for after cleaning up treatment is one of issues of the day of today that until now is not fully solved. The analysis of works of scientists is conducted to direction of decline of injuring of grain in the technological processes of machines of continuous transport that causes the necessity of development of methods of decline of injuring and sampling of grain. The receipt of reliable information is especially important about quality of grain, therefore the mechanisms for sampling requirements allowing to avoid random, systematic or rough errors are produced. Authors move forward the description of the offered method of sampling of grain to continuously locomotive material due to the use of centrifugal forces. The passive method of sampling consists in making of windows on the trajectory of locomotive stream that does not prevent to the flow of technological process. The chart of experimental standard of device for sampling of grain of passive action is presented. The construction of device of passive action for sampling of grain in a continuously locomotive stream is protected by the preliminary patent of the Republic of Kazakhstan. The alpha tests of the offered device of passive action forsampling of grain showed his capacity and high reliability.

Положительная рецензия представлена А. П. Ловчиковым, доктором технических наук, профессором кафедры тракторов, сельскохозяйственных машин и земледелия Южно-Уральского государственного аграрного университета.

Продовольственная безопасность страны в значительной мере определяется валовым сбором зерна, необходимым для формирования семенных фондов, обеспечения населения продуктами питания и животноводства зернофуражом. Урожайность зерновых культур в России часто не превышает в среднем 1,7–1,8 т/га. Одной из причин столь низкой урожайности в стране является плохое качество семян. Доля высева некондиционных семян составляет не менее 12 %, а зачастую и более 20 %. Это влечет за собой снижение урожайности и ухудшение качества зерна. Главной причиной этого является высокий уровень их травмирования при уборке и послеуборочной обработке [1, 2, 3].

Установлено, что биологически неполноценное, дробленое и травмированное зерно является благоприятной средой для обитания и размножения бактерий и микроорганизмов даже при непродолжительном хранении. При этом ухудшаются как посевные, так и продовольственные качества зерна [4].

В процессе использования той или иной технологической схемы обработки семена контактируют с рабочими органами машин и повреждаются, в результате чего ухудшаются их посевные качества. Иногда повреждение семян при послеуборочной обработке происходит в большей степени, чем при обмолоте. Многократные силовые воздействия на зерно различных машин и механизмов, удары, сжатия, трения и т. д. не могут не травмировать зерно. Если избежать травмирования невозможно, то нельзя мириться с его масштабами. По данным И. Г. Строны, травмирование с учетом всех микро- и макротравм составляет: семян кукурузы – 90–95 %, ржи – 85–90 %, твердой пшеницы – 80–85 %, мягкой пшеницы – 45–50 % [5].

Травмирование зерна при послеуборочной обработке зависит в основном от количества и интенсивности механических воздействий на зерно. Основным рабочим органом для обеспечения транспортирования зерна на зерноочистительных агрегатах с целью подачи его в семяочистительные машины являются нории (ковшовые элеваторы). Одним из недостатков ковшовых элеваторов является травмирование зерна вследствие контактирования его с рабочими органами [6, 7, 8].

Известно, что при послеуборочной обработке зерна пшеницы центробежные нории травмируют в среднем 4,6 %, скребковые транспортеры – 10,5 %, шнеки – 2,6 %, самотечные устройства – 1,6 % и ленточные транспортеры – 0,51 %. Нередко в технологической линии устанавливают несколько норий и других транспортирующих органов для обслуживания различных зерноочистительных машин [1].

Анализ современного состояния и исследования повреждения зерна в технологических процессах машин непрерывного транспорта показывает необходи-

мость разработки методов снижения травмирования и отбора проб зерна [9].

Цель и методика исследований. Целью работы являлась разработка способа отбора проб зерна в непрерывно движущемся материале за счет использования центробежных сил.

Особенно важно получение достоверной информации о качестве зерна, поэтому к механизмам для отбора проб предъявляются требования, позволяющие избежать случайных, систематических или грубых ошибок, что достигается большим объемом выборки, использованием метода случайных чисел. Достоверность, надежность и точность результатов качества зерна по 4, 6, 8 точкам можно повысить, используя отбор проб из непрерывно движущегося потока [10]. Для этого воспользуемся пассивным методом получения проб.

Пассивный метод отбора проб заключается в изготовлении окон на траектории движущегося потока, однако это не должно препятствовать течению технологического процесса.

Исходя из кинограммы (рис. 1), мы предлагаем осуществлять отбор проб в нориях с центробежной разгрузкой ковшей, на участках перехода движения с прямолинейного на криволинейное [11, 12].

