

Вестник Курганской ГСХА. 2026. № 3 (59). С. 81-90
Vestnik Kurganskoy GSNA. 2026; (3-59): 81-90

Научная статья

УДК 631.354.2:631.554

Код ВАК 4.3.1

DOI: 10.52463/2227-4227_2026_59_81_90

EDN: TZEKNB

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ЗЕРНА ПРИ УБОРКЕ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Марат Рашитович Садыков¹✉, Алсу Наилевна Зиннатуллина², Инсаф Рафитович Нафиков³, Руслан Рушанович Лукманов⁴

^{1, 2, 3, 4} Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия

¹ marat3012@yandex.ru✉, <https://orcid.org/0009-0003-9335-6080>

² zinnatullina21@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0003-6789-4846>

³ insaf-82@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4111-5352>

⁴ look-rus@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6585-1661>

Аннотация. Потери зерна при уборке вызывают прямые экономические убытки и снижают эффективность производства. Цель исследования – обосновать комплекс технических и организационно-технологических решений, направленных на снижение потерь зерна при уборке зерновых культур за счет рациональной настройки жатвенной части, молотильно-сепарирующего устройства и системы очистки зерноуборочного комбайна. Методика исследования включала анализ причин потерь по основным рабочим зонам комбайна, обобщение данных полевых наблюдений и нормативных требований, а также расчет массовых и процентных показателей потерь по результатам отбора проб на площадках известной площади. В качестве варьируемых условий учитывались высота среза растений, параметры работы мотвила, скорость движения комбайна, интенсивность обмолота, настройки вентилятора и решет, влажность хлебной массы, полеглость и засоренность посева. Результаты исследования показали, что при урожайности 4 т/га потеря 1 % зерна соответствует 40 кг/га, или 40 т на площади 1000 га, что подтверждает значимость точной регулировки уборочной техники. Установлено, что превышение скорости движения 6–8 км/ч, несогласованная работа мотвила, чрезмерно низкий или высокий срез растений, неправильный зазор подбарабана и некорректная настройка воздушно-решетной очистки являются основными факторами роста потерь зерна. Предложен последовательный алгоритм настройки комбайна: первичная установка по заводским рекомендациям, контроль жатки на пробном проходе, корректировка обмолота, регулировка очистки комбайна и постоянный мониторинг потерь датчиками. Практическое применение предложенных решений позволяет удерживать потери зерна на уровне нормативных значений 1–2 %, снижать недобор урожая (по сравнению с уровнем потерь 3–5 %) на 40–120 кг/га, или 40–120 т при площади уборки 1000 га, повышать экономическую эффективность уборочной кампании.

Ключевые слова: потери зерна, зерноуборочный комбайн, жатка, мотвило, обмолот, сепарация, очистка, регулировки, датчики потерь, урожайность.

Благодарности: работа финансировалась за счет средств бюджета ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет». Дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

Для цитирования: Садыков М.Р., Зиннатуллина А.Н., Нафиков И.Р., Лукманов Р.Р. Обоснование технических решений для снижения потерь зерна при уборке зерновых культур // Вестник Курганской ГСХА. 2026. № 3 (59). С. 81-90. DOI: 10.52463/2227-4227_2026_59_81_90. EDN: TZEKNB.

Scientific article

SUBSTANTIATION OF TECHNICAL SOLUTIONS TO REDUCE GRAIN LOSSES DURING GRAIN CROPS HARVESTING

Marat R. Sadykov¹✉, Alsu N. Zinnatullina², Insaf R. Nafikov³, Ruslan R. Lukmanov⁴

^{1, 2, 3, 4} Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

¹ marat3012@yandex.ru✉, <https://orcid.org/0009-0003-9335-6080>

² zinnatullina21@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0003-6789-4846>

³ insaf-82@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4111-5352>

⁴ look-rus@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6585-1661>

Abstract. Grain losses during harvesting cause direct economic losses and reduce production efficiency. The purpose of the study is to substantiate a set of technical, organizational and technological solutions aimed at reducing grain losses during harvesting by applying rational adjustment of the harvesting unit, the threshing and separating device and the cleaning system of the combine harvester. The research methodology included an analysis of the causes of losses in the main operation zones of the combine harvester, generalization of field observation data and

regulatory requirements, as well as the calculation of weight and percentage loss rates based on sampling results at sites of a known area. The height of the plant cut, the parameters of the reel, the speed of the combine harvester, the intensity of threshing, the settings of the fan and sieves, the moisture content of the green chop, the degree of lodging and weed infestation of the crops were taken into account as variable conditions. The results of the study have shown that with a yield of 4 tons/ha, the loss of 1 % of grain corresponds to 40 kg/ha, or 40 tons on an area of 1,000 hectares, which confirms the importance of precise adjustment of harvesting equipment. It has been established that driving over the limit speed of 6-8 km/h, uncoordinated operation of the reel, excessively low or high cutting of plants, and incorrect tuning control of air-sieve separation are the main factors of increase in grain losses. A sequential algorithm for calibrating the combine harvester is proposed: initial installation according to the factory recommendations, control of the header on the test run, adjustment of threshing, adjustment of combine separation and constant monitoring of losses by sensors. The practical application of the proposed solutions makes it possible to keep grain losses at the level of standard values of 1-2%, to reduce crop shortages (compared with losses of 3-5%) by 40-120 kg/ha, or 40-120 tons with a harvesting area of 1,000 hectares, and to increase the economic efficiency of the harvesting campaign.

Keywords: grain losses, combine harvester, header, reel, threshing, separation, decontamination, adjustments, loss sensors, yield.

Acknowledgments: the work was funded by the budget of Kazan State Agrarian University. No additional grants were received to conduct or direct this particular study.

For citation: Sadykov M.R., Zinnatullina A.N., Nafikov I.R., Lukmanov R.R. Substantiation of technical solutions to reduce grain losses during grain crops harvesting // Vestnik Kurganskoy GSHA. 2026; (3-59): 81-90. DOI: 10.52463/2227-4227_2026_59_81_90. EDN: TZEKNB. (In Russ).

