

---

ЕВРАЗИЙСКИЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ  
(EASC)

EURO-ASIAN COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION  
(EASC)

---



**МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
СТАНДАРТ**

**ГОСТ**

*(проект, RU,  
окончательная  
редакция)*

---

## **КОМБАЙНЫ ЗЕРНОУБОРОЧНЫЕ**

**Методы расчета пропускной способности и  
потерь зерна в условиях эксплуатации**

*Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его принятия*

Минск  
Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации  
2025

## ГОСТ

(проект, RU, окончательная редакция)

### Предисловие

Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации (ЕАСС) представляет собой региональное объединение национальных органов по стандартизации государств, входящих в Содружество Независимых Государств. В дальнейшем возможно вступление в ЕАСС национальных органов по стандартизации других государств.

Цели, основные принципы и основной порядок проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения», ГОСТ 1.2 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, применения, обновления и отмены»

#### Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным бюджетным научным учреждением «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

2 ВНЕСЕН Межгосударственным техническим комитетом по стандартизации МТК 284 «Тракторы и машины сельскохозяйственные»

3 ПРИНЯТ Евразийским советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_ )

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации

#### 4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящего стандарта и изменений к нему на территории указанных выше государств публикуется в указателях национальных стандартов, издаваемых в этих государствах, а также в сети Интернет на сайтах соответствующих национальных органов по стандартизации.*

*В случае пересмотра, изменения или отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована на официальном интернет-сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации в каталоге «Межгосударственные стандарты»*

Исключительное право официального опубликования настоящего стандарта на территории указанных выше государств принадлежит национальным органам по стандартизации этих государств

# ГОСТ

(проект, RU, окончательная редакция)

## Содержание

1 Область применения .....	
2 Нормативные ссылки .....	
3 Термины и определения .....	
4 Обозначения и сокращения .....	
5 Общие положения .....	
6 Порядок подготовки к испытаниям .....	
7 Методы расчета пропускной способности в условиях эксплуатации .....	
8 Методы расчета потерь зерна зерноуборочными комбайнами в условиях эксплуатации .....	
Приложение А (справочное) Справочные данные для расчета энергобаланса и пропускной способности комбайнов .....	
Приложение Б (рекомендуемое) Уравнения для расчета основных параметров комбайна .....	
Приложение В (рекомендуемое) Пример расчета параметрического индекса комбайна .....	
Приложение Г (рекомендуемое) Пример технических средств, применяемых для определения потерь зерна, допускаемых составными частями зерноуборочного комбайна .....	
Приложение Д (рекомендуемое) Форма ведомости учета потерь зерна за комбайном .....	

ГОСТ  
(проект, RU, окончательная редакция)

# МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

---

## КОМБАЙНЫ ЗЕРНОУБОРОЧНЫЕ

Методы расчета пропускной способности и потерь  
зерна в условиях эксплуатации

Combine harvesters. Methods for calculating throughput and losses under  
operating conditions

---

Дата введения –

### 1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт распространяется на существующие, модернизируемые и вновь разрабатываемые зерноуборочные комбайны (далее - комбайны), предназначенные для уборки зерновых колосовых культур, зернобобовых и риса прямым и раздельным комбайнированием.

1.2 Настоящий стандарт устанавливает методы расчета пропускной способности и потерь зерна в условиях эксплуатации комбайнов.

### 2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие межгосударственные стандарты:

ГОСТ 20915 Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний

## ГОСТ

(проект, RU, окончательная редакция)

ГОСТ 27388 Эксплуатационные документы сельскохозяйственной техники

ГОСТ 28301—2015 Комбайны зерноуборочные. Методы испытаний

ГОСТ 28305 Машины и тракторы сельскохозяйственные и лесные.

Правила приемки на испытания

ГОСТ 34915 Комбайны зерноуборочные и их сборочные единицы.

Сдача в ремонт и выпуск из ремонта. Технические условия

ГОСТ ИСО 4254—7 Тракторы и машины для сельскохозяйственных работ и лесоводства. Технические средства обеспечения безопасности. Часть 7. Комбайны зерноуборочные, кормоуборочные и хлопкоуборочные<sup>1)</sup>

**Примечание** — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов на официальном интернет-сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации ([www.easc.by](http://www.easc.by)) или по указателям национальных стандартов, издаваемым в государствах, указанных в предисловии, или на официальных сайтах соответствующих национальных органов по стандартизации. Если на документ дана недатированная ссылка, то следует использовать документ, действующий на текущий момент, с учетом всех внесенных в него изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то следует использовать указанную версию этого документа. Если после принятия настоящего стандарта в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение применяется без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

---

<sup>1)</sup> В Российской Федерации действует ГОСТ Р ИСО 4254—7—2011 «Машины сельскохозяйственные. Требования безопасности. Часть 7. Комбайны зерноуборочные, кормоуборочные и хлопкоуборочные».

### **3 Термины и определения**

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

**3.1 комбайн:** Самоходная зерноуборочная машина оснащенная системами среза и обмолота растений, очистки и транспортировки зерна, утилизации незерновой части урожая, оборудованная системами контроля, настройки и регулирования режимов работы его рабочих органов и выполняющая последовательно в неразрывном технологическом процессе: срезание или подбор валков убираемой культуры, подачу ее в молотильно-сепарирующее устройство, вымолот зерна из колосьев, сепарацию и очистку его от вороха, транспортировку и накопление очищенного зерна в бункере с системой выгрузки из него или в сменных специализированных емкостях, укладку незерновой части урожая на убираемый участок.

**3.2 интеллектуальная система контроля:** Средства контроля, регулирования и настройки режимов работы рабочих органов комбайна, посредством исполнительных элементов состоящих из механических, электрических, гидравлических, пневматических или комбинированных типов приводов, объединенных системой управления с применением технологий искусственного интеллекта и технического зрения.

**3.3 незерновая часть урожая:** Надземная часть убираемой культуры, срезанная жатвенной частью и остающаяся на убранном участке после обмолота, сепарации и первичной очистки зерна, состоящая из соломы (крупные части стеблей и листьев) и половы (части колосьев, то есть стержни, пленки, ости и мелкие части листьев).

**3.4 пропускная способность комбайна  $q_k$ , кг/с:** Количество зерносоломистой массы в килограммах, обработанной в комбайне за 1 се-

## ГОСТ

(проект, RU, окончательная редакция)

кунду, при суммарных потерях за молотильно-сепарирующим устройством, соломоотделителем и очисткой в количестве 1,5 % от всего обмолоченного зерна при уровне дробления зерна (2,0 %), засоренности зерна (2,0 %) и нормированном отношении зерна к соломе (1:1,5).

**3.5 рабочая характеристика молотилки комбайна; РХМ:** Зависимость изменения потерь зерна молотилкой комбайна от величины приведённой подачи в комбайн в диапазоне возможных подач хлебной массы от минимальной 0,5 – 1,0 кг/с до  $q_k$ , определяемая при лабораторно-полевых испытаниях.

**3.6 приведенная подача:** Подача хлебной массы в молотильно-сепарирующее устройство комбайна при заданном уровне потерь за молотилкой 1,5 %, учитывающая отклонение фактического диапазона варьирования соломистости при испытании в условиях эксплуатации приведенная к нормированному соотношению (1:1,5).

**3.7 потери урожая при уборке:** Массовая доля зерна культурных растений, которая была утеряна комбайном с убранной площади.

**3.8 производительность комбайна  $W_0$ , т/ч:** Количество зерна в тоннах зерна за час основного времени, собранного в бункер комбайна или сменную емкость при работе комбайна в условиях эксплуатации в установившемся режиме, в характерных для зоны испытаний условиях по урожайности, влажности, отношении зерна к соломе без учета потерь зерна, за час чистой работы комбайна.

**3.9 номинальная производительность комбайна  $W_H$ , т/ч:** Производительность за час основного времени, выраженная в тоннах основного продукта, полученная при работе комбайна в условиях эксплуатации в установившемся режиме с характерными для зоны испытаний условиями по урожайности и влажности, при допустимом уровне потерь зерна за

## ГОСТ

(проект, RU, окончательная редакция)

жаткой 0,5 % и за молотилкой 1,5 %, приведенная к нормированному отношению массы зерна к массе соломы (1:1,5).

**3.10 производительность комбайна за час технологического времени  $W_T$ , га/ч (т/ч):** Производительность за час технологического времени в гектарах или тоннах основного продукта с учетом затрат времени на выгрузку зерна, повороты в конце загона и переездах с загона на загон.

**3.11 сменная производительность комбайна  $W_{см}$ , га/ч (т/ч):** Производительность в гектарах или тоннах основного продукта за час сменного времени его нахождения в поле с учетом потерь времени на технологические и организационные простои.

**3.12 эксплуатационная производительность комбайна  $W_{эксп}$ , га/ч (т/ч):** Производительность в гектарах или тоннах основного продукта за час эксплуатационного времени включая потери времени на устранение технологических, организационных простоев и технических отказов комбайна.

**3.13 масса комбайна  $G_k$ , кг (т):** Сухая масса (без заправки ТСМ) комбайна в килограммах или тоннах в наиболее типичной или аналогичной со сравниваемыми моделями по комплектации.

**3.14 вместимость бункера комбайна  $V_b$ , м<sup>3</sup> (л.):** Конструкционный объем бункера комбайна без учета реального коэффициента его заполнения зерном во время работы, равного, как правило, 0,90...0,95.

**3.15 мощность двигателя  $N_e$ , кВт (л.с.):** Паспортная мощность двигателя нового комбайна, выраженная в киловаттах или лошадиных силах.

**3.16 параметрический индекс комбайна  $i_k$ :** Определяемый на ос-

## ГОСТ

(проект, RU, окончательная редакция)

нове критериального уравнения, связывающего в один функционал обобщенные технологические параметры комбайна: мощность двигателя –  $N_e$  и площади сепарации подбарабannya -  $F_{п}$ , соломотряса или соломосепаратора –  $F_c$  и решет очистки -  $F_p$ .

**3.17 среднестатистическая пропускная способность комбайна  $q_T$ , кг/с:** Средневзвешенная пропускная способность комбайна по итогам его многолетних испытаний.

## 4 Обозначения и сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

РХМ — рабочая характеристика молотилки комбайна;

МСУ — молотильно-сепарирующее устройство комбайна;

АРМ — аксиально-роторная молотилка;

ГКМ — гармоничность конструкции машины.

## 5 Общие положения

5.1 Порядок представления комбайна на проведение испытаний, оформление результатов приемки — по ГОСТ 28301—2015, п.4.1, а также в соответствии со стандартами, действующими в государствах-участниках Соглашения<sup>2)</sup>.

Представляемые с комбайном документы должны содержать рекомендации по оптимальной настройке и регулировке комбайна на различ-

---

<sup>2)</sup> Соглашение о проведении согласованной политики в области стандартизации, метрологии и сертификации от 13 марта 1992 года.

## ГОСТ

(проект, RU, окончательная редакция)

ных видах агрофона в условиях эксплуатации и соответствовать требованиям ГОСТ 27388.

5.2 Для проведения испытаний предоставляется зерноуборочный комбайн новый или эксплуатируемый в сельскохозяйственном предприятии разных форм собственности строго при наступлении агротехнического срока уборки.

5.3 Методика распространяется на комбайны зерноуборочные, оснащенные молотильным устройством, воздушно-решетной очисткой и измельчителями-разбрасывателями и устанавливает методы определения потерь зерна зерноуборочными комбайнами в условиях эксплуатации в пределах ширины захвата жатки и по длине прохода в режиме измельчения и разбрасывания измельченной соломы.

5.4 Метод используется при определении потерь зерна за зерноуборочными комбайнами, работающими в условиях рядовой эксплуатации на уборке зерновых колосовых культур.

5.5 Метод применим для настройки и регулировки рабочих органов комбайнов, оборудованных системами контроля и датчиками потерь зерна, которые необходимо калибровать перед началом уборки.

5.6 Эффективность применяемого метода выражается в обеспечении возможности определения номинального режима работы, проведения приемочных и других видов испытаний в режиме измельчения и разбрасывания измельченной соломы, в сокращении затрат труда и времени при повышении достоверности оценок номинальной производительности зерноуборочных комбайнов.

5.7 Применяемые средства измерений — по ГОСТ 28301—2015, п. 4.5.

5.8 Нестандартные и единичные средства измерений — по ГОСТ 28301—2015, п. 4.6.

## **6 Порядок подготовки к испытаниям**

6.1 Перед началом проведения испытаний следует соблюдать требования по ГОСТ 28301—2015, п. 5.1.

6.2 При подготовке комбайна к испытаниям следует соблюдать требования по ГОСТ 28301—2015, п. 5.2.

6.3 Параметры, характеризующие условия работы зерноуборочного комбайна при испытаниях, согласно ГОСТ 28301—2015, п. 5.3.

6.4 Перед проведением испытаний проводят инструктаж согласно ГОСТ 28301—2015, п. 5.4.

6.5 Исследуемый комбайн в зависимости от принятой в хозяйстве технологии уборки на определенную убираемую культуру укомплектовывают жаткой для прямого комбайнирования, очесывающей жаткой или платформой-подборщиком в соответствии с руководством по эксплуатации завода-изготовителя.

6.6 Оценку потерь зерна, допускаемых составными частями комбайна при испытании, проводят в условиях эксплуатации в режиме измельчения-разбрасывания незерновой части урожая.

6.7 Методика исследований заключается в изучении характера распределения потерь зерна через измельчитель-разбрасыватель, в обосновании мест установки пробоотборников, полевых оценках значений потерь зерна за жаткой, МСУ и соломоразбрасывателем при различных способах отбора проб, обеспечивающего минимальное количество применяемых пробоотборников.

## **7 Методы расчета пропускной способности в условиях эксплуатации**

### **7.1 Общие предпосылки по оценке технического уровня зерноуборочных комбайнов**

Технический уровень зерноуборочных комбайнов определяется совокупностью агротехнических, технико-эксплуатационных, конструкционных, экономических, технологических, эргономических, экологических и эстетических показателей, а также степенью выполнения требований техники безопасности, санитарии и гигиены (см. ISO 4254-7, ГОСТ 28301—2015, ГОСТ 34915).