Результаты исследований. Расположение окон при отборе проб влияет на качество получаемых результатов. Рассмотрим ковшовые элеваторы как один из наиболее распространенных видов машин непрерывного транспорта при послеуборочной обработке зерна, в частности, НЦ-100 производительностью 100 т/ч:

$$Q = 3,6 \cdot q \cdot V, \quad (1)$$

где Q – производительность, т/ч;
 q – масса, кг.

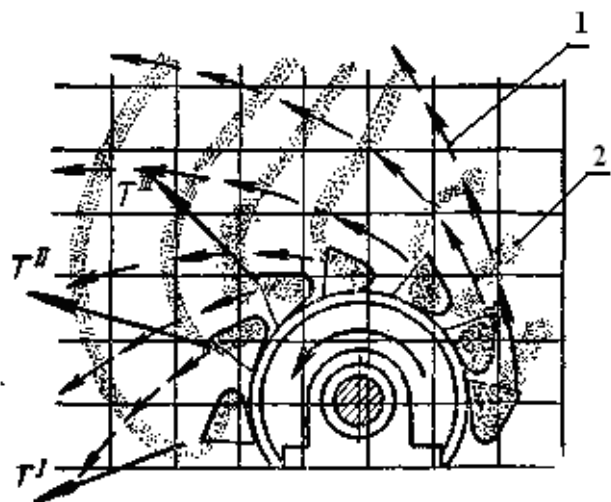


Рис. 1. Кинограмма центробежной разгрузки ковшей норией:
1 – расчетная траектория полета зерновок;
2 – действительная траектория полета зерновок
Fig. 1. Record of centrifugal discharge of conveyor buckets:
1 – calculated trajectory of weevil flight;
2 – actual trajectory of weevil flight

$$q = \frac{i_k}{a} \cdot \rho \cdot \psi, \quad (2)$$

где i_k – вместимость ковша, л;
 ρ – насыпная плотность груза, т/м³;
 ψ – коэффициент наполнения ковша материалом;
 V – скорость тягового элемента, м/с.

Общая масса пробы 2 кг, удельная доля материала из потока 50 грамм на 1 тонну.

Пропускная способность окна определится из выражения:

$$q^l = 5 \cdot Q \cdot 10^{-5}, \text{ т/ч} \quad (3)$$

Время отбора проб найдем из выражения:

$$t = \frac{7200}{Q / \text{ч}}, \text{ мин} \quad (4)$$

Изменение размеров окна позволяет варьировать пропускную способность и время отбора проб.

Разгрузка ковшей элеватора при больших скоростях происходит путем выбрасывания груза из ковшей в верхней точке элеватора по действием центробежной силы.

Характер разгрузки ковшей элеваторов зависит от скорости движения ковшей и диаметра приводного барабана или звездочки элеватора. Когда ковш с зерном начинает поворачиваться вокруг барабана, то на зерно действует сила тяжести:

$$G = mg, \quad (5)$$

и центробежная сила:

$$C = \frac{m\vartheta^2}{r}, \quad (6)$$

где ϑ – скорость движения центра тяжести груза в ковше;

r – расстояние от центра тяжести до центра барабана.

Тогда равнодействующая этих сил будет равна:

$$\vec{R} = \vec{C} + \vec{G}, \quad (7)$$

По линии действия \vec{R} и пересечения с осью барабана найдем A – полюс и его расстояние до оси l , рис. 2.

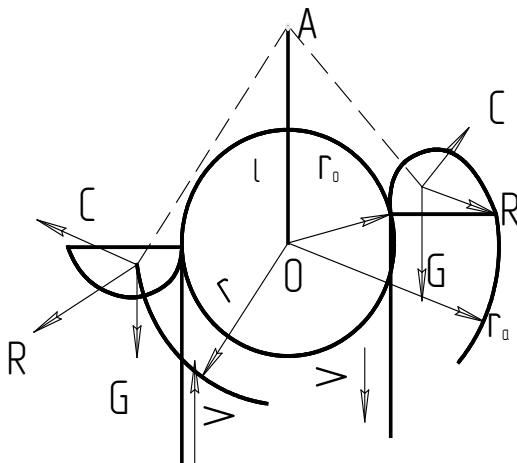


Рис. 2. Силы, действующие на зерновку при движении норки
 Fig. 2. Forces that have an impact on the weevils during the movement of conveyer buckets

$$\frac{l}{r} = \frac{G}{C} = \frac{mg}{m\vartheta^2 / r} = \frac{gr}{\vartheta^2}, \quad (8)$$

$$l = \frac{gr^2}{\vartheta^2} = \frac{895}{n^2}, \quad (9)$$

То есть полное расстояние l зависит только от частоты вращения барабана n , мин⁻¹ и с уменьшением n , l увеличивается.