Введение. Потери зерна при уборке напрямую уменьшают получаемый урожай и могут достигать значительных величин, влияя на рентабельность производства зерна. Совокупные потери хлеба складываются из естественных (биологических), до начала уборки и механических, связанных с работой уборочной техники. Для агропредприятий это означает недополученный урожай и прямые потери дохода. Даже при использовании современных комбайнов фактические потери зачастую превышают нормативные 1–2 % и составляют в среднем 3–5 % [1; 2]. При урожайности 4 т/га потеря 1 % зерна эквивалентна 40 кг/га, что на площади в 1000 га соответствует 40 т зерна. Таким образом, снижение потерь зерна – актуальная практическая задача, решение которой позволяет повысить эффективность производства зерновых без увеличения посевных площадей [3]. На рисунке 1 приведена зависимость недобора зерна от уровня потерь при уборке урожая.

Потери зерна классифицируют по месту их возникновения. Выделяют потери за жаткой (потери на срезе и при транспортировке срезанной массы), потери при обмолоте и сепарации (зерно, остающееся в соломе или выбрасываемое с соломой), а также потери при очистке (зерно, унесен-

ное с легкими отходами обмолота через систему очистки). Кроме того, в составе потерь учитывают необмолоченные колоски, попадающие в отходы [4; 5]. Практики отмечают, что наиболее частые проблемы – это осыпание зерна на уровне жатки (при ударе мотовила или из-за слишком низкого среза), недомолот колосьев (слишком щадящий режим молотилки) и унос зерна с половой (неоптимальные настройки ветрового вентилятора и решет) [6].

С точки зрения эффективности производства, снижение потерь зерна при уборке – один из наиболее быстрых путей повысить его сбор, поскольку каждый сохраненный процент урожая эквивалентен приросту производства без дополнительных затрат на возделывание культуры [7; 8]. В связи с этим хозяйства заинтересованы во внедрении технологий и настроек, позволяющих минимизировать потери произведенного зерна. В полевых условиях это требует от механизатора высокой квалификации: необходимо оперативно оценивать характер потерь (по зерну и колоскам на земле, по показаниям бортовых датчиков) и корректировать настройки комбайна в зависимости от состояния хлебостоя. Возникает практический запрос на рекомендации по настройке жатки и режимов

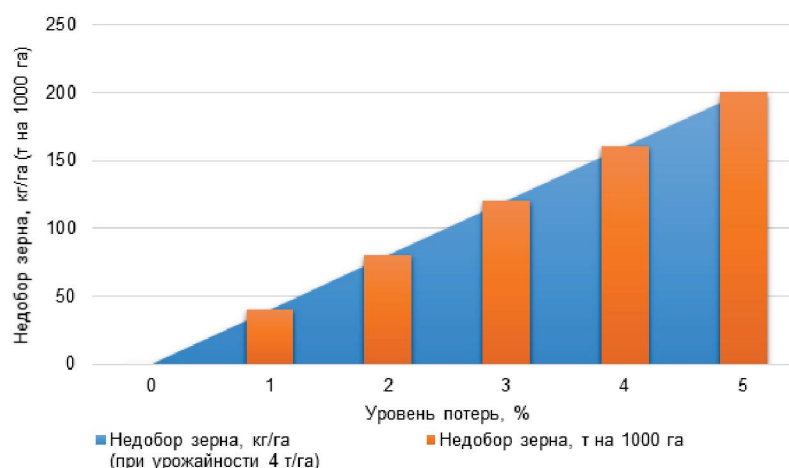


Рисунок 1 – Зависимость недобора зерна от уровня потерь при уборке урожая
Figure 1 – Dependence of grain shortage on the level of losses during harvesting

работы комбайна «под реальные условия», а также на использование современных систем контроля потерь зерна [9; 10].

Цель данного исследования – разработать рекомендации по снижению потерь при уборке зерновых за счет рациональной корректировки настроек жатвенной части комбайна и рабочих режимов молотильно-сепарирующего устройства (МСУ) и очистки. Для достижения этой цели решались следующие задачи: анализ типов и причин потерь зерна на разных этапах уборки; определение влияния основных регулировок жатки (высота среза, параметры мотвила, настройки шнека и копирующих систем) на уровень потерь; исследование влияния режимов работы МСУ и очистки (скорость движения, обороты и зазор барабана, настройки вентилятора и решет) на полноту вымолота и сепарации; разработка алгоритма последовательной настройки комбайна в полевых условиях и перечня корректирующих действий при типичных симптомах повышенных потерь; оценка современных средств контроля потерь (датчики, системы автоматики) и их роли в снижении потерь без остановки комбайна [11].

Материалы и методы. Исследование опирается на данные полевых испытаний и нормативных требований к качеству работы зерноуборочных комбайнов [12]. В качестве типовых условий рассматривались уборка пшеницы и ячменя при разных параметрах хлебостоя: влажность зерна и соломы (нормальная ~14 %, повышенная >20 %); засоренность посева сорняками (чистый и сильно засоренный хлебостой); степень полеглости (прямостоячий или полеглый стеблестой) и объем солоистой массы (низкорослый малоурожайный посев по сравнению с высокоурожайным посевом с густой соломой). Эти факторы существенно влияют на уровень потерь зерна.

В полевых условиях использовались стандартные методики количественного учета потерь зерна за комбайном [13]. Потери за жаткой определялись по количеству зерен и колосьев, оставшихся на стерне после прохода комбайна, до контакта массы с молотилкой. Для этого сразу после прохода жатки комбайн останавливался, и на убранной полосе выкладывались рамки известной площади (например 1 м², или 0,25 м²) в нескольких местах по ширине захвата. Собирались срезанные и несрезанные колоски, а также свободные зерна с поверхности почвы внутри рамки. Аналогично, для оценки потерь при обмолоте и сепарации (за молотилкой) использовались пробы соломы: на полосе соломы (при отключенном измельчителе) встряхивали солому над брезентом или лотком, чтобы выбить невыделившиеся зерна и недомолоченные колоски. Потери при очистке

оценивались по зерну, вынесенному вместе с половой: для этого после прохода комбайна на стерне анализировался слой половы. Дополнительно на комбайне использовался бортовой монитор потерь, показания которого сравнивались с фактическими замерами [14].

