

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

А.Ю. Попов, Л.В. Кравченко, В.В. Журба, Е.А. Чайка

ИСПЫТАНИЯ НАЗЕМНЫХ  
ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Учебное пособие

Ростов-на-Дону  
ДГТУ  
2020

УДК 631.001.17

П58

*Рецензент*

доктор технических наук, доцент, профессор кафедры  
технической эксплуатации автомобилей  
Дагестанского государственного аграрного университета  
имени М.М. Джамбулатова *Ф.М. Магомедов*

**Попов, Антон Юрьевич.**

П58

Испытания наземных транспортно-технологических систем : учебное пособие / А.Ю. Попов, Л.В. Кравченко, В.В. Журба, Е.А. Чайка ; Донской государственный технический университет. – Ростов-на-Дону : ДГТУ, 2020. – 112 с.

ISBN 978-5-7890-1814-9

Учебное пособие призвано оказать помощь обучающимся в изучении основных положений нормативных документов по испытанию технических средств в агропромышленном комплексе, овладении общими методологическими основами проведения испытаний и практическими навыками обработки результатов испытаний сельскохозяйственных машин.

Предназначено для обучающихся по направлениям подготовки 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства, 35.03.06 Агроинженерия, 23.04.02 Наземные транспортно-технологические комплексы при изучении дисциплин «Исследования и испытания наземных транспортно-технологических машин», «Испытания сельскохозяйственных машин» и «Испытания наземных транспортно-технологических систем».

УДК 631.001.17

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Донского государственного технического университета

© Попов А.Ю., Кравченко Л.В.,  
Журба В.В., Чайка Е.А., 2020

© Донской государственный  
технический университет, 2020

ISBN 978-5-7890-1814-9

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1. ВИДЫ И ПРОГРАММЫ ИСПЫТАНИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН .....	6
1.1. Этапы разработки и создания сельхозмашин .....	6
1.2. Цель и задачи испытаний сельхозмашин .....	6
1.3. Виды испытаний сельхозмашин .....	7
1.4. Типовая программа испытаний сельхозмашин .....	8
1.5. Порядок приемки машины на испытания .....	12
1.6. Подготовка машины к испытаниям .....	14
1.7. Оформление результатов испытаний .....	14
2. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РАБОТЫ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН .....	16
2.1. Глубина обработки почвы .....	17
2.2. Степень крошения .....	18
2.3. Заделка растительных и пожнивных остатков .....	19
2.4. Гребнистость поверхности почвы .....	22
2.5. Подрезание сорняков .....	23
2.6. Забивание рабочих органов почвообрабатывающей машины .....	24
3. ОЦЕНКА РАБОТЫ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ ТВЕРДЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ .....	26
3.1. Условия проведения испытаний .....	26
3.2. Показатели качества выполнения технологического процесса .....	28
3.3. Нестабильность дозы внесения удобрений .....	34
3.4. Глубина заделки, ширина ленты при внутрипочвенном внесении удобрений .....	35
3.5. Расчет дозы внесения и неравномерности распределения удобрений по ширине внесения .....	36
4. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РАБОТЫ СЕЯЛОК .....	40
4.1. Качество заделки семян .....	40
4.2. Неравномерность распределения и неустойчивость высева семян .....	43
4.3. Норма высева семян .....	47
4.4. Расчет неравномерности и неустойчивости высева семян высевающими аппаратами зерновой сеялки ....	48

4.5. Интервалы между растениями.....	49
4.6. Повреждение семян при высеве .....	50
4.7. Обеспечение заданных стыковых междурядий .....	51
5. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РАБОТЫ ОПРЫСКИВАТЕЛЕЙ.....	53
5.1. Расход жидкости и неравномерность расхода жидкости между распылителями по ширине захвата.....	53
5.2. Дисперсный состав осевших капель и густота покрытия.....	56
5.3. Обработка результатов микроскопирования карточек...	60
5.4. Механические повреждения растений при обработке....	65
6. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РАБОТЫ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ .....	67
6.1. Ширина захвата и высота среза жатки .....	67
6.2. Потери зерна за комбайном.....	68
6.3. Фактическая и приведенная подачи молотильного аппарата .....	69
6.4. Производительность комбайна по зерну.....	73
6.5. Чистота бункерного зерна. Дробление (повреждение) зерна .....	75
6.6. Качество измельчения и разбрасывания соломы .....	76
6.7. Качество формирования валка .....	76
6.8. Сепарация зерна в молотильном аппарате.....	78
7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МАШИН НА ИСПЫТАНИЯХ.....	84
7.1. Общие положения .....	84
7.2. Производительность машинно-тракторного агрегата .....	84
7.3. Баланс времени смены .....	86
7.4. Фотохронометраж рабочего дня агрегата.....	87
7.5. Расчет производительности агрегата .....	90
8. ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕМЕНТОВ ВРЕМЕНИ КОНТРОЛЬНОЙ СМЕНЫ.....	95
8.1. Обработка наблюдательного листа.....	95
8.2. Характеристика элементов времени.....	96
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	103
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	107

## ВВЕДЕНИЕ

Испытание сельскохозяйственной техники является одним из этапов создания новых машин для механизации сельскохозяйственного производства, а также способом экспериментального контроля качества изготовления серийной техники. При испытаниях экспериментально определяют качественные и количественные характеристики функционирования техники. Исследования и испытания сельскохозяйственной техники по трудоемкости составляют более половины всех трудозатрат на ее разработку. Специалисты, занимающиеся разработкой новых и модернизацией выпускаемых машин, обязаны знать системы организации испытаний на различных уровнях – от заводских до государственных [39].

Настоящее учебное пособие включает учебный материал по дисциплине «Испытания наземных транспортно-технологических систем», основные положения стандартов по испытаниям основных видов сельскохозяйственных машин и орудий, методику обработки экспериментальных исследований, необходимые расчетные формулы. Для осуществления выходного контроля полученных знаний пособие содержит контрольные вопросы и задания, выполнение которых будет способствовать более полному усвоению методов и способов оценки технологических, эксплуатационных и энергетических показателей техники и являться основным направлением активизации самостоятельной работы.

# **1. ВИДЫ И ПРОГРАММЫ ИСПЫТАНИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН**

## **1.1. Этапы разработки и создания сельхозмашин**

Создание сельскохозяйственной машины – сложный процесс, требующий участия различных организаций: научно-исследовательских институтов, конструкторских бюро, заводов сельхозмашиностроения, испытательных и других организаций.

На основе родившейся идеи проводятся исследования, по результатам которых разрабатываются агротехнические требования. По этим требованиям разрабатывается техническое задание, которое и определяет, какой должна быть машина.

По техническому заданию разрабатывается техническая документация вплоть до рабочих чертежей. Определяется завод-изготовитель, который по рабочим чертежам изготавливает опытный образец машины. Вместе с конструкторской организацией завод-изготовитель проводит заводские испытания машины и при необходимости её доработку.

Завершающим этапом создания машины являются государственные испытания, по результатам которых и принимается решение о постановке новой машины на производство.

## **1.2. Цель и задачи испытаний сельхозмашин**

В общем виде цель испытаний сельхозмашин формулируют следующим образом: проверка соответствия конструкции машины технической документации (агротехническим требованиям, техническому заданию или техническим условиям). Поскольку в технической документации приведен широкий круг требований к новым и модернизированным машинам, то для достижения цели испытаний необходимо решить много различных задач: оценить качество изготовления машины; качество выполняемого машиной процесса в различных условиях; надежность машины; безопасность работы для обслуживающего персонала; эффективность вновь создаваемой машины по сравнению с прототипом; эффективность внесенных в конструкцию серийной машины изменений (модернизации) и другие.

В зависимости от уровня проводимых испытаний – заводских, ведомственных, государственных – цели и задачи могут уточняться и корректироваться.

### **1.3. Виды испытаний сельхозмашин**

ГОСТ Р 54783-2011 устанавливает следующие виды испытаний, которые проводят испытательные организации [14]:

1. *Приемочные* испытания проходят опытные образцы изделий на соответствие техническому заданию (ТЗ) или проекту технических условий (ТУ) и нормативной документации (НД) по стандартизации для определения целесообразности постановки их на производство.

2. *Квалификационные* испытания проходят образцы изделий установочной серии или первой промышленной партии на соответствие ТУ и НД с целью оценки готовности предприятия к выпуску продукции данного типа.

3. *Типовые* испытания проходят усовершенствованные, модернизированные образцы изделий на соответствие требованиям ТУ для оценки эффективности и целесообразности изменений, внесенных в конструкцию или технологический процесс.

4. *Периодические* испытания проходят образцы изделий серийного производства на соответствие ТУ и НД с целью контроля стабильности качества продукции и возможности продолжения ее выпуска.

5. *Сертификационные* испытания проходят серийные образцы изделий на соответствие требованиям национальных и (или) международных нормативных документов.

6. *Инспекционные* испытания проходят сертифицированные изделия, в выборочном порядке, для оценки стабильности их качества.

7. *Предварительные* испытания проходят новые экспериментальные образцы для определения показателей качества на соответствие ТЗ и решения вопроса о целесообразности предъявления изделия на приемочные испытания.

Следует отметить, что возможны и другие виды испытаний по специальным программам в зависимости от задач, которые

хотят решить разработчики, изготовители или потребители машин. Кроме того, от уровня исследований при испытании и места проведения испытания могут быть лабораторные, лабораторно-полевые, хозяйственные и другие.

Испытания проводят в условиях реальной эксплуатации изделий или максимально приближенных к ним в пределах значений, оговоренных технической документацией на изделие. Испытания конкретных видов изделий проводят в соответствии с методами, изложенными в национальных стандартах, стандартах организации и руководящих документах.

Опытные образцы изделий, разработка и изготовление которых финансируется Минсельхозпродом России, а также импортная техника, закупленная за рубежом для применения в сельскохозяйственном производстве России, должны подвергаться государственным испытаниям на МИС.

#### **1.4. Типовая программа испытаний сельхозмашин**

При организации испытаний любых сельскохозяйственных машин разрабатывается рабочая программа-методика испытаний. Она определяет, какие показатели, по каким видам оценок необходимо получить и какими при этом пользоваться методами.

Рабочая программа-методика разрабатывается на основе типовой программы испытаний, приведенной в ГОСТ Р 54783-2011 [15] (табл. 1.1).

Типовая программа включает следующие виды оценок:

- техническая экспертиза;
- оценка функциональных показателей (для сельхозмашин – агротехническая оценка);
- энергетическая оценка;
- оценка безопасности и эргономичности машины;
- эксплуатационно-технологическая оценка;
- оценка надежности;
- экономическая оценка.

Всем видам оценок подвергаются сельскохозяйственные машины, которые проходят приемочные и типовые испытания. При других испытаниях некоторые виды оценок исключаются.



Таблица 1.1

Типовая программа испытаний по ГОСТ Р 54783-2011

Вид оценки	Вид испытаний				
	приемочные	квалификационные	типовые	периодические	предварительные
Техническая экспертиза	+	+	+	+	+
Оценка функциональных (агротехнических) показателей	+	–	+	–	+
Энергетическая оценка	+	+	+	–	+
Оценка безопасности и эргономичности изделия	+	+	+	+	+
Эксплуатационно-технологическая оценка	+	+	+	+	+
Оценка надежности	+	+	+	+	+
Экономическая оценка	+	–	+	–	–

Техническую экспертизу проводят по ГОСТ 26025-83 с определением показателей технической характеристики, оценки агрегируемости энергосредства с сельхозмашиной, оценки полноты и информативности руководства по эксплуатации.

Функциональные показатели изделия определяют при проведении агротехнической, зоотехнической и технологической оценок по стандартам на методы испытания конкретных типов машин, оборудования, в которых изложены методы определения показателей условий испытаний и качества выполнения технологического процесса, приведены формы рабочих и сводных ведомостей записи и обработки результатов испытаний.

Номенклатуру показателей и методы энергетической оценки показателей тракторов, сельскохозяйственных машин и оборудования определяют по ГОСТ Р 52777 [13]. При энергетической оценке сельскохозяйственных машин и стационарных агрегатов с приводом от двигателя внутреннего сгорания или трактора определяют следующие показатели:

- часовой расход топлива;
- мощность, потребляемую сельскохозяйственной машиной или стационарным агрегатом;

- удельные энергозатраты;
- тяговое сопротивление навесных, полунавесных и прицепных сельскохозяйственных машин, присоединяемых к трактору;
- мощность, потребляемую на привод рабочих органов навесных, полунавесных и прицепных сельскохозяйственных машин, присоединяемых к трактору.

При энергетической оценке стационарных агрегатов с приводом от асинхронных электрических двигателей определяют следующие показатели:

- активную и реактивную мощности, потребляемые стационарным агрегатом;
- средний коэффициент мощности;
- удельные энергозатраты.

Мощность, потребляемую самоходной сельскохозяйственной машиной или трактором, определяют по зависимости эксплуатационной мощности двигателя машины от часового расхода топлива, полученной при определении его регуляторной характеристики. Регуляторную характеристику двигателя следует определять перед проведением испытаний с установленным на сельскохозяйственных машинах или агрегатах устройством для измерения расхода топлива.

Часовой расход топлива вычисляют по формулам

$$G_T = 3,6 \frac{m_T}{t}, \quad (1.1)$$

$$G_T = 3,6 \frac{V_T \cdot \rho}{t}, \quad (1.2)$$

где  $m_T$  – масса топлива, израсходованного двигателем самоходной сельскохозяйственной машины или трактора за время измерения, г;  $t$  – время измерения, с;  $V_T$  – объем топлива, израсходованного двигателем самоходной сельскохозяйственной машины или трактора за время измерения, см<sup>3</sup>;  $\rho$  – плотность топлива при стандартной температуре, г/см<sup>3</sup>.

Мощность, потребляемую навесными, полунавесными, прицепными, сельскохозяйственными машинами, присоединяемыми к трактору, вычисляют по формулам:

- для сельскохозяйственных машин без привода рабочих органов от трактора

$$N_m = 10^{-3} Rv, \quad (1.3)$$

где  $N_m$  – тяговое сопротивление сельскохозяйственной машины, Н;  
 $v$  – поступательная скорость движения сельскохозяйственной машины, м/с;  
– для сельскохозяйственных машин с приводом рабочих органов от вала отбора мощности трактора

$$N_m = 10^{-3} Rv + N_{ВОМ}, \quad (1.4)$$

где  $N_{ВОМ}$  – мощность привода рабочих органов от ВОМ, кВт.

Оценку безопасности и эргономичности изделий в зависимости от типа машин проводят по ГОСТ 12.2.002 [3], ГОСТ 12.1.005, ГОСТ 12.1.004, ГОСТ 12.1.19, ГОСТ 12.1.026, ГОСТ 12.1.034, ГОСТ 27487, РД 10 2.33 ГОСТ 12.2.111, ГОСТ 12.2.019 и другим.

Номенклатуру основных оценочных показателей, в зависимости от типа испытываемого изделия и вида испытаний, определяют в соответствии с ГОСТ Р 54783-2011.

По результатам предварительной оценки безопасности изделия к испытаниям не допускают машины, в конструкции которых имеют место несоответствия требованиям безопасности, представляющие реальную опасность для жизни и здоровья обслуживающего персонала. Испытания приостанавливают с оформлением соответствующего промежуточного акта оценки безопасности.

Испытания на надежность проводят в условиях реальной эксплуатации. При наблюдениях или разовых обследованиях изделий в эксплуатирующих предприятиях и хозяйствах устанавливают перечень отказов и повреждений с их характеристиками. При наблюдениях определяют показатели безотказности: наработку до отказа, наработку на отказ и наработку на отказ по группам сложности. Если по результатам предварительных испытаний установлено, что уровень надежности изделия не соответствует требованиям нормативной документации из-за конструктивных недостатков, то изделие не принимают на приемочные испытания без доработки конструкции.

Методы испытаний на надежность в условиях эксплуатации проводят по СТО АИСТ 2.8-2010 [32].

## 1.5. Порядок приемки машины на испытания

Машину предоставляют на испытания не позднее чем за 15 дней до наступления агротехнических сроков выполнения работ с документацией.

С опытным образцом машины в испытательную организацию предоставляют следующую техническую документацию:

- комплект сборочных чертежей изделия и его составных частей;
- схемы: монтажные – электрическая, гидравлическая, пневматическая; принципиальные – технологическая, кинематическая, электрическая;
- копию технического задания или заменяющей его нормативной документации;
- проект технических условий;
- протокол предварительных (заводских) испытаний с заключением о соответствии изделия требованиям технического задания;
- руководство по эксплуатации, включающее техническое описание и инструкцию по эксплуатации, техническому обслуживанию, монтажу, пуску, регулировке и обкатке изделия на месте его применения по ГОСТ 2.601, ГОСТ 27388;
- графики характеристик двигателей внутреннего сгорания, электродвигателей, насосов, компрессоров и других изделий в соответствии со стандартами на методы испытаний;
- перечень изменений, внесенных в конструкцию изделия по сравнению с ранее испытанным образцом;
- проект цены изделия на момент проведения испытаний;
- проект оптовой цены изделия;
- строительно-монтажную документацию;
- технический ресурс изделия.

По требованию испытательной организации должна предоставляться карта микрометража основных изнашиваемых деталей.

С серийными образцами в испытательную организацию предоставляют следующую документацию:

- технический паспорт;
- технические условия;
- руководство по эксплуатации, включающее техническое описание и инструкцию по эксплуатации, техническому обслуживанию, монтажу, пуску, регулировке и обкатке изделия на месте применения по ГОСТ 2.601, ГОСТ 27388;

- мероприятия по устранению недостатков, ранее выявленных при испытаниях и хозяйственной проверке;
- перечень конструктивно-технологических изменений сборочных единиц и деталей с пояснительной запиской;
- комплектовочную ведомость и упаковочные листы;
- отпускную цену на момент проведения испытаний.

Машину принимают специалисты испытательной организации при участии представителя разработчика (изготовителя). При приемке машины проверяют комплектность ее поставки в соответствии с технической документацией. Досборку или монтаж агрегата, поступившего отдельными упаковочными местами, проверку и оценку его сохранности при транспортировании, а также определение трудоемкости сборочных работ проводят по действующей нормативной документации [31].

Предварительную оценку безопасности конструкции выполняют внешним осмотром изделия в процессе приемки. При этом должно быть проверено:

- а) наличие:
  - видимых течей рабочих жидкостей через уплотнения, повреждений деталей, арматуры, декоративных изделий;
  - блокировок, средств сигнализации;
  - ограждения опасных узлов и механизмов;
  - надписей по технике безопасности;
  - мест и устройств для зачаливания;
  - устройств, предохраняющих деформацию кабины изделия при опрокидывании;
  - лестниц, площадок для ног и ограждений сидений;
- б) безопасность входа и выхода с рабочего места;
- в) уровень заполнения емкостей рабочими жидкостями.

Работоспособность блокировок, средств сигнализации и ограждений проверяют на холостом ходу.

По результатам предварительной оценки безопасности к испытаниям не допускают машины и агрегаты, в конструкции которых имеются несоответствия требованиям безопасности, представляющие реальную угрозу для жизни и здоровья обслуживающего персонала.

Акт приемки изделия на испытания составляют по форме, представленной в ГОСТ Р 54783-2011.

## **1.6. Подготовка машины к испытаниям**

При подготовке машины к испытаниям необходимо соблюдать следующие требования:

- техническое состояние машины должно отвечать требованиям технического задания или технических условий, а также руководству по эксплуатации;

- машина должна быть агрегатирована с соответствующими энергетическими средствами, удовлетворять требованиям безопасности;

- энергетические средства и электроприводы сельскохозяйственных агрегатов должны соответствовать нормативам, установленным технической документацией на конкретные типы изделий;

- техническое и технологическое обслуживание агрегатов следует проводить персоналом с использованием технических средств, предусмотренных руководством по эксплуатации;

- до начала испытаний машина должна быть обкатана и отрегулирована в соответствии с руководством по эксплуатации.

Продолжительность обкатки должна соответствовать требованиям руководства по эксплуатации, но составлять не менее 0,5 ч основного времени, если в руководстве время не указано.

Результаты обкатки машины оформляют по форме, представленной в ГОСТ Р 54783-2011 [15].

При поступлении машины на испытания проверяют комплектность её поставки в соответствии с технической документацией. Датой поступления машины на испытания считается дата поступления самой машины и её составных частей в испытательную организацию.

Досборку или монтаж машины, поступившей отдельными упаковочными местами, проверку и оценку её сохраняемости при транспортировке, определение трудоемкости сборочных работ проводят по ОСТ 10.2.1, ГОСТ 22903, ОСТ 70.2.21, ОСТ 70.2.32.

## **1.7. Оформление результатов испытаний**

По результатам испытаний изделий оформляют протокол по установленной форме, который должен содержать объем информации, достаточный для оценки результатов испытаний и подготовки выводов по испытываемому изделию.

Протокол испытаний должен включать:

- введение (заводские номера испытуемых изделий, год изготовления, дату поступления на испытания, объем работы, особенности испытаний);

- характеристику испытуемого изделия (назначение, краткое техническое описание, техническую характеристику, особенности конструкции);

- условия испытаний;

- результаты испытаний по каждому виду оценки и их анализ;

- заключение и выводы по результатам испытаний.

В приложении к протоколу приводят перечень отказов изделия за период испытаний и используемых средств измерений.

Протокол испытаний подписывается руководителем испытательной организации, главным инженером, заведующим ведущей лабораторией, ведущим инженером и согласовывается с представителем организации разработчика (изготовителя).

### **Контрольные вопросы и задания**

1. Какие основные задачи ставятся при проведении испытаний сельскохозяйственной машины?

2. Перечислите основные виды испытаний.

3. Какой вид испытаний должны проходить опытные образцы машин?

4. Для чего разрабатывается рабочая программа-методика испытаний?

5. Какие виды оценок должна включать типовая программа-методика испытаний?

6. Какие показатели определяют при энергетической оценке испытуемой машины?

7. Какая документация должна передаваться в испытательную организацию при приемке машины на испытания?

8. Какие требования необходимо соблюдать при подготовке машины к испытаниям?

9. Какие обязательные разделы должен включать протокол испытаний машины?

## **2. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РАБОТЫ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН**

От качества обработки почвы зависят не только рост и развитие растений, но и эксплуатационная эффективность машин и агрегатов при выполнении последующих технологических операций. Наиболее важными показателями качества технологических операций обработки почвы являются равномерность глубины обработки, степень крошения, степень заделки растительных и пожнивных остатков, сохранение стерни, гребнистость поверхности почвы и подрезание сорняков.

Методы оценки показателей регламентируются межгосударственными стандартами и стандартами организации:

1. Машины и орудия для глубокой обработки почвы – СТО АИСТ 4.1-2010 [33].

2. Машины и орудия для поверхностной и мелкой обработки почвы – СТО АИСТ 4.2-2010 [34].