Большинство из названных групп показателей гостированы. Выполнение требований ГОСТов обязательно при освоении серийного производства комбайнов. Соответственно сравнивать разные по конструкции комбайны по этим показателям не представляет особого интереса, так как все комбайны должны в большей или меньшей степени удовлетворять стандартным требованиям.

Интерес представляют те показатели технического уровня, которые обусловлены различными конструкционными и технологическими средствами, что дает возможность дать сравнительную оценку степени совершенства той или иной модели комбайна.

В предлагаемом методе анализу подлежат те параметры, которые достаточно формализованы, а значит с их помощью можно моделировать работу различных комбайнов в соответствии с заданными требованиями и объективно сравнивать их между собой.

На технический уровень зерноуборочных комбайнов в целом и их главный показатель – производительность уборки в тоннах или гектарах

## ГОСТ

(проект, RU, окончательная редакция)

за единицу времени влияют множество факторов. Среди основных факторов можно выделить порядка шести эксплуатационно-технологических и десяти конструкционных показателей, определяющих технический уровень комбайнов.

### **7.2 Эксплуатационно-технологические показатели, определяющие технический уровень комбайнов**

#### *7.2.1 Пропускная способность комбайна $q_k$*

В технической характеристике комбайна указана пропускная способность  $q_k = 8$  кг/с. Это означает, что комбайн обмолачивает зерносоломистую массу, в которой содержится 3,2 кг/с зерна ( $q_z$ ) и 4,8 кг/с незерновой части урожая ( $q_c$ ), т.е.  $q_c / q_z = 1,5$  или  $q_z = q_k / 2,5 = 3,2$  кг/с. При этом суммарные потери зерна составляют 1,5 % от всего количества зерна на поле за время проведения контрольного замера при уборке комбайном определенной площади. Так что эти потери относятся только к урожаю, собранному с единицы площади. Одну и ту же площадь разные комбайны могут убирать с разной пропускной способностью, но потери должны быть не более 1,5 % от собранного ими зерна.

Значение пропускной способности комбайна устанавливается по рабочей характеристике молотилки комбайна (РХМ) (рисунок 1), представляющей графическое изображение зависимости изменения потерь зерна молотилкой комбайна от величины приведённой подачи хлебной массы в комбайн, определяемой при его лабораторно-полевых испытаниях в условиях эксплуатации (рисунок 2), значения для построения зависимостей, приведенных на рисунках, взяты из таблиц А.1.2 и Б.1.7.

## ГОСТ

(проект, RU, окончательная редакция)

Величина  $q_k$  зависит от конструкции комбайна и условий его испытаний. Показатель  $q_k$  является важной паспортной характеристикой комбайна, определяющей его производительность, класс, размерно-массовые и стоимостные параметры.

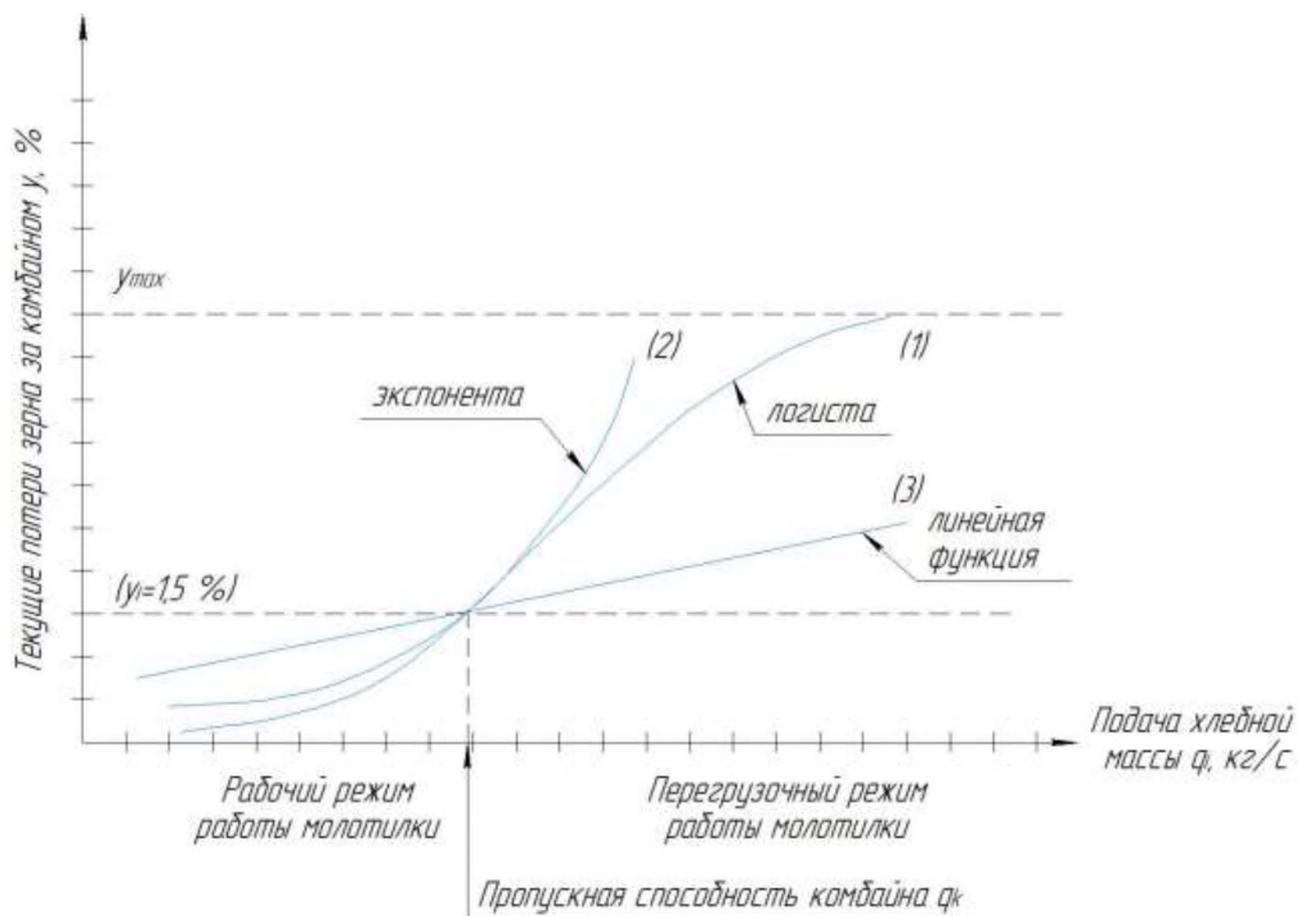


Рисунок 1 — Варианты графиков рабочей характеристики молотилки комбайна (РХМ)

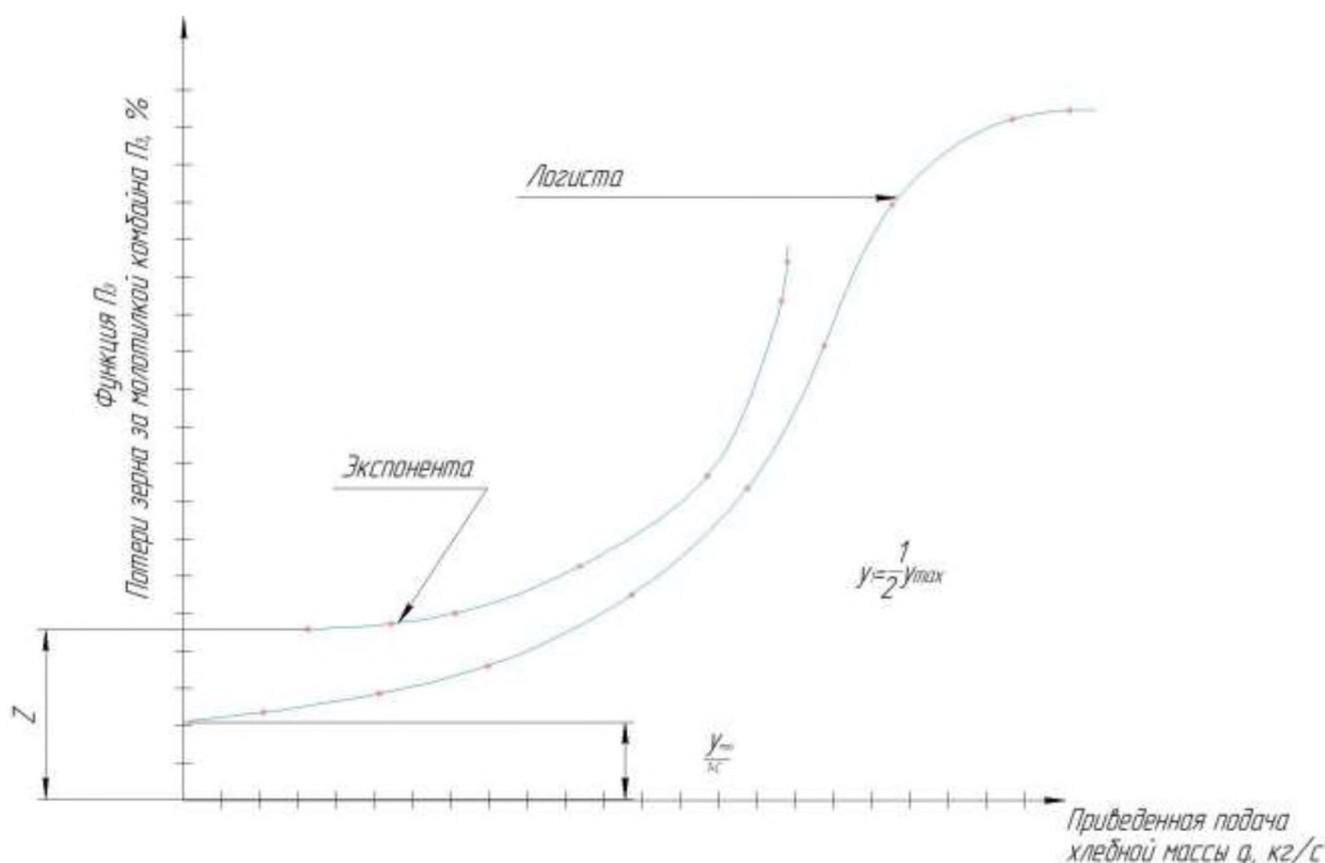


Рисунок 2 — Зависимости изменения потерь зерна  $\Pi_3$  молотилкой комбайна от величины приведенной подачи хлебной массы  $q_k$

Ниже приведены формулы (1) — (3), полученные путем аппроксимации многолетних результатов исследований зерноуборочных комбайнов на МИС, позволяющие с большей достоверностью результатов оценить изменения потерь зерна от величины подачи хлебной массы в комбайн.

Функция изменения потерь зерна от величины подачи хлебной массы в комбайн аппроксимируется логистическим уравнением вида:

$$\Pi_i = \frac{b}{1 + c \exp(-kbq_i)}; \quad (1)$$

где  $\Pi_i$  — текущие потери зерна при текущей подаче хлебной массы в комбайн -  $q_i$ , %;

$b, c, k$  — постоянные коэффициенты для конкретного комбайна в

**ГОСТ**  
(проект, RU, окончательная редакция)

конкретных условиях агрофона.

Функция (1) является функцией с насыщением и имеет предел. Для комбайнов чаще всего принимается  $b = 100 \%$ , так как нельзя потерять зерна больше того, что поступило на обмолот.

Коэффициент «k» называется коэффициентом интенсивности увеличения потерь зерна с увеличением подачи хлебной массы. Он зависит от типа, параметров комбайна и убираемого стеблестоя. Его размерность %/ кг/с.

Коэффициент «с» — масштабный, безразмерный коэффициент.

При  $\Pi_3$ , равных  $[\Pi_3] = 1,5 \%$  из выражения (1) получаем значение пропускной способности комбайна:

$$q_k = \frac{1}{kb} \ln \frac{[\Pi_3] \cdot c}{b - [\Pi_3]}; \quad (2)$$

Уравнение логисты (1) адекватно описывает РХМ для комбайнов с классической или комбинированной (гибридной) схемами молотилки в диапазоне подач хлебной массы от 2 кг/с до 14 кг/с и выше (рисунок 1, график 1).

Для диапазона подач от 1 до 6 кг/с удовлетворительный результат получается при аппроксимации РХМ экспонентой вида (рисунок 1, график 2):

$$\Pi_3 = a_i e^{z_i q}; \quad (3)$$

где  $z_i$  и  $a_i$  — постоянные коэффициенты, характеризующие конструкцию комбайна и условия его испытаний. Откуда при  $\Pi_3 = [\Pi_3]$  имеем:

$$q_k = \frac{1}{z_i} \ln \left( \frac{[\Pi_3]}{a_i} \right); \quad (4)$$

Для аксиально-роторного комбайна более характерна линейная зависимость (рисунок 1, график 3) видов с различным направлением уклонов:

## ГОСТ

(проект, RU, окончательная редакция)

$$\Pi_i = a_i + b_i g_i \quad \text{или} \quad \Pi_j = a_j - b_j g_j \quad (5)$$

При  $\Pi_i = [\Pi_3]$  для аксиально-роторного комбайна соответственно имеем:

$$q_k = \frac{[\Pi_3] - a_i}{b_i} \quad \text{или} \quad q_k = \frac{a_j - [\Pi_3]}{b_j} \quad (6)$$

Приведенная подача на рисунке 1 рассчитывается исходя из фактической массы, поступающей в комбайн, путем приведения ее к стандартной соломистости и влажности.

### 7.2.2 Производительность комбайна $W_o$

Величина  $W_o$  указывается в проспектах организаций-изготовителей комбайнов и имеет рекламный характер, так как не связана с величиной потерь зерна и фактической соломистостью в конкретных условиях эксплуатации комбайна.

$$W_o = K_1 Y_3 B V = K_2 q_3, \quad (7)$$

где  $Y_3$  — урожайность зерна, т/га;

$K_1 = 0,1$  — коэффициент при измерении скорости комбайна в км/ч;

$K_2 = 0,36$  — коэффициент при измерении скорости комбайна в м/с;

$B$  — ширина захвата жатки комбайна, м;

$V$  — скорость движения комбайна, км/час;

$q_3$  — подача зерна в комбайн, кг/с.

