
ЕВРАЗИЙСКИЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(EASC)

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



**МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТАНДАРТ**

ГОСТ

*(проект, RU,
первая
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, первая 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 Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

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

ГОСТ

(проект, RU, первая редакция)

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от _____ 202__ г. № __ межгосударственный стандарт ГОСТ _____ введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с _____ 202__ г.

5 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, первая 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) Ведомость учета потерь зерна за комбайном	

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

КОМБАЙНЫ ЗЕРНОУБОРОЧНЫЕ.

**Методы расчета пропускной способности и потерь
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, первая редакция)

ГОСТ 27388 Эксплуатационные документы сельскохозяйственной техники

ГОСТ 28301 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

ГОСТ 35113 Комбайны зерноуборочные и кормоуборочные и их сборочные единицы. Утилизация. Порядок проведения

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов на официальном интернет-сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации (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 документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 комбайн: Машина зерноуборочная, оборудованная системами контроля и регулирования режимов работы и настройки рабочих органов комбайна исполнительными элементами, выполняющая последовательно в неразрывном технологическом процессе: срезание или подбор валков убираемой культуры, подачи ее к молотильно-сепарирующему устройству, вымолот зерна из колосьев, сепарацию и первичную очистку его от вороха и прочих примесей, транспортировку и накопление очищенного зерна в бункере с системой выгрузки из него или в сменных емкостях, укладку незерновой части урожая на убираемый участок.

3.2 интеллектуальная система контроля: Средства контроля и регулирования режимов работы и настройки 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. К ней относятся солома (крупные части стеблей и листьев) и полова (части колоса, то есть стержни, пленки, ости и мелкие части листьев).

3.4 пропускная способность комбайна: Количество зерносоломистой массы в килограммах, обработанная в комбайне за единицу времени равной 1 секунде, 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): Зависи-

ГОСТ

(проект, RU, первая редакция)

мость 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 молотилку комбайна при заданном уровне потерь 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: 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, то есть без остановок по каким-либо причинам.

3.9 номинальная производительность комбайна: Производительность за час основного времени, выраженная в гектарах или 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 жаткой 0,5 % и за комбайном 1,5 %, приведенная к нормированному отношению массы зерна к массе соломы (1:1,5).

3.10 производительность комбайна за час загонного времени: Площадь, убранная комбайном, выраженная в гектарах или тоннах основного продукта за время нахождения его в поле с учетом затрат времени на выгрузку зерна и повороты в конце загона.

3.11 сменная производительность комбайна: Площадь, убранная комбайном, выраженная в гектарах или тоннах основного продукта за час сменного времени его нахождения в поле с учётом потерь времени на технологические и организационные простои.

3.12 эксплуатационная производительность комбайна: Площадь, убранная комбайном, выраженная 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: Сухая масса (без заправки ГСМ) комбайна в килограммах или тоннах в наиболее типичной или аналогичной со сравниваемыми моделями по комплектации.

3.14 вместимость бункера комбайна: 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: Паспортная мощность двигателя нового комбайна, выраженная в киловаттах или лошадиных силах.

3.16 комплектация сменным оборудованием: Комплектация комбайна сменным оборудованием, предназначенным для уборки различных культур и незерновой части урожая.

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 – принцип гармоничности конструкции машины.

5 Общие положения

5.1 Порядок представления комбайна на проведение испытаний, оформление результатов приемки – в соответствии с ГОСТ 28305, а также в соответствии со стандартами, действующими в государствах-участниках Соглашения.

Эксплуатационные документы, представляемые с комбайном, должны соответствовать ГОСТ 27388, которые должны содержать рекомендации по оптимальной настройке и регулировке комбайна на различных видах агрофона в условиях эксплуатации.

5.2 На испытания предоставляется зерноуборочный комбайн новый или эксплуатируемый в хозяйстве строго при наступлении агротехнического срока уборки.

5.3 Применяемые средства измерений должны быть поверены до начала испытаний в соответствии с действующими в государстве правилами.

5.4 Нестандартные и единичные средства измерений, испытательное оборудование подлежат аттестации, проводимой в установленном порядке.

6 Порядок подготовки к испытаниям

6.1 Перед началом проведения испытаний на основании типовой программы испытаний составляют рабочую программу-методику испытаний, в которой указывают с учетом особенностей конкретного образца перечень определяемых показателей и фактические значения, по которым в процессе испытаний заносятся данные в рабочие формы.

6.2 При подготовке комбайна к испытаниям необходимо соблюдать следующие требования:

- комбайн должен отвечать требованиям безопасности (при всех видах испытаний должен быть составлен и утвержден акт предварительной оценки безопасности);

- до начала испытаний комбайн должен быть обкатан и отрегулирован в соответствии с руководством по эксплуатации.

6.3 Параметры, характеризующие условия работы зерноуборочного комбайна при испытаниях, должны находиться в пределах, соответствующих ТЗ (ТУ) на испытуемый комбайн.

6.4 Перед проведением испытаний проводят инструктаж персонала по вопросам устройства и безопасной эксплуатации комбайна.

6.5 В зависимости от вида выполняемых уборочных работ (прямое или раздельное комбайнирование) комбайн укомплектовывают жаткой (хедером) или подборщиком в соответствии с руководством по эксплуатации.

6.6 Оценку потерь зерна при испытании зерноуборочных комбайнов проводят в наиболее применяемом варианте работы в режиме измельчения-разбрасывания незерновой части урожая.

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, конструктивных, экономических, технологических, эргономических, экологических и

ГОСТ

(проект, RU, первая редакция)

эстетических показателей, а также степенью выполнения требований техники безопасности, санитарии и гигиены.

Большинство из названных групп показателей гостированы или ограничены соответствующими отраслевыми стандартами. Выполнение требований ГОСТов и ОСТов обязательно при освоении серийного производства комбайнов, иначе они теряют юридическую основу для использования в сельском хозяйстве. 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 (см. ГОСТ 34915, ГОСТ 35113).

Поэтому наибольший 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 предлагаемой методике 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 за единицу времени влияют множество факторов. Обобщенный анализ проведенных ранее исследований примерно за 60 -70 прошлых лет показывает, что исследованию влияния на производительность комбайна подвергалось более 100 факторов и параметров, начиная с характеристик агрофона и, оканчивая влиянием степени наполнения копнителя соломой. Спектр проведенных исследований очень широкий. Однако обобщение последних работ ряда исследователей, а также материалы стандарта

показывают, что можно выделить десять эксплуатационно-технологических и десять конструкционных показателей, определяющих технический уровень комбайнов.

7.2 Номенклатура определяемых показателей

1. *Пропускная способность комбайна q_k (кг/с)* - количество зерносоломистой массы в килограммах, обработанная в комбайне за единицу времени равной 1 секунде, 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).

К примеру, в проспекте по комбайну 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, которое собралось в бункере 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). Величина q_k зависит от конструкции комбайна и условий его испытаний. Показатель q_k является важнейшей

ГОСТ

(проект, RU, первая редакция)

паспортной характеристикой комбайна, определяющей его производительность, класс, размерно-массовые и стоимостные параметры.