3. Машины и орудия для обработки пропашных культур – СТО АИСТ 4.3-2010 [35].

Требования к показателям назначения почвообрабатывающих машин и условиям их определения приведены в стандартах СТО АИСТ 4.6-2010 [36] и СТО АИСТ 1.12-2006 [29].

Для проведения испытаний машин должен быть подобран типичный для почвенно-климатической зоны участок, соответствующий требованиям ТЗ (ТУ), размеры которого должны обеспечивать проведение работ на всех запланированных режимах.

Тип почвы, название по механическому составу, характеристику засоленности почвы (название и мощность генетических горизонтов, структуру, глубину и степень засоления) берут из почвенной карты хозяйства, района или определяют методом экспресс-анализа на месте проведения испытаний.

Влажность, твердость почвы, массу растительных и пожнивных остатков, рельеф и микрорельеф поля, характеристику дернового покрова определяют по ГОСТ 20915.



## 2.1. Глубина обработки почвы

Глубину обработки почвы плугом измеряют бороздомером по двум учетным проходам плуга по борозде, образованной задним корпусом. В местах измерений борозду очищают от насыпи. Отсчет ведут от нижней плоскости рейки, уложенной на поверхность необработанной почвы. Число измерений по каждому учетному проходу должно быть не менее 50. Погрешность измерения глубины –  $\pm 1$  см. Результаты замеров обрабатывают статистическим методом с получением среднеарифметического значения глубины, стандартного отклонения, коэффициента вариации.

Глубину обработки почвы чизельными плугами, плугами-рыхлителями, плоскорезами-щелевателями и плоскорезами-щелерезами (согласно СТО АИСТ 4.1-2010 [33]), машинами для сплошной поверхностной и мелкой обработки почвы (согласно СТО АИСТ 4.2-2010 [34]), а также машинами и орудиями для обработки пропашных культур (согласно СТО АИСТ 4.3-2010 [35]) измеряют шуп-линейкой. Измерения проводят по следу прохода рабочих органов, погружая шуп-линейку в почву до необработанного слоя.

Глубину обработки почвы рабочими органами, образующими гребнистую поверхность, определяют путем вычисления среднего арифметического значения по результатам парных измерений на гребне и в борозде ( $\pm 1$  см). Результаты записывают в формы и обрабатывают статистическим методом с получением среднего арифметического значения глубины, стандартного отклонения и коэффициента вариации с округлением до первого десятичного знака.

Глубину обработки почвы при испытаниях борон определяют путем измерения расстояния от основания зуба бороны до линии погружения его в почву. Для этого на каждой учетной деланке при остановках машины на участке с ровным микрорельефом мелом отмечают границу погружения в почву десяти зубьев переднего, среднего и заднего рядов бороны. Затем агрегат выглубляют из почвы и проводят измерения с погрешностью  $\pm 0,5$  см. Результаты измерений записывают по форме [9]. Данные измерений обрабатывают с получением среднего арифметического значения, стандартного отклонения и коэффициента вариации.

Глубину борозды, ширину борозды по верху, высоту гряды (гребня), ширину гряды (гребня) по верху, расстояние между осями борозд, угол откоса определяют на каждой учетной деланке в 15 точках, равномерно расположенных по ходу машины, в трех смежных бороздах, грядках (гребнях).

Угол оборота пласта плугом определяют при помощи угломера. Угломер накладывают на откос борозды так, чтобы его основание плотно прилегало к откосу по большей части длины пласта. Всего измерений не менее 30, по 15 с каждой стороны учетного прохода. Погрешность измерений  $\pm 1^\circ$ . Результаты записывают по стандартной форме и вычисляют среднеарифметическое значение с округлением до целого числа.

## 2.2. Степень крошения

Согласно нормативным документам [32–34] крошение почвы определяют по пробам, отбираемым в четырех точках участка (две – по ходу движения агрегата, две – обратно). Эту операцию проводят на каждой учетной деланке в зонах обработки не ранее чем через 1 ч после прохода машины. Размер учетной площадки для отбора пробы –  $0,25 \text{ м}^2$  на глубину обработки.



Рис. 2.1. Набор решет для разделения почвы на фракции

При испытании плугов, плугов-луцильников [31] пробы берут по первому корпусу. Предварительно в борозду (до прохода машины) укладывают три полужка из брезентовой ткани так, чтобы они закрывали дно борозды и ее откос. После прохода плуга полужок с почвой (пробой) осторожно откапывают и переносят к месту взвешивания.

Отобранные пробы разделяют при помощи

комплекта решет (рис. 2.1) на фракции согласно техническому заданию или техническим условиям на исследуемую машину.

Решета в комплекте располагают в порядке уменьшения отверстий. При анализе проб в первую очередь с верхнего решета выбирают (вручную) крупные комья, а затем почву просеивают на наборе решет с отверстиями диаметром, соответствующим заданным размерам фракций. Осторожными колебаниями решет, чтобы не разрушить комья, приподнимают поочередно их противоположные стороны для распределения фракций почвы на решетках с соответствующими отверстиями. Каждую фракцию взвешивают с погрешностью  $\pm 50$  г при испытании машин для глубокой обработки почвы и  $\pm 40$  г – для поверхностной обработки почвы. Затем вычисляют ее содержание в общей массе пробы.

Массовую долю  $i$ -фракции комков почвы  $П_{ki}$ , %, вычисляют по формуле

$$П_{ki} = \frac{m_i}{m} \cdot 100, \quad (2.1)$$

где  $m_i$  – масса  $i$ -фракции комков почвы в пробе, кг;  $m$  – общая масса пробы, кг.

Вычисления проводят с округлением до первого десятичного знака.

На песчаных и супесчаных почвах крошение почвы машинами для междурядной обработки почвы не определяют.

### **2.3. Заделка растительных и пожнивных остатков**

Качество заделки растительных и пожнивных остатков при обработке почвы определяют по их массе:

- при оценке машин и орудий для глубокой обработки почвы на четырех учетных площадках по ширине захвата машины длиной 5 м [31];

- при оценке машин и орудий для поверхностной и мелкой обработки почвы на учетных площадках размером  $1 \times 1$  м [4] (рис. 2.2).

Незаделанные остатки собирают, состригают и взвешивают с погрешностью  $\pm 50$  г. С каждой учетной площадки отбирают по одной пробе. При обработке полученных данных вычисляют

среднее арифметическое значение массы растительных и пожнивных остатков по четырем пробам. Массовую долю заделанных в почву остатков вычисляют по формуле

$$\alpha = \frac{q_1 - q_2}{q_1} \cdot 100, \quad (2.2)$$

где  $q_1$  – масса растительных и пожнивных остатков до прохода машины, переведенная на площадь учетной площадки ( $5S_0$ ), г;  
 $q_2$  – масса растительных и пожнивных остатков после прохода машины (незаделанные остатки), г;  
 $S_0$  – площадь учетной площадки до прохода машины, м.



Рис. 2.2. Определение заделки пожнивных остатков в рамке  $1 \times 1$  м

Степень сохранения стерни определяют по массе, оставшейся на поверхности почвы стерни по четырем повторностям (две – по ходу прямо и две – обратно) [3, 4]. До прохода машины на каждой повторности накладывают по две рамки длиной 0,5 м и шириной, равной ширине

захвата машины. В пределах каждой рамки собирают всю стерню и определяют ее массу с погрешностью взвешивания  $\pm 50$  г.

После прохода машины эти же рамки накладывают рядом с их первоначальным расположением и учитывают оставшуюся на поверхности почвы в пределах рамки стерню, взвешивают ее и выражают в процентах массовую долю стерни, оставшейся на поверхности.

Сохранение стерни  $C_C$ , %, вычисляют по формуле

$$C_C = \frac{C_{\Pi}}{C_{\Delta}} \cdot 100, \quad (2.3)$$

где  $C_{\Pi}$  – масса стерни после прохода машины, г;  $C_{\Delta}$  – масса стерни до прохода машины, г.

При испытаниях машин и приспособлений к ним для одновременной обработки междурядья и защитных зон учитывают отдельно:

- число сорных растений в зоне обработки междурядья до прохода машины;
- число сорных растений в защитной зоне до прохода машины;
- число неподрезанных сорных растений в зоне обработки междурядья после прохода машины;
- число неподрезанных сорных растений в защитной зоне после прохода машины.

При испытаниях окучников учитывают число сорных растений в защитной зоне до прохода машины и через три дня после прохода. Количественную долю погибших сорных растений в защитной зоне вычисляют по формуле

$$C_y = \frac{n_d - n_{II}}{n_d} \cdot 100, \quad (2.4)$$

где  $n_d$  – число сорных растений на учетной площадке до прохода машины, шт.;  $n_{II}$  – число сорных растений, оставшихся в зоне обработки после прохода машины, шт.

Повреждение культурных растений определяют путем учета повреждений, нанесенных растениям рабочими органами машины.

Повреждения растений определяют после прохода машины путем осмотра растений (кустов) на учетных площадках, на которых определялась густота растений до прохода машины.

Виды повреждений классифицируют в соответствии с техническим заданием или техническими условиями на испытываемую машину.

К повреждениям растений относят:

- полностью подрезанные растения;
- частично подрезанные растения;
- полностью присыпанные (засыпана точка роста);
- частично присыпанные (присыпано свыше половины растения, но точка роста не засыпана);
- с обнаженными корнями (полностью обнажен главный корень).

При учете растений (кустов) с оборванными листьями поврежденными считают растения (кусты), если оборвано пять и более листьев.

Определение глубины заделки растительных и пожнивных остатков плугами проводят по двум вертикальным разрезам пашни (по ходу движения и обратно) на полную ширину захвата машины. По вертикальной стенке разреза проводят измерения от верхней границы запаханых растений до поверхности почвы. Число измерений на каждом разрезе – не менее 10. Погрешность измерения –  $\pm 1$  см. Результаты записывают в рабочую ведомость и вычисляют среднее арифметическое значение с округлением до первого десятичного знака.

#### **2.4. Гребнистость поверхности почвы**

Гребнистость поверхности почвы определяют по результатам измерения высоты гребней [32, 33], которое проводят с помощью рейки и линейки в четырехкратной повторности (две – по ходу агрегата прямо и две – обратно). После прохода агрегата по ширине захвата на вершины гребней, в местах, выбранных случайным образом, размещают рейку и измеряют расстояние от дна борозды между гребнями до нижней грани рейки. Погрешность измерения –  $\pm 0,5$  см. Результаты измерений записывают и вычисляют среднее арифметическое значение с округлением до целого числа.

Гребнистость дна обработанного междурядья [34] определяют по высоте гребней между смежными следами рабочих органов машины. Измерения проводят в пяти точках по ходу машины с интервалом 0,5 м. Для определения высоты гребней в центре каждого междурядья по ширине захвата машины снимают взрыхленный слой почвы. На поверхность ненарушенных гребней по ширине рядков накладывают рейку и измеряют расстояние от дна борозды междурядья до нижней плоскости рейки (рис. 2.3). Погрешность измерений не должна превышать  $\pm 1$  см.



Рис. 2.3. Определение гребнистости дна обработанного междурядья

Высоту гребней после окучивания определяют путем измерения расстояния от центра основания борозды до нижней плоскости рейки, уложенной на вершины смежных гребней. Измерения проводят с погрешностью  $\pm 1$  см. Число измерений не менее 30 на каждой учетной делянке. Результаты измерений записывают по установленной форме [9] и вычисляют среднее арифметическое значение, стандартное отклонение и коэффициент вариации с округлением до целого числа.

## 2.5. Подрезание сорняков

Качество подрезания растительных остатков при лущении стерни определяют по их массе [33]. Растительные остатки (стерня и сорняки) до прохода машины срезают с площадок размером  $1 \times 1$  м в десятикратной повторности по диагонали участка, взвешивают и определяют их массу (среднее значение). Погрешность взвешивания –  $\pm 10$  г.

После прохода машины накладывают учетные рамки длиной 0,5 м и шириной, равной ширине захвата машины. Количество учетных площадок четыре: две – по ходу движения машины и две – обратно. В пределах учетных площадок состригают и взвешивают неподрезанные растительные остатки, массовую долю которых выражают в процентах относительно их исходного среднего значения.

Степень уничтожения (подрезания) сорняков машинами и орудиями для обработки пропашных культур определяют согласно СТО АИСТ 4.3-2010 [35] по количеству неподрезанных сорняков в зоне обработки.

Учет количества сорняков, оставшихся после обработки, проводят в конце опытов после увядания подрезанных сорняков на тех же учетных площадках, на которых определялась исходная засоренность участка. При обработке полученных данных вычисляют среднее арифметическое значение числа сорняков на учетной площадке до прохода машины и оставшихся в зоне обработки после ее прохода.

По разнице количества сорняков до и после прохода машины определяют число подрезанных сорняков и количественную долю уничтоженных сорняков в процентах. Количественную долю уничтоженных (подрезанных) сорных растений  $C_y$ , %, вычисляют по формуле (2.4).

## **2.6. Забивание рабочих органов почвообрабатывающей машины**

Залипание почвой и забивание пожнивными и растительными остатками рабочих органов машины определяют при условии нарушения выполнения технологического процесса при эксплуатационно-технологической оценке.

Степень залипания почвой рабочих органов и забивания пожнивными и растительными остатками определяют визуально. Различают три степени залипания (забивания) рабочих органов машины:

- частичное, когда налипшая почва и забивание пожнивными и растительными остатками занимают до 40 % от общей поверхности рабочего органа;
- среднее залипание (забивание) – от 40 до 60 %;
- полное залипание (забивание) – от 60 %.

Учитывают забивание и залипание в том случае, если пожневные и растительные остатки после стряхивания почвы устойчиво удерживаются на поверхности рабочих органов. Результаты записывают в рабочую ведомость.

Характер залипания почвой и забивания пожнивными и растительными остатками фотографируют.



### **Контрольные вопросы и задания**

1. Каким образом определяется глубина обработки почвы при испытании плугов?
2. Опишите методику определения глубины обработки бороны.
3. Как определяется угол оборота пласта почвы при вспашке?
4. Какой размер учетной площадки должен быть при отборе пробы на крошение почвы?
5. Как определяется сохранение стерни?
6. Как определяется качество заделки растительных остатков при обработке почвы?
7. Классификация видов повреждения растений при испытании пропашных культиваторов?
8. Как определяется гребнистость поверхности почвы?
9. Когда проводится учет количества сорняков при испытании культиваторов?
10. В каких случаях оценивается степень залипания рабочего органа почвообрабатывающей машины?

### **3. ОЦЕНКА РАБОТЫ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ ТВЕРДЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ**

Ведущими факторами увеличения урожая и улучшения его качества, сохранения почвенного плодородия и защиты окружающей среды являются рациональная система удобрений и ее реализация техническими средствами с соблюдением установленных требований. Большое значение при решении данной задачи имеют способы и технические средства контроля требуемых показателей качества внесения удобрений.

В настоящее время действует государственный стандарт ГОСТ 28714-2007 [7], содержащий методы оценки рабочей ширины захвата, нормы внесения, неравномерности распределения по ширине захвата, глубины заделки, ширины ленты при внутрипочвенном внесении удобрений.

Значения оценочных показателей по предложенной номенклатуре регламентируются действующим с 2011 года стандартом СТО АИСТ 1.13-2011 [30].

#### **3.1. Условия проведения испытаний**

Оценку функциональных показателей разбрасывателей твердых минеральных удобрений проводят на фоне работ, предусмотренных ТЗ или ТУ.

К видам работ относят внесение удобрения по пахоте, стерне, луговине или внесение другого вида удобрения. Фоны определяют условиями испытаний по ГОСТ 24055.

Вид удобрения определяют согласно паспортным данным завода-изготовителя или по результатам анализа.

Насыпную плотность удобрения (мелиоранта) определяют по массе пяти проб удобрения, каждую из которых помещают в мерный ящик с внутренними размерами  $0,25 \times 0,25 \times 0,25$  м без уплотнения (вровень с краями ящика) и взвешивают. Погрешность взвешивания –  $\pm 10$  г.

Насыпную плотность удобрения  $\rho$ , кг/, вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (3.1)$$

где  $m$  – масса удобрения в мерном ящике, кг;  $V$  – объём мерного ящика, м<sup>3</sup>.

Среднее значение вычисляют с округлением до первого десятичного знака.

Гранулометрический состав твердых минеральных удобрений определяют по ГОСТ 21560.1. Слежавшиеся удобрения перед началом испытаний измельчают до частиц размером не более 5 мм. Угол естественного откоса измеряют угломером или транспортиром с линейкой относительно горизонтальной плоскости (рис. 3.1), повторность трехкратная.

При поверхностном внесении удобрений влажность почвы определяют в слое от 0 до 10 см, при внутрипочвенном внесении влажность и твердость почвы определяют по слоям через каждые 5 см на глубину заделки удобрений.

Ширину террасы определяют измерением по горизонтали расстояния между крайними противоположными точками обработанной поверхности. Измерения выполняют рулеткой не менее чем в 10 местах по длине террасы с интервалом от 5 до 10 м.

Ширину междурядья определяют измерением расстояния между центрами растений двух смежных рядов. Ширину основного междурядья измеряют на двух проходах посевной машины по всей ширине захвата. Ширину стыкового междурядья измеряют не менее чем на трех междурядьях в 10 точках по их длине с интервалом от 5 до 10 м. Погрешность измерений не должна превышать  $\pm 1$  см. Среднее значение вычисляют с округлением до первого десятичного знака.

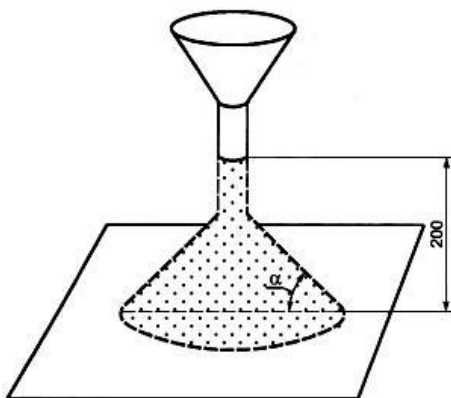


Рис. 3.1. Схема по определению угла естественного откоса при испытании машин для внесения удобрений

Кроме того, перед проведением испытаний разбрасывателя минеральных удобрений проводится измерение температуры и относительной влажности воздуха, скорость и направление ветра по отношению к движению машины, тип почвы, рельеф, микро-рельеф, уклон участка, влажность и твердость почвы определяют по ГОСТ 20915.

Номенклатура функциональных показателей, определяемых при агротехнической оценке машин для внесения минеральных удобрений, характеризующих условия испытаний и качество выполнения технологического процесса машин, приведена в ГОСТ 28714-2007.

### **3.2. Показатели качества выполнения технологического процесса**

Перед определением показателей качества выполнения технологического процесса определяют грузоподъемность машины. Оценку грузоподъемности определяют взвешиванием груза, помещенного в кузов машины. Проверку проводят на двух видах минеральных удобрений и известковых материалов с различной насыпной плотностью в трехкратной повторности. Погрешность измерений не должна превышать  $\pm 10$  кг.

Испытания машин проводят при скорости ветра в пределах, установленных в инструкции по эксплуатации. Направление движения машины должно совпадать с преобладающим направлением ветра на максимальной и минимальной дозах внесения удобрений, предусмотренных техническим заданием на машину или техническими условиями.

Направление движения машины в условиях поливного земледелия – по предварительно нарезанным поливным бороздам.

Отбор проб для определения показателей качества работы проводят на рабочей скорости движения машины, обусловленной ТЗ и руководством по эксплуатации машины, не менее чем на двух видах удобрений при заполнении кузова до полного объема.

При этом устанавливают следующие дозы внесения:

- а) 600 кг/га для порошковидного удобрения;
- б) 400 кг/га для гранулированного удобрения;

в) 150 кг/га для кристаллического удобрения;

г) дополнительно любой другой вид удобрения, включенный в ТЗ или ТУ, который считается достаточно важным для включения в испытания и физические свойства которого отличаются от вышеуказанных видов удобрений.

Кроме этого, должна быть проверена возможность работы машины на всех видах удобрений, для которых она рекомендована при максимальных и минимальных дозах.

#### *Определение рабочей ширины захвата*

Общей особенностью наиболее распространенных центробежных разбрасывателей удобрений является уменьшение удельного количества удобрений (на единицу площади) от центра к периферии полосы разбрасывания. Этому способствуют интенсивное разрушение гранул в результате ударных воздействий рабочих лопаток разбрасывающего диска при поступлении их на диск, образование пылевидной фракции, оседающей в зоне прохода кузова с дисками [26]. Поэтому достижение требуемой равномерности распределения удобрений по площади поля возможно лишь при оптимальном перекрытии удобренных полос поля в соседних проходах разбрасывателя. Таким образом, за рабочую ширину внесения удобрений принимают ширину, при которой обеспечивается неравномерность, соответствующая агротехническим требованиям, техническим заданиям или техническим условиям на машину. При этом перекрытие должно проводиться не более чем до половины общей ширины внесения удобрения. Исходя из этого и в связи с различиями физико-механических характеристик гранулированных минеральных удобрений для определения рабочей ширины захвата необходимо выполнение пробных рабочих проездов с расстановкой контейнеров для сбора гранул и с последующим определением показателей неравномерности при моделировании разных вариантов перекрытия с суммированием содержимого из соответствующих контейнеров. По полученным результатам выбирают расстояние между колеями, обеспечивающее наименьшую неравномерность разбрасывания.

В процессе работы разбрасывателя выбранное расстояние между колеями контролируют посредством измерений. Проводят 25 измерений рулеткой по диагоналям участка (рис. 3.2). На каж-

дой диагонали участка осуществляют по 25 измерений, равноудаленных друг от друга, с интервалом от 5 до 10 м. По полученным результатам определяют статистические показатели отклонений агрегата от заданного расстояния и, соответственно, от требуемой ширины захвата.