Если $l \leq r_0$ – центробежная сила превышает силу тяжести и происходит выбрасывание груза (центробежная разгрузка), и в этом случае возможно изъятие пробы пассивным изготовлением окон в верхней зоне ковшового элеватора.

Если $l > r_a$, сила тяжести G больше центробежной силы – в этом случае происходит высыпание груза (самотечная разгрузка). Окна для отбора проб необходимо изготовить в кожухе отводной трубы.

При $r_0 < l \leq r_a$ – смешанная разгрузка, окна расположены в среднем положении.

Масса груза, находящегося в одном ковше:

$$G = V \cdot \rho \cdot \varphi, \quad (10)$$

где V – объем ковша, м³;

ρ – насыпная плотность груза, кг/м³;

φ – коэффициент заполнения ковша (0,6–0,9).

Для обоснования связи скорости истечения и размера пассивного пробоотборника:

$$v = \vartheta_{\max} \cdot \left[1 - e^{-A(h_{\text{кр}} - h)} \right], \quad (11)$$

где v – скорость зерна, м/с;

ϑ_{\max} – скорость ковшей элеватора во время вылета частицы из ковша, м/с;

A – наименьший размер окна прямоугольной формы;

$h_0, h_{\text{кр}}$ – max и min расстояние до пробоотборника, м.

$$A = \frac{\ln \left(1 - \frac{v}{\vartheta_{\max}} \right)}{h_{\text{кр}} - h_0}, \quad (12)$$

При инерционной разгрузке материал вылетает из ковша, используя полученную кинетическую энергию. Установим связи и факторы, действующие при этом, составив дифференциальное уравнение движения частиц:

$$\begin{aligned} mx'' &= 0, & my'' &= -mg \\ \text{или} & & x'' &= 0, & y'' &= mg, \end{aligned} \quad (13)$$

где x, y – координаты частицы;

m – масса частицы.

Проинтегрируем эти уравнения при начальных условиях:

$t = 0; x = v_i; y = 0; v_i$ – начальная скорость частицы; t – время.

$$x = v_i \cdot t, \quad (14)$$

$$y = H - \frac{g \cdot t^2}{2},$$

где H – высота выгрузки.

Исключив $t = \frac{x}{v_i}$ и подставив его во второе уравнение, составим траекторию движения частицы:

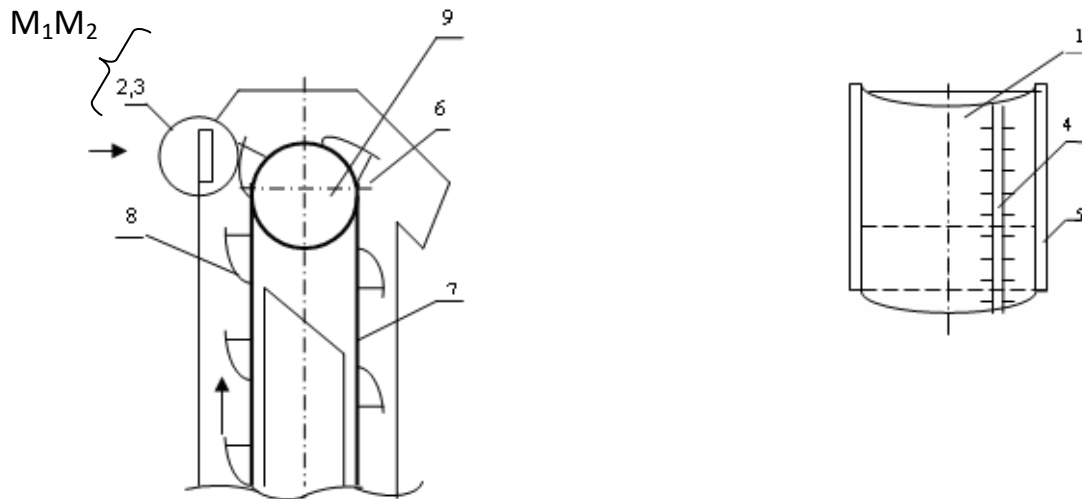


Рис. 3. Устройство пассивного действия для отбора проб зерна: а) верхняя головка нории с пробоотборником; б) вид пробоотборника спереди; 1 – пробоотборник; 2 – окно для установки пробоотборника; 3 – заслонка подвижная с выступом; 4 – шкала градуированная; 5 – буртики; 6 – головка нории; 7 – лента нории; 8 – ковши; 9 – ведущий барабан
 Fig. 3. Passive-action device for taking samples of wheat: а) upper head of a conveyer bucket with sampler device; б) the front view of sampler-device; 1 – sampler device; 2 – the window for installing the sampler-device; 3 – gate valve with a claw; 4 – calibrated scale; 5 – flanges; 6 – elevator head; 7 – elevator belt; 8 – elevator bucket; 9 – driving drum