Так как

$$q_3 = \frac{1}{1 + \alpha_\phi} q_\phi, \quad \text{то} \quad W_o = \frac{3,6}{1 + \alpha_\phi} q_\phi, \quad (8)$$

где  $q_\phi$  — фактическая подача хлебной массы в комбайн при фактическом значении  $\alpha_\phi$ .

Формулы (7) и (8) раскрывают физический смысл показателя  $W_o$ , по которому нельзя сравнивать разные комбайны несмотря на то, что в проспектах разных фирм этот показатель указывается чаще всего.

**ГОСТ**  
(проект, RU, окончательная редакция)

Он указывается без ссылки на потери зерна за комбайном и при неизвестной соломиности. Если комбайн обмолачивает хлебную массу с содержанием зерна больше, чем соломы, то такому комбайну легче производить обмолот и его производительность по зерну будет выше, чем у того комбайна, который обмолачивает хлебную массу с малым содержанием зерна. Для того, чтобы можно было объективно сравнить комбайны, работающие в разных условиях, в отечественную практику испытаний введено понятие «приведенной подачи хлебной массы» и соответственно приведенной производительности. Приведение фактической подачи хлебной массы делается по содержанию соломы и реже по влажности соломы, так как влажность соломы только свыше 22 % начинает оказывать существенное влияние на производительность комбайна.

**Примечание** — Уборочный фон в США, Германии, Франции, Англии отличается от уборочного фона России содержанием соломы на уровне, (0,8...1,0), большими урожаями зерна (50...80) ц/га, равномерностью стеблестоя и низкой влажностью соломы (9-15 %), поэтому в проспектах различных фирм указываются значения чистой производительности порядка 25-30 т/час и выше.

Для перевода фактической подачи хлебной массы при фактическом значении  $\alpha_{\phi}$  в приведенную подачу при стандартном значении  $a_{\text{пр}} = 1,5$  пользуются выражением:

$$q_{\text{пр}} = q_{\phi} \frac{1 + \alpha_{\phi}}{1 + \alpha_{\text{пр}}} \quad (9)$$

Соответственно при  $\alpha_{\phi} \leq a_{\text{пр}} (1,5)$  значение  $q_{\text{пр}} \leq q_{\phi}$ , а при  $\alpha_{\phi} \geq a_{\text{пр}} (1,5)$  значение  $q_{\text{пр}} \geq q_{\phi}$ .

Поэтому рабочая характеристика молотилки комбайна изображается в функции приведенной подачи хлебной массы, что обеспечивает сравнимость всех комбайнов, работающих в разных условиях по соломиности.

## ГОСТ

(проект, RU, окончательная редакция)

### 7.2.3 Номинальная производительность $W_H$ комбайна

При потерях 1,5 % и отношении массы зерна к массе соломы, равном 1,5 при  $q_\phi = q_k$  из формулы (6) следует:

$$W_H = 1,44q_k, \quad (10)$$

Этот показатель более объективно оценивает возможности комбайна.

Примечание - Действующие стандарты не разделяют  $W_o$  и  $W_H$  и из-за этого часто происходит путаница этих понятий.

7.2.4 Производительность комбайна за час технологического времени  $W_T$

$$W_T = K_T W_H = 3,6K_T q_T, \quad (11)$$

где  $K_T$  — коэффициент использования технологического времени работы комбайна.

Этот коэффициент равен:

$$K_T = \frac{T_{\text{ч}}}{T_{\text{ч}} + t_{\text{п}} n_{\text{п}} + t_{\text{выг}} n_{\text{выг}}}, \quad (12)$$

где  $T_{\text{ч}}$  — время чистой работы комбайна, ч;

$t_{\text{п}}$ ,  $t_{\text{выг}}$  — время на повороты и выгрузку зерна из бункера, ч;

$n_{\text{п}}$ ,  $n_{\text{выг}}$  — количество поворотов и выгрузок зерна за время работы комбайна в поле, шт.

Отсюда следует, что если новый комбайн более маневренен и меньше тратит времени на повороты, а выгрузка зерна из бункера длится 1,5...2,0 мин и количество выгрузок при большом бункере при этом мало, то этот комбайн более производителен, чем аналог, и поэтому показателю имеет более высокий технический уровень даже при одинаковой пропускной способности. Это объясняет тенденцию фирм-производителей создавать комбайны с гидротрансмиссией, сервоуправлением, повышенной производительностью выгрузного шнека до 7,5...9,0 т/мин.

## ГОСТ

(проект, RU, окончательная редакция)

### 7.2.5 Сменная производительность комбайна $W_{\text{см}}$

$$W_{\text{см}} = K_{\text{см}} W_0, \quad (13)$$

где  $K_{\text{см}}$  — коэффициент использования сменного времени работы комбайна с учетом потерь времени на технологические и организационные простои.

Отсюда следует важность организации уборочных работ.

### 7.2.6 Эксплуатационная производительность комбайна $W_{\text{эксп}}$

$$W_{\text{эксп}} = K_{\text{эксп}} W_0, \quad (14)$$

где  $K_{\text{эксп}}$  — коэффициент использования времени смены с учетом всех видов простоев комбайна, включая потери времени на устранение технологических и технических отказов комбайна.

Значение  $W_{\text{эксп}}$  зависит от степени безотказности работы комбайна в конкретных условиях уборки, его адаптивности к варьируемым показателям агрофона, прочности конструкции основных узлов и агрегатов комбайна. Наиболее типичное значение  $K_{\text{эксп}}$  для отечественных комбайнов 0,50...0,70, а зарубежных 0,60...0,75.

7.2.7 Вышеперечисленные параметры и характеристики комбайна, указанные в разделе 3 настоящего стандарта, являются системообразующими для всех остальных показателей его технического уровня и большинство из них выражаются через пропускную способность комбайна и параметры МСУ комбайна. Номинальную производительность комбайна в час чистого времени следует выражать уравнением (10), а фактическую производительность в гектарах за час эксплуатационного времени следует рассчитывать по формуле:

$$W_{\phi} = \frac{3,6 \cdot q_k \cdot K_{\text{зон}}}{y_3 (1 + \alpha_{\phi})}, \quad (15)$$

## ГОСТ

(проект, RU, окончательная редакция)

где  $K_{зон}$  — коэффициент зональности или обобщенный коэффициент влияния зональных условий уборки на расчетную пропускную способность комбайна ( $K_{зон} = 0,30 \dots 0,98$ );

$\alpha_{\phi}$  — фактическое соотношение содержания зерна в убираемой культуре (зависит от урожайности зерна  $Y_z$  и соломы  $Y_c$  над высотой среза).

Зная  $W_{\phi}$ , рассчитываем количество убранного зерна за смену и сезон, а при известных стоимости зерна и затрат все остальные экономические и коммерческие показатели любого комбайна для конкретных условий его использования.

Количественная оценка эксплуатационных параметров технического уровня комбайна сводится к проблеме отыскания функциональной или иной зависимости между пропускной способностью комбайна  $q_k$  и конструктивными параметрами молотилки.

### **7.3 Конструкционные показатели, определяющие технический уровень комбайнов**

Для обоснования и вывода новой статистической модели расчета пропускной способности комбайна следует провести выбор конструктивных обобщенных параметров комбайна. На работу комбайна, его производительность, пропускную способность, качество работы влияют различные факторы – от типа конструкции режущего аппарата жатки до соломоуборочного средства. По результатам исследований и испытаний комбайнов на МИС основными конструктивными параметрами являются:

- ширина захвата жатки, м;
- мощность двигателя, л.с.;

**ГОСТ**  
(проект, RU, окончательная редакция)

- диаметр молотильного барабана (ротора), м
- длина молотильного барабана (ротора), м;
- угол обхвата подбарабанья (ротора), град.;
- площадь подбарабанья (ротора), м<sup>2</sup>;
- площадь решет очистки, м<sup>2</sup>;
- площадь соломотряса, м<sup>2</sup>;
- вместимость бункера, м<sup>3</sup>;
- масса комбайна, т.

Данные конструкционные параметры имеют наиболее тесную корреляционную связь с пропускной способностью комбайна и его номинальной производительностью.

Анализ математических моделей для расчета пропускной способности комбайна, позволяет сделать следующие выводы:

1) имеющиеся функциональные математические модели отражают влияние на пропускную способность комбайна в основном одного двух его параметров. Использование их для оперативных расчетов затруднено, хотя для аналитических исследований процессов обмолота и сепарации их применение целесообразно;

2) некоторые статистические модели более полно отражают влияние на пропускную способность комбайна совокупности нескольких параметров молотилки комбайна;

3) в моделях, как правило, не учтено влияние энергетического параметра комбайна и его зерноочистительных органов;

4) в ряде математических моделей в качестве аргументов приняты площади соломосепараторов и доказана их наиболее тесная связь с пропускной способностью и производительностью комбайна.

## ГОСТ

(проект, RU, окончательная редакция)

На основании проведенного анализа различных математических моделей расчета пропускной способности комбайна в качестве обобщенных параметров приняты: мощность двигателя комбайна  $N_e$ , площадь развертки подбарабанья молотильного аппарата  $F_{\Pi}$ , площадь соломосепаратора  $F_c$ , и площадь решет очистки  $F_p$ .

### **7.4 Расчет параметрического индекса современных отечественных и зарубежных комбайнов**

#### **7.4.1 Определение понятия**

Для оценки технического уровня комбайнов вводится понятие «параметрический индекс», которое является основой для расчета их пропускной способности  $q_k$ . Данное понятие основано на утверждении, что несмотря на большую вариабельность комбайнов по конструкции, параметрам, эксплуатационным характеристикам все же наблюдается устойчивая общность их принципиальных и технологических схем, основанных на применении молотильных барабанов бильного типа с решетчатым подбарабаньем, клавишных соломотрясов и ветрорешетных очистительных органов. Все эти системы могут быть разные по конструктивному исполнению, но по своему технологическому назначению, принципу действия они идентичны, а по основным параметрам соизмеримы в зависимости от пропускной способности. Аксиально-роторные комбайны также во многом подобны, поэтому данное введенное понятие можно назвать *принципом идентичности конструкции комбайнов по технологическим схемам обмолота и сепарации, который количественно выражается параметрическим индексом.*

На этом основании все семейство известных комбайнов следует

## ГОСТ

(проект, RU, окончательная редакция)

представить в виде системы подобных элементов с некоторой обобщенной безразмерной характеристикой в качестве признака подобия. При отсутствии подобия комбайнов между собой не удалось бы установить корреляционные зависимости и критериальные уравнения.

Обоснование параметрического индекса — принципиальный момент разрабатываемой методики расчета параметров комбайнов. В его основе лежит принцип подобия конструкции комбайнов, если системы подобны, то из определяющих их факторов можно составить безразмерный комплекс, т. е. критериальное уравнение, которое для выбранных обобщенных параметров комбайна имеет общий вид:

$$\Phi\left(\frac{N_{ei}}{N_{ej}}, \frac{F_{\Pi i}}{F_{\Pi j}}, \frac{F_{ci}}{F_{cj}}, \frac{F_{pi}}{F_{pj}}\right) = idem, \quad (16)$$

где  $\Phi$  — функционал;

$N_{ei}, F_{\Pi i}, F_{ci}, F_{pi}$  — параметры прогнозируемой модели комбайна;

$N_{ej}, F_{\Pi j}, F_{cj}, F_{pj}$  — параметры номинальной модели комбайна.

Для определения вида взаимосвязи между параметрами функционала –  $\Phi$  в формуле (16) вводится утверждение, что вклад каждого обобщенного параметра комбайна в пропускную способность должен быть примерно одинаковым, так как пропускная способность комбайна определяется с учетом суммарных потерь зерна за молотилкой комбайна, что обобщает и усредняет вклад каждого рабочего органа в образование потерь зерна.

С учетом этого критериальное уравнение (16) для номинального комбайна будет иметь вид:

$$\Phi = i_k = \frac{1}{4} \left( \frac{N_{ei}}{N_{ej}} + \frac{F_{\Pi i}}{F_{\Pi j}} + \frac{F_{ci}}{F_{cj}} + \frac{F_{pi}}{F_{pj}} \right) = 1. \quad (17)$$

## ГОСТ

(проект, RU, окончательная редакция)

Для обоснования параметров номинальной модели комбайна, которая станет начальным элементом подобия для всей совокупности комбайнов различных марок и моделей, были систематизированы параметры всех комбайнов, в том числе малогабаритных зерноуборочных комбайнов различных стран и селекционных. Пропускная способность этих комбайнов при приведении к ширине молотилки 1200 мм находится в пределах 0,8 — 1,2 кг/с, или в среднем — 1,0 кг/с.

Были систематизированы параметры различных малогабаритных зерноуборочных комбайнов, а также параметры условного (номинального) комбайна, которые были получены путем простого осреднения параметров известных комбайнов. Таким образом, согласно систематизации, параметры номинальной модели комбайна равны:

$$\begin{aligned} N_{ej} &= 32 \text{ л.с}; \\ F_{пj} &= 0,26 \text{ м}^2; \\ F_{cj} &= 1,5 \text{ м}^2; \\ F_{pj} &= 0,8 \text{ м}^2; \\ G_k &= 2000 \text{ кг}. \end{aligned} \tag{18}$$

При этих параметрах параметрический индекс номинального комбайна равен единице, а значения номинальных параметров играют роль размерных критериев подобия.

### **7.4.2 Параметрический индекс комбайнов с классической или комбинированной (гибридной) молотилкой**

С учетом формул (17) и параметров номинальной модели (18) общее критериальное уравнение для совокупности зерноуборочных комбайнов, имеющих классическую или комбинированную (гибридную) схемы молотилки с соломотрясом или роторным соломосепаратором, имеет вид:

## ГОСТ

(проект, RU, окончательная редакция)

$$i_k = \frac{1}{4} \left( \frac{N_{ei}}{32} + \frac{F_{ni}}{0,26} + \frac{F_{ci}}{1,5} + \frac{F_{pi}}{0,8} \right); \quad (19)$$

Выражение (19) является безразмерным показателем и определяет параметрический индекс любого комбайна. Таким образом, каждый комбайн получает индивидуальный параметрический индекс, который отражает его конструкцию, марку, потенциальную пропускную способность молотилки и производительность является основной конструктивной характеристикой комбайна.