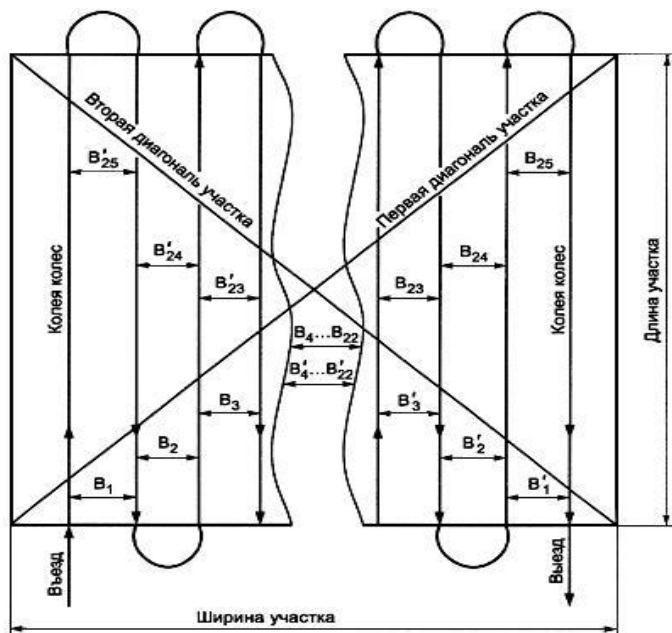


Рис. 3.2. Схема движения машины и измерений расстояния между смежными проходами на участке

### *Неравномерность распределения по ширине захвата*

За неравномерность распределения удобрений на общей и рабочей ширине их внесения принимают коэффициент вариации массы удобрений, попавших в разные контейнеры (рис. 3.3), установленные на общую ширину разбрасывания в сплошной ряд перпендикулярно направлению движения машины. До прохода машины контейнеры, внутренний размер которых  $0,5 \times 0,5 \times 0,15$  м или  $1,0 \times 0,25 \times 0,15$  м, расставляют в три сплошных поперечных ряда (рис. 3.4). На предусмотренном скоростном режиме опыт проводят в трехкратной повторности.



Рис. 3.3. Контейнеры для определения массы удобрений в полевых условиях

При ширине колеи, равной ширине одного контейнера, массу удобрений в нем определяют как среднее значение масс удобрений в двух граничащих с колеей контейнерах. При ширине колеи в два контейнера массу удобрений в них рассчитывают следующим образом: масса первого от центра контей-

нера равна массе граничного контейнера минус одна треть этой массы, второго – массе второго граничного контейнера плюс одна треть этой массы. Расстояние между рядами – не менее 5 м, между повторностями – не менее 50 м. Для того чтобы удобрения, попадающие в контейнеры, не терялись от рикошета, применяют решетчатые вставки с ячейками размерами  $0,05 \times 0,05$  м и высотой не более половины высоты контейнера (рис. 3.5).

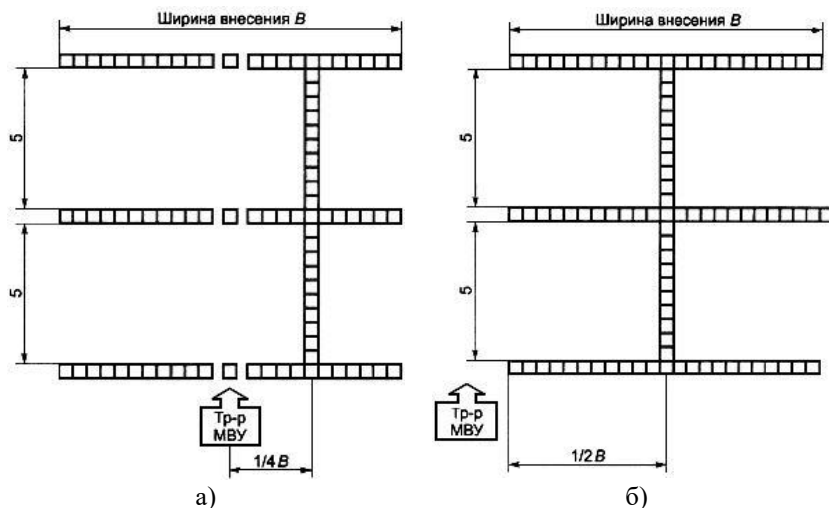


Рис. 3.4. Схема размещения контейнеров одной повторности при определении неравномерности распределения удобрений: а – при симметричном внесении удобрений; б – при асимметричном внесении удобрений

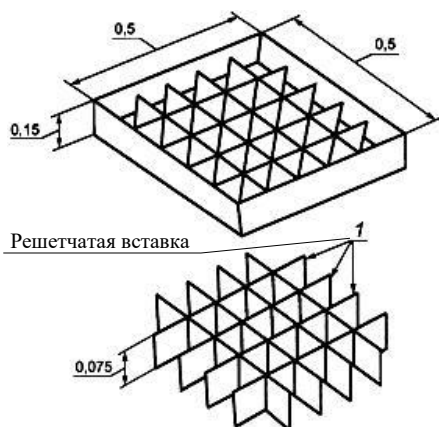


Рис. 3.5. Образец контейнера для сбора удобрений, используемого при испытании машин для внесения удобрений

После прохода машины удобрения с каждого контейнера последовательно взвешивают ( $\pm 20$  мг).

Данные записывают в рабочие ведомости (табл. 3.1) и обрабатывают с целью получения статистических характеристик равномерности разбрасывания по рабочей ширине захвата в следующей последовательности:

1) вычисляют среднее значение массы удобрений в контейнере  $\bar{g}'$  по формуле

$$\bar{g}' = \frac{\sum_{i=1}^{n'} \bar{g}_i}{n'}, \quad (3.2)$$

где  $\bar{g}_i$  – средняя масса удобрений в  $i$ -м контейнере, г;  $n'$  – число контейнеров;

2) стандартное отклонение массы удобрений в контейнере  $\sigma$ , г, вычисляют по формуле

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta \bar{g}_i)^2}{n' - 1}}, \quad (3.3)$$

где  $\Delta \bar{g}_i$  – отклонение массы удобрения в  $i$ -м контейнере от среднего значения, г;

3) неравномерность распределения удобрений  $H_y$  (коэффициент вариации  $v_y$ ), %, вычисляют по формуле

$$H_y(v_y) = \frac{\sigma}{\bar{g}'} \cdot 100. \quad (3.4)$$

Для сопоставления данных испытаний по неравномерности распределения с требованиями технического задания или техни-



ческих условий и определения рабочей ширины внесения удобрений проводят перекрытие значений масс удобрений в контейнерах по ширине их внесения и обработку данных до получения коэффициента вариации, близкого к заданной неравномерности.

Таблица 3.1

Ведомость определения массы удобрения в контейнере  
по ширине захвата машины

№ контей- нера для сбора удобрений	Масса удобрений в контейнере, г											Сумма по <i>i</i> -му кон- тейнеру $\sum_{i=1}^n \bar{g}_i$	Среднее значение по <i>i</i> -му контейнеру $\bar{g}'$
	Повторность												
	1			2			3						
	Ряд												
	1	2	3	1	2	3	1	2	3				
1													
2													
3													
...													
n													
Сумма по каждому ряду													
Среднее значение по каждому ряду													

Неравномерность распределения удобрений между отдельными туковывсевающими аппаратами определяют на оптимальной дозе внесения удобрений в трехкратной повторности. Под каждый высевающий аппарат подставляют пробоотборник или подвязывают мешочек. Продолжительность отбора проб не менее 15 оборотов ходового колеса. Пробу удобрений от каждого высевающего аппарата взвешивают с погрешностью  $\pm 20$  мг и записывают в рабочую ведомость.

Для определения влияния уклона поля на равномерность внесения удобрений широкозахватных прицепных и навесных разбрасывателей отбор проб удобрений осуществляют с боковым наклоном (уклоном) разбрасывателей в 7 %. Для выполнения

этих требований в прицепном разбрасывателе под одно из колес устанавливают подвижные ролики, а в навесном – угол устанавливают за счет элементов навесной системы трактора.

Влияние уклона поля на машины ленточного внесения удобрений определяют расположением машины на наклонной (20 %) поверхности (при подъеме, спуске, уклоне вправо, влево).

### 3.3. Нестабильность дозы внесения удобрений

Нестабильность дозы внесения удобрений определяют по данным, полученным в процессе работы машины в начале и конце рабочего хода. Повторность опыта – трехкратная. До начала опыта машину регулируют на заданную дозу внесения удобрений, удобрения (имитирующий материал) загружают в емкость до номинальной грузоподъемности. Затем на оптимальной скорости проводят внесение удобрений на контрольном проходе до опорожнения емкости, определяют его длину и отмечают колышками начало и конец учетного пути.

До прохода машины первую группу контейнеров располагают по ширине внесения удобрений на расстоянии 20 м (95 % заполнения кузова) от начала рабочего хода и вторую группу – на расстоянии 20 м (20 % заполнения кузова) от конца рабочего хода. Контейнеры располагают по схеме (рис. 3.6).

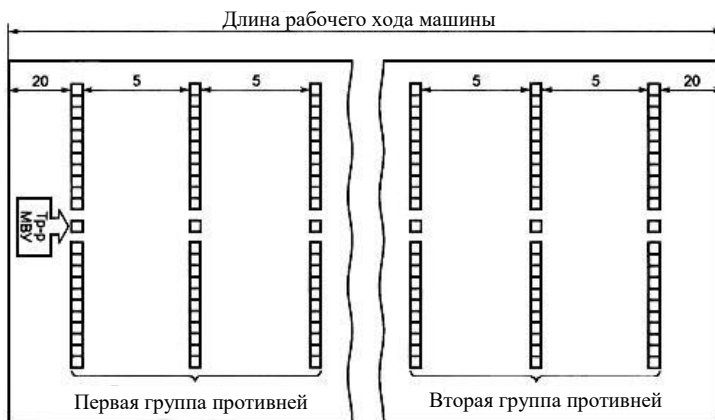


Рис. 3.6. Схема размещения контейнеров при определении нестабильности дозы внесения удобрения

После прохода машины пробы удобрений, собранные в контейнеры, взвешивают ( $\pm 20$  мг). Данные записывают в ведомость и по формулам ГОСТ 28714-2007 [7] вычисляют дозу внесения удобрений в начале и конце опыта.

### **3.4. Глубина заделки, ширина ленты при внутрипочвенном внесении удобрений**

*Глубина заделки.* При внутрипочвенном внесении удобрений глубину заделки определяют на максимальной дозе внесения суперфосфата, мела или другого имитирующего материала. Измерения выполняют на ровном участке по трем рабочим органам (двум крайним и одному среднему) через 0,5 м по ходу движения машины. Число измерений по каждому рабочему органу – не менее 25. До начала измерений делают вертикальный срез на глубину внесения удобрения. Линейкой измеряют расстояние (по вертикали) от места расположения удобрения до поверхности поля ( $\pm 0,5$  см). Повторность опыта – трехкратная. Данные записывают в формы ведомостей и вычисляют среднюю, максимальную и минимальную глубину заделки удобрения, отклонение ее среднего фактического значения от заданного.

Для определения полноты заделки удобрения по приспособлению для локальной заделки удобрения пропускают машину на трех учетных делянках длиной не менее 300 м каждая и учитывают площадь участка с незаделанными в почву удобрениями. Погрешность измерения –  $\pm 1$  см. Данные записывают в форму ведомости.

Полноту заделки удобрений  $P_z$ , %, с округлением до целого числа вычисляют по формуле

$$P_z = \frac{S_y - S_n}{S_e} \cdot 100, \quad (3.5)$$

где  $S_y$  – площадь обработанного участка, м;  $S_n$  – площадь участка с незаделанными в почву удобрениями, м.

Глубину обработки почвы определяют одновременно с глубиной заделки удобрения погружением линейки в почву до необработанного слоя. Измерения выполняют по всей ширине захвата ма-

шины, по всем рабочим органам на двух проходах машины. Погрешность измерения –  $\pm 0,5$  см. Повторность опыта трехкратная. Число измерений в каждой повторности не менее 25.

*Ширина ленты при внутривспашном внесении удобрения.* Ширину ленты внесения удобрения определяют на выровненной площадке. До прохода машины в рабочем положении оставляют только рабочие органы, формирующие ленту. Машину пропускают не менее чем на двух скоростных режимах. Ширину ленты измеряют на двух проходах машины (прямо и обратно) не менее чем в 25 точках на расстоянии 0,5 м друг от друга по ходу движения машины. Измерения выполняют по крайним точкам основной массы удобрений в ленте ( $\pm 1$  см). Повторность опыта – трехкратная. Данные записывают в формы и вычисляют среднее значение, отклонение средней ширины ленты от заданной.

### **3.5. Расчет дозы внесения и неравномерности распределения удобрений по ширине внесения**

На основе полученных результатов в ходе испытаний заполняется табл. 3.2.

Полученные опытные данные обрабатываются в следующей последовательности:

Дозу внесения удобрения  $D'$ , вычисляют по формуле

$$D' = \frac{\bar{g}' \cdot 10}{S}. \quad (3.6)$$

$$D' = \frac{5,01 \cdot 10}{0,25} = 200,4 \text{ кг/га.}$$

Стандартное отклонение массы удобрений в контейнере  $\sigma$ , г, вычисляют по формуле (3.2)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n'} (\Delta \bar{g}_i)^2}{n' - 1}} = \sqrt{\frac{411,66}{26 - 1}} = 4,06,$$

где  $n'$  – количество контейнеров (число данных среднего ряда).

Таблица 3.2

Определение дозы внесения и неравномерности распределения удобрений по ширине внесения 13 м

Номер контейнера для сбора удобрений	Масса удобрений в контейнере, г											Отклонение от среднего $\Delta \bar{g}_i$	Квадрат отклонения от среднего $(\Delta \bar{g}_i)^2$
	Повторность									Сумма по i-му контейнеру $\sum_{i=1}^n \bar{g}_i$	Среднее значение по i-му контейнеру $\bar{g}'$		
	1			2			3						
	Ряд												
	1	2	3	1	2	3	1	2	3				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	0,6	0,7	0,3	0,7	0,7	0,7	0,6	0,4	0,2	4,9	0,54	-4,46	19,93
2	0,8	0,6	0,4	0,9	0,9	0,9	0,8	0,2	0,2	5,7	0,63	-4,38	19,15
3	1,1	1,6	0,7	1,1	1,1	1,1	1,0	1,4	1,1	10,2	1,13	-3,88	15,02
4	1,7	2,7	2,0	1,7	1,7	1,7	1,6	4,2	1,8	19,1	2,12	-2,89	8,33
5	2,7	1,9	1,3	2,9	2,9	2,9	2,8	0,2	0,2	17,8	1,98	-3,03	9,19
6	2,3	2,2	2,5	2,6	2,6	2,6	2,6	2,3	1,3	21,0	2,33	-2,68	7,16
7	3,8	3,3	2,6	4,0	4,0	4,0	4,0	1,3	2,1	29,1	3,23	-1,78	3,15
8	5,5	4,2	4,0	5,7	5,7	5,7	5,7	2,3	2,2	41,0	4,56	-0,45	0,21
9	7,3	8,6	6,6	7,3	7,3	7,3	7,3	6,3	9,5	67,5	7,50	2,49	6,21
10	8,7	9,3	7,4	8,9	8,9	8,9	8,3	8,1	7,1	75,6	8,40	3,39	11,50
11	10,2	11,9	9,2	10,4	9,4	9,4	9,4	10,6	13,3	93,8	10,42	5,41	29,30
12	11,7	11,9	10,2	11,9	11,6	11,4	11,4	10,3	11,0	101,4	11,27	6,26	39,16
13	13,2	12,0	11,3	13,2	13,2	13,2	13,2	10,1	9,5	108,9	12,10	7,09	50,28
14	3,8	12,0	14,1	8,0	8,0	8,0	8,0	19,6	18,0	99,5	11,06	6,05	36,56

Окончание табл. 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
15	9,1	7,9	11,2	9,0	9,0	9,0	9,0	9,3	11,1	84,6	9,40	4,39	19,28
16	9,4	3,9	8,3	9,4	9,4	9,4	9,1	3,1	3,1	65,1	7,23	2,22	4,95
17	9,3	9,8	10,6	9,3	9,3	9,3	9,3	10,1	12,1	89,1	9,90	4,89	23,92
18	8,5	10,2	8,2	8,5	8,5	8,5	8,5	7,8	12,1	80,8	8,98	3,97	15,75
19	5,5	6,6	6,9	5,5	5,5	5,5	5,5	9,6	6,3	56,9	6,32	1,31	1,72
20	3,6	3,9	4,0	3,6	3,6	3,6	3,6	5,9	2,6	34,4	3,82	-1,19	1,41
21	2,1	2,5	2,9	2,1	2,1	2,1	3,9	3,6	1,1	22,4	2,49	-2,52	6,35
22	1,7	1,5	2,1	1,7	1,7	1,7	1,7	2,0	1,8	15,9	1,77	-3,24	10,51
23	1,3	1,0	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	1,0	11,1	1,23	-3,78	14,26
24	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,0	0,6	7,2	0,80	-4,21	17,72
25	1,0	0,4	0,4	1,0	1,0	1,0	1,0	0,2	0,2	6,4	0,71	-4,30	18,48
26	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	2,7	0,30	4,71	22,17
Сумма по каждому ряду	126,0	132,0	129,6	131,8	130,5	130,3	130,7	131,4	129,8	1172,1	130,23	94,96	411,66
Среднее значение по каждо- му ряду	4,85	5,08	4,98	5,07	5,02	5,01	5,03	5,05	4,99	45,08	5,01	3,65	–

Неравномерность распределения удобрений  $H_y$  (коэффициент вариации  $v_y$ ), %, вычисляют по формуле (3.4)

$$H_y = \frac{4,06 \cdot 100}{5,01} = 81,04 \% .$$

Ошибка опыта определяется по формуле

$$\Delta\sigma = \frac{\sigma}{\sqrt{n'}}, \quad (3.7)$$

$$\Delta\sigma = \frac{4,06}{\sqrt{26}} = 0,80 .$$

Точность опыта определяется по формуле

$$\sigma_T = \frac{\Delta\sigma \cdot 100}{\bar{g}'}, \quad (3.8)$$

$$\sigma_T = \frac{0,80 \cdot 100}{5,01} = 15,97 \% .$$

### Контрольные задания

1. Определить дозу внесения и неравномерность распределения удобрений по ширине внесения разбрасывателя по данным, представленным в приложении Б (табл. Б.1). Определить ошибку и точность опыта.

2. Определить дозу внесения и неравномерность распределения удобрений по ходу движения разбрасывателя по данным, представленным в приложении Б (табл. Б. 2). Определить ошибку и точность опыта.

## **4. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РАБОТЫ СЕЯЛОК**

В настоящее время руководящим документом на технологическую операцию «посев» является ГОСТ 31345-2017 [8], который устанавливает методы испытаний тракторных сеялок и приспособлений к ним, а также комбинированных посевных машин для высева различных видов культур с одновременным внесением минеральных удобрений.

Наиболее важными показателями качества выполнения технологического процесса являются качество заделки семян, неравномерность высева (по ширине и вдоль прохода агрегата), неустойчивость общего высева, норма высева семян, интервалы между растениями, повреждение семян при высеве, а также обеспечение заданных стыковых междурядий. Нормативные значения перечисленных показателей устанавливаются стандартом на машины посевные и посадочные СТО АИСТ 5.6-2010 [37].

### **4.1. Качество заделки семян**

Важнейший показатель качества заделки семян – глубина – определяется одним из трех методов: непосредственным нахождением (раскопкой) семян в рядке (гнезде), устройством для послойного снятия почвы, измерением этиолированной части растения [26]. Глубину заделки семян (удобрений) определяют не позднее чем на второй день после посева.

Для определения глубины заделки семян (удобрений) методом непосредственного нахождения их в почве в день посева на прямом и обратном проходах сеялки на каждом ряду сошников отмечают колышками по два-четыре засеянных рядка.

На отмеченных рядках отмеряют шесть площадок (три – на прямом проходе и три – на обратном). Размер площадок должен обеспечить не менее 20 измерений глубины заделки семян (удобрений) для каждого ряда сошников при трехрядном их расположении на сеялке и не менее 25 измерений для каждого ряда при двухрядном расположении сошников, находящихся вне колеи колес трактора и сеялки.



Для сеялок с однорядным расположением сошников глубину заделки семян определяют по всей ширине захвата двух смежных проходов с получением не менее 30 измерений.

Семена в почве находят путем послойного смещения почвы из зоны рядка в сторону с последующим измерением расстояния до плоскости поверхности почвы.

Измерение глубины заделки семян специальным устройством для послойного отбора почвы с семенами (рис. 4.1) рекомендовано к применению стандартом ГОСТ 31345-2017 [8].

Устройство состоит из рамы и подвижной каретки с перемещаемым и фиксируемым по вертикали через 1 см съёмным ковшом.

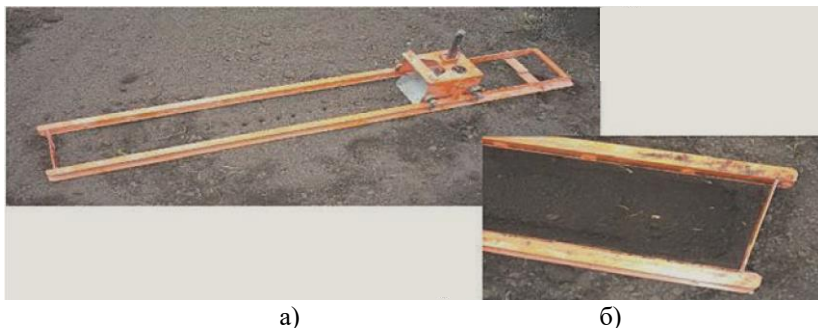


Рис. 4.1. Устройство для послойного отбора проб почвы с семенами:  
а – общий вид; б – вид раскрытого рядка с семенами

Для послойного отбора проб устройство устанавливают по линии рядка. В зоне исходного расположения подвижной каретки почву удаляют на глубину предполагаемой максимальной заделки семян. После фиксации съёмного ковша при расположении заборной пластины на 1 см ниже поверхности почвы (или ее поверхности после предыдущего прохода) каретку вместе с ковшом продвигают к противоположному концу устройства, срезая слой почвы и собирая её в ковш. Затем ковш удаляют из устройства и высыпают почву с семенами на разборную доску, где отделяют семена.

Число семян, расположенных в каждом слое почвы, подсчитывают, заносят данные в соответствующую графу рабочих ведомостей и определяют процентное содержание по горизонтам глубины.

Для определения глубины заделки семян по этиолированной части растений (рис. 4.2) в день посева на одной из повторностей опыта отмечают рядки, находящиеся вне следа колес агрегата. После всходов (два-три листика) в отмеченных рядках у растений срезают надземную часть. Оставшуюся в почве часть растения вместе с семенами выкапывают и измеряют длину с погрешностью  $\pm 1$  мм. Расстояние от семени до места среза является показателем глубины заделки семян. Растения выкапывают с интервалом не менее 15 см.

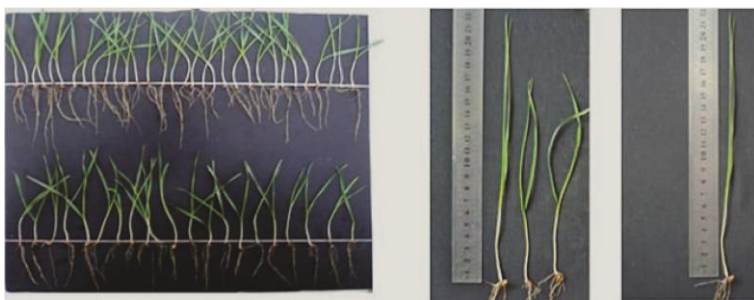


Рис. 4.2. Определение глубины заделки семян по этиолированной части растений

Для каждого ряда сошников глубину заделки семян определяют не менее чем у 20 растений при трехрядном расположении сошников, не менее чем у 25 – при двухрядном, не менее 30 – при однорядном. Число растений, которое нужно выкопать на каждом рядке, вычисляют по формуле

$$n'_{p.s} = \frac{n_{p.s.}}{n''_c n'_p}, \quad (4.1)$$

где  $n_{p.s.}$  – общее число растений, подлежащих измерению, шт.;  $n''_c$  – число учитываемых сошников в ряду, шт.;  $n'_p$  – число рядов сошников в сеялке, шт.