На основе собранных проб рассчитывали массовые и процентные показатели потерь. Масса потерянного зерна на единицу площади (кг/га) вычислялась с учетом массы 1000 зерен и площади отбора проб [15]. Например, если на площади S (м²) обнаружено n зерен, а масса 1000 зерен для культуры составляет m_{1000} (г), то потери зерна в пересчете на 1 га можно оценить по формуле:

$$L_{\text{потерь}} = \frac{(n \times m_{1000})}{(100 \times S)}, \text{ (кг/га)} \quad (1)$$

где S – площадь пробы, м²;

n – число зерен в пробе, шт.;

m_{1000} – масса 1000 зерен, г;

0,01 – коэффициент пересчета массы 1000 зерен из г и площади пробы в га.

Процент потерь определяли как отношение массы потерянного зерна к урожайности:

$$P_{\text{потерь}} = \frac{L_{\text{потерь}}}{Y_{\text{урожайность}}} \times 100, (\%) \quad (2)$$

где $Y_{\text{урожайность}}$ – фактическая урожайность, кг/га.

Превышение нормативов сигнализировало о необходимости перенастройки техники.

Результаты исследований и их обсуждение. Правильно выбранная высота среза стеблей позволяет минимизировать потери колосьев [16]. Слишком высокая установка жатки приводит к тому, что часть низкорослых или низкорослых стеблей не срезается и остается на корню. Эти несрезанные колосья теряются на поле. На рисунке 2 приведена зависимость потерь урожая от параметров настройки жатки.

С другой стороны, предельно низкий срез (буквально у земли) хотя и обеспечивает подбор всех колосьев, однако увеличивает захват комбайном соломы, стерни и земли. Избыточный поток растительной массы перегружает молотилку и систему очистки, что может опосредованно повышать потери [17]. Таким образом, высоту среза подбирают как компромисс: достаточно низко, чтобы скосить все колосья, но без излишнего захвата массы. Практически ориентируются на правило: чем гуще и выше стеблестой, тем выше можно поднять жатку, не рискуя потерять колосья.

Настройка мотвила жатки – один из ключевых факторов потерь на срезе [18]. Если параметры ее настройки выставлены неверно, возникают две основных проблемы: потери срезанных колосьев и потери свободного зерна из-за выбивания. Скорость вращения мотвила должна быть синхронизирована с поступательной скоростью

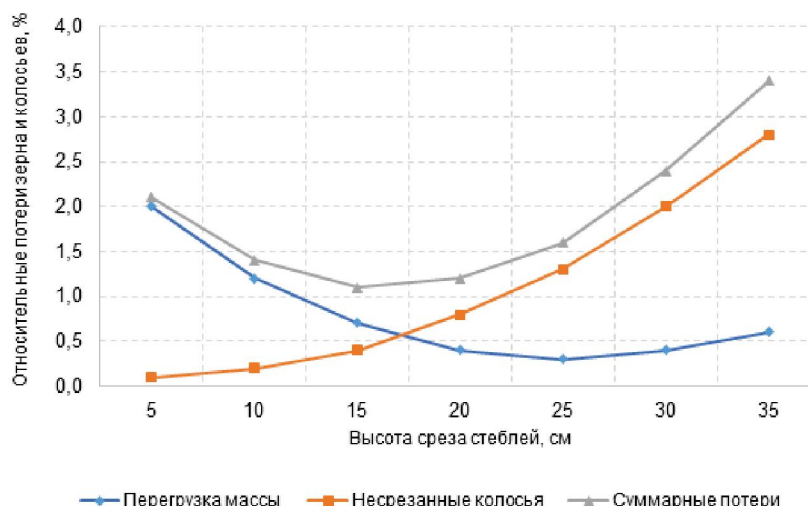


Рисунок 2 – Зависимость потерь урожая от параметров настройки жатки
Figure 2 – Dependence of crop losses on the parameter settings of the header

комбайна. При недостаточной частоте вращения (слишком медленное мотовило) стебли срезаются без поддержки планок и могут падать перед жаткой на землю. Слишком высокая частота вращения мотовила, напротив, вызывает перебрасывание срезанных стеблей через жатку или их ударное выбивание из зоны шнека жатки. Кроме того, быстрые удары по колосьям ведут к выбиванию зерна из них еще до обмолота – зерно осыпается прямо перед жаткой или внутри корпуса жатки. Рекомендуется придерживаться коэффициента окружной скорости мотовила 1,1–1,5 относительно скорости движения комбайна. На практике это соответствует правилу: один оборот мотовила на каждый пройденный комбайном метр, либо он примерно равен одному обороту колеса.

Планки мотовила по высоте должны захватывать стебли в верхней трети их длины (примерно на уровне колоса для прямоостоячего хлеба). Если мотовило поднято слишком высоко, оно не удерживает верхнюю часть растений, и многие стебли срезаются без участия граблин, такие колосья падают мимо жатки. В полеглые хлебопосевы мотовило, наоборот, нередко приходится опускать предельно низко. Вынос мотовила вперед задают так, чтобы пальцы граблин входили в массу немного впереди ножевого аппарата и успевали подхватить стебли до их среза. Для предотвращения потерь зерна так же важна регулировка вспомогательных элементов жатки. Ветровой щит (экран над мотовилом) должен препятствовать выбрасыванию колосьев вперед. Зазор между витками шнека и днищем жатки влияет на плавность подачи: при слишком большом зазоре срезанная масса подается порциями, часть колосьев сталкивается обратно на нож и выпадает наружу. Все щели и стыки корпуса жатки должны быть герметичны, иначе вы-

битое из колосьев зерно будет просыпаться через эти отверстия мимо транспортера.

Основными причинами потерь на этапе среза являются неверная синхронизация мотовила, что приводит к осыпанию зерна, падению колосьев, а также неправильно выбранная высота среза. После первых метров прохода комбайна рекомендуется остановиться и визуально проверить стерню. Отсутствие несрезанных и срезанных колосьев на земле. признак того, что жатка настроена правильно. Если же на стерне видны отдельные колосья, следует снизить высоту среза и проверить остроту ножей; если на земле присутствуют вырезанные колосья, это сигнал о неправильной работе мотовила (скорость, вынос или высота). Найденные рассыпанные зерна перед комбайном указывают на излишне высокую скорость планок – в этом случае обороты мотовила уменьшают. На рисунке 3 представлено влияние основных регулировок комбайна на потери и качество обмолота.