Не все обобщенные параметры разных комбайнов используются одинаково эффективно и поэтому для всех комбайнов однозначно приниматься не могут. При одной и той же площади подбарабанья в одном комбайне процесс обмолота и сепарации может проходить более интенсивно, чем в другом, вследствие применения каких-либо интенсифицирующих факторов: увеличено живое сечение подбарабанья, более активная поверхность подбарабанья, установлены бичи с подбичниками специальной конструкции с большим молотильно-сепарирующим эффектом и т.п. Подобные конструкционные отличия комбайна от его предыдущих аналогов должны быть учтены коэффициентом интенсивности  $K_{\text{пм}} > 1$ . Из опытной практики оказалось, что  $K_{\text{пм}} = 1,05 \dots 1,15$ .

Возможна и другая ситуация, когда конструкционная площадь МСУ используется не полностью. В комбайнах с тангенциальной подачей хлебной массы в ротор молотильная часть ротора частично не используется на входной части примерно на 5 %, а очистительные рабочие органы в многороторной молотилке, ввиду повышенной перебиваемости соломы, работают хуже, что равносильно уменьшению площади сепарации на 5 — 20 %. Тоже самое относится и к соломоотделителю. Известны различные способы интенсификации

## ГОСТ

(проект, RU, окончательная редакция)

клавишного соломотряса: установка реборд, ворошителей, увеличение числа каскадов и «живого сечения», изменение режимов работы и т.д. Не на всех комбайнах внедрены эти средства интенсификации по разным причинам, в том числе и по причинам их не универсальности и не адаптивности к разным условиям работы комбайнов. Тем не менее, в ряде случаев они дают положительный эффект и должны быть учтены при расчете обобщенных параметров конкретного комбайна, так как влияют на его потенциальные возможности.

В связи с этим все обобщенные параметры для конкретного комбайна должны быть рассчитаны с учетом коэффициентов интенсивности их использования. Тогда формула (19) принимает вид:

$$i_k = \frac{1}{4} \left( K_{N_e} \frac{N_e}{32} + K_{F_{\Pi}} \frac{F_{\Pi}}{0,26} + K_{F_c} \frac{F_c}{1,5} + K_{F_p} \frac{F_p}{0,8} \right). \quad (20)$$

где  $K_{N_e}$  — коэффициент использования паспортной мощности двигателя, устанавливаемый при торможении двигателя на стенде (для нового двигателя  $K_{N_e} = 1,0$ , для бывшего в эксплуатации —  $0,70 — 0,98$ );

$K_{F_{\Pi}}$ ,  $K_{F_c}$  и  $K_{F_p}$  — коэффициенты эффективности использования поверхности подбарабанья, соломосепаратора, решет очистки. Пример расчета параметрического комбайна с классической или комбинированной (гибридной) молотилкой представлен в приложении В (п.1).

### 7.4.3 Параметрический индекс комбайнов с аксиально-роторной молотилкой (АРМ)

Формула (19) для комбайнов с аксиально-роторной молотилкой не дает адекватного результата, так как, например,  $F_c$  в данном типе комбайна отсутствует и имеется ряд других отличий в процессе обмолота и сепарации.

Процессы обмолота и сепарации в классическом МСУ и аксиально-роторном (АРМ) протекают идентично, но в разной степени имеют место

## ГОСТ

(проект, RU, окончательная редакция)

ударное и перетирающее воздействие на хлебную массу.

Примененные ранее принципы подобия и гармоничности конструкции классических комбайнов применимы и для комбайнов с АРМ. Используя это положение определены коэффициенты подобия по параметрам  $N_e$ ,  $F_{\Pi}$  и  $F_p$  для АРМ комбайна, считая, что параметр  $F_{\Pi c}$  – это суммарная площадь сепарации подбарабанья молотильной части ротора  $F_{\Pi}$  и соломосепаратора  $F_c$ .

Правомочность объединения этих площадей обосновывается тем, что процессы в этих частях подбарабанья ротора аналогичны, ротор общий, частота вращения ротора в молотильной его части и сепарирующей — одинакова. Разница в молотильных зазорах (в соломосепараторе больше в 1,5-2 раза) может быть нивелирована средним значением интенсивности сепарации по молотильной и сепарирующей части.

С учетом этого для расчета параметра  $i_k$  аксиально-роторных комбайнов за основу принимаем выражение (19), но с поправкой на разницу в коэффициентах подобия.

Коэффициент подобия по критерию  $N_e$  определим из сопоставления энергозатрат на обмолот 1 кг/с хлебной массы в классическом комбайне и аксиально-роторном.

По данным сравнительных испытаний комбайнов разных типов МСУ в различных условиях во многих странах мира, в среднем на обмолот 1 кг/с хлебной массы в аксиально-роторном комбайне затрачивается на 18...30 % больше энергии, чем в обычном комбайне, т.е. в среднем в 1,24 раза больше. Примерно такие же данные следуют из материалов испытаний комбайна «Дон-1500» и аксиально-роторного комбайна КТР-10В (приложение А, таблица А.1.1).

## ГОСТ

(проект, RU, окончательная редакция)

Из таблицы А.1.1 видно, что в аксиально-роторном комбайне на 1 кг/с энергозатраты составляют 14,6 л.с, а в классическом — 11,5 л.с, т.е. в 1,27 раза выше. Высокопроизводительные аксиально-роторные комбайны имеют двигатели в 1,25—1,3 раза более мощные, чем комбайны в классическом исполнении соизмеримых типоразмеров.

Отсюда следует, что с определенной степенью достоверности можно допустить, что размерный коэффициент подобия по параметру  $N_e$  серийных (не опытных) комбайнов с АРМ будет не больше, чем в 1,3 раза, по сравнению с обычным комбайном, т.е. он будет равен максимум  $1,3 \times 32 = 42$  л.с., хотя как частный случай можно найти комбайны с АРМ, имеющим меньшее или большее соотношение мощностей двигателей по сравнению с классическим МСУ.

Коэффициент подобия по параметру  $F_p$  (площадь решет очистки) примем также с учетом материалов испытаний сравниваемых комбайнов. Полевые и лабораторные (стендовые) испытания обычных комбайнов в сравнении с комбайнами, имеющими АРМ, выявили, что ветрорешетная очистка последних работает в условиях более равномерной подачи вороха (коэффициент вариации подачи меньше в 1,3 - 1,8 раза) и на более выровненном ворохе по фракционному составу. В целом это дает повышение эффективности работы ветрорешетной очистки комбайна с АРМ в сравнении с аналогичной очисткой обычного комбайна примерно на 15 % при всех других равных условиях, что равносильно увеличению площади сепарации на 15 %.

На этом основании коэффициент подобия по параметру  $F_p$  для комбайнов с АРМ определится из соотношения:

$$K_p = 1,15 \frac{F_p}{0,8} = 1,44 F_p; \quad (21)$$

## ГОСТ

(проект, RU, окончательная редакция)

Для определения коэффициента подобия по параметру  $F_{\text{пс}}$  с учетом допущения о примерно одинаковом вкладе каждого параметра ( $N_e$ ,  $F_{\text{пс}}$ ,  $F_p$ ) в параметрический индекс комбайна  $i_k$  и его статистическую пропускную способность  $q_k$  была составлена сводная таблица значений  $N_e/42$  и  $1,44F_p$  для различных комбайнов с тем, чтобы на основе этих данных получить статистическую выборку частных значений коэффициентов подобия комбайнов с АРМ по параметру  $F_{\text{пс}}$ .

Получен коэффициент вариации  $14,7\% < 33\%$ , что свидетельствует об однородности рассматриваемой совокупности и среднее значение вклада параметра  $F_{\text{пс}}$  в формирование параметрического индекса может быть принято достоверным.

С учетом вышеприведенных выкладок параметрический индекс комбайна с АРМ определится из следующего выражения:

$$i_k = \frac{1}{3} \left( K_{N_e} \frac{N_e}{42} + K_{F_{\text{пс}}} \frac{F_{\text{пс}}}{0,67} + K_{F_p} 1,44F_p \right). \quad (22)$$

После преобразования и округления до целых чисел; получаем:

$$i_k = \frac{N_e}{126} + 0,5(F_{\text{пс}} + F_p); \quad (23)$$

Пример расчета параметрического комбайна с аксиально-роторной молотилкой представлен в приложении В (п.2).

Таким образом, для каждого комбайна, имея только данные из технической характеристики, можно рассчитать соответственно по формулам (20) или (23) его параметрический индекс.

### 7.4.4 Среднестатистическая пропускная способность комбайна

Понятие «среднестатистическая пропускная способность комбайна» введено для вывода её математической модели.

Как отмечено в подразделе 7.2 величина пропускной способности комбайна устанавливается после проведения лабораторно-полевых испытаний комбайна по рабочей характеристике его молотилки.

## ГОСТ

(проект, RU, окончательная редакция)

Полученное значение  $q_k$  справедливо только для условий, в которых были проведены эти испытания, в других условиях значения  $q_k$  будут отличаться, а полная воспроизводимость условий испытаний невозможна.

Испытания выявили, что наблюдается вполне определенная устойчивость частоты появления близких значений  $q_k$  так, что возникает возможность их статистической оценки с получением статистических характеристик: среднего значения, коэффициентов вариации и детерминации, ошибки опыта, доверительного интервала и т. п.

В связи с этим были проанализированы все протоколы испытаний комбайнов в основных МИС, которые специализируются на испытаниях зерноуборочной техники.

Статистическая оценка выборочной совокупности  $q_i$  проведена при доверительной вероятности 0,95 и коэффициенте Стьюдента  $t_\alpha = 1,96$ .

В таблице А.1.2 приложения А представлены сводные статистические характеристики выборочных значений пропускной способности различных комбайнов. Анализ полученной информации показывает, что в среднем по всем 24 комбайнам разных фирм и по времени их производства среднее значение отклонений от среднеквадратического отклонения составило 1,0 кг/с при среднем коэффициенте вариации пропускной способности 14,4 % и относительной погрешности в определении пропускной способности около 10,6 %.

Полученная среднестатистическая величина пропускной способности комбайна является наиболее вероятным ее значением при многократных испытаниях в разных зонах страны, но в нормальных условиях уборки по соломистости, влажности соломы, засоренности и т.п., т.е. в соответствии с агротехническими требованиями на комбайны.

**ГОСТ**  
(проект, RU, окончательная редакция)

Принцип достоверности результатов испытаний комбайнов на МИС является основой для разработки статистической модели расчета  $q_k$ .

На основании данных по среднестатистическим значениям пропускной способности комбайнов и их параметрическим индексам, рассчитанным по фактическим обобщенным параметрам  $N_e$ ,  $F_{\Pi}$  и  $F_c$ ,  $F_p$ , была исследована совокупность значений  $q_T$  и  $i_k$  для каждого из 24 комбайнов.

Наличие корреляционной связи между пропускной способностью комбайна и его параметрическим индексом является основанием для расчета  $q_k$ . Исследование зависимости  $q_T = f(i_k)$  проводилось на ЭВМ в соответствии со стандартной программой выбора уравнений.

Оказалось, что связь между среднестатистической пропускной способностью комбайнов и их параметрическими индексами линейна (рисунок 3) с высоким корреляционным отношением  $Z = 0,97$ .

Аппроксимирующая функция имеет вид:

$$q_T = 1,83i_k - 0,83 \quad (24)$$

Отсюда для комбайна с классической или комбинированной (гибридной) молотилкой:

$$q_T = 1,83 \left( \frac{N_e}{32} + \frac{F_{\Pi}}{0,26} + \frac{F_c}{1,5} + \frac{F_p}{0,8} \right) - 0,83 \quad (25)$$

Для комбайна с аксиально-роторной молотилкой:

$$q'_T = 1,83 \left( \frac{N_e}{126} + 0,5(F_{\Pi c} + F_p) \right) - 0,83 \quad (26)$$

Среднее отклонение значений теоретической [расчетной по формулам (25) и (26)] и экспериментальной пропускной способности составило 5,5 %, что вполне приемлемо для практических расчетов.

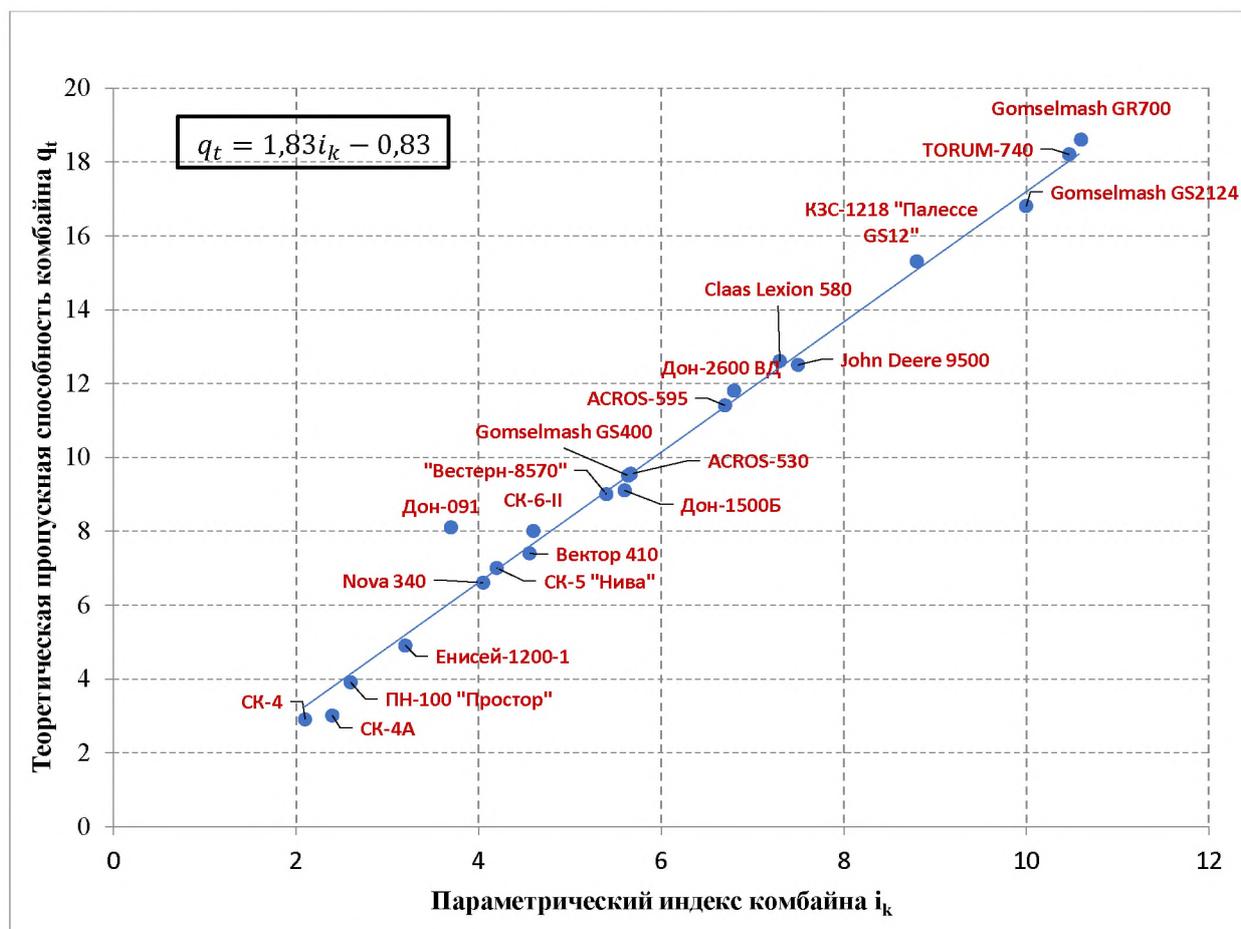


Рисунок 3 — Зависимость пропускной способности комбайна  $q_T$  от параметрического индекса  $i_k$

#### 7.4.5 Аппроксимирующие уравнения для расчета основных параметров комбайнов и их анализ

Для оценки динамики развития параметров комбайнов достоверным является уравнение расчета пропускной способности комбайна по его параметрическому индексу.