Результаты измерений глубины заделки семян записывают в формы ведомостей по ГОСТ 31345-2017.

Дополнительно определяют глубину заделки семян не менее чем по двум сошникам, идущим по следу колес трактора, сеялки, сцепки, используя метод случайного выбора. Количество измерений должно быть не менее 20.

По результатам измерений глубины заделки семян вне следа и по следу колес трактора строят гистограмму распределения глубины заделки семян в зависимости от регулирования сеялки. На график наносят значения интервалов глубины заделки семян и частоту данных интервалов в процентах.

Число семян, не заделанных сеялкой в почву, учитывают в местах определения глубины заделки семян. В случае определения глубины заделки семян по этиолированной части растения число незаделанных семян определяют в пределах рамки длиной 1 м, шириной, равной ширине захвата сеялки. Рамки накладывают в четырехкратной повторности (две на прямом и две на обратном проходах). Семена учитывают отдельно вне колеи и по колее.

Величину почвенной прослойки между семенами и удобрениями, расположение удобрений относительно семян определяют по каждому сошнику не позднее чем через два дня после посева: по сеялкам гнездового и пунктирно-гнездового посева – раскопками не менее десяти гнезд на каждый сошник, по сеялкам пунктирного посева – раскопками рядка с получением не менее пяти измерений на каждый сошник.

К поперечному разрезу, на котором обнаружены семена и удобрения, прикладывают линейку и измеряют расстояние от удобрения до семени в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Результаты измерений записывают по форме ГОСТ 31345-2017, вычисляют средний интервал между семенами и удобрениями, долю семян вне контакта с удобрениями (интервал более 10 мм), долю семян в контакте с удобрениями (интервал менее 10 мм).

#### **4.2. Неравномерность распределения и неустойчивость высева семян**

Неравномерность распределения и неустойчивость высева семян или удобрений определяют при хозяйственной норме высева отбором проб непосредственно после высевающих аппаратов (катушек, дисков) или после семяпровода.

По сеялкам точного и пунктирного способов посева неравномерность и неустойчивость высева определяют не менее чем на половине ширины захвата сеялки. При испытаниях сеялок с двух-

и трехстрочными сошниками неравномерность высева определяют между строчками. Для сеялок с централизованным дозированием неравномерность высева определяют между семяпроводами. После установки сеялки на заданную норму высева отбирают пробы не менее чем в трехкратной повторности. Семена, высеянные каждым высевальным аппаратом (семяпроводом), собирают в емкости и определяют их массу (г) или количество (шт.). Результаты заносят в рабочие ведомости.

*При обработке данных вычисляют следующие показатели:*

1. Среднюю массу семян, высеянных  $i$ -м высевальным аппаратом (семяпроводом) из всех повторностей  $\bar{q}_i$ , г, по формуле

$$\bar{q}_i = \frac{\sum_{j=1}^n q_{ij}}{n}, \quad (4.2)$$

где  $q_{ij}$  – масса семян, высеянных  $i$ -м высевальным аппаратом (семяпроводом) в  $j$ -й повторности, г;  $n$  – число повторностей, шт.

2. Среднюю массу семян  $\bar{q}$ , высеянных одним высевальным аппаратом (семяпроводом), по формуле

$$\bar{q} = \frac{\sum_{i=1}^{n_a} \bar{q}_i}{n_a}, \quad (4.3)$$

где  $n_a$  – число высевальных аппаратов (семяпроводов), шт.

3. Отклонение массы семян в высеве  $i$ -м высевальным аппаратом (семяпроводом) от среднего значения  $\Delta q_i$ , г, по формуле

$$\Delta q_i = \bar{q}_i - \bar{q}. \quad (4.4)$$

4. Среднеарифметическое отклонение  $\Delta \bar{q}_i$ , г, по формуле

$$\Delta \bar{q}_i = \frac{\sum_{i=1}^{n_a} |\Delta q_i|}{n_a}. \quad (4.5)$$

5. Неравномерность высева семян (удобрений) между высевальными аппаратами (семяпроводами)  $H_p$ , %, по формуле

$$H_p = \frac{\Delta \bar{q}_i}{\bar{q}} \cdot 100. \quad (4.6)$$

6. Неустойчивость общего высева семян (удобрений)  $H_y$ , %, по формуле

$$H_y = \frac{\Delta \bar{q}_n}{\bar{q}_n} \cdot 100, \quad (4.7)$$

где  $\Delta \bar{q}_n$  – среднеарифметическое отклонение массы семян (удобрений), высеянных по повторностям, от среднего значения, г;  $\bar{q}_n$  – средняя масса семян (удобрений), высеянных всеми высеваящими аппаратами (семяпроводами) из всех повторностей, г.

Среднеарифметическое отклонение массы семян (удобрений), высеянных по повторностям, от среднего значения  $\Delta \bar{q}_n$ , г, по формуле

$$\Delta \bar{q}_n = \frac{\sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q}_n)}{n}, \quad (4.8)$$

где  $q_j$  – масса семян (удобрений), высеянных всеми высеваящими аппаратами (семяпроводами) в  $j$ -й повторности, г.

Массу семян (удобрений), высеянных всеми высеваящими аппаратами (семяпроводами) в  $j$ -й повторности  $q_j$ , г, вычисляют по формуле

$$q_j = \sum_{i=1}^{n_a} q_{ij}. \quad (4.9)$$

Среднюю массу семян (удобрений), высеянных всеми высеваящими аппаратами (семяпроводами) из всех повторностей  $\bar{q}_n$ , г, вычисляют по формуле

$$\bar{q}_n = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^{n_a} q_{ij}}{n}. \quad (4.10)$$

В случаях, предусмотренных техническим заданием и техническими условиями, неравномерность высева между отдельными высеваящими аппаратами (семяпроводами) и неустойчи-

вость общего высева выражают коэффициентом вариации. Неравномерность высева  $v$ , %, вычисляют по формуле

$$v = \frac{\sigma}{q} \cdot 100, \quad (4.11)$$

где  $\sigma$  – стандартное отклонение массы семян (удобрений), г.

Стандартное отклонение массы семян (удобрений) между аппаратами (семяпроводами)  $\sigma$ , г, вычисляют по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_a} (\bar{q}_i - \bar{q})^2}{n_a - 1}}. \quad (4.12)$$

Неустойчивость общего высева  $v'$ , %, вычисляют по формуле

$$v' = \frac{\sigma'}{\bar{q}_n} \cdot 100, \quad (4.13)$$

где  $\sigma'$  – стандартное отклонение массы семян (удобрений) между повторностями, г.

Стандартное отклонение массы семян (удобрений) между повторностями  $\sigma'$ , г, вычисляют по формуле

$$\sigma' = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q}_n)^2}{n - 1}}. \quad (4.14)$$

Полученные данные сравнивают с показателями технического задания и(или) техническими условиями на сеялку.

По сеялкам точного, пунктирного, пунктирно-гнездового и гнездового способов посева неравномерность и неустойчивость высева допускается определять по числу семян, посеянных на одном метре и в гнездо.

Для определения неравномерности и неустойчивости высева несypучих семян трав или удобрений отбирают не менее трех проб при каждом из трех заполнений объема: при полном, 1/2 и 1/8 объема семенного или тукового ящика (бункера). Показатели определяют в естественных полевых условиях или на специальном стенде, имитирующем по вибрации работу агрегата в полевых условиях.

### 4.3. Норма высева семян

Фактическую норму высева семян в процессе регулирования сеялки определяют по ГОСТ 31345-2017 [8]. Сеялку заправляют семенами, под высевающие аппараты (семяпроводы) подвывают лабораторные сумочки и устанавливают заданную норму высева. Сеялка в рабочем режиме должна пройти участок длиной не менее 100 м. Число повторностей не менее трех. Рабочие ведомости приведены в ГОСТ 31345-2017 [8].

Массу семян, высеянных всеми аппаратами (семяпроводами), взвешивают с погрешностью  $\pm 1$  г и вычисляют фактическую норму высева  $Q_\phi$  (кг/га) по формуле

$$Q_\phi = 10^4 \frac{\sum_{i=1}^n q_{об}}{BL}, \quad (4.15)$$

где  $q_{об}$  – масса семян, высеянных всеми высевающими аппаратами (семяпроводами) на учетной площади в  $i$ -й повторности, кг;  $B$  – ширина захвата сеялки, м;  $L$  – длина засеянного участка, м.

Для машин, норма высева которых задается в штуках на 1 м, фактическую норму высева  $Q_M$  (шт/м) вычисляют по формуле

$$Q_M = 10^6 \frac{\sum_{i=1}^m q_{об}}{ALn_p}, \quad (4.16)$$

где  $n_p$  – число засеваемых рядков, шт;  $A$  – масса 1000 семян, г.

Фактическую норму высева семян  $Q'_M$  для этих машин, задаваемую в килограммах на 1 га, вычисляют по формуле

$$Q'_M = 10^{-2} \frac{Q_M A}{b}, \quad (4.17)$$

где  $b$  – ширина междурядий (расстояние между сошниками), м.

В производственных условиях для контроля нормы высева используют метод пополнения семенных ящиков до верхних кромок после расхода семян (удобрений) на известной длине прохода агрегата, кратной длине гона. Исходя из известной засеянной площади и дополненного с помощью мерной емкости объема семян (удобрений) определяют фактическую норму высева и при необходимости осуществляют дополнительные регулировки.

#### 4.4. Расчет неравномерности и неустойчивости высева семян высевающими аппаратами зерновой сеялки

На основе полученных результатов в ходе испытаний зерновой сеялки заполняется табл. 4.1.

Таблица 4.1

Результаты исследования равномерности высева  
высевающими аппаратами

№ высевающего аппарата	Длина рабочей части катушки, мм	Масса высеянных семян, г.					Отклонение массы семян, высеянных каждым аппаратом, от среднеарифме- тической массы (неравномерность высева), г (%)
		Повторность			Сумма	Среднее	
		1	2	3			
1	28	126	128	130	384	128	+3(2,4)
2	28	130	130	130	390	130	+5(4,0)
3	28	122	128	125	375	125	0(2,6)
...	...	...	...	...	...	...	...
n	28	125	128	130	383	127,7	+2,7(2,2)
Сумма	–	1 408	1 509	1 502	4 499	1 499,6	+28,4
Среднее значение	–	124	125,7	125,1	375	125,0	±2,37(1,9)
Отклонение сум- марной массы семян каждого повторения от их среднеарифмети- ческой массы (неустойчивость общего высева), г	–	–91,6	+9,4	+2,4	103,2	34,4	–



Полученные опытные данные обрабатываются в следующей последовательности.

Неустойчивость высева семян:

$$H_y = \frac{34,4 \cdot 100}{1499,6} = 2,3 \, \%.$$

Неравномерность высева семян:

$$H_p = \frac{2,37 \cdot 100}{125,0} = 1,9 \, \%.$$

Фактическая норма высева семян при расчетной площади 100 м<sup>2</sup>:

$$Q' = \frac{1499,6 \cdot 10000}{100} = 150 \text{ кг/га}.$$

#### 4.5. Интервалы между растениями

Распределение растений в ряду (рис. 4.3), в соответствии с ГОСТ 31345-2017 [8], определяют на каждом проходе сеялки не менее чем в трехкратной повторности на 10-метровых отрезках (5 м – для сахарной свеклы, 2,5 м – для сорго, сои, зерновых и кулисных культур).



Рис. 4.3. Определение показателей качества распределения растений кукурузы в ряду

Вдоль учетных отрезков рядов накладывают рейку с делениями 1 см, измеряют расстояние между растениями нарастающим итогом (первое растение, от которого ведется измерение, принимают за ноль). Определяют средний интервал между семе-

нами, стандартное отклонение, коэффициент вариации, долю интервалов в соответствии с техническим заданием или техническими условиями и строят гистограмму (частотный график) распределения семян. Для построения гистограммы вычисляют частоту и частость полученных интервалов между семенами. На график наносят значения интервалов между семенами и частость данных интервалов в процентах.

#### 4.6. Повреждение семян при высеве

Повреждение семян при высеве (дробление, обрушивание, другие механические повреждения) определяют по ГОСТ 31345-2017. Для этого отбирают пробы семян до и после посева – во время определения неравномерности посева отдельными высевными аппаратами (семяпроводами) на хозяйственной норме посева, объединяя для этого в среднюю пробу семена, посеянные всеми аппаратами за повторность опыта. Из каждой средней пробы выделяют две навески. Масса навески определяется по ГОСТ 12037 (за исключением семян хлопчатника), для хлопчатника – по ГОСТ 21820.3. Из каждой навески выделяют битые (дробленные) семена, обрушенные (для пленчатых культур), семена с механическими повреждениями оболочки (для крупносемянных культур) и кожуры (для хлопчатника).

Семена с каждым видом повреждения взвешивают с погрешностью  $\pm 0,01$  г и определяют их массовую долю по формуле

$$D = \frac{m_{op}}{m_n} \cdot 100, \quad (4.18)$$

где  $m_{op}$  – масса семян дробленых (обрушенных или с механическими повреждениями), выделенных из навески, г;  $m_n$  – общая масса семян в навеске, г.

Вычисление проводят с округлением до первого десятичного знака.

Содержание дробленых (обрушенных, с механическими повреждениями) семян должно быть предварительно определено в исходном материале. По разнице содержания дробленых (поврежденных, обрушенных) семян, прошедших через высевные

аппараты (семяпроводы), и в исходном материале определяют дробление (обрушивание, повреждение) семян высеваящими аппаратами. Дробление семян сахарной свеклы определяют в шести навесках массой 25 г каждая, отобранных по две из каждой пробы. Навески просеивают через решето с диаметром отверстий 1 мм для отделения пыли. Семена разбирают на целые и их частицы, дробленые части околоплодника и поврежденные клубочки.

Массу семян со всеми видами повреждений и массу пыли определяют с погрешностью  $\pm 0,01$  г. Массовую долю дробленых семян в процентах определяют от массы навески, отделенной от пыли, массовую долю пыли – от массы исходной навески. Результаты записывают в рабочие ведомости по ГОСТ 31345-2007.

#### **4.7. Обеспечение заданных стыковых междурядий**

Ширину междурядий определяют измерением расстояний между центрами смежных рядов (рис. 4.4). Ширину основных междурядий измеряют на двух смежных проходах агрегата, стыковых – на четырех, не менее чем в пяти местах каждого прохода. Погрешность измерения  $\pm 0,5$  см. Результаты записывают в рабочие ведомости. По результатам измерений определяют среднее значение. Дополнительно, если это предусмотрено ТЗ или ТУ, определяют отклонение фактической ширины междурядья от установочной и долю случаев с заданным ТЗ, ТУ отклонением от установочной ширины междурядья.

Ширину засеваемого ряда, ленты или полосы определяют после появления всходов. Измерения проводят в двух смежных проходах сеялки не менее чем по двум рядкам каждого ряда сошников или по всей ширине захвата при однорядном расположении сошников. Число повторностей – не менее трех. Измерения следует проводить в поперечном направлении между крайними растениями относительно центра ряда, ленты или полосы. Расстояние между крайними растениями является показателем ширины ряда, ленты, полосы.



Рис. 4.4. Измерение ширины междурядий

Для двух- и трехрядных сеялок по каждому ряду сошников с двух смежных проходов сеялки в каждой повторности необходимо провести не менее 20 измерений. Для однорядной сеялки в каждой повторности число измерений должно быть не менее 50. Погрешность измерений –  $\pm 1$  см. Результаты измерений записывают в рабочие ведомости и обрабатывают с получением среднего значения, стандартного отклонения, коэффициента вариации.

### **Контрольное задание**

Определить фактическую норму высева семян, неравномерность и неустойчивость высева зерновой сеялки по данным, представленным в приложении В.

## **5. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РАБОТЫ ОПРЫСКИВАТЕЛЕЙ**

Важнейшей технологической операцией в производстве сельскохозяйственных культур считается обработка посевов химическими препаратами и их смесями с минеральными удобрениями. ГОСТ Р 53053-2008 [11] устанавливает методы оценки качества работы опрыскивателей, а именно расхода жидкости и его неравномерности между распылителями по ширине захвата, дисперсного состава осевших капель и густоты покрытия, а также механических повреждений растений при обработке. Нормативные значения показателей назначения устанавливает стандарт СТО АИСТ 1.12-2006 [29].

Агротехническую оценку опрыскивателей проводят при лабораторных и лабораторно-полевых испытаниях. Лабораторные (стендовые) испытания включают в себя определение условий испытаний, показателей, характеризующих работу распыливающих устройств, насоса, заправочного устройства. Лабораторно-полевые испытания включают в себя выбор типичного фона, определение условий испытаний, выбор режимов работы, определение показателей качества выполнения технологического процесса, определение биологической эффективности обработки, анализ результатов агротехнической оценки.

Номенклатура функциональных показателей, характеризующих условия испытаний и качество выполнения технологического процесса опрыскивателей при агротехнической и эксплуатационно-технологической оценках, приведена в ГОСТ Р 53053-2008.

Определение функциональных показателей проводят не менее чем на двух основных видах химикатов, для внесения которых предназначена машина.

### **5.1. Расход жидкости и неравномерность расхода жидкости между распылителями по ширине захвата**

Фактический расход жидкости через распыливающие устройства определяют по ГОСТ Р 53053-2008 [11] на чистой воде. У опрыскивателей с вентиляторными, гидравлическими и

вращающимися распылителями расход распылителями определяют на режимах, указанных в ТЗ (для опытных машин) и ТУ (для серийных).

Жидкость, вытекающую из одиночных наконечников, собирают в течение 1–2 мин. в сосуды (емкости) и измеряют ее объем с погрешностью не более 1 % в трехкратной повторности.

При невозможности измерить объем жидкости, вытекающей из распылителей, расход определяют как средний за время опорожнения емкости в соответствии с техническим описанием или при частичном опорожнении – методом долива до начального уровня измеренного количества жидкости. Данные по фактическому расходу жидкости записывают в рабочие ведомости [10, 26].

Расход жидкости через наконечники ранцевых пневматических опрыскивателей определяют при изменении давления от 5 до 0,2 МПа (до полного выброса жидкости).

Расход жидкости через распылители брандспойта и других ранцевых опрыскивателей определяют при рекомендованном руководством по эксплуатации числе качаний в минуту рычага привода насоса.

Фактический расход жидкости штанговых опрыскивателей определяют на режимах, рекомендуемых ТЗ или ТУ, но не менее чем на трех режимах по давлению, соответствующих основным видам работ.

Жидкость, вытекающую из каждого распылителя, в течение 1–2 мин. собирают в сосуды и измеряют (мерной емкостью) ее объем с погрешностью не более 1 % в трехкратной повторности. Результаты записывают в ведомости.

Обработку данных выполняют в следующей последовательности:

1. Рассчитывают среднее арифметическое значение расхода жидкости, распылителями (жиклерами) по ширине внесения  $Q$ ,  $\text{дм}^3/\text{мин}$ :

$$\bar{Q} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n}, \quad (5.1)$$

где  $Q_i$  – расход жидкости  $i$ -м распылителем,  $\text{дм}^3/\text{мин}$ ;  $n$  – число распылителей, шт.

2. Вычисляют стандартное отклонение расхода жидкости между отдельными распылителями  $\sigma$ ,  $\text{дм}^3/\text{мин}$ :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2}{n-1}}. \quad (5.2)$$

3. Определяют неравномерность расхода жидкости между отдельными распылителями (жиклерами) по ширине захвата:

$$v = 100 \cdot \frac{\sigma}{\bar{Q}}. \quad (5.3)$$

Фактическую подачу жидкости насосом опрыскивателя определяют в трехкратной повторности при оптимальной частоте вращения приводного вала и четырех-пяти значениях давления в нагнетательной магистрали от нулевого до максимального рабочего давления. Для этого к нагнетательному патрубку насоса подсоединяют рукав высокого давления с манометром и краном. Жидкость, вытекающую из нагнетательных трубопроводов и редуционного устройства, собирают в емкость, вместимость которой предварительно измеряют. Время опыта фиксируют секундомером с погрешностью  $\pm 1$  с.

Фактическую подачу жидкости заправочным устройством определяют при рабочем режиме и высоте всасывания, предусмотренной конструкцией. При этом определяют время, необходимое для заполнения емкости опрыскивателя, вместимость которой предварительно измеряют. Следует учитывать, что высота всасывания при заправке эжекционными и вакуумными устройствами равна расстоянию по вертикали от уровня жидкости до средней линии заправочного рукава (патрубка) эжектора, высота всасывания насоса равна расстоянию по вертикали от уровня жидкости в приемнике до всасывающих клапанов насоса или средней линии всасывающего патрубка.

## 5.2. Дисперсный состав осевших капель и густота покрытия

Густоту покрытия и дисперсность распыла жидкости опрыскивателями определяют при лабораторно-полевых испытаниях в соответствии с ТЗ по ГОСТ 53053-2008 [11].

В качестве рабочей жидкости используют 1–2%-й водный раствор красителя черного. Допускается применение 1–2%-го раствора нигрозина или другого интенсивного водорастворимого красителя.

Густоту покрытия и дисперсность распыла определяют по карточкам из мелованной бумаги, обработанным 3–5%-ым раствором парафина в толуоле (ортоксилоле) для уменьшения растекания улавливаемых капель. При обработке каждую карточку погружают в раствор, вынимают из него и помещают в сушилку.

Перед проведением опытов учетные карточки размещают по схеме (рис. 5.1), указанной в ГОСТ 53053-2008, в зависимости от вида сельскохозяйственной культуры [11]:

- на высокорослых плодовых культурах в трех ярусах по высоте дерева (верхнем, среднем, нижнем), в трех зонах по глубине (наружной, средней, внутренней) для нижнего и среднего ярусов, а в верхнем ярусе – в двух зонах (наружной и внутренней). В каждой зоне яруса размещают по четыре карточки во взаимно перпендикулярных плоскостях по схеме в соответствии с рис. 5.1, а. Размещение зон: внутренняя – на 0,5 м от ствола, средняя – делит пополам расстояние между наружной и внутренней зонами. Всего развешивают 32 карточки размерами 50 × 70 мм;

- на кустах виноградников и деревьях пальметного сада развешивают 14 карточек размерами 50 × 70 мм каждая по схеме в соответствии с рис. 5.1 б;

- куст овощных культур и хлопчатника делят на три яруса, в каждом ярусе размещают по три карточки размерами 35 × 200 мм по схеме в соответствии с рис. 5.1, в под углом 120°. Анализируют верхнюю и нижнюю стороны карточек.