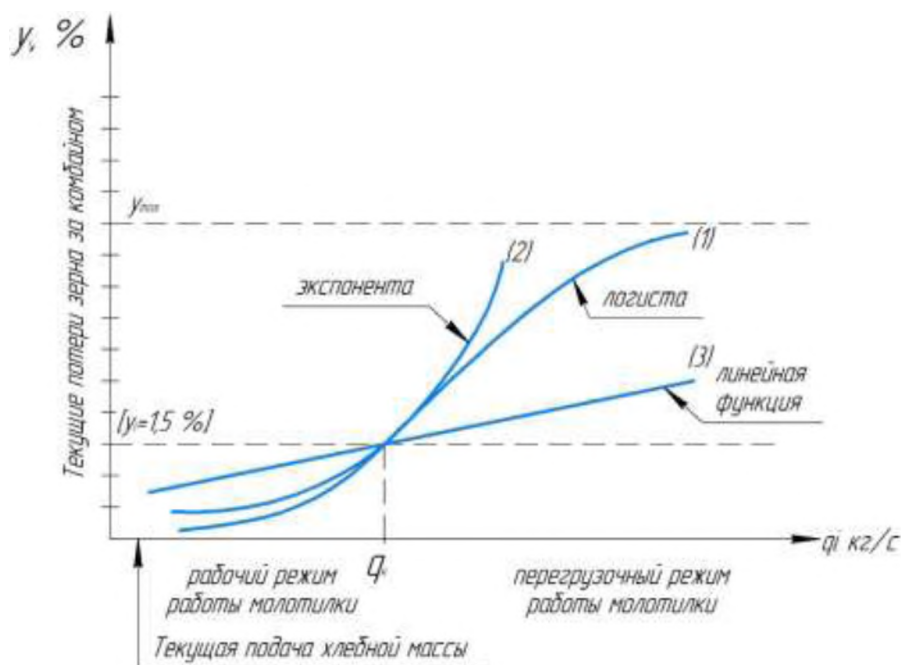


Рисунок 1 – Варианты графиков рабочей характеристики молотилки комбайна (РХМ)

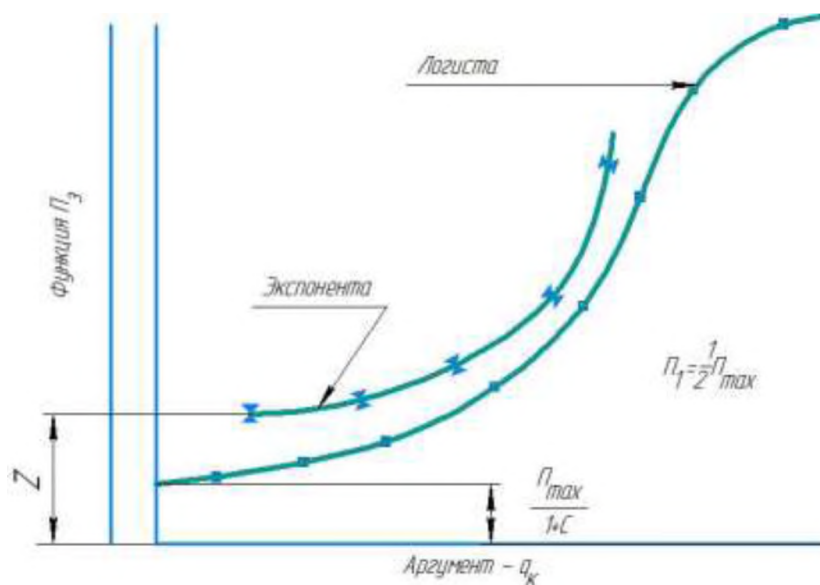


Рисунок 2 – Зависимости изменения потерь зерна Π_3 молотилкой комбайна от величины приведенной подачи хлебной массы q_k

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

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

где Π_i – текущие потери зерна при текущей подаче хлебной массы в комбайн - q_i ;

b, c, k — постоянные коэффициенты для конкретного комбайна в 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 « c » — масштабный, безразмерный коэффициент.

При Π_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 схемой 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):

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

ГОСТ

(проект, RU, первая редакция)

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) вида:

$$\Pi_i = a_i + b_i g_i \quad \text{или} \quad \Pi_i = a_i - b_i g_i$$

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

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

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

2. *Производительность комбайна W_o* в тоннах зерна за час основного времени – количество зерна, собранного в бункер комбайна без учёта потерь зерна, за час чистой работы комбайна, то есть без остановок по каким-либо причинам.

Величина W_o чаще всего указывается в проспектах зарубежных фирм и имеет больше рекламный характер, так как не связана с величиной потерь зерна и фактической соломистостью в конкретных условиях эксплуатации комбайна.

$$W_o = 0,1 Y_3 B V = 3,6 q_3, \quad (5)$$

где Y_3 - урожайность зерна, т/га;

B - ширина захвата жатки комбайна, м;

V - скорость движения комбайна, км/час;

q_3 - подача зерна в комбайн, кг/с.

Так как

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

где q_ϕ - фактическая подача хлебной массы в комбайн при фактическом значении α_ϕ .

Формулы (5) и (6) раскрывают физический смысл рекламности показателя W_o , по которому нельзя сравнивать разные комбайны несмотря на то, что в проспектах разных фирм этот показатель указывается чаще всего. Он указывается без ссылки на потери зерна за комбайном и при неизвестной соломистости. 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.

Уборочный фон в США, Германии, Франции, Англии отличается от отечественного 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 зарубежных фирм часто можно встретить значения чистой производительности порядка 25-30 т/час, а то и выше.

К этим показателям надо относиться с учетом тех условий, в кото-

ГОСТ

(проект, RU, первая редакция)

рых они получены. В отечественных условиях зарубежные комбайны такой производительности достигают только в отдельных случаях.

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

$$q_{\text{пр}} = q_\phi \frac{1+\alpha_\phi}{1+\alpha_\phi}. \quad (7)$$

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 соломи-ности.

3. *Номинальная производительность W_H комбайна в тоннах зерна за час чистого времени при фиксированных потерях зерна за молотилкой и соломиности.*

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

$$W_H = 1,44q_k, \quad (8)$$

Этот показатель более объективно оценивает возможности комбайна. К сожалению, действующие стандарты не разделяют W_o и W_H и из-за этого часто происходит путаница этих понятий.

4. *Производительность комбайна в гектарах или тоннах зерна за час загонного времени W_3 – убранная площадь комбайном за время нахождения его в поле с учётом затрат времени на выгрузку зерна и повороты в конце загона:*

$$W_3 = K_3 W_H = 3,6K_3 q_3, \quad (9)$$

где K_3 - коэффициент использования загонного времени работы комбайна.

Этот коэффициент равен:

$$K_3 = \frac{T_q}{T_q + t_{\Pi} n_{\Pi} + t_{\text{выг}} n_{\text{выг}}}, \quad (10)$$

где T_q - время чистой работы комбайна;

t_{Π} , $t_{\text{выг}}$ - время на повороты и выгрузку зерна из бункера;

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

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 зарубежных фирм создавать комбайны с гидротрансмиссией, сервоуправлением, повышенной производительностью выгрузного шнека до 2,5...3,5 т/мин.

5. *Производительность комбайна в гектарах или тоннах зерна в час сменного времени:*

$$W_{\text{см}} = K_{\text{см}} W_o, \quad (11)$$

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

Отсюда следует важность организации уборочных работ.

6. *Производительность комбайна в гектарах или тоннах зерна за час эксплуатационного времени смены:*

$$W_{\text{эксп}} = K_{\text{эксп}} W_o, \quad (12)$$

ГОСТ

(проект, RU, первая редакция)

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 0,5...0,7, а зарубежных 0,8...0,95.

7. *Масса комбайна в килограммах или тоннах G_k* - сухая масса (без заправки ГСМ) комбайна в наиболее типичной или аналогичной со сравниваемыми моделями комплектацией.

8. *Вместимость бункера комбайна V_b* в м³ или литрах – конструкционный объём бункера комбайна без учёта реального коэффициента его заполнения зерном во время работы, равного, как правило, 0,90...0,95.

9. *Мощность двигателя N_e* в киловаттах или лошадиных силах - паспортная мощность двигателя нового комбайна.

10. *Комплектация сменным оборудованием для уборки различных культур и реализации различных технологий уборки* полновы и соломы.