Используя этот факт с помощью уравнений (25) и (26), были пересчитаны пропускные способности современных комбайнов выпуска 2003 — 2019 гг. Далее были получены корреляционные зависимости главных параметров комбайнов —  $N_e$ ,  $F_{II}$ ,  $F_c$ ,  $F_p$ ,  $F_{пс}$  от их теоретической пропускной способности.

**ГОСТ**  
(проект, RU, окончательная редакция)

При аппроксимации статистических выборок по параметрам современных комбайнов выявились три новые закономерности, которые не были характерны для прошлых периодов развития конструкций комбайнов.

Первая — значительно увеличился типоразмерный ряд комбайнов по пропускной способности. Ранее был от 1 до 8 кг/с, потом от 1 до 10 кг/с, а теперь от 1 кг/с до 14 кг/с и выше (1 — 2 кг/с — класс селекционно-семеноводческих комбайнов).

Вторая — для современного типоразмерного ряда комбайнов невозможно выявить какое-либо одно, общее для всего уравнение, адекватно аппроксимирующее всю выборку случайных значений по любому из главных параметров комбайна. Только для определенного диапазона пропускных способностей выявляются свои частные адекватные уравнения связи параметра и пропускной способности.

Третья — существенно увеличилась вариабельность значений параметров комбайнов внутри всех классов.

Производится большое число комбайнов одинакового класса, но с разными значениями главных параметров. Значительно изменить пропускную способность комбайна, меняя только один из главных его параметров нельзя.

Коэффициент вариации некоторых параметров достигает 30 %. Это указывает так же на то, что современные комбайны создаются не только для реализации производительности в своем классе, но и с целью удовлетворения требований различного типа сельхозтоваропроизводителей и частично сохранения фирменных традиций конструирования комбайна.

**Примечание** — Комбайны фирмы «Challenger» (США) имеют традиционно меньшие удельные площади сепарации соломотряса -  $F_c$  и очистки  $F_p$ . Комбайны

## ГОСТ

(проект, RU, окончательная редакция)

фирмы «Sampo - Rosenlev» (Финляндия) - меньше значения  $F_{II}$ ,  $F_c$ ,  $F_p$ , а фирмы «John Deere» (США) и «Claas» (Германия) более мощные двигатели. Комбайны ООО «Ростсельмаш» (Россия) имеют большие площади подбарабашья и этим самым они выпадают из общего гармоничного ряда комбайнов поэтому параметру. Возможно, это частично оправдано сложными условиями уборки зерновых культур в России.

Наиболее вариабельными параметрами комбайна являются вместимость бункера  $V_6$  и масса комбайна —  $G_K$ . В парке комбайнов мира существуют десятки моделей одинакового класса, но с разными вместимостями бункера для зерна и массой комбайна. Большая разница в объемах бункеров объясняется необходимостью удовлетворять требования конкретных групп сельхозтоваропроизводителей. Разница в массе комбайнов одного и того же класса объясняется разной их комплектацией топливными баками, ходовыми системами, несопоставимостью по дополнительному оборудованию и частично недостоверностью проспектных данных.

При большой вариабельности параметров современных комбайнов, исключив «гипертрофические» параметры (осуществив выбраковку грубых отклонений), по-прежнему обнаруживается статистически достоверная устойчивость частоты появления одного и того же значения главного параметра  $N_e$ ,  $F_{II}$ ,  $F_c$ ,  $F_p$ ,  $V_6$ , и  $G_K$ , при одном и том же значении пропускной способности -  $q_T$ . Это позволяет получить при доверительной вероятности не менее 0,9 — 0,95 систему уравнений для расчета параметров комбайнов с ошибкой менее 10 %.

После аппроксимации зависимостей  $q_K$  в функции главных параметров были получены соответствующие уравнения для расчета теоретических параметров комбайнов разных классов (приложение Б, таблицы Б.1.1—Б.1.6). Для справки приведено отклонение расчетного параметра

от его средневзвешенного значения в % в статистически достоверной выборке по этому параметру —  $\Delta$ .

Если параметры реального комбайна совпадают с этими статистическими или близки к ним, то этот комбайн можно считать гармоничным по параметрам, так как он соответствует общемировым тенденциям развития конструкции комбайнов. Комбайны, которые по своим параметрам выпали из статистически однородной выборки, либо разработаны заведомо с нарушением принципов гармоничности, либо создавались под какие-либо специфические условия. Особо это характерно для таких параметров как мощность двигателя комбайна и площадь подбарабанья.

Как видно из таблиц Б.1.1—Б.1.6 приложения Б для каждого главного параметра комбайна определен свой диапазон пропускных способностей, внутри которого действует определенная закономерность. Именно для этого характерного диапазона  $q_T$  выявляются адекватные уравнения. Поэтому свести все полученные уравнения в единую форму по классам комбайнов не удастся, что является характерной особенностью динамики развития современных комбайнов.

#### **7.4.6 Основные составляющие принципа гармоничности конструкции машин**

При разработке очередной модели любой сельскохозяйственной машины конструкторам следует реализовывать принцип гармоничности конструкции машины по параметрам ее отдельных элементов, узлов, агрегатов и не допускать технических решений, не пропорциональных по размерно-массовым характеристикам.

Принцип гармоничности конструкции машины (ГКМ) по параметрам имеет три составляющие:

## ГОСТ

(проект, RU, окончательная редакция)

- пропорциональное сочетание параметров всех элементов машины, исходя из заданных показателей по производительности и качеству работы;
- исключение параметрической «гипертрофии» по отдельным элементам машины ради их унификации с уже выпускаемыми аналогичными изделиями;
- органическая реализация методологии технической эстетики при проектировании конструкции самих элементов машины и их компоновки с целью минимального применения декоративных внешних ограждений (щитков, панелей, крышек и т. п.).

Первая составляющая ГКМ предусматривает оптимизацию всех параметров машины в соответствии с главным ее функциональным назначением.

К примеру, на зерноуборочном комбайне двигатель по типоразмеру должен стоять именно тот, который сможет реализовать заданную производительность комбайна в наиболее типичных условиях его работы. Двигатель малой мощности снизит потенциальные возможности комбайна и сделает его применение не эффективным.

Если параметры молотильного барабана не увязаны с параметрами очистительных решет и соломотряса в зависимости от количества обмолачиваемого материала, то это приводит к повышенным потерям зерна за одним из этих рабочих органов. Может быть и такая ситуация, когда один рабочий орган будет перегружен, а другой не догружен. В любом случае нарушение требования пропорциональности параметров приводит к увеличению материалоемкости машины, расхода топлива, потерям зерна.

Вторая составляющая принципа ГКМ обязывает постоянно находить компромисс между конструктором и технологом производства.

**ГОСТ**  
(проект, RU, окончательная редакция)

**Примечание** — Конструктор чаще всего настаивает на конструкции предложенных им изделий и параметров, которые следуют из логики функциональных особенностей работы, созданной им машины. Технологи производства чаще всего стараются приспособить созданную новую машину к имеющейся уже технологической оснастке промышленного предприятия, которое, к примеру, уже освоило производство подобных изделий или отдельных ее элементов. Ради унификации с ними и сокращения сроков освоения новой машины очень часто одни и те же узлы и агрегаты устанавливаются на машины разного типоразмера. Для производства в целом это может быть и выгодно, но для отдельно взятой машины это снижает ее конкурентоспособность в сравнении с аналогичными изделиями других фирм-изготовителей и, прежде всего, по материалоемкости.

Третья составляющая ГKM требует разработки такого внешнего облика самого изделия, его окраски, расположения, крепления, компоновочного сочетания с другими элементами, чтобы максимально уменьшить необходимость его отдельного обрамления какими-либо ограждающими конструкциями. Методология технической эстетики должна быть органически заложена в саму конструкцию изделий и их взаимную компоновку.

Нарушение этого условия приводит к повышению материалоемкости машины в целом, усложняет доступ к основным ее механизмам, увеличивает время на техническое обслуживание и ремонт, делает ее менее технологичной при освоении производством.

**Примечание** — В любом случае следует находить компромисс между конструктором и технологом, но лучше всего шире практиковать методологию создания и применения стандартных модулей широко разветвленной номенклатуры.

#### **7.4.7 Расчет коэффициента гармоничности конструкции зерноуборочных комбайнов**

Коэффициент гармоничности конструкции комбайна по параметрам  $K_{\text{гар}}$  определяется согласно выражения:

$$K_{\text{гар}} = 1 - \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n \left[ 1 - \frac{(\Pi_i)_{\Phi}}{(\Pi_i)_{\Gamma}} \right]^2} \quad (27)$$

## ГОСТ

(проект, RU, окончательная редакция)

где  $n$  — общее количество параметров,  $n=1, 2, 3, \dots$ ;

$(\Pi_i)_\phi$  — фактическое значение параметра комбайна;

$(\Pi_i)_T$  — теоретическое значение параметра, полученное по формулам из таблиц Б.1.1—Б.1.6 приложения Б.

Этот коэффициент выявляет меру отклонения каждого фактического параметра данного комбайна от теоретического (статистически достоверного), выражающего мировой тренд развития комбайнов.

Таким образом, чем ближе  $K_{\text{гар}}$  к единице, тем более гармонично в нем сочетаются главные параметры.  $K_{\text{гар}}$  может быть рассчитан по одному параметру или по всем  $n$ -параметрам.

По уравнениям (25) и (26) были рассчитаны теоретические (гармоничные) параметры для всех наиболее распространенных моделей современных комбайнов (таблица Б.1.7 приложения Б). Анализ этой таблицы показывает, что многие комбайны имеют еще значительные резервы для своего совершенствования за счет более гармоничного сочетания своих главных параметров.

В целом выявлены комбайны, имеющие наибольшие коэффициенты гармоничности по основным четырем параметрам МСУ:  $N_e, F_{\Pi}, F_c, F_p$  и комбайны в целом по шести параметрам —  $N_e, F_{\Pi}, F_c, F_p, V_6, G_k$ .

### 7.4.8 Алгоритм расчета коэффициентов гармоничности комбайнов

1. По технической характеристике для каждого комбайна выбираются главные параметры  $N_e, F_{\Pi}, F_c, F_p, V_6, G_k$ .

Принимаем их за фактические данные  $\Pi_\phi$ .

## ГОСТ

(проект, RU, окончательная редакция)

2. По фактическим данным  $\Pi_{\phi}$  рассчитывается параметрический индекс  $i_k$  по уравнениям (20) и (23).
3. По параметрическому индексу  $i_k$  определяется расчетная пропускная способность комбайна  $q_T$  по формуле (24).
4. По  $q_k$  и таблицам Б.1.1-Б.1.6 приложения Б определяются теоретические значения  $\Pi_T$  для комбайна каждого класса.
5. По  $\Pi_{\phi}$  и  $\Pi_T$  по формуле (27) определяется коэффициент гармоничности комбайна  $K_{\text{гар}}$  отдельно для четырех параметров  $n = 4$  и шести  $n = 6$ .
6. По теоретическим параметрам  $\Pi_T$  рассчитывается теоретическая пропускная способность -  $q_T$ , которая сравнивается с  $q_k$ .
7. По разнице между  $q_k$  и  $q_T$ ,  $i_{k,\phi}$  и  $i_{k,T}$  определяются резервы повышения пропускной способности комбайна и его технического уровня в целом.

## **8 Методы расчета потерь зерна зерноуборочными комбайнами в условиях эксплуатации**

### **8.1 Обоснование отдельного отбора потерь за рабочими органами комбайна**

В стандартизованном методе оценки потерь зерна по ГОСТ 28301—2015 в зоне прохода корпуса комбайна отбор проб следует осуществлять в предварительно установленные в хлебостой пробоотборники вначале от жатки движущегося комбайна и затем от МСУ. Для получения значений потерь МСУ от полученного суммарного значения потерь следует вычесть потери за жаткой, определяемые по результатам отбора проб вне полосы прохода корпуса комбайна. Однако, вследствие установленной

## ГОСТ

*(проект, RU, окончательная редакция)*

высокой вариабельности потерь за жаткой по направлению прохода комбайна погрешности определения потерь жаткой оказывают дополнительное влияние на погрешность определения потерь через МСУ. Поэтому для повышения точности целесообразно прямое измерение потерь через МСУ по результатам непосредственного (отдельного) отбора проб за МСУ. Тем более, что допустимые значения потерь за жаткой и МСУ регламентированы отдельно (соответственно 0,5 и 1,5 %) и жатка является отдельным, самостоятельным объектом испытаний. А применительно к задаче оценки потерь, допускаемых МСУ комбайна, при определении его номинальной производительности, применяемая жатка должна не превышать регламентированные требованиями допустимые потери (не более 0,5 %).