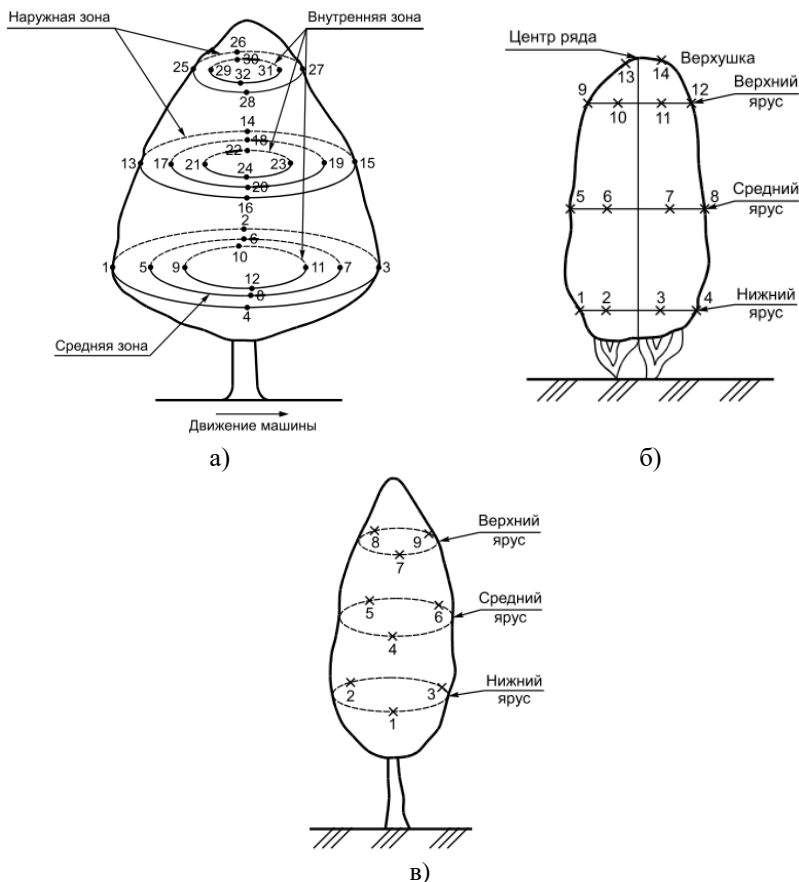


Рис. 5.1. Схема размещения карточек:  
*а* – на плодовых деревьях; *б* – на виноградниках;  
*в* – на кустах овощных культур и хлопчатнике

Способы крепления карточек к черенку листа показаны на рис. 5.2.

При работе штангового опрыскивателя число учетных карточек по ширине захвата определяют исходя из их расстановки с шагом не более 0,2 м. Карточки раскладывают длинной стороной по ходу движения машины (рис. 5.3). Опыт проводят в трехкратной повторности.

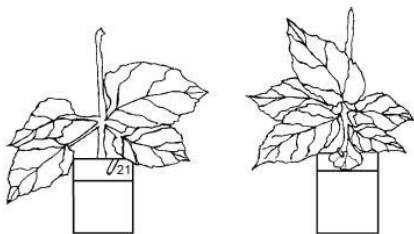


Рис. 5.2. Способы крепления карточки к черенку листа



Рис. 5.3. Схема расположения учетных карточек при проведении лабораторных опытов на открытой площадке

Для опрыскивателей, работающих методом бокового дутья (нанесение по ветру), карточки раскладывают на расстоянии, превышающем ширину захвата на 25 м. Расстановку карточек проводят равномерно с интервалом не более 2 м, не менее 50 шт. на расчетной ширине захвата.

При внесении гербицидов ленточным способом определяют неравномерность распределения жидкости по ширине полосы и по ходу движения машины. По ширине полосы (25–30 см) раскладывают карточки (6 шт.) длинной стороной по ходу движения машины. Расстояние между рядами карточек по ходу машины – 30–40 м, число рядов – не менее 10.

Испытываемая машина проходит по участку и проводит обработку насаждений с карточками. После подсыхания карточки собирают, аккуратно укладывают и отправляют в лабораторию для анализа (рис. 5.4).

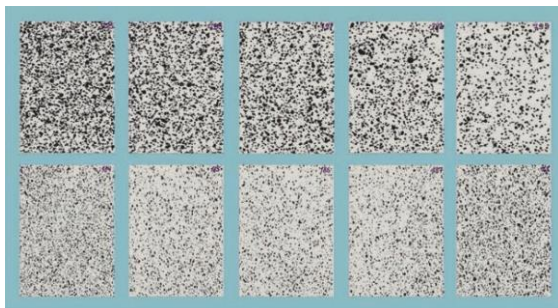


Рис. 5.4. Определение дисперсного состава и густоты покрытия с помощью карточек

Для оценки густоты покрытия обработанной поверхности карточки (отдельно по верху и низу листа) распределяют на пять групп:

I – необработанные;

II – с густотой, менее допустимой по ТЗ;

III – с густотой, допустимой по ТЗ;

IV – с густотой, более допустимой по ТЗ;

V – залитые.

Разбивку карточек на группы I, II, III проводят по результатам их микроскопирования.

Карточки IV и V групп не анализируют под микроскопом.

Карточки IV группы отбирают визуально, сравнивая с заранее подобранном эталоном с максимальной густотой покрытия, допустимой по ТЗ.

К V группе относят залитые карточки (с крупными расплывшимися каплями).

Результаты записывают в рабочие ведомости [11].

Густоту покрытия каплями определяют подсчетом капель на каждой карточке посредством микроскопирования или сканирования карточек с последующей обработкой результатов по специальной программе для ПЭВМ.

При микроскопировании каждой карточки просматривается не менее пяти полос длиной 20 мм, которые располагаются на различных участках карточки. При сканировании обрабатываются все карточки по всей их площади. При подсчете капель учитывают просмотренную площадь.

Густоту покрытия капель  $P_o$  (на 1 см<sup>2</sup>) вычисляют по формуле

$$P_o = \frac{n_k}{S_n}, \quad (5.4)$$

где  $n_k$  – общее число учтенных капель;  $S_n$  – просмотренная площадь, см<sup>2</sup>.

Данные микроскопирования записывают в представленные в ГОСТе [10] формы. По результатам распределения карточек по группам в соответствии с густотой покрытия вычисляют количественную долю каждой группы от общего числа карточек для зон, ярусов, дерева в целом (для садов) и по ширине захвата для полевых культур.

Дисперсность (крупность) осевших капель на карточках определяют только на режимах, рекомендуемых ТЗ.

Обработку карточек для определения дисперсности проводят методом микрофотографирования или сканированием и последующей обработкой на ПЭВМ по специальной программе.

При микрофотографировании карточки всех повторностей, снятые с деревьев, кустов или растений, визуально (с помощью эталонов) распределяют по верху и низу листа на три группы:

- условно мелкие (до 150 мкм);
- средние (150–300 мкм);
- крупные (более 300 мкм).

По результатам распределения карточек по группам вычисляют количественную долю каждой группы от общего числа карточек.

Из каждой группы микрофотографированию и последующей обработке подвергают по две характерные карточки с определением значения медианно-массового диаметра капель в каждой группе. Результаты микрофотографирования и обработки записывают в формы ГОСТ 53053-2008.

### 5.3. Обработка результатов микрофотографирования карточек

При микрофотографировании карточек формируется капельная выборка, состоящая из определенного числа измеренных капель, распределенных по классам размеров в соответствии с рабочими формами ГОСТ 53053-2008.

Для упрощения дальнейших расчетов классы размеров капель выражены в числе делений окулярной сетки микроскопа:

$k_{min}$  – нижний предел каждого класса размеров капель, выраженный в числе делений окулярной сетки;

$k_{max}$  – верхний предел каждого класса размеров капель, выраженный в числе делений окулярной сетки.

Среднее значение класса  $k_i$  вычисляют по формуле

$$k_i = \frac{k_{min} + k_{max}}{2}. \quad (5.5)$$

При микрофотографировании карточку устанавливают на стол препаратоводителя и просматривают полосами длиной  $l = 50\text{--}60$  мм. Ширину полосы определяют числом делений окулярной линейки или сетки в поле зрения микроскопа при выбранном увеличении.

При просмотре фиксируют:

- число капель  $N_j$  в каждом классе размеров капель;
- число просмотренных полос для каждого класса размеров капель.

Обязательным является просмотр четырех полос. Если после просмотра четырех полос в классе  $k_j$  окажется меньше 10 капель, то просматривают еще 6 полос, фиксируя только капли класса  $k_j$  и больше.

После просмотра 10 полос карточки, на которых имеются капли среднего значения класса 30 и более делений окулярной сетки, микроскопируют дальше и фиксируют капли того же класса и ниже. Если на 10 полосах зафиксировано менее 10 капель, дополнительно просматривают еще 10 полос.

На плотно покрытых карточках с границами классов от 15 до 17 делений окулярной сетки просматривают две полосы (не менее 500 капель), причем число капель для этих классов должно быть не менее 20, а для классов с границами от 11 до 13, свыше 13 до 15 делений окулярной сетки и т.д. минимальное число капель должно быть больше.

Результаты просмотра записывают в ведомость, представленную в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Ведомость данных микроскопирования

Границы класса от $k_{min}$ до $k_{max}$	Число зафиксированных капель, шт	Число полос, шт	Просмотренная площадь, $см^2$	Густота покрытия j-го класса, капель/ $см^2$
1	2	3	4	5
От 1 до 3 включ.	170	2/3	0,56	303,60
Св. 3–5	134	2/3	0,56	239,60
5–7	68	2/3	0,56	121,4
7–9	51	1	0,84	60,71
9–11	70	2	1,68	41,67
11–13	70	2	1,68	41,67
13–15	40	2	1,68	23,81
15–17	49	3	2,52	19,44
17–19	39	4	3,36	11,61
19–21	22	4	3,36	6,55
21–23	14	4	3,36	4,17
23–25	27	4+6	8,40	3,21
25–27	18	4+6	8,40	2,14
27–29	14	4+6	8,40	1,67

Окончание табл. 5.1

1	2	3	4	5
29–31	10	4+6	8,40	1,19
31–33	14	4+6+10	16,8	0,83
33–35	11	4+6+10	16,8	0,65
35–37	8	4+6+10	16,8	0,48
37–39	5	4+6+10	16,8	0,30
39–41	2	4+6+10	16,8	0,12
41–43	1	4+6+10	16,8	0,06

Обработку результатов микрофотоирования проводят в следующей последовательности:

– для каждого класса размеров капель вычисляют общую просмотренную площадь  $S_j$ , см<sup>2</sup>, по формуле

$$S_j = lb_{\Pi} Z_j, \quad (5.6)$$

где  $l$  – длина просматриваемой полосы, см;  $b_{\Pi}$  – ширина просматриваемой полосы, см; и  $Z_j$  – число просмотренных полос для каждого класса размеров капель;

– для каждого класса размеров капель вычисляют приведенное число капель  $n_{lj}$ , то есть число капель, приходящееся на 1 см<sup>2</sup> просмотренной площади (густота покрытия) по формуле

$$n_{lj} = \frac{N_j}{S_j}, \quad (5.7)$$

где  $N_j$  – число капель, зафиксированное в каждом классе размеров при микрофотоировании;

– для каждого класса размеров капель вычисляют значение  $n_{lj}k^3$ , характеризующее массу жидкости, заключенной в каплях этого класса;

– вычисляют сумму значений  $n_{lj}k^3$ , то есть суммы по вертикали;

– вычисляют массовую долю жидкости  $P_j$ , %, содержащуюся в каждом классе по формуле

$$P_j = 100 \frac{n_{lj}k_j^3}{\sum_{j=3}^{n_{кл}} n_{lj}k_j^3}, \quad (5.8)$$

где  $n_{кл}$  – число классов;

– определяют накопленные значения массовой доли жидкости  $P_{nj}$ , %, для каждого последующего класса, то есть

$$P_{Hj} = P_{Hj-1} + P_j. \quad (5.9)$$

Проверка: сумма накопленных значений массовых долей жидкости для всех классов должна составлять 100 %. Данные вычислений записывают в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Ведомость определения дисперсности распыла жидкости

Границы класса от $k_{min}$ до $k_{max}$	Среднее значение класса $k_j$ окулярной сетки	Средний объем капли каждого $j$ -го класса $k_j^3$	Густота покрытия $j$ -го класса $n_{ij}$ , капель/см <sup>2</sup>	Масса жидкости, заклученной в каплях $n_{ij} k_j^3$ , делений окулярной сетки	Массовая доля жидкости $j$ -го класса $P_j$ , %	Накопленное значение массовой доли жидкости $P_{Hj}$ , %	Диаметр капель $d_{min}-d_{max}$ , мкм
От 1 до 3 включ.	2	8	303,60	2 429	0,32	0,32	14–41
Св. 3–5	4	64	239,60	15 315	2,03	2,35	41–68
5–7	6	216	121,4	26 222	3,48	5,83	68–96
7–9	8	512	60,71	31 083	4,13	9,96	96–123
9–11	10	1 000	41,67	41 670	5,54	15,50	123–150
11–13	12	1 728	41,67	72 006	9,57	25,07	150–177
13–15	14	2 744	23,81	65 335	8,68	33,75	177–205
15–17	16	4 096	19,44	79 626	10,58	44,33	205–232
17–19	18	5 832	11,61	67 709	8,99	53,32	232–259
19–21	20	8 000	6,55	52 400	6,96	60,28	259–287
21–23	22	10 648	4,17	44 402	5,90	66,18	287–314
23–25	24	13 824	3,21	44 375	5,90	72,08	314–341
25–27	26	17 576	2,14	37 613	5,00	77,08	341–368
27–29	28	21 952	1,67	36 660	4,87	81,95	368–396
29–31	30	27 000	1,19	32 130	4,27	86,22	396–423
31–33	32	32 768	0,83	27 197	3,61	89,83	423–450
33–35	34	39 304	0,65	25 548	3,39	93,22	450–478
35–37	36	46 656	0,48	22 395	2,98	96,20	478–505
37–39	38	54 872	0,30	16 462	2,19	98,39	505–532
39–41	40	64 000	0,12	7 680	1,02	99,41	532–559
41–43	42	74 088	0,06	4 445	0,59	100,0	559–587
Сумма				752 702			

По данным табл. 5.2 строят интегральную кривую распределения массовой доли жидкости по классам размеров капель в координатах  $P_{ij} - d_{max}$  (рис. 5.5).

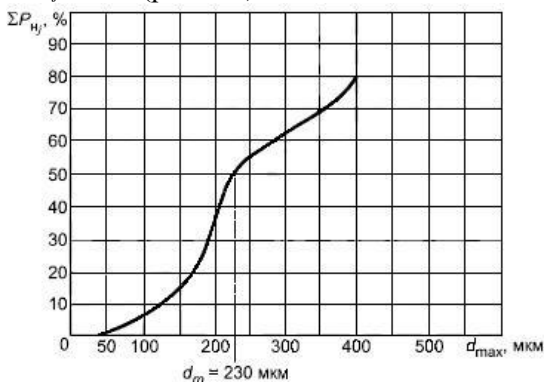


Рис. 5.5. Интегральная кривая распределения капель по объему

По оси абсцисс откладывают максимальные значения диаметров капель каждого класса в микрометрах. По оси ординат откладывают накопленные значения массовой доли жидкости  $P_{ij}$ , соответствующие каждому классу размеров капель.

По полученным данным строят плавную кривую. Значения диаметров капель  $d_j$ , мкм, вычисляют по формуле

$$d_j = \frac{k_j \beta}{\alpha}, \quad (5.10)$$

где  $k_j$  – размер капли, выраженный в числе делений окулярной сетки;  $\beta$  – цена одного деления окулярной сетки, мкм;  $\alpha$  – коэффициент растекания (для карточек из мелованной бумаги, покрытых парафином  $\alpha = 1,52-1,58$ ).

Медианно-массовый диаметр капель определяют по таблице дисперсности распыла, где он соответствует массовой доле жидкости в 50 %, или из графика интегрального распределения. Для этого из точки по оси ординат, соответствующей значению 50 %, проводят линию, параллельную оси ординат, до пересечения с осью абсцисс. Точка пересечения с осью абсцисс и определяет значение медианно-массового диаметра капель. Цена деления окулярной сетки 14 мкм при увеличении в 54 раза. Ширина



полосы 1,4 мм. Средневзвешенный медианно-массовый диаметр капель  $\bar{d}_m$  вычисляют по формуле

$$\bar{d}_m = \frac{\bar{d}_k \vartheta_k + \bar{d}_c \vartheta_c + \bar{d}_m \vartheta_m}{100}, \quad (5.11)$$

где  $\bar{d}_k$ ,  $\bar{d}_c$ ,  $\bar{d}_m$  – средние значения (по двум карточкам) медианно-массовых диаметров соответственно крупных, средних и мелких капель, мкм;  $\vartheta_k$ ,  $\vartheta_c$ ,  $\vartheta_m$  – процентное содержание карточек соответственно с крупными, средними и мелкими каплями, %.

Критерием способа опрыскивания является средневзвешенный медианно-массовый диаметр капель. По результатам микрофотографирования способ опрыскивания относят к крупнокапельному (более 150 мкм), мелкокапельному (свыше 50 до 150 мкм), высокодисперсному (от 25 до 50 мкм) в соответствии с ГОСТ 21507.

#### 5.4. Механические повреждения растений при обработке

Механические повреждения растений определяют с учетом повреждений, нанесенных растениям рабочими органами машины. Процедуру выполняют после прохода машины путем осмотра растений (кустов) на учетных площадках длиной 5–10 м (в зависимости от культуры), шириной, равной ширине захвата машины (рис. 5.6). Для загущенных посевов длина учетной площадки составляет 2,5 м. На каждом режиме выделяют четыре площадки и фиксируют их колышками, которые сохраняют до конца проведения опытов. До прохода опрыскивателя в пределах каждой площадки определяют число целых растений (кустов) по каждому ряду. Результаты записывают в рабочие ведомости и вычисляют количественную долю поврежденных растений с округлением до первого десятичного знака.

К поврежденным относят растения (кусты):

- со сломанными стеблями;
- с оборванными листьями (пять и более листьев), черешками, листовой пластинкой;
- частично или полностью примятые.

Биологическую эффективность химической обработки характеризуют суммарным действием пестицида и качества опрыскивания на объект обработки. Ее определяют специалисты по защите растений по специальным методикам согласно рекомендациям [2].



Рис. 5.6. Площадка с поврежденными растениями кукурузы после обработки посевов

Закладку опытов для оценки биологической эффективности проводят на рекомендуемых техническим заданием нормах расхода рабочей жидкости и максимально возможной скорости, определенной при лабораторно-полевых испытаниях с перекрытием ширины захвата.

Эффективную ширину захвата определяют по результатам оценки биологической эффективности.

### **Контрольное задание**

Провести статистическую обработку результатов микрофотографирования, представленных в приложении Г, определить медианно-массовый диаметр капель раствора химического препарата и построить интегральную кривую распределения капель по объему.

## **6. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РАБОТЫ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ**

В настоящее время способы и технические средства оценки качества работы зерноуборочных комбайнов наиболее полно отражены в действующих стандартах на методы их испытаний [6]. В ряде случаев они приемлемы для оценки качества работы и настроек зерноуборочных комбайнов в производственных условиях.

Общие требования к критериям назначения и условиям их определения устанавливает стандарт организации СТО АИСТ 8.22-2010 [38].

### **6.1. Ширина захвата и высота среза жатки**

Для определения ширины захвата жатки в пределах учетной деланки до учетного прохода комбайна на расстоянии 1 м от нескошенного стеблестоя ставят десять колышков с интервалом от 5 до 10 м. После прохода комбайна измеряют рулеткой расстояние от каждого колышка до нескошенного стеблестоя. Результаты записывают в рабочую ведомость по ГОСТ 28301-2015 [6]. Ширину захвата вычисляют по разнице измерений до и после прохода комбайна. Среднее арифметическое значение ширины захвата вычисляют с округлением до первого десятичного знака. Допускается проводить определение ширины захвата жатки с помощью маркера, установленного на жатку.

Для определения высоты среза против каждого колышка по ширине захвата жатки делают не менее десяти измерений высоты среза для зерновых или длины стерни для бобовых культур. Для определения высоты среза линейкой измеряют расстояние от поверхности почвы до линии среза растений в естественном состоянии, длины стерни – в выпрямленном состоянии. Измерения проводят с погрешностью  $\pm 1$  см. Результаты измерений записывают в рабочую ведомость и вычисляют среднее арифметическое значение высоты среза или длину стерни, стандартное отклонение, коэффициент вариации. Вычисления проводят с округлением до целого числа.

## 6.2. Потери зерна за комбайном

Определение потерь зерна за зерноуборочными комбайнами предусмотрено межгосударственным стандартом ГОСТ 28301-2015 [6] на методы их испытаний при определении пропускной способности молотилки и номинальной производительности. Контроль потерь зерна важен также при производственной эксплуатации комбайнов.

В соответствии с действующим стандартом [6] при испытаниях комбайна отдельно проводят оценку общих потерь и потерь за жаткой для последующего определения (по их разности) потерь за молотилкой. При этом потери зерна за жаткой комбайна включают в себя потери свободным зерном и зерном в срезанных и несрезанных колосьях (метелках, бобах). Потери зерна за молотилкой (соломотрясом, очисткой) слагаются из потерь недомолотом в соломе и полове и свободным зерном в соломе и полове.

Стандартом предусмотрены два способа оценки потерь:

- при сборе зерна с поверхности поля;
- при сборе в специальные лотки, устанавливаемые в междурядья хлебостоя до прохода комбайна.

Для определения потерь зерна первым способом после прохода комбайна с помощью шпагата размечают границы учетных площадок на рабочую ширину захвата жатки и длину (по ходу комбайна): 2 м – для учета потерь зерна в колосьях (метелках, бобах); 0,15 м – свободным зерном. Собранное зерно взвешивают с погрешностью  $\pm 0,1$  г, результаты вносят в рабочие ведомости.

Такой способ оценки недостаточно точен и требует высоких затрат труда, в том числе на учет самоосыпания зерна. Применение резиновых пробоотборников не только сокращает продолжительность процесса оценки, но и позволяет с достаточной точностью проводить подсчет потерь за жаткой, молотилкой и в целом по ширине прохода комбайна.

Эластичный резиновый лоток (рис. 6.1) представляет собой открытую сверху емкость прямоугольной формы  $50 \times 10 \times 5$  см. Для сохранения прямолинейности боковых стенок они соединены между собой перегородками.