К примеру, навеска копнителя на комбайн снижает сменную производительность комбайна на 5 – 8 %, а измельчителя – разбрасывателя на 15 – 20 % и соответственно повышается расход топлива по сравнению с комбайном, оборудованным простым капотом или валкоукладчиком.

Вышеперечисленные параметры и характеристики комбайна являются системообразующими для всех остальных показателей его технического уровня и большинство из них выражаются через пропускную способность комбайна и параметры МСУ комбайна. К примеру, номинальную производительность комбайна в час чистого времени можно выразить

уравнением (8), а фактическую производительность в гектарах за час эксплуатационного времени рассчитать по формуле:

$$W_{\phi} = \frac{3,6 \cdot q_k \cdot K_{\text{зон}}}{y_z (1 + \alpha_{\phi})}, \quad (13)$$

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

α_{ϕ} - фактическое содержание зерна в убираемой культуре (зависит от урожайности зерна Y_z и соломы Y_c над линией среза).

Зная W_{ϕ} , можно рассчитать 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.

Таким образом 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

Конструкционных показателей, определяющих технический уровень комбайна, теоретически бесконечно. На работу комбайна, его производительность, пропускную способность, качество работы влияют много факторов – от типа конструкции режущего аппарата жатки до соломоуборочного средства. Однако многочисленные исследования комбайнов и результаты их многолетних испытаний на МИС выявили десять основных конструкционных параметров:

- Ширина захвата жатки, м;
- Мощность двигателя, л.с.;

ГОСТ

(проект, RU, первая редакция)

- Диаметр молотильного барабана (ротора), м
- Длина молотильного барабана (ротора), м;
- Угол обхвата подбарабання (ротора), град.;
- Площадь подбарабання (ротора), м^2 ;
- Площадь решет очистки, м^2 ;
- Площадь соломотряса, м^2 ;
- Вместимость бункера, м^3 ;
- Масса комбайна, т.

Именно эти десять конструкционных параметров имеют наиболее тесную корреляционную связь с пропускной способностью комбайна и его номинальной производительностью.

Проведен анализ исследований и выбор наиболее адекватной модели по принципу «лезвие Оккама», согласно которого в большинстве случаев для практических целей не обязательно достигать оптимальную точку гиперосферы факторного пространства, влияющего на искомый критерий оптимальности. Достаточно пользоваться областью решений близких к оптимуму.

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

- Имеющиеся функциональные математические модели отражают влияние на пропускную способность комбайна в основном одного двух его параметров. По общему виду модели громоздки. Использование их для оперативных расчетов затруднено, хотя для аналитических исследований процессов обмолота и сепарации их применение целесообразно.
- Некоторые статистические модели более полно отражают влияние на пропускную способность комбайна совокупности нескольких параметров молотилки комбайна.

- В моделях, как правило, не учтено влияние энергетического параметра комбайна и его зерноочистительных органов.
- В ряде математических моделей в качестве аргументов приняты площади соломосепараторов и доказана их наиболее тесная связь с пропускной способностью и производительностью комбайна.

На основании проведенного анализа различных математических моделей расчета пропускной способности комбайна в качестве обобщенных параметров принято: мощность двигателя комбайна N_e , площадь развертки подбарабання молотильного аппарата F_n , площадь соломосепаратора F_c , и площадь решет очистки F_p .

Выбор этих обобщенных параметров комбайна является первой методической предпосылкой для обоснования и вывода новой статистической модели расчета пропускной способности комбайна.

7.4 Расчет параметрического индекса современных отечественных и зарубежных комбайнов

7.4.1 Определение понятия

Впервые вводится понятие «параметрический индекс» для оценки технического уровня комбайнов, которое является второй методической предпосылкой для расчета их пропускной способности q_k . Она основана 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

ГОСТ

(проект, RU, первая редакция)

технологическому назначению, принципу действия они идентичны, а по основным параметрам соизмеримы в зависимости от пропускной способности. Аксиально-роторные комбайны также во многом подобны, поэтому названную предпосылку можно назвать *принципом идентичности конструкции комбайнов по технологическим схемам обмолота и сепарации, который количественно выражается параметрическим индексом*.

На этом основании все семейство известных комбайнов можно 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.

В соответствии с этим параметрический индекс комбайна является критериальным уравнением, связывающим в один функционал обобщенные параметры комбайна: мощность двигателя – N_e и площади сепарации подбарабана – F_{Π} , соломотряса – F_c и решет очистки – F_p .

Обоснование параметрического индекса - принципиальный момент разрабатываемой методики расчета параметров комбайнов. В его основе лежит принцип подобия конструкции комбайнов, принятый нами в качестве методической предпосылки.

Как следует из теории подобия, если системы подобны, то из определяющих их факторов можно составить безразмерный комплекс, т.е. критериальное уравнение. Для выбранных обобщенных параметров комбайна критериальное уравнение имеет такой общий вид:

$$\Phi\left(\frac{N_{ei}}{N_{ej}}; \frac{F_{\Pi i}}{F_{\Pi j}}; \frac{F_{ci}}{F_{cj}}; \frac{F_{pi}}{F_{pj}}\right) = idem, \quad (14)$$

где Φ - функционал;

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

N_{ej} , $F_{пj}$, F_{cj} , F_{pj} - параметры номинальной модели комбайна.

Для определения вида взаимосвязи между параметрами функционала – Φ в формуле (14) вводится третья методическая предпосылка: вклад каждого обобщенного параметра комбайна в пропускную способность должен быть примерно одинаковым. Это следует из того факта, что 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 (14) для номинального комбайна будет иметь вид:

$$\Phi = i_k = \frac{1}{4} \left(\frac{N_{ei}}{N_{ej}} + \frac{F_{пi}}{F_{пj}} + \frac{F_{ci}}{F_{cj}} + \frac{F_{pi}}{F_{pj}} \right) = 1. \quad (15)$$

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, в том числе и селекционных. По данным работ Ульриха, И.Ф. Алдошина и др., 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:

$$N_{ej}=32 \text{ л.с};$$

$$F_{пj}= 0,26 \text{ м}^2;$$

$$F_{cj} = 1,5 \text{ м}^2; \quad (16)$$

$$F_{pj} = 0,8 \text{ м}^2;$$

$$G_k = 2000 \text{ кг.}$$

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 молотилкой

С учетом формул (15) и (16) общее критериальное уравнение для совокупности зерноуборочных комбайнов, имеющих классическую схему молотилки, имеет вид:

$$i_k = \frac{1}{4} \left(\frac{N_{ei}}{32} + \frac{F_{\pi i}}{0,26} + \frac{F_{ci}}{1,5} + \frac{F_{pi}}{0,8} \right); \quad (17)$$

Выражение (17) является безразмерным показателем и определяет параметрический индекс любого комбайна. Таким образом, каждый комбайн получает индивидуальный параметрический индекс, который отражает его конструкцию и потенциальную пропускную способность молотилки. Наряду с маркой комбайна и его производительностью параметрический индекс может служить 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 подбарабья в одном комбайне процесс обмолота и сепарации может проходить более интенсивно, чем в другом, вследствие применения каких-либо интенсифицирующих факторов: увеличено живое сечение подбарабья, более активная поверхность подбарабья, 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. К примеру, 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. Например, известны различные способы интенсификации 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 (17) принимает вид:

$$i_k = \frac{1}{4} \left(K_{N_e} \frac{N_e}{32} + K_{F_{\Pi}} \frac{F_{\Pi}}{0,26} + K_{F_c} \frac{F_c}{1,5} + K_{F_p} \frac{F_p}{0,8} \right). \quad (18)$$

ГОСТ

(проект, RU, первая редакция)

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);

$K_{F_{II}}$, K_{F_c} и K_{F_p} - соответственно коэффициенты эффективности использования поверхности подбарабання, соломосепаратора, решет очистки.