Необходимость отдельного учета потерь возникает также при оценке потерь через измельчитель вне зоны прохода корпуса комбайна, где в установленные в хлебостой до прохода комбайна пробоотборники вначале поступают потери от жатки, а затем от измельчителя.

Следует также учесть, что промежуток времени между проходом жатки и проходом измельчителя-разбрасывателя (с поступлением на высокой скорости травмоопасных измельченных продуктов обмолота) небольшой (несколько секунд), что затрудняет практическое применение указанных способов по стандартизованной методике. Поэтому существует необходимость применения пробоотборников нового типа – двух или трехкамерных переключаемых пробоотборников, устанавливаемых в хлебостой до прохода комбайна. Принцип их действия заключается в том, что первая приемная камера изначально открыта на прием потерь при проходе жатки. После прохода жатки следует проводить перекрытие первой камеры и одновременно открытие второй приемной камеры. При этом в полосе прохода корпуса комбайна при его проходе во вторую приемную

## ГОСТ

(проект, RU, окончательная редакция)

камеру поступают потери от МСУ комбайна, т. е. от очистки комбайна и затем потери, прошедшие через измельчитель. За пределами прохода корпуса комбайна в первую приемную камеру поступают потери от жатки, во вторую - потери, прошедшие через измельчитель-разбрасыватель.

### 8.2 Номенклатура показателей условий испытаний

#### 8.2.1 Место проведения опытов:

- наименование района;
- наименование хозяйства;
- номер поля.

#### 8.2.2 Характеристика показателей условий испытаний:

- тип почвы и название по механическому составу;
- культура, сорт;
- высота растений, см;
- количество растений на 1 м<sup>2</sup>;
- засоренность посевов сорняками, шт./м<sup>2</sup>, г/м<sup>2</sup>;
- влажность зерна и соломы, % — по ГОСТ 20915.

8.2.3 Суммарные потери зерна, допускаемые составными частями комбайна, следует определять за жаткой и молотилкой. За молотилкой включают потери:

- через измельчитель-разбрасыватель;
- от воздушно-решетной очистки:
  - в том числе:
    - а) свободным зерном в соломе;
    - б) свободным зерном в соломе;
    - в) потери зерна недомолотом в соломе;
    - г) потери зерна недомолотом в соломе.

## ГОСТ

(проект, RU, окончательная редакция)

### 8.3 Методы определения показателей

Отбор проб для измерения потерь следует проводить на установившемся режиме работы. Перед проведением испытаний потери из-за недостаточного уплотнения молотилки комбайна должны быть устранены.

Перед измерением потерь зерна необходимо определить ширину захвата жатки-хедера;

- комбайн должен быть обкатан, и рабочие органы отрегулированы в соответствии с руководством по эксплуатации комбайна и рекомендациями агрономической службы хозяйства;

- измельчитель-разбрасыватель комбайна настраивается в режим измельчение-разбрасывание по ширине захвата жатки-хедера;

- на выбранном участке поля делают прокос. По обеим сторонам прокоса комбайн в режиме работы с измельчителем-разбрасывателем соломы делает пробный проход на оптимальной рабочей скорости комбайна и согласованной с агрономической службой;

- пробоотборники устанавливаются до прохода комбайна в междурядье хлебостоя открытым окном по направлению движения комбайна вне зоны прохода колес и закрепляются путем вдавливания грунтозацепов на корпусе в грунт в зависимости от конструкции применяемого типа пробоотборников (Приложение Г, рисунок Г.1). Потери зерна собирают в двухкамерные пробоотборники (Приложение Г, рисунок Г.2) для отдельного сбора потерь зерна, допускаемых составными частями зерноуборочного комбайна, в виде цилиндрической пластиковой трубы диаметром 100 мм с вырезанными в нем сверху двумя прямоугольными окнами одинаковой длины, предназначенными для сбора потерь (за жаткой, МСУ и измельчителем-разбрасывателем);

## ГОСТ

(проект, RU, окончательная редакция)

- пробоотборники укладывают до прохода комбайна в нескошенном хлебостое осторожно и равномерно с заходом со стороны прокоса до прохода комбайна по шнуру-шаблону на всю ширину захвата жатки по линии, перпендикулярной направлению движения комбайна с предварительным определением оси прохода комбайна не менее чем в трех повторностях (трех рядах) согласно схемы их расстановки (рисунок 4);

- в зависимости от неравномерности хлебостоя в пробных проходах определяют размах колебаний значений потерь по повторностям и статистические характеристики полученной выборки. Повторности увеличивают до получения стабильных показателей неравномерности, в том числе при исключении резко отклоняющихся наименьшего и наибольшего значений потерь с последующим увеличением числа повторностей, но при условии получения их зачетного числа не менее трех;

- в каждой повторности следует использовать пять двухкамерных пробоотборников: один — по оси прохода, четыре — симметрично оси прохода, два из них на расстоянии 0,6 ширины МСУ и два – на расстоянии 0,54 ширины жатки;

- после прохода комбайном учетной делянки содержимое пробоотборников помещают в емкости с соответствующими этикетками и переносят к месту сепарации очистки проб зерна и их дальнейшего взвешивания;

- выделение потерь зерна из собранного в пробоотборники вороха выполняют с помощью сепаратора потерь зерна (Приложение Г, рисунок Г.3);

- после выделения потерь, пробы взвешивают на весах, обеспечивающих погрешность взвешивания не более  $\pm 0,1$  г., далее определяют процент потерь зерна, допускаемых составными частями комбайна в условиях эксплуатации.

ГОСТ  
(проект, RU, окончательная редакция)

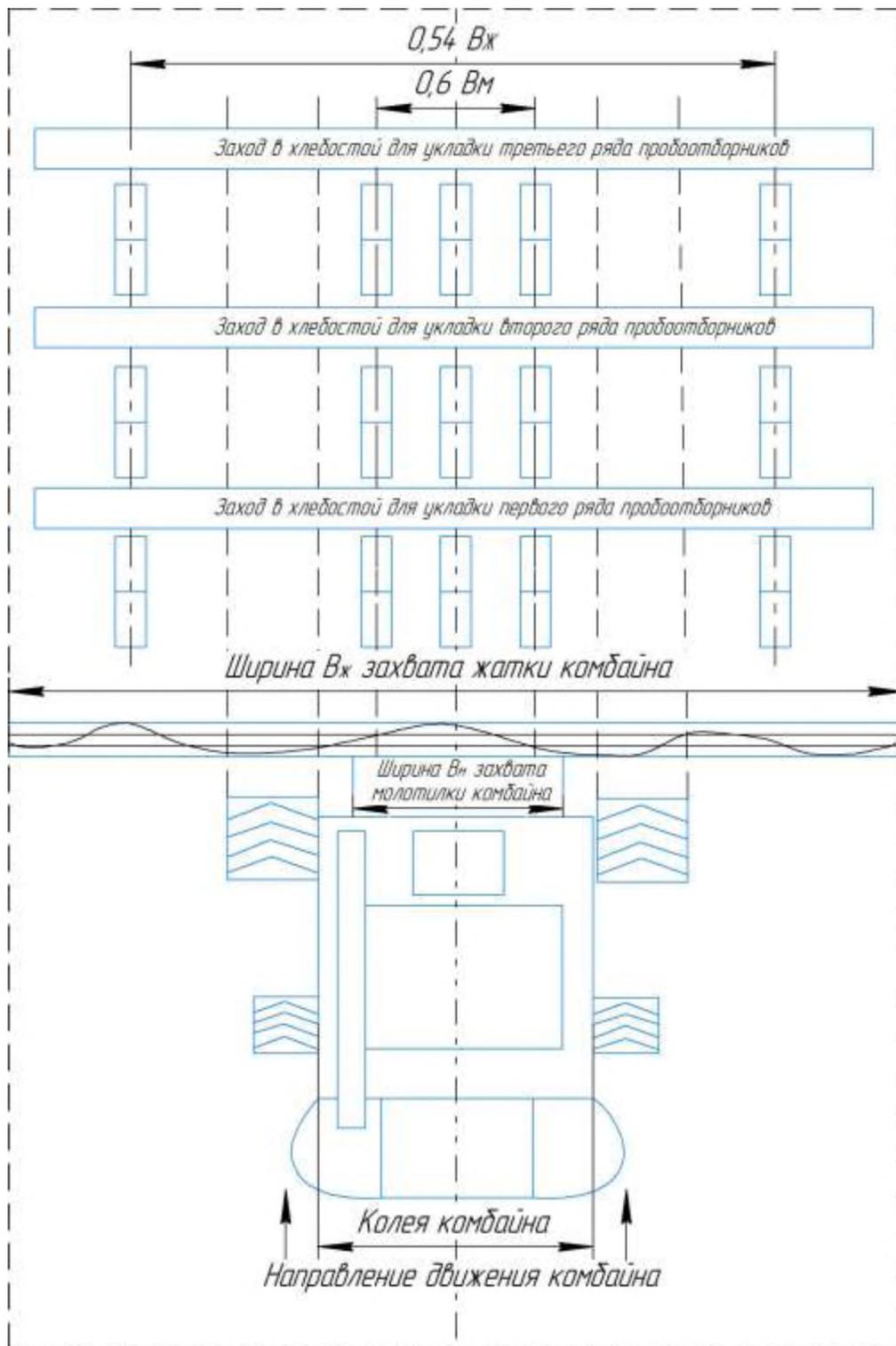
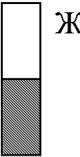
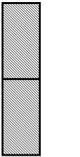
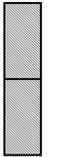
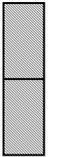
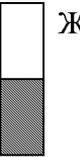
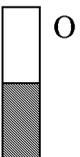
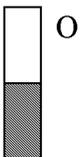
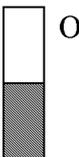
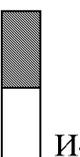
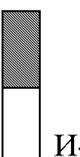
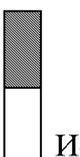
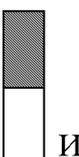
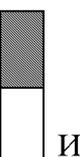


Рисунок 4 — Схема расстановки двухкамерных пробоотборников в междурядья хлебостоя до прохода комбайна

### 8.3.1 Порядок отбора проб потерь зерна с применением двухкамерных пробоотборников

Пробоотборники устанавливают до прохода комбайна в междурядье хлебостоя в направлении движения комбайна от открытого к закрытому окну вне зоны прохода колес согласно приведенной схеме (рисунок 5).

При установке в междурядья культуры перед проходом жатки открывают одну из камер пробоотборников 1, 5, а у трех пробоотборников 2, 3, 4 закрывают обе камеры (рисунок 5).

Положение камер пробоотборников по стадиям прохода комбайна	Зоны потерь				
	Левая	Зона прохода корпуса комбайна			Правая
	Номер пробоотборника				
	1	2	3	4	5
При установке (до прохода комбайна)	 Ж	 Ж	 Ж	 Ж	 Ж
Перед выходом потерь из очистки	Потери не поступают окна закрыты	 О	 О	 О	Потери не поступают окна закрыты
Перед выходом потерь из измельчителя-разбрасывателя	 И-Р	 И-Р	 И-Р	 И-Р	 И-Р

Ж — жатка; О — очистка; И—Р — измельчитель-разбрасыватель

Рисунок 5 — Схема отбора проб двухкамерными пробоотборниками

После прохода жатки и поступления потерь в открытые камеры про-

## ГОСТ

(проект, RU, окончательная редакция)

боотборников 1 и 5 следует проводить закрытие камер с собранными потерями с помощью фиксирующего устройства и одновременно открытие свободных камер этих пробоотборников. У пробоотборников 2, 3, 4 после прохода жатки открывают первые камеры.

После окончания поступления потерь от очистки и молотилки в пробоотборники 2, 3, 4 следует проводить закрытие камер с потерями и одновременно открытие свободных камер для приема потерь от измельчителя-разбрасывателя. От измельчителя-разбрасывателя потери зерна поступают в свободные камеры всех пяти пробоотборников (1, 2, 3, 4, 5).

После прохода комбайна потери зерна от жатки, молотилки и измельчителя из каждого пробоотборника следует взвешивать отдельно. Результат с указанием номера следует записывать в рабочую ведомость по форме, приведенной в приложении Д.

В случае если не достигнута заданная точность определения потерь зерна, опыты повторяют.

### 8.4 Порядок определения показателей потерь зерна

8.4.1 Потери за жаткой в каждой повторности определяют путем отбора проб и нахождения их среднего значения из камер пробоотборников 1Ж и 5Ж (рисунок 5).

По результатам отбора проб потерь зерна и их взвешивания вычисляют среднее арифметическое значение потерь,  $\bar{P}_ж$ , г, по формуле:

$$\bar{P}_ж = \bar{P}_{ж1} + \bar{P}_{ж5}, \quad (28)$$

Общие потери,  $P_ж$ , г, за жаткой вычисляют по формуле:

$$P_ж = \frac{\bar{P}_ж}{e_{пр}} \cdot B_ж, \quad (29)$$

где  $e_{пр}$  — ширина пробоотборника, м;

$B_ж$  — ширина захвата жатки, м.

## ГОСТ

(проект, RU, окончательная редакция)

8.4.2 Для оценки потерь за воздушно-решетной очисткой необходимо:

- учетные деланки комбайн должен проходить без остановок;
- отбор проб соломы и половы от молотилки комбайна должен обеспечиваться как отдельно, так и совместно;
- отбор проб потерь зерна, допускаемых составными частями комбайна должен отбираться в установившемся режиме загрузки молотилки, без нарушения технологического процесса работы комбайна, воздушного режима очистки, схода соломы с соломотряса, кинематического режима.

Общие потери МСУ комбайна вычисляются суммированием потерь зерна за очисткой и через измельчитель-разбрасыватель. Расположение пробоотборников 2, 3 и 4 по ширине молотильно-сепарирующего устройства (далее — МСУ) фиксируют точками на горизонтальной шкале “х” графика с нулевой точкой отсчета шкалы (рисунок 6), соответствующей левому краю корпуса комбайна (или ширины молотилки).