$$y = H - \frac{g}{2\omega_H^2} \cdot x^2, \quad (15)$$

т. е. мы получили уравнение параболы. Если принять конечные условия:

$$x = \ell, \quad y = 0,$$

где ℓ – дальность полета частицы, которую найдем из выражения:

$$l = v_H \sqrt{\frac{2H}{g}} \quad (16)$$

На основе анализа существующих конструкций для отбора проб предлагается новый пробоотборник для пассивного отбора проб зерна.

Для экспериментальной проверки был разработан и изготовлен образец пробоотборника, схема и общий вид которого представлены на рис. 3 [13].

Устройство пассивного действия для отбора проб зерна включает пробоотборник (1), отверстие (2) в виде окна, подвижную заслонку (3). Пробоотборник (1) представляет собой разрезанный вдоль оси

цилиндр, плоская часть которого закрыта на высоту, регулируемую в зависимости от требуемого объема отбираемого материала; на боковой поверхности пробоотборника (1) нанесена градуированная шкала (4). Криволинейная поверхность пробоотборника (1) имеет буртики (5). Отверстие (2) расположено в головке (6) нории, на участке изменения направления ленты (7) с прямолинейного на криволинейное движение, и имеет наружные выступы с пазом для фиксирования подвижной заслонки (3). Зерновой материал транспортируется лентой (7), на которой расположены ковши (8), приводимые в движение ведущим барабаном (9).

Устройство для отбора проб зерна пассивного действия работает следующим образом. Пробоотборник (1) подводится к выступу подвижной заслонки (3), при этом буртики (5) пробоотборника (1) взаимодействуют с пазами головки (6) нории. При перемещении пробоотборника (1) вдоль пазов вверх подвижная заслонка (3) перемещается и открывается

отверстие (2). Частицы транспортируемого материала, расположенные выше верхнего обреза ковша (8), под действием центробежных сил, перемещаются через отверстие (2) в пробоотборник (1). После завершения процесса отбора проб, которое контролируется градуированной шкалой, пробоотборник (1) перемещают в противоположном направлении, одновременно подвижная заслонка (3) закрывает отверстие (2) [14].

Полученную пробу материала сдают для проведения анализов.

При закрытии подвижной заслонки дополнительное нарушение исходной структуры отбираемого материала не происходит вследствие того, что высота отверстия (2) подбирается в зависимости от коэффициента внутреннего трения перемещаемого материала и толщины ковша (8).

Выводы. Рекомендации. Предложенная конструкция устройства обеспечивает отбор проб в процессе транспортирования материала и предотвращает нарушение исходной структуры отбираемого материала. Это достигается тем, что отбор проб движущегося материала осуществляется на участках перехода их движения с прямолинейного на криволинейное.

Для проверки результатов теоретических и экспериментальных исследований в производственных условиях, а также для определения технико-экономических показателей работы пробоотборника проводились испытания устройства в нории НЦ-100 на действующем элеваторе при содействии ТОО «Иволга».