Для комбайна СК-5 МЭ-1 «Нива-Эффект» в стандартном исполнении принимаем K_{N_e} , $K_{F_{II}}$, 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:

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

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

Формула (17) 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.

Тем не менее, исследования Жалнина Э. В., Шевцова А.В. и др. показали, что сами процессы обмолота и сепарации в классическом МСУ и аксиально-роторном (АРМ) протекают идентично. В разной степени, но имеет место ударное и перетирающее воздействие на хлебную массу.

Отсюда логично предположить, что примененные ранее принципы подобия и гармоничности конструкции классических комбайнов вполне применимы и для комбайнов с АРМ. Используя это положение в качестве

гипотезы, определим коэффициенты подобия по параметрам N_e , F_{Π} и F_p для АРМ комбайна, считая, что параметр $F_{\Pi c}$ – это суммарная площадь сепарации подбарабannya молотильной части ротора F_{Π} и соломосепаратора F_c .

Правомочность объединения этих площадей обосновывается тем, что процессы в этих частях подбарабannya 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 (17), 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 многолетних 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 КубНИИТИМ по комбайну «Дон-1500» и его аксиально-роторной модификации КТР-10В (приложение А, таблица А.1.1).

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 зарубежные аксиально-

ГОСТ

(проект, RU, первая редакция)

роторные комбайны имеют двигатели в 1,25-1,3 раза более мощные, чем их модификации в классическом исполнении.

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 комбайном.

Коэффициент подобия по параметру F_p (площадь решет очистки) примем также с учетом материалов испытаний сравниваемых комбайнов. Полевые и лабораторные (стендовые) испытания обычных комбайнов. (данные КубНИИТИМ, ЦМИС и ВИМ) 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:

$$K_p = 1,15 \frac{F_p}{0,8} = 1,44 F_p; \quad (19)$$

Для определения коэффициента подобия по параметру $F_{пс}$ с учетом допущения о примерно одинаковом вкладе каждого параметра (N_e , $F_{пс}$, 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_{nc} .

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

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

$$i'_k = \frac{1}{3} \left(K_{N_e} \frac{N_e}{42} + K_{F_{nc}} \frac{F_{nc}}{0,67} + K_{F_p} 1,44 F_p \right). \quad (20)$$

После преобразования и округления до целых чисел; получаем:

$$i'_k = K_{N_e} \frac{N_e}{126} + 0,5 (K_{F_{nc}} F_{nc} + K_{F_p} F_p); \quad (21)$$

К примеру, для комбайна «TORUM 740» имеем:

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

Для нового комбайна K_{N_e} , $K_{F_{nc}}$ и K_{F_p} принимаем равными единице.

Для комбайна ПН-100 с тангенциально расположенным ротором $K_{N_e} = 0,95$ за счет потерь мощности при передаче ее от двигателя через карданную передачу к молотилке; $K_{F_{nc}} = 0,95$, 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:

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

Аналогично рассчитаны параметрические индексы для всех остальных роторных комбайнов.

Таким образом, для каждого комбайна, имея только проспектные данные, можно рассчитать соответственно по формулам (18) или (21) его параметрический индекс.

7.4.4. Среднестатистическая пропускная способность комбайна

Введение понятия «среднестатистическая пропускная способность комбайна» - четвертая методическая предпосылка для вывода её математической модели. Это средневзвешенная пропускная способность комбайна по итогам его многолетних испытаний.

Как отмечено в разделе 7.2 величина пропускной способности комбайна устанавливается после проведения лабораторно-полевых испытаний комбайна по рабочей характеристике его молотилки. Но полученное значение q_k справедливо только для тех условий, в которых были проведены эти испытания. В других условиях значения q_k будут отличаться, а полная воспроизводимость условий испытаний невозможна.

Однако многолетние 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 за последние 30 лет в основных МИС, которые специализируются на испытаниях зерноуборочной техники.

Предварительно все выборки были подвергнуты стилизации по методу Шовене, как наиболее надежному способу выявления «грубых»

отклонений от среднего при воздействии на выборку случайных факторов разной природы. В результате этого приема большие отклонения от среднего значения q_k были выбракованы. Изучение причин появления больших отклонений от среднего значения вскрывало, как правило, ряд нехарактерных для условий испытаний самого комбайна факторов: малая или большая солоmistость, низкая или сверхвысокая влажность соломы, разрегулировки комбайна, нарушения в методике взятия проб и их обработке и т.п.

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 20 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 16,2 % и относительной погрешности в определении пропускной способности около 11,3 %.

Причем, если исключить опытные образцы комбайнов («Дон - 091», «Енисей - Руслан 1200»), а также те, по которым выборка менее 5, то ошибка в определении среднего значения пропускной способности комбайнов составляет 8,5%, что вполне приемлемо для использования $q_{\text{экс}}$ в практических расчетах, учитывая большие объемы экспериментальных данных и природу их получения.

Это позволяет утверждать, что проведенные МИС испытания комбайнов в целом достоверны и полученные средние пропускные способности комбайнов адекватно отражают их потенциальные возможности по

ГОСТ

(проект, RU, первая редакция)

обмолоту хлебной массы при допустимых потерях зерна.

Таким образом, 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.

Принцип достоверности результатов испытаний комбайнов на МИС является пятой методической предпосылкой 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_{II} и F_c , F_p , была исследована совокупность значений $q_{экс}$ и i_k для каждого из 20 комбайнов. Наличие корреляционной связи между пропускной способностью комбайна и его параметрическим индексом было шестой методической предпосылкой расчета q_k . Исследование зависимости $q_{экс} = f(i_k)$ 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 $Z = 0,99$.

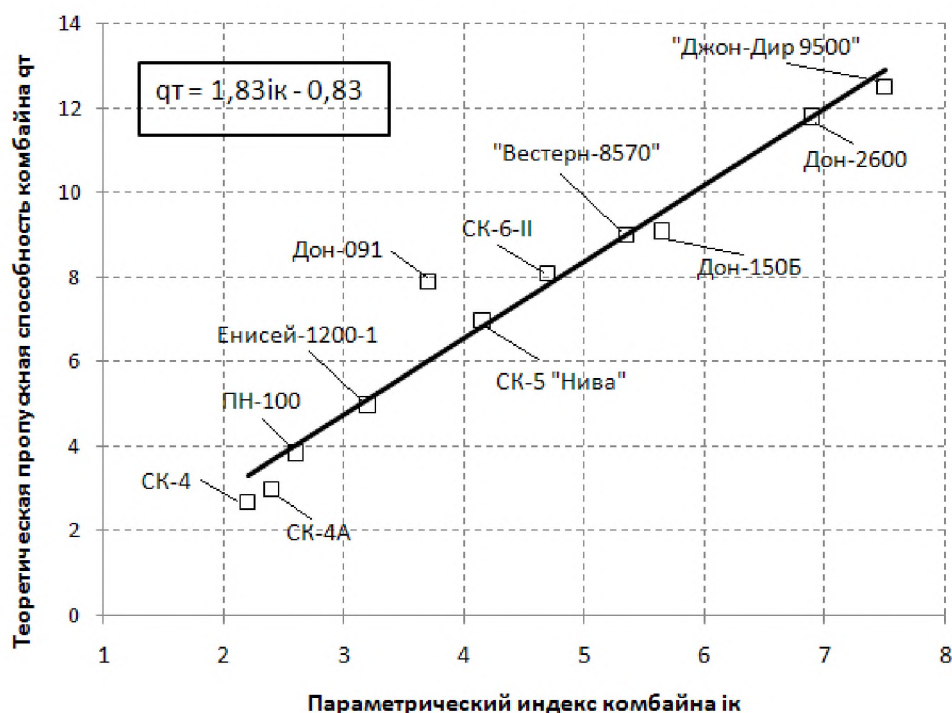


Рисунок 3 – Зависимость пропускной способности комбайна q_T от параметрического индекса i_k

Аппроксимирующая функция имеет вид:

$$q_T = 1,83i_k - 0,83 \quad (22)$$

Отсюда для комбайна с классической молотилкой:

$$q_T = 0,458 \left(\frac{N_e}{32} + \frac{F_{\Pi}}{0,26} + \frac{F_c}{1,5} + \frac{F_p}{0,8} \right) - 0,83 \quad (23)$$

Для комбайна с аксиально-роторной молотилкой:

$$q'_T = 1,83 \left(\frac{N_e}{126} + 0,5(F_{\Pi c} + F_p) \right) - 0,83 \quad (24)$$

При $i_k = 1$ пропускная способность номинального комбайна равна 1 кг/с, что соответствует исходной предпосылке.