Рис. 6.1. Эластичный резиновый лоток  
для определения потерь зерна за комбайном

Второй способ: резиновые лотки-пробоотборники устанавливаются в хлебостой по ширине захвата жатки.

После прохода комбайном линии расположения пробоотборников содержимое каждого лотка высыпают в отдельные емкости (с этикетками) и с помощью воздушно-решетных устройств проводят отделение зерна от фрагментов соломы и половы.

Разбор навесок зерна, классификацию потерь и взвешивание с погрешностью  $\pm 1$  г проводят согласно стандарту [6].

При контроле потерь зерна в производственных условиях достаточно устанавливать по одному пробоотборнику на каждом метре ширины захвата жатки комбайна, при испытаниях комбайнов – через каждые 35–45 см длинной стороной по ходу комбайна и вдоль междурядий.

Расчет потерь зерна за комбайном ведется по количеству (массе) зерна на площади пробоотборника с пересчетом на фактическую ширину захвата жатки.

При одновременной с потерями зерна оценке качества поперечного разбрасывания соломы проводится ее взвешивание в каждом лотке, а при определении качества измельчения формируется общая навеска из всех лотков для последующего разбора и взвешивания по размерным фракциям.

### **6.3. Фактическая и приведенная подачи молотильного аппарата**

Для определения фактической и приведенной подачи молотильного аппарата в момент начала поступления растительной массы на жатку комбайна включают секундомер. После входа комбайна в установившийся режим включают в работу пробоотборник.

В конце учетной делянки комбайн останавливают, выключают секундомер и промолачивают оставшуюся в комбайне массу в течение 30 с.

После остановки молотилки снимают пробоотборник и выгружают зерно из бункера. При выгрузке зерна отбирают средний образец массой от 2,0 до 2,5 кг для анализа, а также отбирают пробы соломы, половы и зерна для определения влажности. Солому, полову и зерно, собранные с учетной делянки, взвешивают с погрешностью не более 1 %.

Фактическую подачу растительной массы  $Q_{\phi}$ , кг/с, и приведенную  $Q_{\Pi}$ , кг/с, вычисляют по формулам

$$Q_{\phi} = \frac{G_z + G_c + G_n}{t}, \quad (6.1)$$

$$Q_{\Pi} = \frac{k_c (G_c + G_{\Pi})}{t}, \quad (6.2)$$

где  $k_c$  – коэффициент приведения (пересчета) соломистости хлебной массы (к нормативному соотношению массы зерна к массе соломы 1:1,5),

$$k_c = \frac{m_{y.c} + m_{y.z}}{m_{y.c}}, \quad (6.3)$$

где  $m_{y.c}$  – условно принятая масса соломы (1,5);  $m_{y.z}$  – условно принятая масса зерна (1);

$$k_c = \frac{1,5 + 1}{1,5}. \quad (6.4)$$

Потери зерна из-за недостаточного уплотнения молотилки комбайна определяют в трех повторностях на одном из режимов. При этом под комбайн (на стыке наклонной камеры с молотилкой, под молотилкой) подвязывают брезент. В конце опыта зерно, просыпавшееся на брезент, собирают в сумочку и взвешивают с погрешностью  $\pm 1$  г. Результаты записывают в рабочие ведомости по форме ГОСТ 28301-2015.

Суммарные потери зерна за молотилкой комбайна вычисляют по формуле

$$q_M = q_{n.c} + q_{k.n} + q_{c.c} + q_{c.n}, \quad (6.5)$$

где  $q_{н.с}$  – потери зерна недомолотом в соломе, г;  $q_{н.п}$  – потери зерна недомолотом в полове, г;  $q_{с.с}$  – потери свободным зерном в соломе, г;  $q_{с.п}$  – потери свободным зерном в полове, г.

Массовую долю потерь зерна недомолотом в соломе  $\Delta q_{н.с}$ , %, вычисляют по формуле

$$\Delta q_{н.с} = \frac{q_{н.с} \eta_T}{10G_3 Z_M + q_M \eta_T} 100. \quad (6.6)$$

Массовую долю потерь зерна недомолотом в полове  $\Delta q_{н.п}$ , %, вычисляют по формуле

$$\Delta q_{н.п} = \frac{q_{н.п} \eta_T}{10G_3 Z_M + q_M \eta_T} 100. \quad (6.7)$$

Массовую долю потерь свободным зерном в соломе  $\Delta q_{с.с}$ , %, вычисляют по формуле

$$\Delta q_{с.с} = \frac{q_{с.с} \eta_T}{10G_3 Z_M + q_M \eta_T} 100. \quad (6.8)$$

Массовую долю потерь зерна распылом  $\Delta q_p$ , %, вычисляют по формуле

$$\Delta q_p = D_{др} K_p, \quad (6.9)$$

где  $D_{др}$  – массовая доля дробленого зерна, %;  $K_p$  – коэффициент распыла, равный 0,1.

Массовую долю потерь зерна из-за недостаточного уплотнения молотилки комбайна  $\Delta q_m$ , %, вычисляют по формуле

$$\Delta q_m = \Delta q_{н.с} + \Delta q_{н.п} + \Delta q_{с.с} + \Delta q_{н.п} + \Delta q_p + \Delta q_{уп}. \quad (6.10)$$

Массовую долю потерь зерна за жаткой комбайна в несрезанных колосьях  $\Delta q_{н.к.жс}$ , %, вычисляют по формуле

$$\Delta q_{н.к.жс} = \frac{q_{н.к.жс}}{S_l V_{3.п}}, \quad (6.11)$$

где  $q_{н.к.жс}$  – потери зерна в несрезанных колосьях (метелках, бобах) за жаткой, г;  $S_l$  – площадь рамки для учета потерь зерна в несрезанных (срезанных) колосьях (метелках, бобах), м.

Массовую долю потерь зерна за жаткой комбайна в срезанных колосьях  $\Delta q_{с.к.жс}$ , %, вычисляют по формуле

$$\Delta q_{с.к.жс} = \frac{q_{с.к.жс}}{S_l V_{3.п}}. \quad (6.12)$$

Массовую долю потерь свободным зерном за жаткой комбайна  $\Delta q_{с.з.жс}$ , %, вычисляют по формуле

$$\Delta q_{с.з.жс} = \frac{q_{с.з.жс}}{S_2 V_{з.п}} - \frac{\bar{q}_e}{S U_{з.п}}, \quad (6.13)$$

где  $S$  – площадь рамки для учета потерь зерна от самоосыпания, м<sup>2</sup>.

Суммарные потери зерна за жаткой комбайна  $\Delta q_{жс}$ , %, вычисляют по формуле

$$\Delta q_{жс} = \Delta q_{н.к.жс} + \Delta q_{с.к.жс} + \Delta q_{с.з.жс}. \quad (6.14)$$

Перед испытанием комбайна с подборщиком на выбранном участке поля под контролем агронома должны быть заложены валки серийной валковой жаткой на оптимальной рабочей скорости.

При испытании комбайна с подборщиком определяют потери свободным зерном и зерном в срезанных колосьях (метелках, бобах).

Потери определяют после прохода подборщика.

Для определения потерь зерна в колосьях (метелках, бобах) применяют рамки длиной 2 м, шириной, равной ширине вала плюс 0,5 м с обеих сторон вала. Для определения потерь свободным зерном в пределах указанной выше рамки накладывают на стерню вторую рамку такой же ширины, длиной 0,15 м. На каждом режиме потери зерна определяют в трехкратной повторности. Собранные зерно взвешивают с погрешностью  $\pm 0,1$  г.

Массовую долю потерь зерна в срезанных колосьях (метелках, бобах) за подборщиком  $\Delta q_{с.к.п}$ , %, вычисляют по формуле

$$\Delta q_{с.к.п} = \frac{q_{с.к.п}}{I_2 B_{жс} U_{з.п}} - \Delta q_{с.к.в}, \quad (6.15)$$

где  $q_{с.к.п}$  – потери зерна в срезанных колосьях (метелках, бобах) в межвалковом пространстве за валковой жаткой, %.

Массовую долю потерь свободным зерном за подборщиком  $\Delta q_{с.з.п}$ , %, вычисляют по формуле

$$\Delta q_{с.з.п} = \frac{q_{с.з.п}}{I_3 B_{жс} U_{з.п}} - \Delta q_{с.з.в}, \quad (6.16)$$

где  $q_{с.з.в}$  – потери свободным зерном под валком за валковой жаткой, %.



Суммарные потери зерна за подборщиком  $\Delta q_n$ , %, вычисляют по формуле

$$\Delta q_{\Pi} = \Delta q_{с.к.п} - \Delta q_{с.з.п} . \quad (6.17)$$

Вычисления проводят с округлением:

– урожайности зерна – до первого десятичного знака;

– потерь зерна – до второго десятичного знака.

Суммарные потери зерна за комбайном при прямом комбайнировании  $\Delta q_{с.п}$  вычисляют по формуле

$$\Delta q_{с.п} = \Delta q_{м} + \Delta q_{ж} . \quad (6.18)$$

Суммарные потери зерна за комбайном при раздельном комбайнировании  $\Delta q_{с.р}$  вычисляют по формуле

$$\Delta q_{с.р} = \Delta q_{м} + \Delta q_{\Pi} . \quad (6.19)$$

#### 6.4. Производительность комбайна по зерну

Производительность комбайна по зерну на каждом режиме в  $i$ -й повторности  $W_i$ , т/ч, вычисляют по формуле

$$W_i = \frac{G_{zi} Z_{mi}}{t_i \cdot 100} , \quad (6.20)$$

где  $G_{zi}$  – масса бункерного зерна в  $i$ -й повторности каждого режима, т;  $Z_{mi}$  – массовая доля содержания основного зерна и зерновой примеси в бункерном зерне в  $i$ -й повторности каждого режима, %;  $t_i$  – время повторности опыта, ч.

На основании рабочих ведомостей составляют ведомость исходных данных результатов испытаний комбайна, которые передают для обработки на ЭВМ. По результатам испытаний для определения номинальной производительности комбайна строят график зависимости суммарных потерь зерна молотилкой комбайна от производительности (рис. 6.2).

Аппроксимацию полученных данных уравнением регрессии производят, используя стандартные методы математической обработки.

Производительностью, соответствующей допустимому уровню потерь зерна за молотилкой комбайна (1,5 %), является:

- номинальная производительность, если получена в нормированных в ТЗ (ТУ) условиях;
- фактическая зональная производительность, если получена в отличных от ТЗ (ТУ) условиях.

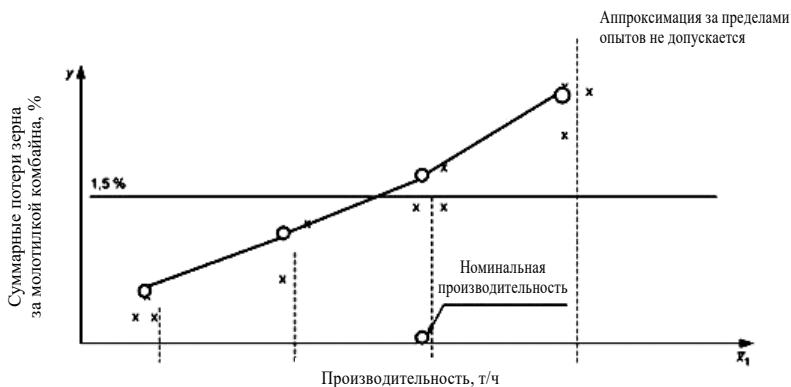


Рис. 6.2. График зависимости суммарных потерь зерна комбайном от производительности

Полученное значение номинальной производительности анализируют в сравнении с расчетной производительностью, указанной в техническом задании, и делают заключение о достигнутом уровне.

Полученное значение производительности используют для задания рабочей скорости комбайна при проведении контрольных смен по формуле

$$v_p = \frac{10W_p}{B_p V_{пред}}, \quad (6.21)$$

где  $W_p$  – расчетная производительность по техническому заданию (ТУ) в т/ч;  $B_p$  – конструкционная ширина захвата жатки (подборщика), м.

Для определения класса комбайна по результатам испытаний строят график зависимости приведенной подачи хлебной массы от суммарных потерь за молотилкой комбайна (рис. 6.3). По уровню пропускной способности определяют класс комбайна.

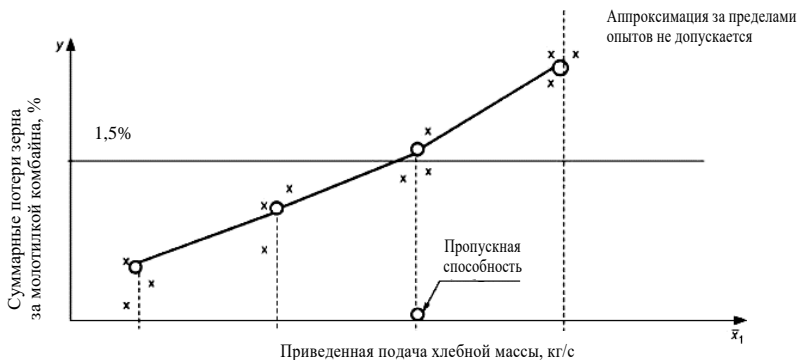


Рис. 6.3. График зависимости потерь зерна молотилкой комбайна от приведенной подачи хлебной массы

## 6.5. Чистота бункерного зерна. Дробление (повреждение) зерна

При выгрузке зерна из бункера комбайна для его анализа отбирают пробу массой 2–2,5 кг. Из среднего образца выделяют две навески и проводят анализ согласно ОСТ 30483-97 [24].

Навески разбирают на фракции: основное зерно, зерновая примесь, дробленое зерно, зерно в колосках и пленках, обрушенное зерно (для пленчатых культур), сорная примесь. При анализе навески щуплое зерно и зерно других зерновых культур относят к основному, а все битые зерна независимо от величины отбитой части – к дробленому.

К обрушенному относят зерно, полностью или частично потерявшее оболочку. Зерно в колосках и пленках очищают, отход относят к сорной примеси, а зерно – к зерновой.

К сорной примеси относят органические и минеральные примеси, семена сорняков. Каждую фракцию взвешивают с погрешностью  $\pm 0,1$  г, результаты записывают в рабочие ведомости и вычисляют массовую долю дробленого (обрушенного) зерна и содержание сорной примеси по формулам, приведенным в ГОСТ 28301-2015 [6].

Массовую долю дробленого (обрушенного) зерна  $D_{др(об)}$ , %, вычисляют по формуле

$$D_{др(об)} = \frac{q_{др(об)}}{q_o + q_{др(об)} + q_{к.п.}} \cdot 100, \quad (6.22)$$

где  $q_{др(об)}$  – масса дробленого (обрушенного) зерна, г;  $q_o$  – масса основного зерна, г;  $q_{к.п.}$  – масса зерна в колосках и пленках, г.

Содержание сорной примеси  $P_c$ , %, вычисляют по формуле

$$P_c = \frac{q_c}{q_n} \cdot 100, \quad (6.23)$$

где  $q_c$  – масса сорной примеси, г;  $q_n$  – масса навески, г.

Массу 1000 зерен определяют по двум навескам одного из опытов согласно ГОСТ 10842-89.

## **6.6. Качество измельчения и разбрасывания соломы**

В настоящее время в действующем стандарте ГОСТ 28301-2015 на методы испытаний зерноуборочных комбайнов [6] отсутствует регламентация методов оценки качества измельчения и разбрасывания соломы. Оценку проводят в соответствии с номенклатурой требований к базовой технологической операции «Прямая комбайновая уборка зерновых культур с измельчением и разбрасыванием незерновой части урожая по поверхности поля» [26]. Оценивают качество измельчения соломы, неравномерность по ширине разбрасывания и соответствие ширины разбрасывания ширине жатки комбайна.

В связи с тем, что после выхода соломы из измельчителя-распределителя происходит частичное перераспределение фрагментов соломы по ширине разбрасывания в зависимости от их парусности при оценке фракционного состава соломы ее собирают по всей ширине разбрасывания на длине 0,5 м по ходу движения. По границам учетной площадки солому разделяют с помощью граблей или разрезают с помощью специального инструмента.

Отобранную навеску соломы полностью или частично путем поочередного измерения соломин разбирают на размерные фракции в соответствии с установленными требованиями.

При оценке неравномерности разбрасывания солому отбирают и взвешивают с каждого метра ширины прохода жатки для последующего определения численных значений неравномерности.

## **6.7. Качество формирования валка**

Высоту и толщину валка, просвет между почвой и валком измеряют линейкой в трех местах по ширине и десяти – по длине валка с интервалом 5–10 м. Измерения проводят не менее чем на трех валках, расположенных не ближе 50 м от края поля. Погрешность измерения  $\pm 1$  см.

Высоту валка измеряют от поверхности почвы до верхней части валка, просвет между почвой и валком – от поверхности почвы до нижней части валка, толщину валка определяют как разницу между высотой валка и просветом между почвой и валком.

Ширину валка и расстояние между валками измеряют рулеткой в тех же местах, где измеряется высота валка. При этом измеряют расстояние между краями валка и внутренними краями смежных валков.

Ширину захвата валковой жатки, сформировавшей валок, определяют как сумму средних значений расстояния между валками и ширины валка.

Результаты измерений параметров валка записывают в рабочую ведомость и вычисляют среднее значение каждого показателя с округлением до целого числа.

Массу одного погонного метра валка (кг) определяют по результатам взвешивания продуктов обмолота, собранных с учетной делянки, и вычисляют по формуле

$$q_{\text{в}} = \frac{G_z + G_c + G_n}{L} \cdot 100, \quad (6.24)$$

где  $G_z$  – масса зерна, кг;  $G_c$  – масса соломы, кг;  $G_n$  – масса половы, кг;  $L$  – длина учетной делянки, м.

Массу одного метра длины валка допускается определять по результатам взвешивания шести частей валка длиной один метр каждая (повторность), вырезанных в разных местах двух случайно взятых валков.

Соломистость хлебной массы  $C$  определяют по результатам взвешивания продуктов обмолота, собранных с учетной площадки после прохода комбайна, и вычисляют по формуле

$$C = \frac{G_c + G_n}{G_z + G_c + G_n} \cdot 100. \quad (6.25)$$

Перед подбором валков подборщиком определяют потери зерна за валковой жаткой. Потери включают:

- потери свободным зерном под валком;
- потери зерна в срезанных колосьях (метелках, бобах) в межвалковом пространстве.

Для определения потерь зерна в срезанных колосьях (метелках, бобах) в межвалковом пространстве накладывают рамки длиной 2 м, шириной, равной расстоянию между внутренними краями смежных валков.

Массовую долю потерь зерна в срезанных колосьях (метелках, бобах) за валковой жаткой  $\Delta q_{с.к.в}$ , %, вычисляют по формуле

$$\Delta q_{с.к.в} = \frac{q_{с.к.в}}{S'_1 Y_{з.р.}}, \quad (6.26)$$

где  $q_{с.к.в}$  – потери зерна в срезанных колосьях за валковой жаткой, г;  $S'_1$  – площадь рамки для учета потерь зерна в срезанных за валковой жаткой, м;  $Y_{з.р.}$  – урожайность зерна при раздельном комбайнировании, т/га.

Для определения потерь свободным зерном под валком часть валка осторожно приподнимают и убирают, а на его место накладывают рамку длиной 0,15 м, шириной, равной ширине валка. В пределах рамок зерно собирают и взвешивают с погрешностью  $\pm 0,1$  г.

Массовую долю потерь свободным зерном под валком за валковой жаткой  $\Delta q_{с.з.в}$ , %, вычисляют по формуле

$$\Delta q_{с.з.в} = \left( \frac{q_{с.з.в}}{S'_2 Y_{з.р.}} - \frac{\bar{q}_в}{SY_{з.р.}} \right) \cdot \frac{S'_2}{S'_2 + S_3}, \quad (6.27)$$

где  $\Delta q_{с.з.в}$  – потери свободным зерном под валком за валковой жаткой, г;  $S'_2$  – площадь рамки для учета потерь свободным зерном под валком за валковой жаткой, м<sup>2</sup>;  $S_3$  – площадь рамки для учета потерь свободным зерном в межвалковом пространстве за валковой жаткой, м<sup>2</sup>.

## 6.8. Сепарация зерна в молотильном аппарате

Согласно модели технологического процесса обмолота и сепарации, предложенной Э.И. Липковичем, предполагается, что движение хлебной массы в молотильном зазоре происходит при постоянной средней скорости и определенной толщине. Таким образом, силы, определяющие протекание процесса обмолота и сепарации во времени на всем угле обхвата, остаются постоянными. Следовательно, чем больше не обмолоченных зерен, тем большее число их обмолотится в данный момент [40].

Введем следующие обозначения:

$x$  – число необмолоченных зерен в подбарабанье;

$y$  – число обмолоченных, свободных зерен в подбарабанье;

$z$  – число зерен, прошедших через решетку подбарабанья.

Для любого отрезка времени движения хлебной массы справедливо соотношение  $x + y + z = X = \text{const}$ .

При обмолоте число необмолоченных зерен убывает. Скорость убывания пропорциональна числу необмолоченных зерен:

$$\frac{dx}{dt} = -\beta \cdot x, \quad (6.28)$$

где  $\beta$  – коэффициент пропорциональности (величина постоянная),  $1/\text{с}$ .

Аналогично можно записать скорость сепарации зерна:

$$\frac{dz}{dt} = \gamma \cdot y, \quad (6.29)$$

где  $\gamma$  – коэффициент пропорциональности (величина постоянная),  $1/\text{с}$ .

Тогда скорость изменения числа свободных зерен, остающихся в подбарабанье:

$$\frac{dy}{dt} = \beta \cdot x - \gamma \cdot y. \quad (6.30)$$

Значение  $\beta \cdot x$  в данном случае записывается со знаком плюс, так как выражает скорость возрастания числа обмолоченных зерен.

Изменение состояния общего числа зерен  $x$  выразится системой дифференциальных уравнений:

$$\frac{dx}{dt} = -\beta \cdot x, \quad \frac{dy}{dt} = \beta \cdot x - \gamma \cdot y, \quad \frac{dz}{dt} = \gamma \cdot y. \quad (6.31)$$

Первое уравнение системы (6.31), независимое от остальных, представляет собой линейное уравнение с разделяющимися переменными и преобразуется к виду  $\frac{dx}{x} = -\beta \cdot dt$ . Интегрируя это уравнение, получим

$$\ln x = -\beta \cdot t + c. \quad (6.32)$$

Принимаем значение произвольной постоянной в виде  $c = \ln c_1$ , тогда будем иметь

$$\ln x = -\beta \cdot t + \ln c_1 \quad (6.33)$$

или

$$\ln\left(\frac{x}{c_1}\right) = -\beta t, \frac{x}{c} = e^{-\beta t} \text{ и } x = c_1 e^{-\beta t}. \quad (6.34)$$

Для вычисления  $c_1$  используем начальные условия:  $t=0, x=X$  и  $c_1=X$ . Окончательно

$$x = X e^{-\beta t}. \quad (6.35)$$

Второе уравнение системы перепишем в следующем виде:

$$\frac{dy}{dt} - \gamma \cdot y = \beta \cdot e^{-\beta t}. \quad (6.36)$$

Получили линейное неоднородное дифференциальное уравнение первого порядка, которое интегрируется по частям.