Литература

1. Тарасенко А. П., Оробинский В. И., Гиевский А. М., Мерчалова М. Э. Совершенствование средств механизации для получения качественного зерна // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2012. № 3. С. 109–115.
2. Тарасенко А. П., Оробинский В. И., Мерчалова М. Э., Сорокин Н. Н. Совершенствование технологии получения качественных семян и продовольственного зерна // Лесотехнический журнал. 2014. Т. 4. № 1. С. 36–40.
3. Ловчиков А. П. Снижение травмирования зерна в период уборки урожая // Хранение и переработка сельхозсырья. 2002. № 12. С. 35–38.
4. Тарасенко А. П., Оробинский В. И., Мерчалова М. Э. Инновационное направление совершенствования послеуборочной обработки зерна // Лесотехнический журнал. 2013. № 3. С. 161–164.
5. Шатохин И. В., Пименов В. Б. Выявление зависимости массы ковшовых элеваторов от скоростного режима их работы // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2013. № 4. С. 74.
6. Шатохин И. В., Парфенов А. Г., Алфеев Д. А. Снижение потерь зерна при послеуборочной обработке за счет совершенствования норий // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2011. № 4. С. 76–78.
7. Шатохин И. В., Пименов В. Б., Алфеев Д. А., Парфенов А. Г. Снижение травмирования зерна и семян транспортирующими рабочими органами // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2014. № 3. С. 137–140.
8. Мезенцев Н. С., Троценко В. В. Повреждения зерна ячменя машинами при послеуборочной обработке // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2011. № 2. С. 56–59.
9. Патент РФ № 2257703 24.02.2004. Ловчиков А. П. Способ определения механических микроповреждений в партиях зерна при уборке урожая комбайнами // Патент России № 2257703. 2004.
10. ГОСТ 13586.3–2015. Зерно. Правила приемки и методы отбора проб. Взамен ГОСТ ГОСТ 13586.3–83. Введ. с 01.07.2016.
11. Сурашов Н. Т., Гудович М. И. Подъемно-транспортные машины. Алматы, 2012. 322 с.
12. Ковалевский В. И. Подъемно-транспортные установки и оборудование. Курсовое проектирование. СПб., 2013. 672 с.
13. Предварительный патент РФ № 20051484/1 16.06.2008. Бедыч Т. В., Исинтаев Т. И. Устройство для отбора проб зерна // Патент России № 19626. 2008. Бюл. № 6.
14. Бедыч Т. В. Обоснование скорости движения ленты ковшового элеватора, направленное на снижение травмирования зерна : автореф. дис. ... канд. тех. наук. Оренбург, 2009. 20 с.

References

1. Tarasenko A. P., Orobinsky V. I., Giyevsky A. M., Merchalova M. E. Enhancement of means of mechanization for receipt of high-quality grain // Messenger of Voronezh State Agricultural University. 2012. № 3. P. 109–115.
2. Tarasenko A. P., Orobinsky V. I., Merchalov M. E., Sorokin N. N. Enhancement of technology of receipt of high-quality seeds and foodgrain // Timber magazine. 2014. Vol. 4. № 1. P. 36–40.

3. Lovchikov A. P. Decrease in traumatizing grain during harvesting // Storage and conversion of agricultural raw materials. 2002. № 12. P. 35–38.
4. Tarasenko A. P., Orobinsky V. I., Merchalov M. E. Innovative direction of enhancement of postharvest handling of grain // Timber magazine. 2013. № 3. P. 161–164.
5. Shatokhin I. V., Pimenov V. B. Detection of dependence of mass of ladle elevators on the high-speed mode of their work // Messenger of Voronezh State Agricultural University. 2013. № 4. P. 74.
6. Shatokhin I. V., Parfyonov A. G., Alfeev D. A. Decrease in losses of grain in case of postharvest handling due to enhancement of elevator bucket // Bulletin of Voronezh State Agricultural University. 2011. № 4. P. 76–78.
7. Shatokhin I. V., Pimenov V. B., Alfeev D. A., Parfyonov A. G. Decrease in traumatizing grain and seeds by the transporting working bodies // Bulletin of Voronezh State Agricultural University. 2014. № 3. P. 137–140.
8. Mezentsev N. S., Trotsenko V. V. Barley grain damages by machines in case of postharvest handling // Bulletin of the Omsk State Agricultural University. 2011. № 2. P. 56–59.
9. Russian Federation patent № 2257703 24.02.2004. Lovchikov A. P. A method of determination of mechanical microdamages to grain batches when harvesting by combines // Patent of Russia № 2257703. 2004.
10. GOST 13586.3–2015. Grain. Acceptance procedures and methods of sampling. Instead of GOST 13586.3–83. Introd. from 01.07.2016.
11. Surashov N. T., Gudovich M. I. Hoisting-and-transport machines. Almaty, 2012. 322 p.
12. Kowalewski V. I. Hoisting-and-transport installations and equipment. Course designing. SPb., 2013. 672 p.
13. Provisional patent Russian Federation № 20051484/1 16.06.2008. Bedych T. V., Isintayev T. I. Grain sampling device // Patent of Russia № 19626. Bulletin № 6.
14. Bedych T. V. The reasons for speed of movement of a tape of a ladle elevator directed to decrease in traumatizing grain : abstract of dis. ... cand. of tech. sciences. Orenburg, 2009. 20 p.