Среднее отклонение значений теоретической [расчетной по формулам (23) и (24)] и экспериментальной пропускной способности составило 5,5 %, что вполне приемлемо для практических расчетов.

После 2000 года уравнение (22) неоднократно проверялось многими исследователями и почти каждый раз оно достаточно адекватно отражало результаты полевых испытаний комбайнов.

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

На каждом историческом этапе развития конструкций комбайнов, полученные для этого этапа математические модели, достаточно адекватно отражали динамику развития параметров комбайнов. Но, как отмечено в работе Плешакова В.Н., от одного периода к другому менялись и математические модели. Наиболее достоверным в течение длительного времени оказалось уравнение для расчета пропускной способности комбайна по его параметрическому индексу.

Используя этот факт с помощью уравнений (23) и (24), были пересчитаны пропускные способности современных комбайнов выпуска 2003 - 2019 гг., включая те, которые демонстрировались в этот период на международных выставках во Франции, Германии, России. Потом были получены корреляционные зависимости главных параметров комбайнов - N_e , F_n , F_c , F_p , F_{nc} от их теоретической пропускной способности.

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 тип размерного ряда комбайнов невозможно выявить какое-либо одно, общее для всего типоразмерного ряда комбайнов 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.

Появилось большое число комбайнов одинакового класса, но с разными значениями главных параметров. Это еще раз подтвердило нашу гипотезу о том, что нельзя значительно изменить пропускную способность комбайна, меняя только один из главных его параметров.

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. К примеру, комбайны фирмы «Challenger» (США) имеют традиционно меньшие удельные площади сепарации соломотряса - F_c и очистки F_p . Комбайны фирмы «Sampo - Rosenlev» (Финляндия) - меньше значения F_n , F_c , F_p , а фирмы «John Deere» (США) и «Claas» (Германия) более мощные двигатели. Комбайны ООО «Ростсельмаш» (Россия) имеют большие площади подбарабання и этим самым они выпадают из общего гармоничного ряда комбайнов поэтому параметру. Возможно, это частично оправдано сложными условиями уборки зерновых культур в России.

ГОСТ

(проект, RU, первая редакция)

Наиболее вариабельными параметрами комбайна являются вместимость бункера V_6 и масса комбайна - G_K . В парке комбайнов мира можно найти десятки моделей одинакового класса, но с разными вместимостями бункера для зерна и массой комбайна. Большую разницу в объемах бункеров можно в какой-то мере объяснить необходимостью удовлетворять требования конкретных групп сельхозтоваропроизводителей, пользующихся услугами той или иной комбайностроительной фирмы. Разницу в массе комбайнов одного и того же класса можно объяснить разной их комплектацией топливными баками, ходовыми системами, несопоставимостью по дополнительному оборудованию и частично недостоверностью проспектных данных.

Тем не менее, даже 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_n , 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.

На ближайшее десятилетие можно рекомендовать следующие 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 – Δ .

Соответственно можно считать, что 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 подбарабання.

Как видно из таблиц Б.1.1-Б.1.6 приложения Б для каждого главного параметра комбайна определился 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. Это новая характерная особенность динамики развития современных комбайнов.

7.4 6. Основные составляющие принципа гармоничности конструкции машин

Каждый конструктор при разработке очередной модели любой сельскохозяйственной машины часто по некоторым своим фирменным правилам, а иногда интуитивно, стремится 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, первая 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 ГKM 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. 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 ГКМ 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. То есть 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.

В любом случае надо находить компромисс между конструктором и технологом, но лучше всего шире практиковать методологию создания и применения стандартных модулей широкоразветвленной номенклатуры.

7.4.7. Расчет коэффициента гармоничности конструкции зерноуборочных комбайнов

Коэффициент гармоничности конструкции комбайна по параметрам $K_{\text{гар}}$ определяли из выражения:

$$K_{\text{гар}} = 1 - \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n \left[1 - \frac{(\Pi_i)_{\text{ф}}}{(\Pi_i)_{\text{т}}} \right]^2} \quad (25)$$

где n – общее количество параметров;

$(\Pi_i)_{\text{ф}}$ – фактическое значение параметра комбайна;

$(\Pi_i)_{\text{т}}$ – 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 (23) и (24) были рассчитаны теоретические (гармоничные) параметры для всех наиболее распространённых 150 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 , $F_{\text{п}}$, F_c , F_p и комбайны в целом по 6 параметрам – N_e , $F_{\text{п}}$, F_c , F_p , V_6 , G_k .

7.4.8. Алгоритм расчета коэффициентов гармоничности комбайнов

1. По проспектным данным для каждого комбайна выбираются главные параметры N_e , F_{Π} , F_c , F_p , V_b , G_k .

Принимаем их за фактические данные Π_{ϕ} .

2. По фактическим данным Π_{ϕ} рассчитывается параметрический индекс i_k по уравнениям (18) и (21).

3. По параметрическому индексу i_k определяется расчетная пропускная способность комбайна q_T по формуле (22).

4. По q_k и таблицам Б.1.1-Б.1.6 приложения Б определяются теоретические значения Π_T для комбайна каждого класса.

5. По Π_{ϕ} и Π_T по формуле (25) определяется коэффициент гармоничности комбайна $K_{\text{гар}}$ отдельно для четырех параметров $n = 4$ и шести $n = 6$.

6. По теоретическим параметрам Π_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 раздельного отбора потерь за рабочими органами комбайна

В стандартизованном методе оценки потерь зерна по ГОСТ 20915, ГОСТ 28301 в зоне прохода корпуса комбайна отбор проб осуществля-

ГОСТ

(проект, RU, первая редакция)

ется 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 вычитаются потери за жаткой, определяемые по результатам отбора проб вне полосы прохода корпуса комбайна. Однако, вследствие установленной 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 раздельного 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 стандартизированной методике. Поэтому была обоснована необходимость применения пробоотборников нового типа – двух или трехкамерных переключаемых пробоотборников, устанавливаемых в

40

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 производится перекрытие первой камеры и одновременно происходит открытие второй приемной камеры. При этом в полосе прохода корпуса комбайна при его проходе во вторую приемную 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 Общие положения

Настоящая 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.

Метод используется при определении потерь зерна за зерноуборочными комбайнами, работающими в условиях рядовой эксплуатации на уборке зерновых колосовых культур, а также для настройки и регулировки рабочих органов машины. Комбайны, за которыми определяются потери зерна оборудованы измельчителями-разбрасывателями соломы. Отбор проб для измерения потерь осуществляется на установившемся режиме работы. Перед проведением испытаний потери из-за недостаточного уплотнения молотилки комбайна должны быть устранены.