После того как жатка срезала и подала массу, зерно извлекается из колосьев и отделяется от примесей внутри комбайна, т. е. в молотильно-сепарирующем аппарате (барабан с подбарабанным, соломотряс или ротор) и в очистке (решетный стан и вентилятор). Неправильные регулировки на данных этапах приводят к двум основным видам потерь: недомолот зерна (колоски с оставшимся зерном выходят с соломой) и унос зерна с отходами (зерно, выброшенное с соломой или выдутое вентилятором в полову) [19].

Если комбайн движется слишком быстро, поток убираемой массы превышает способность системы вымолачивать и отделять зерно. Начинаются растущие потери, прежде всего за соломотрясом. Поэтому существует практическое ограничение: в нормальных условиях для комбайнов среднего

класса скорость обычно не превышает ~6–8 км/ч. Опытные механизаторы регулируют темп движения по индикаторам загрузки двигателя и по показаниям мониторинга потерь: если датчики показывают рост потерь за соломотрясом, а мощность на пределе – скорость снижают.

Как видно из таблицы, устранение одних причин потерь может вызывать новые. Поэтому при настройке важно контролировать весь комплекс показателей: и потери, и качество зерна. Например, если снизить обороты барабана для уменьшения дробления, нужно убедиться, что не вырос недомолот, а при прикрытии решет для чистоты зерна – проверить, не увеличились ли потери сзади. При регулировке комбайна необходимо искать баланс между минимальными потерями зерна, качеством обмолота и эффективностью работы.

Очень интенсивный обмолот (высокие обороты, малый зазор) выбивает практически все зерно из колосьев – потери за соломотрясом минимальны. Однако при этом возрастает травмирование зерна, что ухудшает его товарные качества и может потребовать просеивания. Необходимо выбирать режим, при котором недомолот близок к нулю, но и дробление зерна не превышает допустимых <1–2 %. Обычно допускают небольшой процент недомолота, чем допускать сильное разрушение зерна. Кроме того, дробленое зерно нередко не учитывается датчиками потерь (так как воспринимается как мелкий сор) и может улетать с половой, увеличивая невидимые потери.

Чтобы снизить потери зерна с половой, оператор может прикрыть решета и уменьшить вентиляцию, тогда зерно почти не выдувается. Но ворох

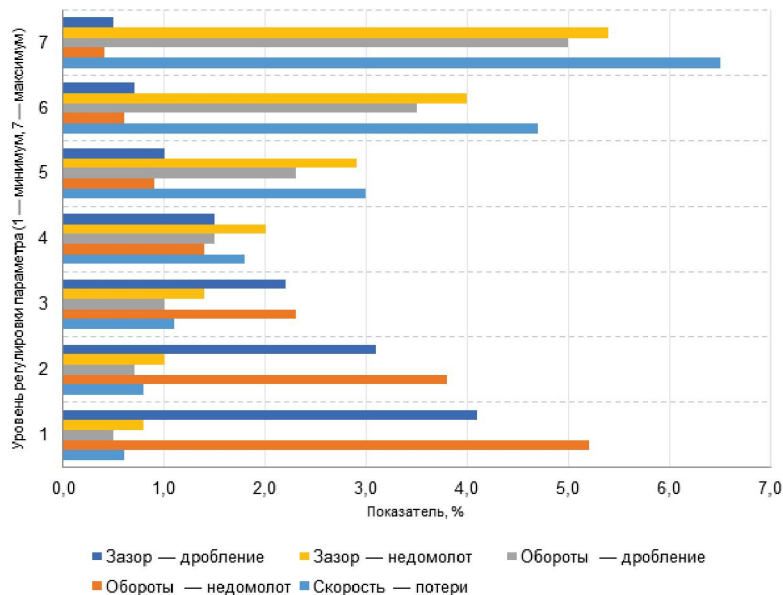


Рисунок 3 – Влияние основных регулировок комбайна на потери и качество обмолота
Figure 3 – The effect of basic combine harvester adjustments on threshing losses and quality

Таблица – Основные причины потерь зерна и корректирующие действия
Table – Main causes of grain losses and corrective actions

Рабочая зона	Характеристика потерь	Основная причина	Корректирующее действие
Жатка	Несрезанные или срезанные колосья, зерно перед жаткой	Неверная высота среза, тупой нож, неправильная скорость или положение мотовила, утечки зерна	Отрегулировать высоту среза, проверить нож, согласовать мотовило со скоростью движения, устранить щели
Молотилка	Необмолоченные колоски, дробленое зерно в бункере	Неверные обороты барабана и зазор подбарабанья	При недомолоте повысить интенсивность обмолота; при дроблении снизить обороты и увеличить зазор
Сепарация	Зерно в соломе за комбайном, потери рывками	Перегрузка соломотряса или ротора, неравномерная подача массы	Снизить скорость движения, выровнять подачу массы, проверить шнек и мотовило
Очистка	Зерно в полове, высокий возврат, засоренность бункера	Неверные настройки вентилятора и решет	При выдувании зерна уменьшить поток воздуха; при засоренности усилить обдув или прикрыть решета; при возврате приоткрыть решета

в бункере станет грязнее, так как увеличится доля примесей. Если после комбайна зерно проходит очистку на току, то можно допустить более засоренный бункер, но с меньшими потерями. Если же требуется сразу получать товарное зерно, то это влечет возникновение потерь урожая.

Некоторые хозяйства ценят длинную не нарезанную солому, необходимую для формирования тюков. Интенсивный обмолот (особенно с помощью роторных комбайнов) приводит к измельчению соломы на мелкие кусочки. Чтобы сохранить структуру соломы, механизаторы снижают обороты ротора и увеличивают зазор – солома выходит длиннее, но это может чуть повысить потери зерна. Приходится решать, что важнее: потеря зерна или качество соломы. Многие находят компромисс: часть полей обмолачивают в щадящем режиме (например, на семенных участках, где особенно важно целое зерно), а на товарном зерне – в более интенсивном.