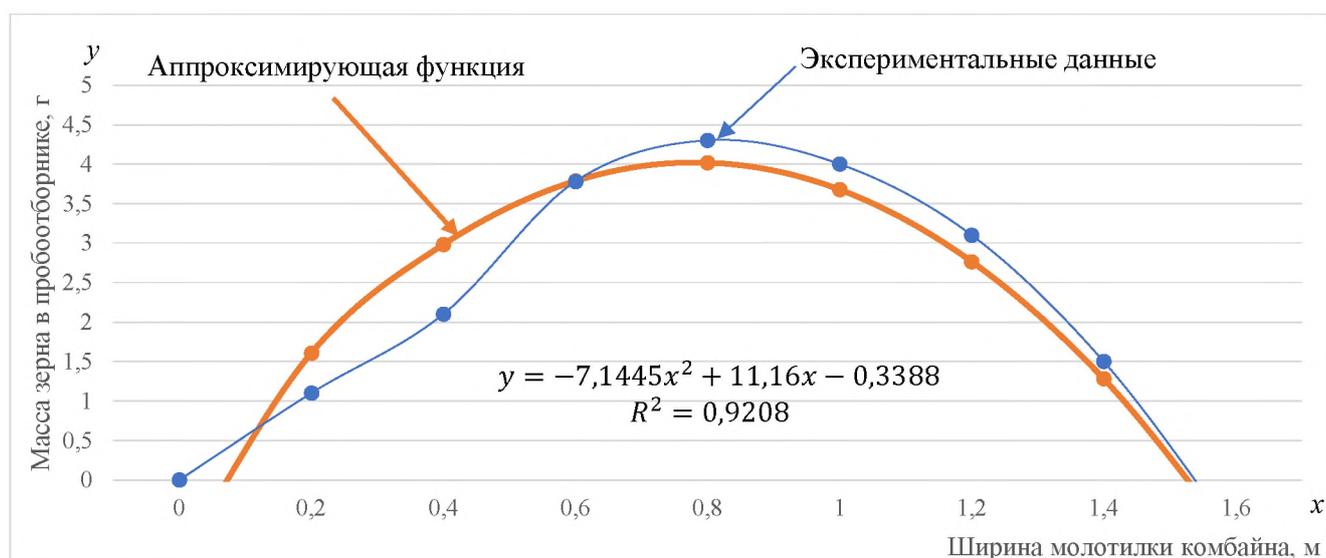


Рисунок 6 — Зависимость потерь зерна от расстояния по ширине МСУ

Для каждого значения “х” (в точках расположения пробоотборников)

## ГОСТ

(проект, RU, окончательная редакция)

по вертикальной шкале “у” откладывают значения потерь зерна в граммах. Используя полученные три пары значений “х” и “у”, а также значения точек  $x = 0$ ,  $y = 0$  и  $x = 1,5$  м (ширина молотилки),  $y = 0$  (т.к. непосредственно у боковых стенок корпуса комбайна потери равны 0) с использованием электронного ресурса Excel выводят уравнение аппроксимирующей кривой, которую получают в виде графика зависимости потерь зерна от расстояния по ширине молотилки.

На горизонтальной шкале “х” значение ширины МСУ делят на шесть-восемь равных частей. Путем подстановки в уравнение аппроксимирующей кривой значений точек, соответствующих серединам интервалов по шкале “х”, получают шесть-восемь значений потерь зерна по ширине МСУ, для которых вычисляют среднее (по ширине МСУ) значение потерь,  $P_0$ , г, по формуле:

$$\bar{P}_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}, \quad (30)$$

где  $P_i$  — значения потерь зерна в  $i$  — ой точке по ширине молотилки, г;

$n$  — принятое число точек,  $n = 6-8$ .

Массу потерь через ветро-решетную очистку,  $P_0$ , г, вычисляют по формуле:

$$P_0 = \frac{\bar{P}_0}{\epsilon_{пр}} \cdot B_{МСУ}, \quad (31)$$

где  $B_{МСУ}$  — ширина молотильно-сепарирующего устройства, м.

По результатам отбора проб потерь зерна и их взвешивания также определяют удельную массу потерь от воздушно-решетной очистки в расчете на 1 м ширины захвата жатки,  $q_0$ , г/м, вычисляют по формуле:

$$q_0 = \frac{P_0}{B_ж}, \quad (32)$$

## ГОСТ

(проект, RU, окончательная редакция)

8.4.3 Потери через измельчитель-разбрасыватель в каждой повторности ( $P_p$ ) определяют, путем взвешивания потерь, полученных из камер пяти пробоотборников (1P — 5P).

Расположение пробоотборников по ширине разбрасывания (по ширине жатки) фиксируют на горизонтальной шкале графика с нулевой точкой отсчета шкалы, соответствующей левому краю хлебостоя (рисунок 7).

По полученным значениям потерь в пробоотборниках и при нулевых значениях потерь по линиям прохода краев жатки с использованием электронного ресурса Excel выводят уравнение аппроксимирующей кривой, которую наносят на график зависимости потерь зерна от расстояния по ширине прохода жатки (рисунок 7). На горизонтальной шкале значение ширины жатки делят на шесть-восемь равных частей. В данном случае для семиметровой жатки удобно деление на семь частей.

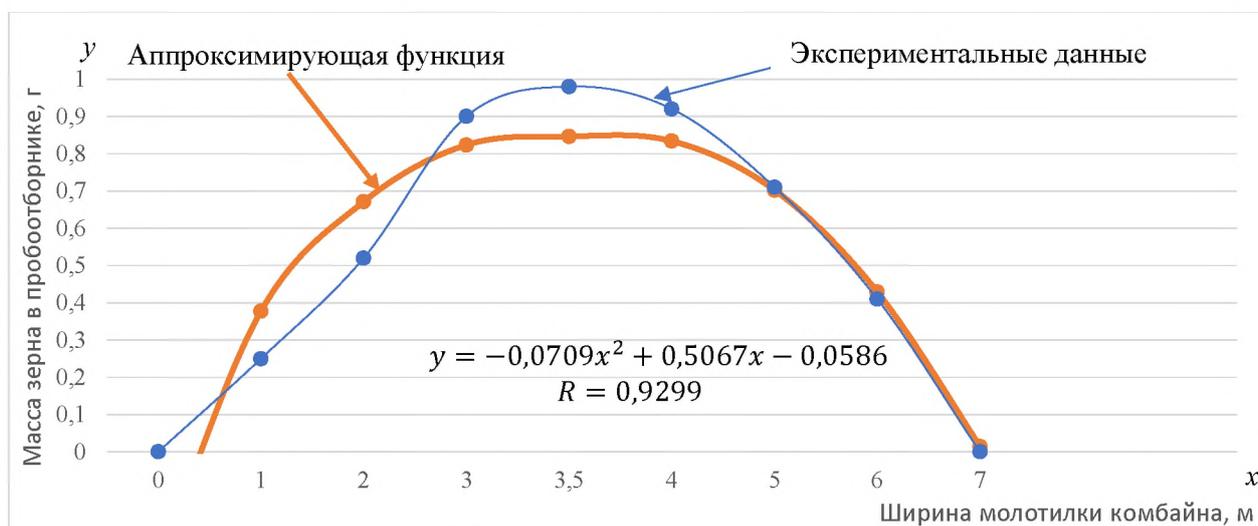


Рисунок 7 — Зависимость потерь зерна по ширине разбрасывания (по ширине жатки)

Путем подстановки значений точек, соответствующих срединам ин-

## ГОСТ

(проект, RU, окончательная редакция)

тервалов, в уравнение аппроксимирующей кривой получают семь значений потерь зерна через разбрасыватель по ширине жатки, для которых вычисляют среднее значение по ширине захвата жатки.

Среднее значение потерь через измельчитель-разбрасыватель на каждом метре ширины жатки,  $\bar{P}_p$ , г, вычисляют по формуле:

$$\bar{P}_p = \frac{\sum_{i=1}^{n_i} P_{pi}}{n_i}, \quad (33)$$

где  $P_{pi}$  — значения потерь в  $i$  — ой точке, взятой через измельчитель-разбрасыватель по ширине захвата жатки, г;

$n_i$  — принятое число точек.

Общие потери,  $P_p$ , г, за измельчителем-разбрасывателем вычисляют по формуле:

$$P_p = \frac{\bar{P}_p}{\epsilon_{пр}} \cdot B_{ж}, \quad (34)$$

8.4.4 Общие потери за молотилкой комбайна в каждой повторности,  $P_{МСУ}$ , г, вычисляют по формуле:

$$P_{МСУ} = P_o + P_p \quad (35)$$

8.4.5 Суммарные потери за жаткой и МСУ,  $P_{общ}$ , г, вычисляют по формуле:

$$P_{общ} = P_{ж} + P_{МСУ}, \quad (36)$$

8.4.6 Удельную массу потерь зерна в расчете на единицу площади,  $q_{уд}^{ж}$ ,  $q_{уд}^{МСУ}$ , г/м<sup>2</sup>, вычисляют по формулам:

$$\text{- для жатки} \quad q_{уд}^{ж} = \frac{P_{ж}}{L_{пр} \cdot B_{ж}}, \quad (37)$$

$$\text{- для МСУ} \quad q_{уд}^{МСУ} = \frac{P_{МСУ}}{L_{пр} \cdot B_{МСУ}}, \quad (38)$$

где  $L_{пр}$  — длина пробоотборника, м.

## ГОСТ

(проект, RU, окончательная редакция)

8.4.7 Удельную массу потерь за комбайном,  $q_{уд}$ , г/м<sup>2</sup>, вычисляют по формуле:

$$q_{уд} = q_{уд}^{ж} + q_{уд}^{МСУ}, \quad (39)$$

8.4.8 Массовую долю потерь в пересчете на урожайность,  $\Delta q_{ж}$ , %,  $\Delta q_{МСУ}$ , %, вычисляют по формулам:

- для жатки 
$$\Delta q_{ж} = \frac{10^3 \cdot q_{уд}^{ж}}{y_3}, \quad (40)$$

- для МСУ 
$$\Delta q_{МСУ} = \frac{10^3 \cdot q_{уд}^{МСУ}}{y_3}, \quad (41)$$

где  $Y_3$  — урожайность зерна, т/га.

**ГОСТ**

(проект, RU, окончательная редакция)

## Приложение А

(справочное)

### Справочные данные для расчета энергобаланса и пропускной способности комбайнов

Таблица А.1.1 — Энергобаланс комбайнов «Дон-1500» и КТР-10В (данные испытаний КубНИИТИМ)

Марка комбайна	Подача зерна или массы, при которой были сделаны опыты	Общая мощность на работу комбайна, л.с.	Мощность на привод ходовой части (на передвижение), л.с.	Мощность на работу рабочих органов, л.с.	Мощность на холостое прокручивание, л.с.	Мощность на процесс обмолота и сепарации, л.с.	Удельные энергозатраты на 1 кг/с массы, л.с.
«Дон-1500» с классической молотилкой	11,6 т/ч 8,05 кг/с	165,9	36,2	129,7	37,3	92,4	11,5
КТР10В, аксиально-роторная модификация комбайна «Дон-1500»	10,4 т/ч 7,2 кг/с	217,4	40,4	177	71,8	105,2	14,6

**ГОСТ**  
(проект, RU, окончательная редакция)

Таблица А.1.2 — Статистические характеристики пропускной способности комбайнов по результатам лабораторно-полевых испытаний (по данным МИС за 1970—2015 гг.)

№ п/п	Марка комбайна	Объем выборки n	Среднее значен. $q_{\text{экс}}$ , кг/с	Среднее квадратическое отклонение $\sigma_q$ , кг/с	Кoeffициент вариации $V_q$ , %	Относительная погрешность $q_{\text{экс}}$ , ε, %
1	СК-4	40	4,0	0,99	25,0	7,7
2	СК-4А	24	4,7	0,87	18,7	7,3
3	СК-5 «Нива»	40	5,1	1,18	23,0	7,1
4	СКД-5 «Сибиряк»	37	5,5	0,89	15,0	5,2
5	СК-6-II «Колос»	22	7,5	1,9	25,3	10,6
6	СК-6-I «Колос»	10	6,7	1,6	23,8	14,4
7	М-140 «Армада»	9	5,7	0,7	12,2	8,0
8	КЗС-3.0	5	3,7	0,45	12,2	16,9
9	ПН-100	3	3,2	0,4	12,5	17,4
10	«Дон-1200»	8	6,9	1,1	15,9	11,0
11	СК-5М «Нива»	22	5,4	0,86	15,9	6,6
12	«Дон-1500»	12	8,6	0,94	10,9	6,1
13	«Дон-1500Б»	7	9,4	0,93	9,9	7,3
14	СК-10 «Ротор»	5	10,0	1,18	11,8	10,4
15	«Дон-2600ВД»	2	11,8	0,8	6,7	9,4
16	«Вестерн 8570»	2	9,3	0,5	5,3	13,0
17	«Дон-091»	6	6,4	1,56	24,2	19,4
18	«Енисей-1200»	5	5,6	1,38	24,6	21,6
19	«Джон-Дир 9500	2	12,6	0,8	6,3	8,8
20	КЗС – 1218 «Палессе GS12»	3	12,8	0,9	6,9	9,2
21	GS2124	2	14,8	0,85	7,1	9,1
22	NOVA 340	2	6.5	1,05	14,1	10,2
23	ACROS-595	5	10,6	0,91	10,3	7,0
24	TORUM-750	4	12,6	0,95	8,3	9,7
		В среднем		1,0	14,4	10,6

**Приложение Б**  
**(рекомендуемое)**

**Уравнения для расчета основных параметров комбайна**

Т а б л и ц а Б.1.1 — Уравнения для расчета мощности двигателя комбайна,  $N_e$ 

Пропускная способность комбайна, кг/с	Расчетные уравнения для $N_e$ , л.с. при $\Delta N_e \pm 2,0\%$
До 1,5 1,5-9,0 Свыше 9,0, с аксиально-роторной молотилкой	$N_e = 28,4q_k$ $N_e = 36q_k$ $N_e = 42,2q_k - 97$