Методика исследований заключается в изучении характера распре-

ГОСТ

(проект, RU, первая редакция)

деления 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, в обосновании метода оценки, обеспечивающего минимальное количество применяемых пробоотборников.

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.

8.3 Номенклатура показателей условий испытаний

8.3.1 Место проведения опытов:

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

8.3.2 Характеристика показателей условий испытаний:

- тип почвы и название по механическому составу;
- культура, сорт;
- высота растений, см;
- количество растений на 1 м ряда;
- засоренность посевов сорняками, шт./м², г/м²;
- влажность зерна и соломы, %.

8.3.3 Суммарные потери зерна, допускаемые составными частями комбайна, определяются 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 полове;
 - в) потери зерна недомолотом в соломе;
 - г) потери зерна недомолотом в полове.

8.4 Методы определения показателей

- 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;
- пробоотборники устанавливают до прохода комбайна в междурядье хлебостоя в направлении движения комбайна от открытого к закрытому окну вне зоны прохода колес и закрепляют путем вдавливания грунтозацепов на корпусе в грунт (рисунок 4).

ГОСТ

(проект, RU, первая редакция)



Рисунок 4 – Пробоотборник потерь зерна, установленный в междурядье озимой пшеницы

- 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 5).

- 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 используется 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.

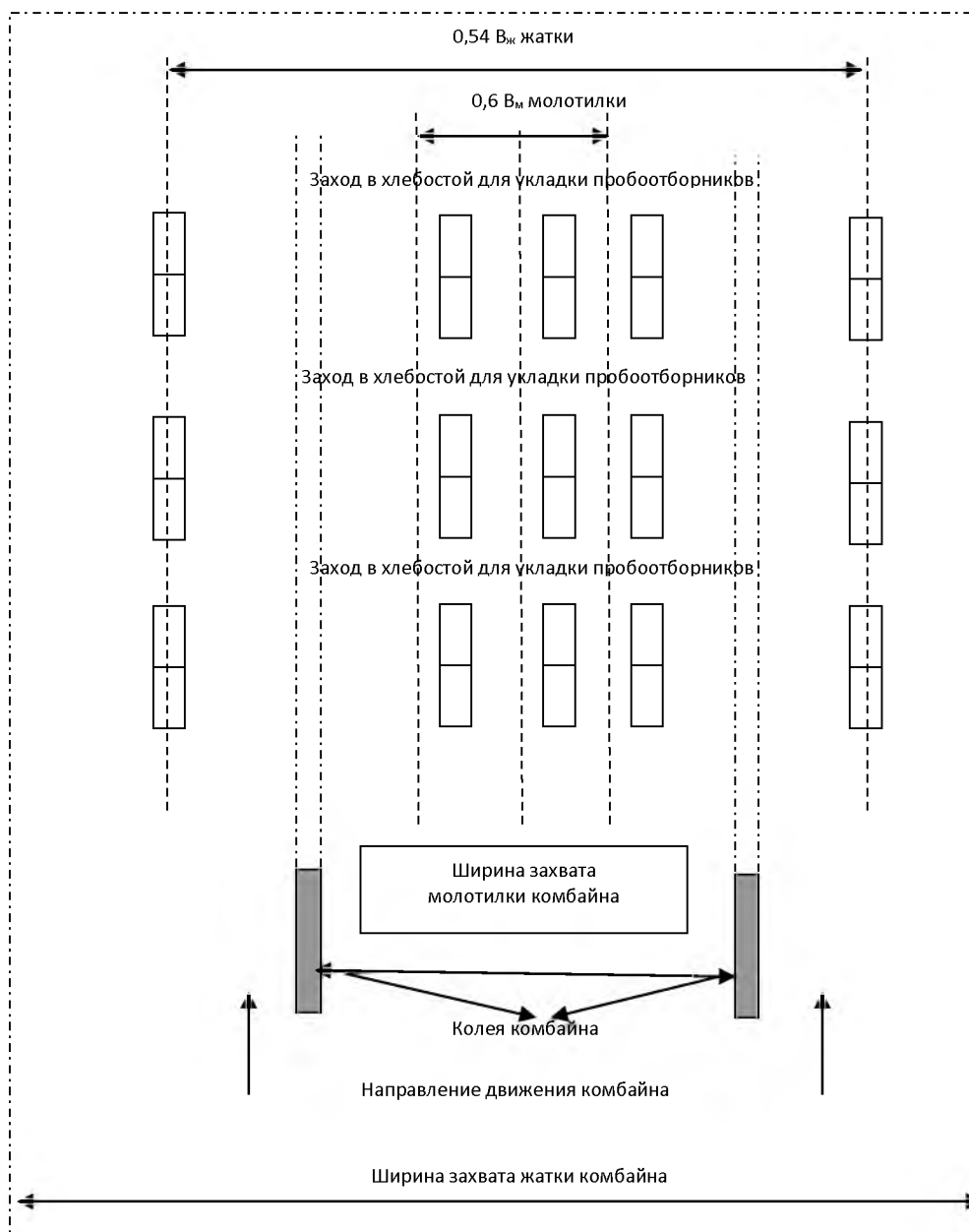


Рисунок 5 – Схема расстановки двухкамерных пробоотборников в междурядья хлебостоя до прохода комбайна

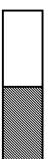
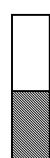
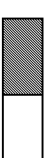
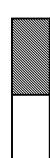
8.4.1 Порядок отбора проб потерь с применением двухкамерных пробоотборников

- при установке в междурядья перед проходом жатки открывают

ГОСТ

(проект, RU, первая редакция)

одну из камер пробоотборников 1, 5, а у трех пробоотборников 2, 3, 4 закрывают обе камеры (рисунок 6).

Положение камер пробоотборников по стадиям прохода ком- байна	Зоны потерь				
	Левая	Зона прохода корпуса ком- байна			Пра- вая
	Номер пробоотборника				
	1	2	3	4	5
При установке (до прохода комбайна)					
Перед выходом по- терь из очистки	По- тери не по- ступают				По- тери не по- ступают
Перед выходом по- терь из измельчителя- разбрасывателя	 -Р	 -Р	 -Р	 -Р	 -Р

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

Рисунок 6 – Схема отбора проб двухкамерными пробоотборниками

- после прохода жатки и поступления потерь в открытые камеры пробоотборников 1 и 5 производят закрытие камер с собранными потерями с помощью фиксирующего устройства и одновременно происходит 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 производят закрытие камер с потерями и одновременно открывают свободные камеры 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 взвешивают отдельно. Результат с указанием номера записывают в рабочую ведомость по форме, приведенной в приложении В;

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

8.5 Порядок определения показателей потерь зерна

8.5.1 Потери за жаткой в каждой повторности определяют путем отбора проб и нахождения их среднего значения из камер пробоотборников 1Ж и 5Ж (рисунок 6).

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

$$\bar{P}_ж = \bar{P}_{ж1} + \bar{P}_{ж5}, \quad (26)$$

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

$$P_ж = \frac{\bar{P}_ж}{v_{пр}} \cdot B_ж, \quad (27)$$

где $v_{пр}$ – ширина пробоотборника, м;

$B_ж$ – ширина захвата жатки, м.

8.5.2 Для оценки потерь за воздушно-решетной очисткой необходимо:

- учетные делянки комбайн должен проходить без остановок;

ГОСТ

(проект, RU, первая редакция)

- 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 получают 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 7), соответствующей левому краю корпуса комбайна (или ширины молотилки).