В последние годы в зерноуборочные комбайны внедряют электронные системы, помогающие поддерживать рациональные настройки без прекращения уборки, так как бортовые датчики потерь. Они устанавливаются на выходе соломотряса и очистки (обычно ударные сенсоры, улавливающие удары зерен). Пока механизатор проводит уборку, датчики в реальном времени показывают относительный уровень потерь. Это позволяет незамедлительно оценивать рост потерь и принимать определенные меры (снизить скорость, изменить настройки). Однако сами по себе датчики не показывают абсолютное значение потерь (кг/га). Поэтому важно в начале работы вручную изме-

рить реальные потери и установить пороги сигнализации на приемлемом уровне (обычно 1,0–1,5 % для прямого комбайнирования). После калибровки оборудования значительно экономится рабочее время, так как механизатору не нужно каждый час работы выходить с лотком, достаточно следить за индикатором. Динамика потерь зерна при использовании датчиков и автоматической регулировки представлена на рисунке 4.

Современные комбайны с GPS-навигацией могут в режиме реального времени строить карту урожайности поля и накладывать на нее данные о потерях зерна. Это необходимо менеджерам агрохозяйства, так как по карте видно, где были повышенные потери, возникшие из-за ошибок оператора или сложных условий уборки. Последующий анализ таких карт позволяет скорректировать работу персонала, обратив внимание на проблемные зоны. На рисунке 5 представлено распределение потерь зерна по зонам поля при использовании карты урожайности и потерь.

Новейшие модели уборочной техники оснащаются системами автоматического регулирования: CLAAS CEMOS, John Deere ICA, New Holland IntelliSense и др. Эти системы включают набор датчиков (потерь, качества зерна, загрузки двигателя) и автоматически подстраивают параметры комбайна на ходу. Алгоритмы могут увеличить обороты вентилятора, если датчик указывает рост сорности зерна, или прикрыть верхнее решето, если возник перегруз по потерям. Некоторые системы используют камеры в зерновом элеваторе, анализирующие содержание битого зерна и примесей, чтобы подстроить настройки очистки.

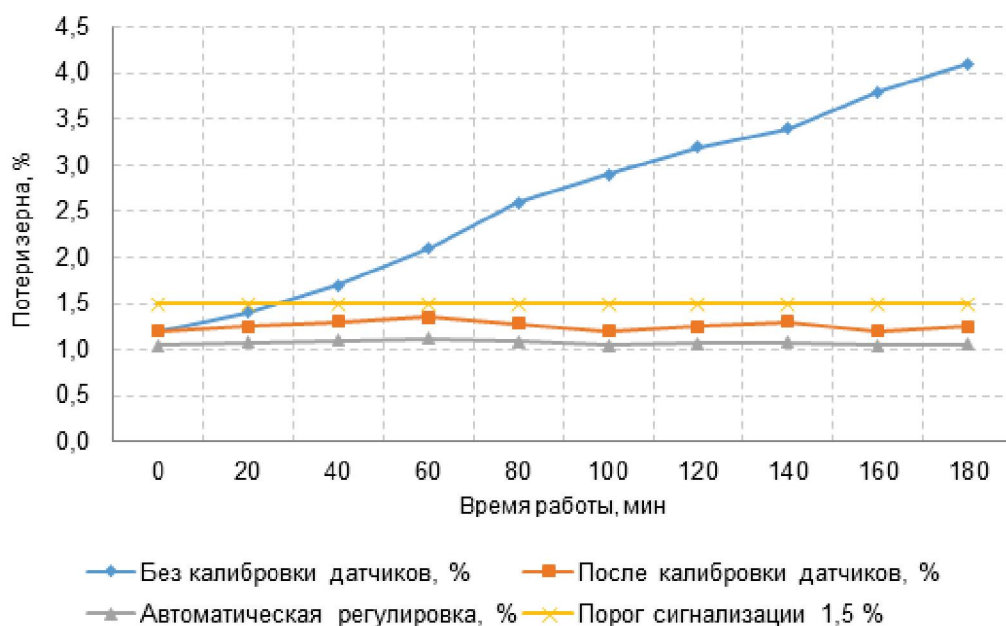


Рисунок 4 – Динамика потерь зерна при использовании датчиков и автоматической регулировки
Figure 4 – Dynamics of grain losses when using sensors and automatic adjustment

Однако для этого требуется корректный исходный ввод, то есть оператор задает целевой приоритет (минимум потерь, максимум чистоты или баланс). Данные системы способны снизить воздействие человеческого фактора и удерживать потери на уровне рациональных значений. Так, функция автоматического контроля Auto Maintain с камерами (реализована на JD S700) контролирует пять основных настроек и может поддерживать уровень потерь зерна и его чистоту в заданном интервале, корректируя обороты и зазоры каждые несколько минут. Однако рекомендуется проверять реальные потери вручную, особенно при

смене участка или культуры. На рисунке 6 приведено сравнение способов контроля и регулирования потерь зерна.

Кроме того, необходимо регулярно калибровать датчики потерь и очищать их от пыли, иначе их показания могут смещаться. Телеметрические системы передают данные о потерях в диспетчерский центр хозяйства в режиме онлайн, что позволяет одновременно отслеживать эффективность работы нескольких комбайнов и, при необходимости, проводить корректировку процессов, обслуживания, если потери превышают оптимальные значения.