Т а б л и ц а Б.1.2 — Уравнение для расчета площади развертки подбарабана,  $F_{\Pi}$ 

Пропускная способность комбайна, кг/с	Расчетные уравнения для $F_{\Pi}$ , м <sup>2</sup> при $\Delta F_{\Pi} \pm 3,0\%$
1-12 (бильный барабан)	$F_{\Pi} = 0,07q_k + 0,19$
Свыше 10, с аксиально-роторной молотилкой	$F_{\Pi} = 0,24q_k + 0,37$

Т а б л и ц а Б.1.3 — Уравнения для расчета площади рабочей поверхности клавишного соломотряса  $F_c$ 

Пропускная способность комбайна, кг/с	Расчетные уравнения для $F_c$ , м <sup>2</sup> при $\Delta F_c \pm 2,0\%$
До 5 5-12	$F_c = 0,70q_k + 0,7$ $F_c = 0,72q_k + 0,78$

Т а б л и ц а Б.1.4 — Уравнения для расчета общей площади решет очистки —  $F_p$ 

Пропускная способность комбайна, кг/с	Расчетные уравнения для $F_p$ , м <sup>2</sup> при $\Delta F_p \pm 3,0\%$
до 9	$F_p = 0,58q_k + 0,2$
Свыше 10, с аксиально-роторной молотилкой	$F_p = 0,63q_k + 0,28$

**ГОСТ**  
(проект, RU, окончательная редакция)

Т а б л и ц а Б.1.5 — Уравнения для расчета вместимости бункера комбайна  $V_6$

Пропускная способность комбайна, кг/с	Расчетные уравнения для $V_6$ , При $\Delta V_6 \pm 3\%$
До 3	$V_6 = 0,5q_K + 0,5$
3-12	$V_6 = 0,875q_K - 0,25$
Свыше 12	$V_6 = 0,95 q_K$

Т а б л и ц а Б.1.6 — Уравнения для расчета среднестатистической массы комбайна  $G_K$

Пропускная способность комбайна, кг/с	Расчетные уравнения для $G_K$ , т при $\Delta G_K \pm 5\%$
До 8	$G_K = 1,2 q_K + 1,2$
8-11	$G_K = 1,18q_K$
Свыше 11	$G_K = 1,2q_K$

## ГОСТ

(проект, RU, окончательная редакция)

Т а б л и ц а Б.1.7 — Фактические (проспектные) и расчетные параметры зерноуборочных комбайнов (статистическая однородная выборка из 150 моделей комбайнов)

№ п/п	Модель комбайна, фирма, страна	Технологические параметры комбайнов							
		Варианты	Мощность двигателя $N_e$ , л.с.	Площадь подбара- банья $F_{II}$ , м <sup>2</sup>	Площадь соломот- ряса $F_c$ , м <sup>2</sup>	Площадь решет очистки $F_p$ , м <sup>2</sup>	Параметри- ческий ин- декс $i_k$	Пропускная способность $q_k$ , кг/с	Кoeffици- ент гамо- ничности $K$
1	Medion 340 Claas (Германия)	Факт	333	0,70	7,0	5,1	5,76	9,7	0,93
		Расчётная	312	0,87	7,76	5,8	6,1	10,3	
		Соотношение	1,07	0,80	0,90	0,88	0,90	0,90	
2	Доминатор 150 Claas (Германия)	Факт	141	0,4	4,2	3,0	3,0	4,7	0,93
		Расчётная	133	0,52	4,20	2,93	3,0	4,7	
		Соотношение	1,06	0,77	1,00	1,02	1,0	1,0	
3	Lexion 580 Claas (Германия)	Факт	430	0,9	7,4	5,8	6,7	11,5	0,93
		Расчётная	388	1,00	9,00	6,9	7,3	12,6	
		Соотношение	1,10	0,90	0,82	0,84	0,92	0,91	
4	КЗС-1218 «Палессе GS12» (Беларусь)	Факт	330	2,39	6,15	5,0	7,5	12,8	0,93
		Расчётная	444	1,1	10,0	8,4	8,8	15,3	
		Соотношение	0,74	2,20	0,61	0,60	0,85	0,80	
5	ТС – 54 New - Holland (США)	Факт	170	0,7	4,0	3,3	3,6	5,7	0,86
		Расчётная	162	0,6	4,9	3,5	3,6	5,7	
		Соотношение	1,05	1,17	0,82	0,94	1,00	1,00	
6	GS400 (Беларусь)	Факт	230	1,1	4,92	3,86	4,9	8,1	0,93
		Расчётная	292	0,76	6,61	4,90	5,64	9,5	
		Соотношение	0,8	1,45	0,74	0,79	0,87	0,90	
7	NOVA 340 Ростсельмаш (Россия)	Факт	180	0,93	4,34	3,59	4,0	6,5	0,87
		Расчётная	184,6	0,64	5,46	3,97	4,05	6,6	
		Соотношение	0,97	1,45	0,79	0,90	0,99	0,98	

## ГОСТ

(проект, RU, окончательная редакция)

Окончание таблицы Б.1.7

8	Вектор 410 Ростсельмаш (Россия)	Факт	210	1,1	5,0	3,6	4,47	7,4	0,85
		Расчётная	210,2	0,71	6,1	4,5	4,56	7,5	
		Соотношение	1,0	1,55	0,82	0,8	0,98	0,98	
9	ДОН -1500Б Ростсельмаш (Россия)	Факт	235	1,36	6,15	4,74	5,44	9,1	0,82
		Расчётная	258	0,83	7,3	5,5	5,52	9,3	
		Соотношение	0,91	1,64	0,84	0,86	0,98	0,98	
10	ACROS-530 Ростсельмаш (Россия)	Факт	250	1,38	6,15	4,74	5,57	9,36	0,86
		Расчётная	266	0,84	7,52	5,63	5,67	9,55	
		Соотношение	0,94	1,64	0,82	0,84	0,98	0,98	
11	ACROS-595 Ростсельмаш (Россия)	Факт	325	1,38	6,3	5,2	6,25	10,6	0,86
		Расчётная	350	0,93	8,4	6,3	6,7	11,4	
		Соотношение	0,93	1,48	0,75	0,83	0,93	0,93	
12	TORUM-740 Ростсельмаш (Россия)	Факт	400	5,4	-	5,2	8,4	14,6	0,96
		Расчётная	520	3,9	-	8,7	10,4	18,2	
		Соотношение	0,77	1,40	-	0,60	0,80	0,80	
13	GR700 (Беларусь)	Факт	420	5,5	-	5,0	8,6	14,9	0,96
		Расчётная	531	3,94	-	8,8	10,6	18,6	
		Соотношение	0,79	1,40	-	0,57	0,80	0,80	
14	GS2124 (Беларусь)	Факт	530	1,95	4,2	5,8	8,5	14,8	0,94
		Расчётная	527	1,22	7,9	9,6	10,0	16,8	
		Соотношение	1,0	1,59	0,53	0,60	0,89	0,90	
15	CS 660 New - Holland США	Факт	282	1,0	4,2	5,2	5,2	8,8	0,88
		Расчётная	274	0,81	7,1	5,3	5,5	9,3	
		Соотношение	1,03	1,23	0,60	0,98	0,95	0,95	
16	MF 7278 «Cereca» США	Факт	388	0,9	8,8	5,3	6,7	11,4	0,94
		Расчётная	384	0,99	9,0	6,6	7,2	12,3	
		Соотношение	1,01	0,91	0,98	0,8	0,93	0,93	
17	296 LCS Laverda Италия	Факт	235	1,0	5,4	4,5	4,9	8,1	0,90
		Расчётная	230	0,76	6,6	4,9	5,0	8,2	
		Соотношение	1,02	1,30	0,80	0,90	0,98	0,98	

**Приложение В**  
**(рекомендуемое)**

**Пример расчета параметрического индекса комбайна**

1. Расчет параметрического индекса для комбайна с классической молотилкой СК-5 МЭ-1 «Нива-Эффект» в стандартном исполнении принимаем  $K_{Ne}$ ,  $K_{F_{II}}$ ,  $K_{F_c}$  и  $K_{F_p}$  равными единице, тогда:

$$i_k = \frac{1}{4} \left( \frac{145}{32} + \frac{0,92}{0,26} + \frac{4,34}{1,5} + \frac{2,42}{0,8} \right) = 3,36.$$

Для нового комбайна NOVA 340:

$$i_k = \frac{1}{4} \left( \frac{180}{32} + \frac{0,93}{0,26} + \frac{4,34}{1,5} + \frac{3,59}{0,8} \right) = 4,0.$$

2. Расчет параметрического индекса для комбайна с аксиально-роторной молотилкой. Для комбайна «TORUM 740»:

$$i'_k = \frac{400}{126} + 0,5 \cdot (5,4 + 5,2) = 8,47;$$

Для нового комбайна  $K_{Ne}$ ,  $K_{F_{II}}$  и  $K_{F_p}$  принимаем равными единице.

Для комбайна ПН-100 с тангенциально расположенным ротором  $K_{Ne} = 0,95$  за счет потерь мощности при передаче ее от двигателя через карданную передачу к молотилке;  $K_{F_{II}} = 0,95$ , так как не используется полностью верхняя часть подбарабана (справа по ходу) из-за смещения хлебной массы влево;  $K_{F_p} = 0,95$  за счет того, что ротор сильно перебивает солому и решета работают на более измельченной массе.

Тогда для ПН-100:

$$i'_k = 0,95 \frac{80}{126} + 0,5 \cdot (0,95 \times 1,86 + 0,95 \times 1,98) = 2,42.$$

**Приложение Г**  
**(рекомендуемое)**

**Пример технических средств, применяемых для определения потерь зерна, допускаемых составными частями зерноуборочного комбайна**

Перед проходом зерноуборочного комбайна по учетной делянке в нескошенный хлебостой следует уложить пробоотборники согласно разработанной методике в направлении движения комбайна от открытого к закрытому окну вне зоны прохода колес и закрепить путем вдавливания грунтозацепов на корпусе в грунт (рисунок Г.1).



Рисунок Г.1 — Пробоотборник потерь зерна, установленный в междурядье озимой пшеницы

Потери зерна следует собирать в двухкамерные пробоотборники (рисунок Г.2) для отдельного сбора потерь зерна, допускаемых составными частями зерноуборочного комбайна, в виде цилиндрической пластиковой трубы диаметром 100 мм с вырезанными в нем сверху двумя прямоугольными окнами одинаковой длины, предназначенными для сбора потерь (за жаткой, МСУ и измельчителем-разбрасывателем).

## ГОСТ

(проект, RU, окончательная редакция)



Вид А – до прохода комбайна



Вид Б – после прохода комбайна

Рисунок Г.2 — Двухкамерный пробоотборник для отдельного сбора потерь зерна

После прохода комбайном учетной делянки содержимое пробоотборников следует поместить в емкости с соответствующими этикетками и перенести к месту сепарации очистки проб зерна и их взвешивания.

Выделение потерь зерна из собранного в пробоотборники вороха следует выполнять с помощью сепаратора потерь зерна (рисунок Г.3).

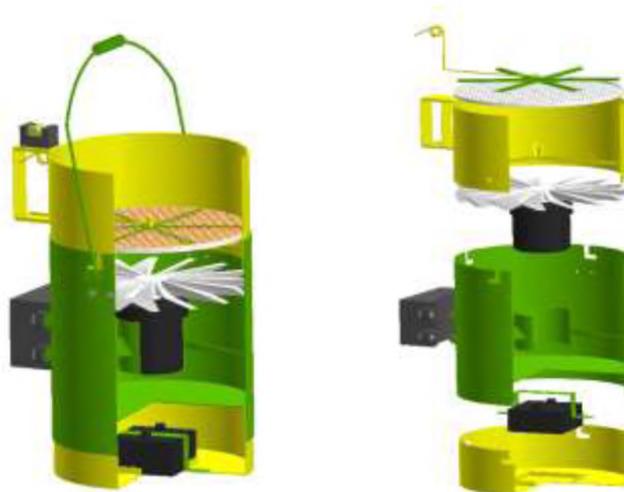


Рисунок Г.3 — Сепаратор очистки проб зерна для оценки работы уборочных машин

ГОСТ

(проект, RU, окончательная редакция)

Приложение Д  
(рекомендуемое)

Форма ведомости учета потерь зерна за комбайном

Ведомость учета потерь зерна за комбайном

Марка машины \_\_\_\_\_  
Тип измельчителя-разбрасывателя \_\_\_\_\_  
Место испытаний \_\_\_\_\_  
Дата испытаний \_\_\_\_\_

Культура, сорт \_\_\_\_\_  
Повторность \_\_\_\_\_  
Ширина захвата жатки, м \_\_\_\_\_  
Скорость движения, км/ч \_\_\_\_\_

Номер пробоот- борника	Ши- рина за- хвата жатки, м	Жатка комбайна			Молотилка комбайна			Измельчитель-разбрасыватель комбайна		
		число учет- ных пробоот- борников, шт.	площадь учетного пробоотбор- ника, м <sup>2</sup>	масса выделен- ных по- терь, г	число учет- ных пробоот- борников, шт.	площадь учетного пробоотбор- ника, м <sup>2</sup>	масса выделен- ных по- терь, г	число учет- ных пробоот- борников, шт.	площадь учетного пробоотбор- ника, м <sup>2</sup>	масса вы- деленных потерь, г
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
Среднее										

**ГОСТ**

(проект, RU, окончательная редакция)

---

УДК 631.3:006.354

МКС 65.060.50

Ключевые слова: комбайны зерноуборочные, пропускная способность, потери зерна, зерновые культуры, рабочая характеристика молотилки, номинальная производительность комбайна, мощность двигателя, молотильно-сепарирующее устройство комбайна, технический уровень, параметрический индекс, гармоничность конструкции

---

Руководитель организации-разработчика

ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

Зам. директора, канд. техн. наук

Соколов А.В.

Руководитель разработки

Заведующий лабораторией,

вед. науч. сотр., канд. техн. наук

Чаплыгин М.Е.

Исполнители:

Гл. науч. сотр., д-р техн. наук, профессор

Жалнин Э.В.

Гл. науч. сотрудник, д-р техн. наук, профессор

Алдошин Н.В.

Мл. науч. сотрудник

Казакова В.А.