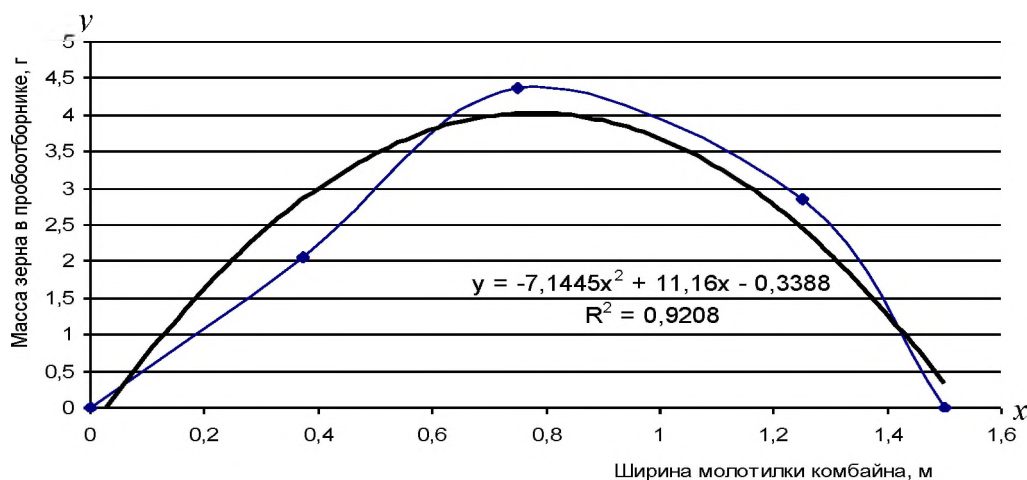


Рисунок 7 – Зависимость потерь зерна от расстояния по ширине МСУ

Для каждого значения “х” (в точках расположения пробоотборников) 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 $x = 1,5 \text{ м}$ (ширина молотилки), $y = 0$ (т.к. непосред-

ственно у боковых стенок корпуса комбайна потери равны 0) с использованием электронного ресурса Excel находят 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_o , г, по формуле:

$$\bar{P}_o = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}, \quad (28)$$

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

n – принятое число точек (6-8).

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

$$P_o = \frac{\bar{P}_o}{\epsilon_{пр}} \cdot B_{МСУ}, \quad (29)$$

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_o , г/м, вычисляют по формуле:

$$q_o = \frac{P_o}{B_{ж}}, \quad (30)$$

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

ГОСТ

(проект, RU, первая редакция)

Расположение пробоотборников по ширине разбрасывания (по ширине жатки) фиксируют на горизонтальной шкале графика с нулевой точкой отсчета шкалы, соответствующей левому краю хлебостоя (рисунок 8).

По полученным значениям потерь в пробоотборниках и при нулевых значениях потерь по линиям прохода краев жатки с использованием электронного ресурса Excel находят уравнение аппроксимирующей кривой, которую наносят на график зависимости потерь зерна от расстояния по ширине прохода жатки (рисунок 8). На горизонтальной шкале значение ширины жатки делят на шесть-восемь равных частей. В данном случае для семиметровой жатки удобно деление на семь частей.

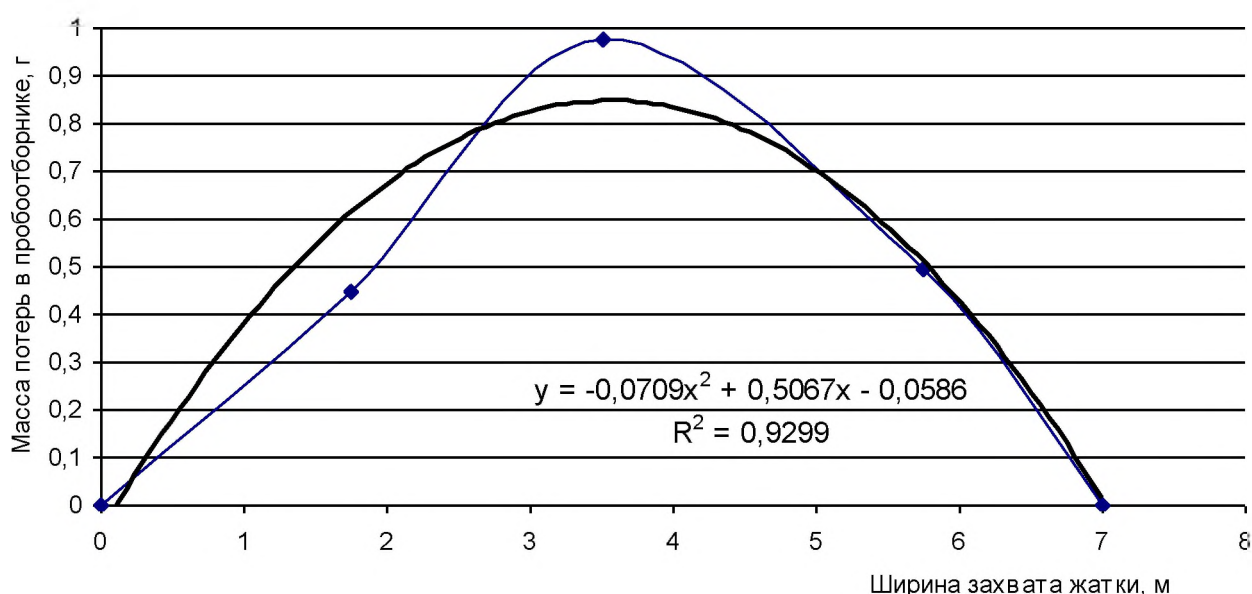


Рисунок 8 – Зависимость потерь зерна по ширине разбрасывания (по ширине жатки)

Путем подстановки значений точек, соответствующих серединам интервалов, 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:

$$\bar{P}_p = \frac{\sum_{i=1}^{n_i} P_{pi}}{n_i}, \quad (31)$$

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:

$$P_p = \frac{\bar{P}_p}{v_{пр}} \cdot B_{ж}, \quad (32)$$

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

$$P_{МСУ} = P_o + P_p \quad (33)$$

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

$$P_{общ} = P_{ж} + P_{МСУ}, \quad (34)$$

8.5.6 Удельную массу потерь зерна в расчете на единицу площади, $q_{уд}^ж$, $q_{уд}^{МСУ}$, г/м², вычисляют по формулам:

$$\text{- для жатки} \quad q_{уд}^ж = \frac{P_{ж}}{L_{пр} \cdot B_{ж}}, \quad (35)$$

$$\text{- для МСУ} \quad q_{уд}^{МСУ} = \frac{P_{МСУ}}{L_{пр} \cdot B_{МСУ}}, \quad (36)$$

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

8.5.7 Удельную массу потерь за комбайном, $q_{уд}$, г/м², вычисляют по формуле:

$$q_{уд} = q_{уд}^ж + q_{уд}^{МСУ}, \quad (37)$$

ГОСТ

(проект, RU, первая редакция)

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

$$\text{- для жатки} \quad \Delta q_{ж} = \frac{10^3 \cdot q_{уд}^{ж}}{y_3}, \quad (38)$$

$$\text{- для МСУ} \quad \Delta q_{МСУ} = \frac{10^3 \cdot q_{уд}^{МСУ}}{y_3}, \quad (39)$$

где y_3 – урожайность зерна, т/га.

8.6 Технические средства, применяемые для определения потерь зерна, допускаемых зерноуборочным комбайном

Перед проходом зерноуборочного комбайна по учетной делянке в нескошенный хлебостой укладываются пробоотборники согласно разработанной методике. Потери зерна собирают в двухкамерные пробоотборники (рисунок 9) для отдельного сбора потерь зерна, допускаемых 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).



Вид А – до прохода комбайна



Вид Б – после прохода комбайна

Рисунок 9 – Двухкамерный пробоотборник для отдельного сбора потерь зерна

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

Выделение потерь зерна из собранного в пробоотборники вороха выполняют с помощью сепаратора потерь зерна (рисунок 10).