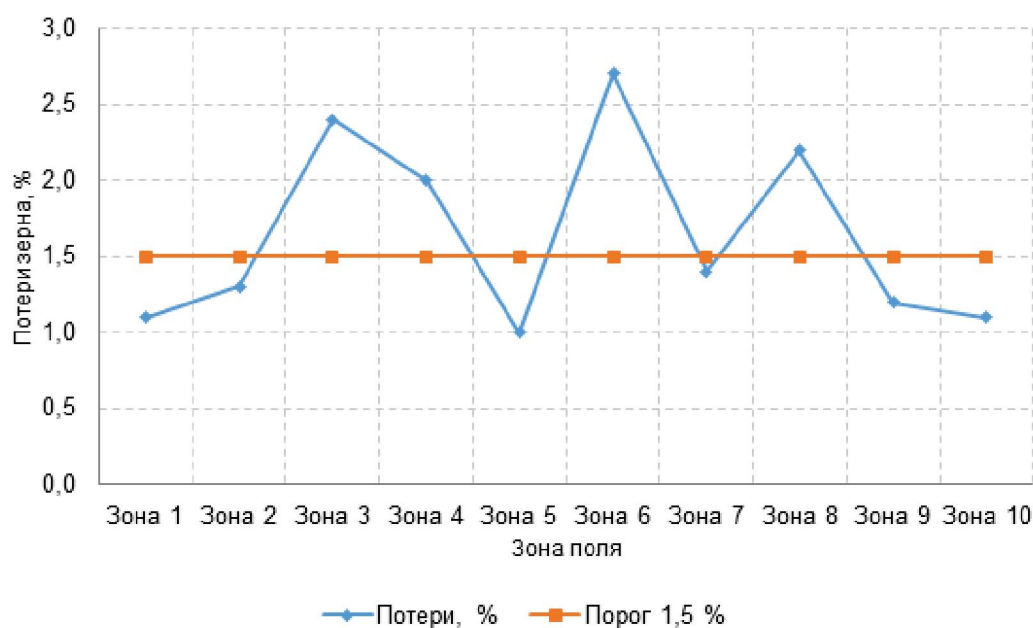


Рисунок 5 – Распределение потерь зерна по зонам поля при использовании карты урожайности и потерь

Figure 5 – Distribution of grain losses by field zones when using a yield and loss map

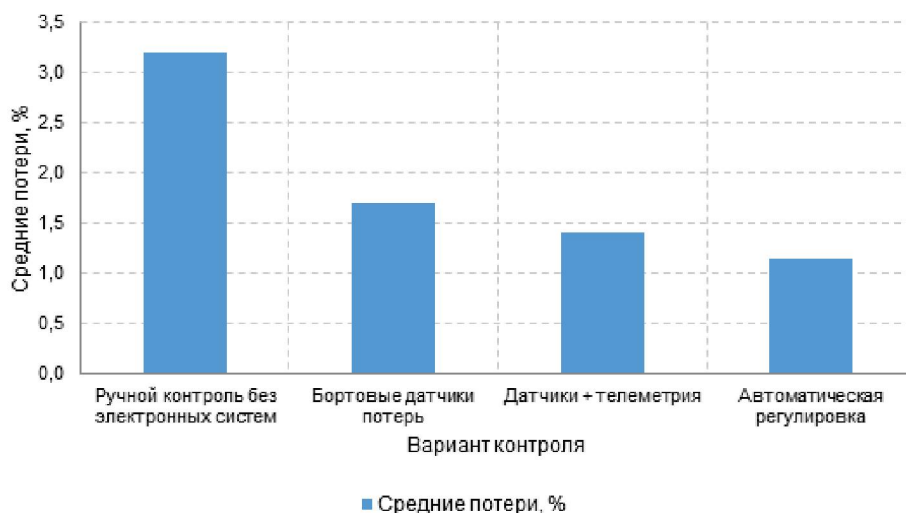


Рисунок 6 – Сравнение способов контроля и регулирования потерь зерна

Figure 6 – Comparison of methods for controlling and regulating grain losses

Заключение. Проведенный анализ показал, что снижение потерь зерна при его уборке достигается за счет комплекса мероприятий: последовательной корректировки жатки, МСУ, системы очистки и контроля показаний датчиков под конкретные условия поля. При урожайности 4 т/га каждый 1 % потерь соответствует 40 кг/га, поэтому переход от фактического уровня потерь 3–5 % к нормативному значению 1–2 % позволяет сохранить 40–120 кг зерна с каждого гектара, или 40–120 т на площади 1000 га. Наибольший эффект получен от первичной настройки жатвенной части. Установлено, что рациональная зона высоты среза составляет 15–20 см, обеспечивая суммарные потери около 1,1–1,2 %, при чрезмерно низком срезе (5 см) они увеличиваются примерно до 2,1 %, а при высоком срезе (35 см) – до 3,4 %. Синхронизация мотовила с поступательной скоростью комбайна и удержание коэффициента окружной скорости в диапазоне 1,1–1,5 снижают риск осыпания зерна и падения срезанных колосьев перед жаткой. Корректировка режима обмолота и сепарации зерна обеспечивает баланс между недомолотом и дроблением. Снижение оборотов барабана уменьшает травмирование зерна, но требует проверки выхода необмолоченных колосков. Уменьшение зазора подбарабана снижает недомолот, но увеличивает вероятность дробления зерна. Для системы очистки оптимальной является регулировка вентилятора и решет, при которой зерно не уносится с половой, а засоренность бункерного зерна остается в допустимых пределах. Использование датчиков потерь и их предварительная калибровка позволяют удерживать потери зерна в пределах 1,2–1,5 %, а отсутствие калибровки по расчетной динамике приводит к росту данного показателя до 4,1 % за 180 минут работы. Автоматическая регулировка оборудования позволяет удерживать потери зерна на уровне около 1,1–1,2 %, что является оптимальным. Таким образом, предложенный алгоритм настройки комбайна: первичная заводская установка → пробный проход и контроль жатки → корректировка обмолота → регулировка очистки → постоянный мониторинг датчиками – обеспечивает снижение потерь зерна до уровня 1–2 % и увеличивает экономическую эффективность уборочной кампании агропредприятий.