Введем новые переменные:  $y = uv$  и  $\frac{dy}{dt} = v \left( \frac{du}{dt} \right) + u \left( \frac{dv}{dt} \right)$  и подставим их в уравнение, найдем частное решение для функции  $u$ , считая, что  $\frac{du}{dt} + \gamma u = 0$ . Решаем данное уравнение:

$$\begin{aligned} \frac{du}{u} &= -\gamma dt; \\ \ln u &= -\gamma \cdot t + \ln c_1; \\ \ln\left(\frac{u}{c_1}\right) &= -\gamma t \text{ или } u = c_1 e^{-\gamma t}. \end{aligned} \quad (6.37)$$

Подставим значение  $u$  в исходное уравнение:

$$\begin{aligned} c_1 e^{-\gamma t} u \left( \frac{dv}{dt} \right) &= \beta X e^{-\beta t}, \text{ или } \frac{c_1}{e^{\gamma t}} \cdot \frac{dv}{dt} = \beta X e^{-\beta t}, \\ dv &= \left( \frac{\beta X}{c_1} \right) e^{-\beta t + \gamma t}, dv = \left( \frac{\beta X}{c_1} \right) e^{t(-\beta + \gamma)} dt. \end{aligned} \quad (6.38)$$

Интегрируем последнее уравнение:

$$v = \left( \frac{\beta X}{c_1 (\gamma - \beta)} \right) e^{t(-\beta + \gamma)} + c_2. \quad (6.39)$$

Находим  $y$ , подставляя полученные значения  $u$  и  $v$ :



$$y = \left( \frac{c_1 \beta X}{c_1 (\gamma - \beta)} \right) e^{-\beta t + \gamma t - \gamma t} + c_1 c_2 e^{-\gamma t}, \quad (6.40)$$

$$y = \left( \frac{\beta X}{(\gamma - \beta)} \right) e^{-\beta t} + c e^{-\gamma t}.$$

Произвольную постоянную  $c$  вычислим из начальных условий, при  $t=0, y=0$ , тогда:

$$0 = \left( \frac{\beta X}{(\gamma - \beta)} \right) \cdot 1 + c \cdot 1, \quad c = -\frac{\beta X}{(\gamma - \beta)}, \quad (6.41)$$

$$y = \left( \frac{\beta X}{(\gamma - \beta)} \right) (e^{-\beta t} - e^{-\gamma t}).$$

Подставляем последнее уравнение в третье уравнение системы (6.36):

$$\frac{dz}{dt} = \left( \frac{\gamma \beta X}{(\gamma - \beta)} \right) (e^{-\beta t} - e^{-\gamma t}) \quad (6.42)$$

и интегрируем

$$z = \left( \frac{\gamma \beta X}{(\gamma - \beta)} \right) \left( -\frac{e^{-\beta t}}{\beta} + \frac{e^{-\gamma t}}{\gamma} \right) + c. \quad (6.43)$$

При  $t=0, z=0$  и  $c = \left( \frac{\gamma \beta X}{(\gamma - \beta)} \right) \left( -\frac{1}{\beta} + \frac{1}{\gamma} \right)$ , тогда

$$z = \left( \frac{\gamma \beta X}{(\gamma - \beta)} \right) \left( -\frac{e^{-\beta t}}{\beta} + \frac{e^{-\gamma t}}{\gamma} - \frac{1}{\gamma} + \frac{1}{\beta} \right) = \left( \frac{X}{(\gamma - \beta)} \right) (-\gamma e^{-\beta t} + \beta e^{-\gamma t} - \beta + \gamma) \quad (6.44)$$

и окончательно

$$z = \left( \frac{X}{(\gamma - \beta)} \right) [\beta (e^{-\gamma t} - 1) - \gamma (e^{-\beta t} - 1)]. \quad (6.45)$$

Уравнения (6.35, 6.40, 6.45) показывают закономерности изменения числа необмолоченных, свободных зерен в подбарабанье и зерен, прошедших через решетку подбарабанья. Коэффициенты  $\beta, \gamma$  и время прохождения колосом подбарабанья определяются по экспериментальным результатам.

Время прохождения колосом подбарабанья определяют по формуле

$$t_k = \frac{\theta \cdot D}{2 \cdot V}, \quad (6.46)$$

где  $\theta$  – угол обхвата барабана декой;  $D$  – диаметр барабана;  $V$  – скорость обмолота.

По И.А. Долгову для комбайна «Дон-1500»  $t_k = 3,63 \cdot 10^{-2} \text{ с}$ ,  
 $\beta = 146 \text{ с}^{-1}$ ;  $\gamma = 76,6 \text{ с}^{-1}$ .

На рис. 6.4 показано построение кривых изменения функций  $x$ ,  $y$ ,  $z$  по времени; функции даны в процентах от зерна, поступающего в молотильный аппарат. Полученные закономерности удовлетворительно согласуются с результатами экспериментальных исследований [40].

Значения  $x_{100}$ ,  $y_{100}$ ,  $z_{100}$  характеризуют состояние вороха на выходе из молотильного аппарата. Недомолот  $x_{100}$  менее 0,5 % соответствует агротехническим требованиям. Количество свободного зерна в ворохе составляет 12 % от начальной подачи зерна в молотильный аппарат и является начальным условием при расчете соломотряса.

$$\begin{aligned} x &:= 100 \quad \beta := 146 \quad \gamma := 76,6 \\ i &:= 0 \dots 100 \quad t_i := i \cdot 3,63 \cdot 10^{-4} \quad x(t) := X \cdot \exp(-\beta \cdot t) \quad x_i := x(t_i) \quad x_{100} = 0,499 \\ y(t) &:= \frac{\beta \cdot X}{\gamma - \beta} \cdot (\exp(-\beta \cdot t) - \exp(-\gamma \cdot t)) \quad y_i := y(t_i) \quad y_{100} = 11,993 \\ z(t) &:= \frac{X}{\gamma - \beta} \cdot [\beta \cdot (\exp(-\gamma \cdot t) - 1) - \gamma(\exp(-\beta \cdot t) - 1)] \quad z_i := z(t_i) \quad z_{100} = 87,507 \end{aligned}$$

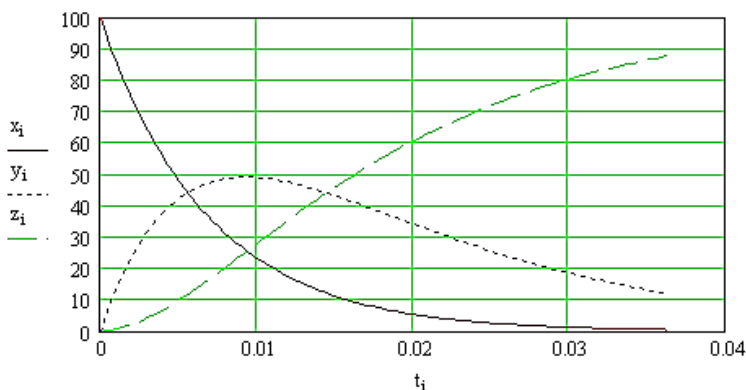


Рис. 6.4. Расчет в системе Mathcad интенсивности сепарации зерна в зависимости от времени воздействия барабана на хлебную массу

Выходные показатели процесса сепарации зависят от длины подбарабання, скорости движения вороха при обмолоте, то есть от линейной скорости бичей и зазоров между бичами и планками подбарабання, от подачи хлебной массы. Влияние этих факторов на величину коэффициентов  $\beta$  и  $\gamma$  в формулах (6.35, 6.40, 6.45) теоретически оценить не представляется возможным. Однако при наличии эмпирических зависимостей коэффициентов  $\beta$  и  $\gamma$  от регулируемых параметров аппарата, зависимости (6.35, 6.40, 6.45) дают весьма ценные результаты. В проекте рекомендуется построить графики интенсивности сепарации зерна в функции от длины подбарабання (времени воздействия барабана на хлебную массу) и коэффициентов  $\beta$  и  $\gamma$ .

### **Контрольные вопросы и задания**

1. Что включают в себя потери зерна за жаткой?
2. Какие способы оценки потерь зерна предусмотрены стандартом ГОСТ 28301-2015?
3. Что такое солоmistость хлебной массы?
4. Как определяются фактическая и приведенная подачи хлебной массы?
5. Что включают в себя потери зерна за молотилкой комбайна?
6. Чему равна производительность комбайна по зерну?
7. Как определяется класс комбайна по результатам испытаний?
8. Как определяется массовая доля дробленого зерна?
9. Какие параметры определяются при оценке качества формирования валка на испытаниях?

## **7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МАШИН НА ИСПЫТАНИЯХ**

### **7.1. Общие положения**

В период испытаний, наряду с другими, проводится эксплуатационно-технологическая оценка новой машины. Она проводится по результатам хозяйственных испытаний и включает определение условий испытаний, режима работы, агротехнических показателей, эксплуатационно-технологических и других показателей.

К эксплуатационно-технологическим показателям относятся:

- наработка машины за период испытаний;
- производительность за один час времени (чистого, технологического, сменного, эксплуатационного);
- расход топлива;
- расход основных и вспомогательных материалов;
- коэффициенты рабочих ходов, технологического обслуживания, использования сменного времени и другие;
- наработка на технологический отказ;
- количество обслуживающего персонала.

Определение данных показателей проводится путем наблюдения за работой машины в хозяйственных условиях с регистрацией показателей характеристики участка, рабочих передач трактора (самоходной машины), ширины захвата машины, агротехнических показателей качества работы, расхода топлива и всех элементов времени смены. Это позволяет определить показатели работы новой машины и сравнить их с показателями серийно выпускаемой.

Показатели эксплуатационно-технологической оценки служат исходными данными для экономической оценки машины. Важнейшим из них является производительность.

### **7.2. Производительность машинно-тракторного агрегата**

Для мобильных машинно-тракторных агрегатов (МТА) выработку определяют в единицах площади (гектарах), а производительность – в гектарах в единицу времени (час, смена). Теоре-

тическую производительность подсчитывают умножением конструктивной ширины захвата на скорость движения

$$W_T = C \cdot B_k \cdot V_T, \text{ га/ч}, \quad (7.1)$$

где  $C$  – коэффициент, зависящий от единицы измерения скорости движения: если в км/ч, то  $C = 0,1$ ; если в м/с, то  $C = 0,36$ ;

$B_k$  – конструктивная ширина захвата машины, м;

$V_T$  – теоретическая скорость движения (км/ч или м/с).

Теоретическая сменная производительность определяется с учетом продолжительности времени смены  $T_{см}$

$$W_{T,см} = C \cdot B_k \cdot V_T \cdot T_{см}, \text{ га/см}. \quad (7.2)$$

Фактическая производительность существенно отличается от теоретической потому, что:

– рабочая ширина захвата зачастую отличается от теоретической, при этом возможно  $B_k = B_p$ ,  $B_k > B_p$ ,  $B_k < B_p$ ;

– скорость движения агрегата также может отличаться от теоретической за счет буксования ведущих колес (гусениц), искривления пути движения, отклонения частоты вращения вала двигателя от номинальной;

– время смены расходуется на рабочие ходы, повороты, холостые переезды, остановки для регулировки машин, очистки рабочих органов, устранения неисправностей, отдых водителя и другие элементы.

Поэтому фактическая производительность МТА, га/см. определяется

$$W_{ф,см} = C \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_{см} \cdot \tau, \quad (7.3)$$

где  $B_p$  – фактическая (рабочая) ширина захвата агрегата, м;  $V_p$  – фактическая (рабочая) скорость движения, км/ч или м/с;  $\tau$  – коэффициент использования времени смены.

Рабочая ширина захвата  $B_p$  определяется при эксплуатационно-технологической оценке машины путем измерения ширины обработанного за смену участка и подсчета количества выполненных проходов. Деление первого на второе число и дает рабочий захват машины.

Рабочая скорость движения  $V_p$  определяется измерением длины обрабатываемого участка и замеров времени на проход этого участка. Это надо сделать неоднократно, чтобы вычислить среднее значение времени и потом подсчитать рабочую скорость.

Время смены  $T_{см}$  определяется путем замера всех элементов времени от начала до конца смены, далее проводится анализ всех составляющих и подсчитывается их продолжительность (баланс времени смены). На основе этого баланса рассчитывается коэффициент использования времени смены  $\tau$ .

### 7.3. Баланс времени смены

Если проанализировать все составляющие времени работы МТА в течение рабочей смены, то можно выделить следующие основные элементы:

- подготовительно-заключительное время, которое включает подготовку агрегата к работе (ежесменное техническое обслуживание, подтяжка креплений, переезд агрегата на поле и др.) и операции по окончании рабочей смены (очистка агрегата от пыли и сорняков, переезд к месту стоянки и др.);
- время чистой работы агрегата, то есть время, в которое производится выполнение технологического процесса. Это время определяется суммой времени движения агрегата от одной до другой поворотной полосы за все проходы в течение смены;
- время холостых переездов агрегата на поле, в которое включается время всех поворотов (технологические операции не выполняются) и переездов из одной загонки в другую;
- время технологических остановок, то есть остановок, связанных с выполнением рабочего процесса. При этом выделяют остановки, повторяющиеся циклично через определенный объем выполненной работы (заправка сеялок семенами и удобрениями, смена прицепных тележек в уборочной машине и др.), и остановки внецикловых технологических операций (очистка рабочих органов, уточнение регулировок и др.);
- время остановок на техническое обслуживание агрегата внутри смены (доливка воды в радиатор, доливка масла в двигатель или гидросистему, дозаправка топливом и др.);

– время простоев, не связанное с выполнением работы. К этому времени относятся простои по устранению неисправностей, по организационным причинам (ожидание подвоза семян), из-за метеорологических условий.

Суммируя все элементы времени, получают баланс времени смены  $T_{см}$

$$T_{см} = T_p + T_x + T_{ТЦ} + T_{ТН} + T_{ТО} + T_{пз} + T_{пр}, \quad (7.4)$$

где  $T_p$  – время чистой работы, ч;  $T_x$  – время холостых ходов на поворотах, ч;  $T_{ТЦ}$  – время циклового технологического обслуживания, ч;  $T_{ТН}$  – время нециклового технологического обслуживания, ч;  $T_{ТО}$  – время технического обслуживания машин, ч;  $T_{пз}$  – время на подготовительно-заключительные операции, ч;  $T_{пр}$  – время прочих простоев агрегата, ч.

Из всего баланса времени смены производительным является только время чистой работы  $T_p$ . Это позволяет определить коэффициент использования времени смены  $\tau$ :

$$\tau = T_p / T_{см}. \quad (7.5)$$

#### 7.4. Фотохронометраж рабочего дня агрегата

Для оценки новых проходящих испытания машин проводят сравнение их эксплуатационно-технологических показателей с показателями аналогичных серийных машин. Для этого проводят так называемые контрольные смены, при которых ведут фотохронометражные наблюдения.

*Контрольная смена* – это работа машины продолжительностью в один полный рабочий день на одном фоне при заданных режимах с фиксированием всего рабочего процесса (элементов времени смены) и определением основных агротехнических показателей.

*Фотохронометраж* – комбинированное наблюдение, совмещающее фотографию рабочего дня с пооперационным хронометражем.

*Фотография рабочего дня* – изучение процесса работы машины путем наблюдения и измерения всех без исключения затрат рабочего времени на протяжении всей рабочей смены. Точность отсчета времени 5 секунд.

*Хронометраж* – изучение процесса работы машины путем наблюдения и измерения длительности циклически повторяющихся элементов операции. При этом производится многократное измерение каждого элемента операции с точностью до 1 секунды.

При наблюдении за машиной фиксируют следующие сведения:

- по организации испытаний – дату и место испытаний, вид работы и состав агрегата, марку машины;
- по условиям испытаний – характеристику участка;
- по режимам работы – скорость движения, глубину обработки, высоту среза и т. п.;
- количество обслуживающего персонала;
- расход топлива на рабочий процесс и холостой ход, расход основных и вспомогательных материалов;
- объем выполненной работы в физических величинах.

Все перечисленные сведения, запись наименований элементов выполняемых операций и затраты времени на них производят в наблюдательных листах. Эти записи выполняет специально прикрепленный к агрегату с испытываемой машиной наблюдатель. Аналогичная работа с наблюдательным листом проводится и по сравниваемому агрегату.

*Наблюдательный лист* – это бланк, в котором записываются все необходимые данные об агрегате, виде выполняемой им работы, приводится характеристика участка поля, на котором ведется работа, приводятся данные о расходе топлива и объеме выполненной работы, а также записи всех элементов времени смены от начала наблюдения до конца.

Наблюдательный лист – это двоянный лист бумаги формата А4, на котором типографским способом нанесены необходимые данные, требующие соответствующих записей, и разграфлены таблицы для записи всех элементов фотохронометражных наблюдений. Если объема листа не хватает для записи работы агрегата за всю смену, то вставляется вкладыш с такой же таблицей.

Запись элементов времени смены в таблице проводится по часам с указанием начала всех элементов или конца всех элементов. Тогда начало последующего является концом предыдущего или конец одного является началом следующего.



При фотографии рабочего дня фиксируются все элементы времени с четким указанием причин остановок, чтобы при обработке наблюдательного листа можно было точно отнести это время к соответствующей составляющей баланса времени смены (табл. 7.1).

Таблица 7.1

Пример заполнения элементов времени смены  
в наблюдательном листе

№ операции	Наименование элемента времени смены	№ гона	Время окончания операции			Продолжительность, ч, мин, с	Шифр элемента времени	Число обслуживающего персонала, чел.
			часы	минуты	секунды			
1	Рабочий ход	5	10	16	40	7'30''	01	1
2	Поворот		10	24	10	45''	21	1
3	Рабочий ход	6	10	24	55	8'15''	01	1
4	Поворот		10	33	10	40''	21	1
5	Остановка, загрузка сеялок		10	33	50	8'10''	23	2
6	Рабочий ход	7	10	38	00		01	1

Обработка показателей времени смены начинается с расчета продолжительности всех элементов. Затем каждому элементу присваивается определенный шифр (например, рабочий ход – 01, поворот – 21 и т. д.). Элементы с одинаковым шифром суммируются и суммы записываются в конце наблюдательного листа. Сумма всех элементов должна быть равна продолжительности наблюдений от начала до конца смены.

Одним из важных показателей, получаемых при фотографии рабочего дня, является расход топлива на единицу выполненной работы. Для этого ведется учет расходуемого за смену топлива. В наблюдательный лист в начале смены записывается количество топлива в баке трактора (машины). Топливные баки машин, участвующих в испытании, должны быть оборудованы

мерными линейками. В конце смены записывается остаток топлива в баке. Разность показаний в начале и в конце смены дает количество расходуемого топлива. Если в течение смены были доливки топлива, то проводятся записи его количества в баке перед заливкой и после заливки, что дает возможность вычислить количество израсходованного топлива.

Чтобы исключить из общего расхода топлива расход на непроизводительные остановки и переезды, необходимо зафиксировать их продолжительность, что даст возможность по регуляторной или тяговой характеристике найти часовой расход топлива и подсчитать его непроизводительные потери.

В конце смены после последнего рабочего хода измеряется обработанная площадь, данные заносятся в наблюдательный лист. Этот показатель потом используется для расчета часовой и сменной производительности, удельного расхода топлива.

## **7.5. Расчет производительности агрегата**

Обработка наблюдательного листа включает:

1. Расчет обработанной агрегатом площади

$$S = B_{yc} \cdot L_{yc} / 10000, \quad (7.6)$$

где  $B_{yc}$  – ширина обработанного участка, м;  $L_{yc}$  – длина гонов, м.

Если участков было обработано несколько, то площади их определяются отдельно и суммируются.

2. Расчет расхода топлива. По данным замеров количества топлива в баке в литрах определяется его расход в килограммах. Из общего расхода исключается количество топлива за время работы двигателя при остановках и переездах, не включаемых в сменное время.

3. Определение каждой составляющей баланса времени смены. Для этого отдельно суммируют время всех рабочих ходов, всех поворотов, всех технологических остановок, всех прочих составляющих, отмечая, относятся они ко времени смены или нет.

По полученному времени чистой работы (суммарное время рабочих ходов) определяют чистую часовую производительность агрегата

$$W_c = S / T_p. \quad (7.7)$$

Просуммировав составляющие времени наблюдений, относящиеся ко времени смены, определяют производительность агрегата за час сменного времени

$$W_{ч,см} = S / T_{см} . \quad (7.8)$$

По данным замера расхода топлива определяется расход топлива на гектар выполненной работы

$$q_{га} = G_T / S, \text{ кг/га}, \quad (7.9)$$

где  $G_T$  – рассчитанный расход топлива за сменное время, кг.

На основании приведенных в наблюдательном листе данных можно определить:

– рабочую ширину захвата машины

$$B_p = B_{уч} / n_q , \quad (7.10)$$

где  $n_q$  – количество рабочих проходов агрегата по полю (количество гонов);

– рабочую скорость агрегата

$$V_p = L_{уч} \cdot n_q / T_p . \quad (7.11)$$

Из этих данных можно рассчитать:

– чистую часовую производительность

$$W_q = c \cdot B_p \cdot V_p; \quad (7.12)$$

– сменную часовую производительность

$$W_{ч,см} = c \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau . \quad (7.13)$$

*Пример расчета.* Для закрепления полученных знаний предлагается решить следующую задачу.

При обработке наблюдательного листа получены следующие данные:

МТА обработал участок поля шириной  $B_m = 120$  м и длиной  $L_m = 1600$  м за  $n = 25$  проходов. Показания мерной линейки топливного бака:

– в начале смены – 50 л;

– перед заливкой – 20 л;

– после заливки – 90 л;

– в конце смены – 40 л.

Баланс времени смены:

– время чистой работы  $T_p$  – 300 мин.;

– время поворотов – 20 мин.;

– время технологических остановок – 12 мин. (с работающим двигателем);

– время технического обслуживания – 15 мин. (с неработающим двигателем);

– время на отдых – 10 мин. (с работающим двигателем);

– время переездов на поле и с поля – 15 мин.

*Определить:*

– рабочую ширину захвата машины, м;

– рабочую скорость движения, км/ч;

– производительность агрегата за час чистой работы, га/ч;

– производительность агрегата за час технологического времени, га/ч;

– производительность агрегата за час сменного времени, га/ч;

– расход топлива на единицу площади, кг/га;

– коэффициент использования времени смены.