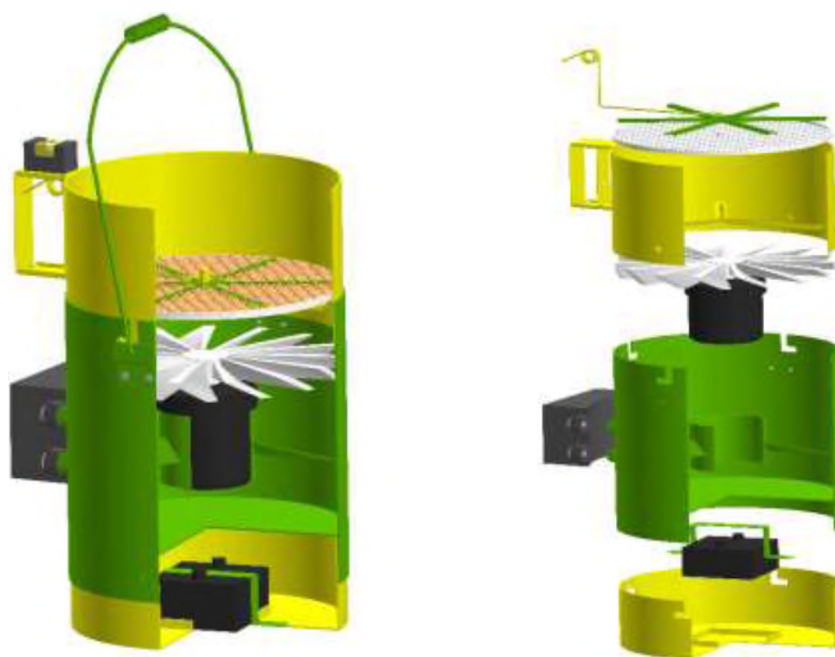


Рисунок 10 – Сепаратор очистки проб зерна для оценки работы уборочных машин

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.

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, первая редакция)

Таблица А.1.2 - Статистические характеристики пропускной способности комбайнов по результатам лабораторно-полевых испытаний (поданным МИС за 1970-2000 гг.)

№ п/п	Марка комбайна	Объем выборки n	Среднее значен. $q_{\text{экс}}$, кг/с	Среднее квадрати- ческое от- клонение σ_q , кг/с	Коэффи- циент вариа- ции V_q , %	Относи- тельная погреш- ность $q_{\text{экс}}$, 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	«Енисей-.Руслан 1200»	4	6,2	0,9	14,5	14,2
		В среднем		1,0	16,2	11,3

Приложение Б
(рекомендуемое)

Уравнения для расчета основных параметров комбайна

Таблица 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	$N_e = 36q_k$ $N_e = 28,4q_k$ $N_e = 42,2q_k - 97$

Таблица Б.1.2 - Уравнение для расчета площади развертки подбарабана, F_{Π}

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

Таблица Б.1.3 - Уравнения для расчета площади рабочей поверхности клавишного соломотряса F_c

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

Таблица Б.1.4 - Уравнения для расчета общей площади решет очистки - F_p

Пропускная способность комбайна, кг/с	Расчетные уравнения для F_p , м ² при $\Delta F_p \pm 3,0\%$
до 12	$F_p = 0,58q_k + 0,2$
Свыше 10 с аксиально-роторной молотилкой	$F_p = 0,63q_k + 0,28$

ГОСТ
(проект, RU, первая редакция)

Таблица 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	$V_6 = 0,95 q_k$

Таблица Б.1.6 - Уравнения для расчета среднестатистической массы комбайна G_k
с жаткой 6 м

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, первая редакция)

Таблица 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							Коэффициент гетерогенности K_g
		Варианты	Мощность двигателя N_e , л.с.	Площадь подбара- банья F_{II} , м ²	Площадь соломот- ряса F_c , м ²	Площадь решет очистки F_p , м ²	Парамет- рический индекс i_k	Пропускная способность q_k , кг/с	
1	Medion 340 Claas (Германия)	Факт	333	0,70	7,0	5,1	5,76	9,7	0,83
		Расчётная	312	0,87	7,76	5,8	6,1	10,3	
		Соотношение	1,07	0,80	0,90	0,88	0,9	0,9	
2	Доминатор 150 Claas (Германия)	Факт	141	0,4	4,2	3,0	3,0	4,7	0,84
		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	1,1	0,90	0,82	0,84	0,92	0,91	
4	5270 C/5270 C-AL Fendt (Германия)	Факт	180	1,3	5,7	6,0	5,3	8,90	0,76
		Расчётная	252	0,81	7,2	5,4	5,4	9,0	
		Соотношение	0,71	1,60	0,79	1,11	0,98	0,99	
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	1,0	1,0	
6	СК-5 МЭ-1 «Нива-Эффект» Ростсельмаш (Рос- сия)	Факт	145	0,92	4,34	2,42	3,36	5,3	0,83
		Расчётная	150	0,56	4,6	3,27	3,36	5,3	
		Соотношение	0,97	1,64	0,94	0,74	1,0	1,0	
7	NOVA 340 Ростсельмаш (Рос- сия)	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, первая редакция)

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	
		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	3,1	-	5,2	7,32	12,6	0,94
		Расчётная	416	3,4	-	6,5	7,67	13,2	
		Соотношение	0,96	0,91	-	0,8	0,95	0,95	
13	Sampo Rosenlew SR2010 Финляндия	Факт	83,0	0,3	1,4	0,7	1,39	1,71	0,82
		Расчётная	54,7	0,31	2,05	1,2	1,44	1,8	
		Соотношение	1,51	0,97	0,68	0,58	0,96	0,95	
14	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	0,6	0,98	0,95	0,95	
15	MF 7278 «Cerea» 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	
16	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	1,3	0,8	0,9	0,98	0,98	

ГОСТ

(проект, RU, первая редакция)

Приложение В
(рекомендуемое)

Ведомость учета потерь зерна за комбайном

Марка машины _____

Культура, сорт _____

Тип измельчителя-разбрасывателя _____

Повторность _____

Место испытаний _____

Ширина захвата жатки, м _____

Дата испытаний _____

Скорость движения, км/ч _____

Форма В.1

Номер пробоотборника	Ширина захвата жатки, м	Жатка комбайна			Молотилка комбайна			Разбрасыватель комбайна		
		число учетных пробоотборников, шт.	площадь учетного пробоотборника, м ²	масса выделенных потерь, г	число учетных пробоотборников, шт.	площадь учетного пробоотборника, м ²	масса выделенных потерь, г	число учетных пробоотборников, шт.	площадь учетного пробоотборника, м ²	масса выделенных потерь, г
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
Среднее										

ГОСТ
(проект, RU, первая редакция)

УДК 631.3:006.354

МКС 65.060.50

Ключевые слова: комбайны зерноуборочные, пропускная способность, потери зерна, настройка рабочих органов, убираемая культура, рабочая характеристика молотилки комбайна, номинальная производительность комбайна, мощность двигателя, молотильно-сепарирующее устройство комбайна, оценка технического уровня, параметрический индекс, принцип гармоничности конструкции машины

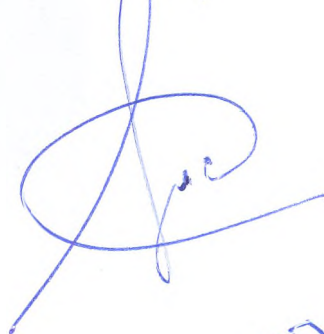
Руководитель организации-разработчика
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

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



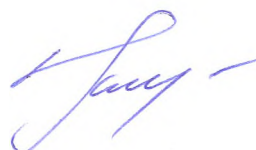
Жалнин Э.В.

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



Алдошин Н.В.

Мл. науч. сотрудник



Казакова В.А.