Список источников

1. Чаплыгин М.Е., Жалнин Э.В. Определение качества работы зерноуборочных комбайнов // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2019. Т. 13. № 4. С. 71–76. DOI: 10.22314/2073-7599-2019-13-4-71-76. EDN: TJLRK.
2. Снижение потерь зерна при уборке легких хлебов / К.З. Кухмазов [и др.] // *Нива Поволжья*. 2018. № 4 (49). С. 132–137. EDN: PXYCGF.
3. Ряднов А.И., Федорова О.А., Поддубный О.И. Потери зерна от увеличения сроков уборки зерновых культур // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2020. № 2 (58). С. 375–384. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-37. EDN: GOAQNO.
4. Методика определения потерь зерна за жаткой и молотилкой комбайна при уборке сои / А.В. Липкань [и др.] // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022. Т. 16. № 1. С. 69–77. DOI: 10.22314/2073-7599-2022-16-1-69-77. EDN: UQKOIH.
5. Тронеv С.В., Чаплыгин М.Е. Теоретические исследования технологического процесса работы сепараторов для определения потерь зерна // *Агроинженерия*. 2022. Т. 24. № 2. С. 21–27. DOI: 10.26897/2687-1149-2022-2-21-27. EDN: VRMAXY.
6. Чаплыгин М.Е., Жалнин Э.В. Комплексная оценка эффективности работы современных зерноуборочных комбайнов в условиях южного региона России // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2024. Т. 18. № 2. С. 47–54. DOI: 10.22314/2073-7599-2024-18-2-47-54. EDN: SOKFZO.
7. Study on the Technologies of Loss Reduction in Wheat Mechanization Harvesting: A Review / Xu. Chen [et al.] // *Agriculture*. 2022. Vol. 12. No. 11. P. 1935. DOI: 10.3390/agriculture12111935. EDN: XKUDGF.
8. Sensing Technologies for Measuring Grain Loss during Harvest in Paddy Field: A Review / M.I. Bomo [et al.] // *AgriEngineering*. 2022. Vol. 4. No. 1. P. 292–310. DOI: 10.3390/agriengineering4010020. EDN: LQPNZY.
9. Жалнин Э.В., Годжаев З.А., Флоренцев С.Н. Концептуальные принципы интеллектуальных сельскохозяйственных машин на примере зерноуборочного комбайна // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2017. № 6. С. 9–16. EDN: YLSVLC.
10. Research on a Combined Harvester Grain Loss Detection Sensor Based on Vibration Characteristic Optimization / G. Zhang [et al.] // *Sensors*. 2025. Vol. 25. No. 21. P. 6740. DOI: 10.3390/s25216740. EDN: PPHCLP.
11. Ожерельев В.Н., Никитин В.В. Результаты адаптации конструкции комбайна к работе с очесывающей жаткой // *Инженерные технологии и системы*. 2022. Т. 32. № 2. С. 190–206. DOI: 10.15507/2658-4123.032.202202.190-206. EDN: RBNYLL.
12. Иванченко П.Г., Табулденов А.Н. Результаты сравнительных испытаний зерноуборочных комбайнов «ESSIL-730»

и «NOVA-340» на уборке пшеницы // Вестник Курганской ГСХА. 2021. № 1 (37). С. 69-73. DOI: 10.52463/22274227_2021_37_69. EDN: MZKRDV.

13. Димитров В.П., Борисова Л.В., Нурутдинова И.Н. Метод определения начальных значений регулируемых параметров жатвенной части зерноуборочного комбайна // Инженерные технологии и системы. 2022. Т. 32. № 4. С. 552-566. DOI: 10.15507/2658-4123.032.202204.552-566. EDN: HRIKVO.

14. Жалнин Э.В., Ценч Ю.С., Пьянов В.С. Методика анализа технического уровня зерноуборочных комбайнов по функциональным и конструктивным параметрам // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2018. Т. 12. № 2. С. 4-8. DOI: 10.22314/2073-7599-2018-12-2-4-8. EDN: NVUBQD.

15. Combine soybean harvesting performance with grain loss distribution / S. Regmi [et al.] // Journal of Agriculture and Food Research. 2025. Vol. 23. P. 102241. DOI: 10.1016/j.jafr.2025.102241. EDN: AATQAV.

16. Development and testing of a grain combine harvester throughput monitoring system / Ya. Zhang [et al.] // Computers and Electronics in Agriculture. 2022. Vol. 200. P. 107253. DOI: 10.1016/j.compag.2022.107253. EDN: XREULH.

17. Impact of combine harvester speed on wheat grain loss: a field study in Multan, Pakistan / A. Khaliq [et al.] // Pakistan Journal of Agriculture, Agricultural Engineering and Veterinary Sciences. 2024. Vol. 40. No. 2. P. 120-126. DOI: 10.47432/2024.40.2.9. EDN: KIUONH.

18. Modeling of a combine harvester speed for reducing harvesting loss of paddy / S. Ahamed [et al.] // Discover Agriculture. 2025. Vol. 3. No. 1. P. 109. DOI: 10.1007/s44279-025-00297-2. EDN: ROMYIO.

19. ГОСТ 28301-2007 Комбайны зерноуборочные. Методы испытаний. М.: Стандартинформ, 2010. 39 с.

References

1. Chaplygin M.E., Zhalnin E.V. Opredelenie kachestva raboty zernouborochnykh kombainov [Determining the performance quality of grain harvesters]. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2019; 13(4): 71-76. DOI: 10.22314/2073-7599-2019-13-4-71-76. EDN: TJLRIK. (In Russ).

2. Kukhmazov K.Z. [et al.] Snizhenie poter' zerna pri uborke poleglykh khlebov [Reducing grain losses during harvesting lodged grain]. *Volga Region Farmland*. 2018; 4(49): 132-137. EDN: PXYCGF. (In Russ).

3. Ryadnov A.I., Fedorova O.A., Poddubny O.I.

Poteri zerna ot uvelicheniya srokov uborki zernovykh kul'tur [Grain losses due to extended harvesting periods for grain crops]. *Proceedings of Nizhnevolzskiy Agrouniversity Complex: Science and Higher Vocational Education*. 2020; 2(58): 375-384. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-37. EDN: GOAQNO. (In Russ).

4. Lipkan A.V. [et al.] Metodika opredeleniya poter' zerna za zhatkoi i molotilkoi kombaina pri uborke soi [Methodology for determining grain losses behind the combine harvester's header and thresher during soybean harvesting]. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2022; 16(1): 69-77. DOI: 10.22314/2073-7599-2022-16-1-69-77. EDN: UQKOIH. (In Russ).

5. Tronev S.V., Chaplygin M.E. Teoreticheskie issledovaniya tekhnologicheskogo protsessa raboty separatorov dlya opredeleniya poter' zerna [Theoretical studies of the technological process of separators for determining grain losses]. *Agricultural engineering*. 2022; 24(2): 21-27. DOI: 10.26897/2687-1149-2022-2-21-27. EDN: VRMAXY. (In Russ).

6. Chaplygin M.E., Zhalnin E.V. Kompleksnaya otsenka ehffektivnosti raboty sovremennykh zernouborochnykh kombainov v usloviyakh yuzhnogo regiona Rossii [A comprehensive assessment of the performance of modern grain harvesters in the southern region of Russia]. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2024; 18(2): 47-54. DOI: 10.22314/2073-7599-2024-18-2-47-54. EDN: SOKFZO. (In Russ).

7. Chen Xu. [et al.] Study on the Technologies of Loss Reduction in Wheat Mechanization Harvesting: A Review. *Agriculture*. 2022; 12(11): 1935. DOI: 10.3390/agriculture12111935. EDN: XKUDGF.

8. Bomoï M.I. [et al.] Sensing Technologies for Measuring Grain Loss during Harvest in Paddy Field: A Review. *AgriEngineering*. 2022; 4(1): 292-310. DOI: 10.3390/agriengineering4010020. EDN: LQPNZY.

9. Zhalnin E.V., Godzhaev Z.A., Florentsev S.N. Kontseptual'nye printsipy intellektual'nykh sel'skokhozyaistvennykh mashin na primere zernouborochnogo kombaina [Conceptual principles of intelligent agricultural machines using a combine harvester as an example]. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2017; (6): 9-16. EDN: YLSVLC. (In Russ).

10. Zhang G. [et al.] Research on a Combined Harvester Grain Loss Detection Sensor Based on Vibration Characteristic Optimization. *Sensors*. 2025; 25(21): 6740. DOI: 10.3390/s25216740. EDN: PPHCLP.

11. Ozhereliev V.N., Nikitin V.V. Rezul'taty adaptatsii konstruksii kombaina k rabote s ochesyvayushchei zhatkoi [Results of adapting the combine design to work with a stripper header]. *Engineering*

technologies and systems. 2022; 32(2): 190-206. DOI: 10.15507/2658-4123.032.202202.190-206. EDN: RBNYLL. (In Russ).

12. Ivanchenko P.G., Tabuldenov A.N. Rezul'taty sravnitel'nykh ispytaniy zernouбороchnykh kombainov «ESSIL-730» i «NOVA-340» na uborke pshenitsy [Results of comparative tests of grain harvesters «ESSIL-730» and «NOVA-340» in wheat harvesting]. *Vestnik Kurganskoy GSHA*. 2021; 1(37): 69-73. DOI: 10.52463/22274227_2021_37_69. EDN: MZKRDV. (In Russ).

13. Dimitrov V.P., Borisova L.V., Nurutdinova I.N. Metod opredeleniya nachal'nykh znachenii reguliruemyykh parametrov zhatvennoi chasti zernouбороchnogo kombaina [Method for determining the initial values of adjustable parameters of the reaping part of a grain harvester]. *Engineering technologies and systems*. 2022; 32(4): 552-566. DOI: 10.15507/2658-4123.032.202204.552-566. EDN: HRIKVO. (In Russ).

14. Zhalnin E.V., Tsench Yu.S., Pyanov V.S. Metodika analiza tekhnicheskogo urovnya zernouбороchnykh kombainov po funktsional'nym i konstruktivnym parametram [Methodology for analyzing the technical level of grain harvesters based on functional and design parameters]. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2018; 12(2): 4-8. DOI: 10.22314/2073-7599-2018-12-2-4-8. EDN: NVUBQD. (In Russ).

15. Regmi S. [et al.] Combine soybean harvesting performance with grain loss distribution. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2025; (23): 102241. DOI: 10.1016/j.jafr.2025.102241. EDN: AATQAV.

16. Zhang Ya. [et al.] Development and testing of a grain combine harvester throughput monitoring system. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2022; (200): 107253. DOI: 10.1016/j.compag.2022.107253. EDN: XREULH.

17. Khaliq A. [et al.] Impact of combine harvester speed on wheat grain loss: a field study in Multan, Pakistan. *Pakistan Journal of Agriculture, Agricultural Engineering and Veterinary Sciences*. 2024; 40(2): 120-126. DOI: 10.47432/2024.40.2.9. EDN: KIUNH.

18. Ahamed S. [et al.] Modeling of a combine harvester speed for reducing harvesting loss of paddy. *Discover Agriculture*. 2025; 3(1): 109. DOI: 10.1007/s44279-025-00297-2. EDN: ROMYIO.

19. GOST 28301-2007 Kombainy zernouбороchnye. Metody ispytaniy [Grain harvesters. Test methods]. Moscow: Standartinform; 2010: 39.

ВКЛАД АВТОРОВ

Садыков М.Р. – сбор и анализ данных; написание исходного текста; обзор литературы по теме; итоговые выводы.

Зиннатуллина А.Н. – концепция исследования; систематизация теоретической базы; научное редактирование текста.

Нафиков И.Р. – идея исследования; развитие методологии; доработка текста; итоговые выводы.

Лукманов Р.Р. – сбор и анализ данных; интерпретация полученных результатов; доработка текста.

AUTHOR CONTRIBUTION

Sadykov, M.R. – data collection and analysis; writing the original text; literature review on the topic; final conclusions.

Zinnatullina, A.N. – research concept; systematization of the theoretical base; scientific text editing.

Nafikov, I.R. – the idea of the study; development of methodology; revision of the text; final conclusions.

Lukmanov, R.R. – data collection and analysis; interpretation of the results; revision of the text.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that there is no conflict of interest.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

В работе отсутствуют исследования человека или животных.

COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS

There are no human or animal studies in the work.

Информация об авторах

М.Р. Садыков – кандидат технических наук; AuthorID 1027348.

А.Н. Зиннатуллина – кандидат технических наук; AuthorID 748832.

И.Р. Нафиков – кандидат технических наук, доцент; AuthorID 777605.

Р.Р. Лукманов – кандидат технических наук, доцент; AuthorID 573012.

Information about the author

M.R. Sadykov – Candidate of Technical Sciences; AuthorID 1027348.

A.N. Zinnatullina – Candidate of Technical Sciences; AuthorID 748832.

I.R. Nafikov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; AuthorID 777605.

R.R. Lukmanov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; AuthorID 573012.

Статья поступила в редакцию 06.05.2026; одобрена после рецензирования 02.06.2026; принята к публикации 16.09.2026.

The article was submitted 06.05.2026; approved after reviewing 02.06.2026; accepted for publication 16.09.2026.