*Решение задачи.*

1. Рабочая ширина захвата агрегата определится делением ширины обработанного участка на количество проходов

$$B_p = B / n = 120 / 25 = 4,8 \text{ м.}$$

2. Рабочая скорость движения агрегата определится делением пройденного пути за все рабочие проходы на время чистой работы

$$V_p = L \cdot n \cdot 60 / T_p \cdot 1000 = 1600 \cdot 25 \cdot 60 / 300 \cdot 1000 = 8 \text{ км/ч.}$$

3. Производительность агрегата за час чистой работы определится из соотношения

$$W_q = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p = 0,1 \cdot 4,8 \cdot 8 = 3,84 \text{ га/ч.}$$

Этот же показатель можно получить делением обработанной площади на время чистой работы.

Обработанная площадь (выработка за смену)

$$S = L \cdot B / 10000 = 1600 \cdot 1200 / 10000 = 19,2 \text{ га.}$$

Чистая часовая производительность

$$W_q = S \cdot 60 / T_p = 19,2 \cdot 60 / 300 = 3,84 \text{ га/ч.}$$

4. Производительность за час технологического времени можно определить делением обработанной площади на технологическое время, которое включает

$$T_m = T_p + T_{нов} + T_{ТО} = 300 + 20 + 12 = 332 \text{ мин.}$$

$$W_T = S \cdot 60 / T_T = 19,2 \cdot 60 / 332 = 3,47 \text{ га/ч.}$$

5. Производительность агрегата за час времени смены определится делением сменной выработки на время смены, которое в нашей задаче равно  $T_{см} = 372 \text{ мин.}$

$$W_{см} = S \cdot 60 / T_{см} = 19,2 \cdot 60 / 372 = 3,10 \text{ га/ч.}$$

6. Для расчета расхода топлива на один гектар необходимо по показаниям мерной линейки вычислить общий расход топлива за смену. От начала смены до заправки расходовано 30 л, от заправки до конца смены расходовано 50 л. Общий расход составил 80 л. Переведем расход топлива в килограммы через плотность  $\gamma_T = 0,82$ .

$$G = 80 \cdot 0,82 = 65,6 \text{ кг.}$$

Теперь разделим это топливо на обработанную площадь и получим

$$q_T = G / S = 65,6 / 19,2 = 3,42 \text{ кг/га.}$$

7. Коэффициент использования времени смены определим из соотношения по формуле

$$\tau = T_p / T_{см} = 300 / 372 = 0,806.$$

### **Контрольные вопросы и задания**

1. Какие показатели работы МТА относятся к эксплуатационно-технологическим?

2. Чем отличается фактическая производительность МТА от теоретической?

3. Из каких составляющих складывается время смены работы МТА?

4. Что такое контрольная смена и что при этом измеряется?

5. Что такое наблюдательный лист и что в нем заполняется?

6. Какие показатели из наблюдательного листа определяют?

7. При обработке наблюдательного листа получены следующие данные. МТА обработал участок поля шириной  $B_m = 80$  м и длиной  $L_m = 1000$  м за  $n = 32$  проходов. Показания мерной линейки топливного бака: в начале смены – 35 л; перед заливкой – 14 л; после заливки – 90 л; в конце смены – 38 л. Баланс времени смены:

– время чистой работы  $T_p$  – 360 мин.;

– время поворотов – 50 мин.;

– время технологических остановок – 5 мин. (с работающим двигателем);

– время технического обслуживания – 8 мин. (с неработающим двигателем);

– время на отдых – 15 мин. (с работающим двигателем);

– время переездов на поле и с поля – 15 мин.

*Определить:*

– производительность агрегата за час чистой работы, га/ч;

– расход топлива на единицу площади, кг/га;

– коэффициент использования времени смены.

8. При обработке наблюдательного листа получены следующие данные. МТА обработал участок поля шириной  $B_m = 100$  м и длиной  $L_m = 1\,800$  м за  $n = 20$  проходов. Показания мерной линейки топливного бака: в начале смены – 55 л; перед заливкой – 24 л; после заливки – 85 л; в конце смены – 42 л. Баланс времени смены:

- время чистой работы  $T_p$  – 290 мин.;
- время поворотов – 40 мин.;
- время технологических остановок – 5 мин. (с работающим двигателем);
- время технического обслуживания – 15 мин. (с неработающим двигателем);
- время на отдых – 20 мин. (с работающим двигателем);
- время переездов на поле и с поля – 23 мин.

*Определить:*

- производительность агрегата за час чистой работы, га/ч;
- производительность агрегата за час технологического времени, га/ч;
- производительность агрегата за час сменного времени, га/ч;
- расход топлива на единицу площади, кг/га.

9. При обработке наблюдательного листа получены следующие данные. МТА обработал участок поля шириной  $B_m = 270$  м и длиной  $L_m = 1\,100$  м за  $n = 20$  проходов. Показания мерной линейки топливного бака: в начале смены – 65 л; перед заливкой – 34 л; после заливки – 95 л; в конце смены – 32 л. Баланс времени смены:

- время чистой работы  $T_p$  – 280 мин.;
- время поворотов – 20 мин.;
- время технологических остановок – 13 мин. (с работающим двигателем);
- время технического обслуживания – 15 мин. (с неработающим двигателем);
- время на отдых – 12 мин. (с работающим двигателем);
- время переездов на поле и с поля – 24 мин.

*Определить:*

- рабочую скорость движения, км/ч;
- производительность агрегата за час чистой работы, га/ч;
- коэффициент использования времени смены.

## **8. ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕМЕНТОВ ВРЕМЕНИ КОНТРОЛЬНОЙ СМЕНЫ**

### **8.1. Обработка наблюдательного листа**

При проведении эксплуатационно-технологической оценки определяют следующие показатели:

- рабочую скорость машинно-тракторного агрегата;
- рабочую ширину захвата;
- объем выполненной работы;
- производительность за один час времени: основного, технологического, сменного;
- коэффициенты, характеризующие затраты времени смены: рабочих ходов, технологического обслуживания, надежности технологического процесса, использования технологического времени, использования сменного времени;
- удельный расход топлива (газа, электроэнергии и др.), вспомогательных материалов;
- количество обслуживающего персонала.

Одним из важных показателей эксплуатационно-технологической оценки является производительность. Она определяется шириной захвата машины, скоростью движения агрегата и распределением времени между собственно работой, холостыми переездами и простоями по различным причинам (технологическим, техническим, организационным и другим). Для установления всех этих показателей организуют контрольные смены для испытываемых и сравниваемых агрегатов. При этом проводится фотография рабочего дня агрегатов с записью всех элементов времени в наблюдательных листах. По окончании контрольной смены в наблюдательные листы записывают выполненный объем работы (площадь обработанного участка и др.) и расход топлива двигателем за смену.

Обработку наблюдательного листа, в котором зафиксированы элементы времени смены, начинают с уточнения записей операций по каждой строке, чтобы определить к какой составляющей времени смены относится каждая операция. Уточнив операции и вычислив продолжительность каждой из них, каждой

строке присваивают определенный шифр (код). Одинаковым операциям присваивают одинаковый шифр. Выполнив шифрование всего наблюдательного листа, приступают к суммированию продолжительности операций с одинаковым шифром. Это позволит установить все составляющие баланса времени контрольной смены и вычислить производительность агрегата за час основной работы, за час сменного и эксплуатационного времени.

## 8.2. Характеристика элементов времени

В ГОСТ 24055-2016 [4] приводятся формулы для расчета некоторых показателей, которые могут быть использованы при анализе времени контрольной смены. Так, технологическое время за  $i$ -ю контрольную смену  $T_{н.мex_i}$ , ч, вычисляют по формуле

$$T_{н.мex_i} = T_{н1_i} + T_{н21_i} + T_{н22_i} + T_{н23_i} + T_{н33_i} + T_{н41_i}, \quad (8.1)$$

где  $T_{н21_i}$  – время на повороты, приведенное к нормативной продолжительности смены за  $i$ -ю контрольную смену, ч;  $T_{н22_i}$  – время на технологические переезды, приведенное к нормативной продолжительности смены за  $i$ -ю контрольную смену, ч.

Продолжительность нормативной смены  $T_{н.см}$ , ч, вычисляют и проверяют баланс времени смены по формуле

$$T_{н.см} = T_{н.мex_i} + T_{const} = 8(6) \quad (8.2)$$

или

$$T_{н.см} = T_{н1_i} + T_{н21_i} + T_{н22_i} + T_{н23_i} + T_{н33_i} + T_{н41_i} + T_{31} + T_{32} + T_{34} + T_{н5} + T_6. \quad (8.3)$$

Элементы технологического времени  $i$ -й контрольной смены, приведенные к нормативной продолжительности смены, вычисляют по формулам

– основное время

$$T_{н1_i} = T_{ф1_i} k_{нpi}, \quad (8.4)$$

– время на повороты

$$T_{н21_i} = T_{ф21_i} \frac{l_{с.ф.}}{l_{н.н.}} k_{нpi}, \quad (8.5)$$

– время на технологические переезды

$$T_{н22_i} = T_{ф22_i} \frac{S_{н.ф.}}{S_{н.м.}} k_{нpi}, \quad (8.6)$$



– время на технологическое обслуживание

$$T_{н23_i} = T_{ф23_i} k_{нр_i} , \quad (8.7)$$

– время на проведение наладки и регулирование

$$T_{н33_i} = T_{ф33_i} k_{нр_i} , \quad (8.8)$$

– время на устранение нарушения технологического процесса

$$T_{н41_i} = T_{ф41_i} k_{нр_i} . \quad (8.9)$$

Элементы технологического времени за весь период контрольных смен, приведенные к нормативной продолжительности смены и приводимые в баланс времени смены по виду работы, вычисляют по формулам:

– основное время

$$T_{н1} = \frac{1}{n} \sum_1^n T_{н1_i} , \quad (8.10)$$

– время на повороты

$$T_{н21} = \frac{1}{n} \sum_1^n T_{н21_i} , \quad (8.11)$$

– время на технологические проезды

$$T_{н22} = \frac{1}{n} \sum_1^n T_{н22_i} , \quad (8.12)$$

– время на технологическое обслуживание

$$T_{н23} = \frac{1}{n} \sum_1^n T_{н23_i} , \quad (8.13)$$

– время на проведение наладки и регулирование

$$T_{н33} = \frac{1}{n} \sum_1^n T_{н33_i} , \quad (8.14)$$

– время на устранение нарушения технологического процесса

$$T_{н41} = \frac{1}{n} \sum_1^n T_{н41_i} . \quad (8.15)$$

Время регламентированных внутрисменных элементов времени по машине  $T_{const}$ , ч, вычисляют по формуле

$$T_{const} = T_{31} + T_{32} + T'_{34} + T_{y5} + T_6 , \quad (8.16)$$

где  $T_{31}$  – время на ежесменное техническое обслуживание агрегата (машины и энергосредства), заправку топливом, ч;  $T_{32}$  – время перевода машины в рабочее и транспортное положение, ч;  $T'_{34}$  – время агрегатирования сельскохозяйственной машины с энергосредством, приходящееся на смену, приведенную к нормативной смене, ч;  $T_{n5}$  – время на отдых (принимается нормативным), ч;  $T_6$  – время переезда к месту работы и обратно в начале и в конце смены, приведенное к нормативным данным (среднему по «модельному» хозяйству), ч.

Время агрегатирования сельскохозяйственной машины с энергосредством, приходящееся на смену, приведенную к нормативной смене  $T'_{34}$ , ч, вычисляют по формуле

$$T'_{34} = \frac{T_{34}}{П_{агр}}, \quad (8.17)$$

где  $T_{34}$  – фактическое время агрегатирования сельскохозяйственной машины с энергосредством, ч;  $П_{агр}$  – период от агрегатирования до очередного агрегатирования, число смен.

Коэффициент приведения фактического элемента времени к нормативному (приведенному) элементу времени  $i$ -й контрольной смены  $k_{нpi}$  вычисляют по формуле

$$k_{нpi} = \frac{T_{н.см} - T_{const}}{T_{ф.мex_i}}, \quad (8.18)$$

где  $T_{ф.мex_i}$  – фактическое технологическое время, с учетом влияния длины гона и размера поля «модельного» хозяйства,  $i$ -й контрольной смены, ч.

Фактическое технологическое время, с учетом длины гона и размера поля базового хозяйства  $i$ -й контрольной смены,  $T_{ф.мex_i}$ , ч, вычисляют по формуле

$$T_{ф.мex_i} = T_{ф1_i} + T_{ф21_i} \frac{l_{г.ф_i}}{l_{г.н}} + T_{ф22_i} \frac{S_{н.ф_i}}{S_{н.н}} + T_{ф23_i} + T_{ф33_i} + T_{ф41_i}, \quad (8.19)$$

где  $T_{ф21_i}$  – фактическое время на повороты  $i$ -й контрольной смены, ч;  $T_{ф22_i}$  – фактическое время на технологические пе-

реезды  $i$ -й контрольной смены, ч;  $T_{\phi 23_i}$  – фактическое время на технологическое обслуживание (загрузку, выгрузку)  $i$ -й контрольной смены, ч;  $T_{\phi 33_i}$  – фактическое время на проведение наладки и регулирования  $i$ -й контрольной смены, ч;  $T_{\phi 41_i}$  – фактическое время устранения нарушения технологического процесса  $i$ -й контрольной смены, ч;  $l_{\phi}$  – фактическая длина гона  $i$ -й контрольной смены, км;  $l_{\phi,н}$  – длина гона в «модельном» хозяйстве, км;  $S_{н,\phi_i}$  – фактическая площадь поля  $i$ -й контрольной смены, га;  $S_{н,н}$  – площадь поля в «модельном» хозяйстве конкретной страны, га.

В табл. 8.1 и 8.2 приведены характеристики элементов времени контрольной смены, которые используются при определении соответствия технологических операций в наблюдательном листе основным элементам времени смены по ГОСТ 24055-2016.

Таблица 8.1

Характеристика элементов технологического времени  
контрольной смены

Наименование элемента времени смены	Обозначение показателя	Характеристика показателя
1	2	3
Основное время	$T_{\phi 1_i}$	Время, в течение которого машина работает по её назначению (обработка почвы, сбор урожая, транспортирование материала и т.д.)
Время на повороты	$T_{\phi 21_i}$	Время на выполнение поворота с целью продолжения работы по назначению (разворот кормораздатчика, время от поднятия плуга до опускания плуга после осуществления поворота и др.)

Окончание табл. 8.1

Время на технологические переезды	$T_{\phi 22_i}$	Переезд машины для заправки или выгрузки (распределения в движении) технологического материала (продукта) и переезд обратно (для посевных, посадочных и уборочных агрегатов; машин для внесения органических и минеральных удобрений, гербицидов; опрыскивателей, опыливателей, кормораздатчиков и т.п.). Холостой переезд при работе агрегата в направлении одной стороны поля (полёглый хлебостой и т.п.)
Время на технологическое обслуживание	$T_{\phi 23_i}$	Время на проведение плановых мероприятий по ежесменному и периодическому (сезонному) техническому обслуживанию независимо от места и времени проведения (контроль, очистка, смазывание, заправка топливом и маслом, подтягивание резьбовых соединений). Время приёма посадочного материала, воды, удобрений, кормов и т.д., выгрузки убранного материала на местах разгрузки или замены транспортных средств
Время на проведение наладки и регулирование	$T_{\phi 33_i}$	Время для наладки и регулировки в зависимости от изменения условий труда (регулировка глубины обработки, высоты среза, ширины захвата, скорости движения, качества работы и т.п.)
Время на устранение нарушения технологического процесса	$T_{\phi 41_i}$	Время на отыскание и устранение неисправностей на рабочем месте или в мастерской в течение смены, чтобы продолжить рабочий процесс (устранение деформаций, поломок и т.д.)

Таблица 8.2

Характеристика регламентированных  
внутрисменных элементов времени

Наименование элемента времени смены	Обозначение показателя	Характеристика показателя
1	2	3
Время на ежесменное техническое обслуживание, заправку топливом	$T_{31}$	Затраты времени на выполнение операций ежесменного технического обслуживания, предусмотренных инструкцией
Время перевода машины в рабочее и транспортное положение	$T_{32}$	Время перевода из транспортного положения в рабочее и обратно
Время агрегатирования сельскохозяйственной машины с энергосредством, приходящееся на смену, приведенную к нормативной смене	$T'_{34}$	Время на навеску и снятие машины, подсоединение или отключение элементов оборудования технологической линии. Время для наладки и регулировки в зависимости от изменения условий труда (регулировка глубины обработки, высоты среза, ширины захвата, скорости движения, качества работы и т.п.)
Время на отдых	$T_5$	Время на отдых обслуживающего персонала, исключая предусмотренные перерывы для приёма пищи. Время обязательных перерывов, предусмотренных правилами гигиены и безопасности труда

## Окончание табл. 8.2

Время на переезды к месту работы и обратно	$T_6$	Время на холостые переезды от места стоянки к месту работы и обратно в начале и в конце смены. Время переезда с поля на поле, с участка на участок, переезды на исходную позицию машин для орошения и т.д.
Время регламентированных внутрисменных элементов времени по машине	$T_{const}$	$T_{const} = T_{31} + T_{32} + T'_{34} + T_{y5} + T_6$

Рассмотренные показатели времени смены затем используются для расчетов производительности. При пересчете их на нормативную продолжительность рабочей смены можно получить обоснованную норму выработки.

### Контрольное задание

Подберите шифры к некоторым операциям из наблюдательного листа при испытании сеялки:

- рабочий ход;
- поворот;
- остановка, заправка сеялки;
- рабочий ход;
- остановка, регулировка глубины;
- рабочий ход;
- поворот;
- остановка – нет семян;
- заправка семенами;
- рабочий ход;
- остановка – заглох трактор;
- поиск причины 4;
- устранение неисправности.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Адлер Ю.П. Введение в планирование эксперимента / Ю.П. Адлер. – М.: Металлургия, 1969. – 280 с.
2. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Наука, 1969. – С. 576.
3. ГОСТ 12.2.02-91 Система стандартов безопасности труда. Техника сельскохозяйственная. Методы оценки безопасности – взамен ГОСТ 12.2.02-81; введен 01.07.92. – М.: Изд-во стандартов, 1992.
4. ГОСТ 24055-2016 Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки; введен 2018-01-01. – М.: Стандартинформ, 2017.
5. ГОСТ 26025-83 Машины и тракторы сельскохозяйственные и лесные. Методы измерения конструктивных параметров; введен 01.01.84 до 01.01.89. – М.: Изд-во стандартов, 1984.
6. ГОСТ 28301-2015 Комбайны зерноуборочные. Методы испытаний – взамен ГОСТ 28301-2007; введен 10.12.2015. – М.: Стандартинформ, 2012.
7. ГОСТ 28714-2007 Машины для внесения твердых минеральных удобрений. Методы испытаний; введен 2009-01-01. – М.: Стандартинформ, 2008.
8. ГОСТ 31345-2017 Техника сельскохозяйственная. Сеялки тракторные. Методы испытаний; введен 2019-06-01. – М.: Стандартинформ, 2018.
9. ГОСТ 33736-2016 Техника сельскохозяйственная. Машины для глубокой обработки почвы. Методы испытаний; введен 2017-07-01. – М.: Стандартинформ, 2016.
10. ГОСТ 33677-2015 Машины и орудия для междурядной и рядной обработки почвы. Методы испытаний; введен 2017-07-01. – М.: Стандартинформ, 2016.
11. ГОСТ 53053-2008 Машины для защиты растений. Опрыскиватели. Методы испытаний; введен впервые. – М.: Стандартинформ, 2009.
12. ГОСТ 7057-2001 Тракторы сельскохозяйственные. Методы испытаний – взамен ГОСТ 7057-81; введен 2003-01-01. –

Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации. – М.: Изд-во стандартов, 2002.

13. ГОСТ Р 52777-2007 Техника сельскохозяйственная. Методы энергетической оценки; введен впервые. – М.: Стандартинформ, 2008.

14. ГОСТ Р 54782-2011 Машины кормоуборочные. Методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2012.

15. ГОСТ Р 54783-2011 Испытания сельскохозяйственной техники. Основные положения; введен впервые. – М.: Стандартинформ, 2012.

16. ГОСТ Р 54784-2011 Испытания сельскохозяйственной техники. Методы оценки технических параметров; введен впервые. – М.: Стандартинформ, 2012.

17. Казачков И.А. Построение математической модели путем аппроксимации экспериментальных данных. Методическое указание / И.А. Казачков. – зерноград: АЧГАА, 2007. – 13 с.

18. Карпенко А.Н. Сельскохозяйственные машины / А.Н. Карпенко, В.М. Халанский. – 6-е изд, доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1989. – 527 с.

19. Кириянов Д. Mathcad 12 / Д. Кириянов. – Санкт-Петербург: БХВ Петербург, 2005. – 557 с.

20. Кленин Н.И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Н.И. Кленин, В.А. Сакун. – М.: Колос, 1994. – 751 с.

21. Листопад Г.Е. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Г.Е. Листопад, Г.К. Демидов, Б.Д. Зонон. – М.: Колос, 1976. – 688 с.

22. ОСТ 10.1.1-98 Испытания сельскохозяйственной техники, машин и оборудования для переработки сельскохозяйственного сырья. Основные положения – взамен РД 1.1-92; введен 15.04.1999. – Минсельхозпрод России, 1999.

23. ОСТ 10.2.1-97 Испытания сельскохозяйственной техники, машин и оборудования для переработки сельскохозяйственного сырья. Техническая экспертиза – взамен РД 10.2.1-91; введен 01.11.1997. – Минсельхозпрод России, 1997.

24. ОСТ 30483-97 Зерно. Методы определения общего и фракционного содержания сорной и зерновой примесей; содержания мелких зерен и крупности; содержания зерен пшеницы;



поврежденных клопом-черепашкой; содержания металломагнитной примеси. – Минск, 2009.

25. Погорелый Л.В. Инженерные методы испытания сельскохозяйственных машин / Л.В. Погорелый. – К.: Техника, 1981.

26. Попов А.Ю. Машины и оборудование в растениеводстве: лабораторный практикум / А.Ю. Попов. – Зерноград, 2015. – 104 с.

27. Скорляков В.И. Способы и технические средства контроля качества механизированных работ в растениеводстве: инструктивно-метод. издание / В.И. Скорляков, Т.А. Юрина, И.М. Киреев, З.М. Коваль. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. – 80 с.

28. Степнов М.Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний / М.Н. Степнов. – М.: Машиностроение, 1985. – 232 с.

29. СТО АИСТ 1.12-2006. Испытания сельскохозяйственной техники. Тракторы сельскохозяйственные, машины почвообрабатывающие, посевные и посадочные, машины для защиты растений. Показатели назначения и надежности – взамен ОСТ 10 2.37.1-2003; введен 2006-05-15. – М., 2006.

30. СТО АИСТ 1.13-2011 Испытания сельскохозяйственной техники. Машины для внесения удобрений, машины для послеуборочной обработки зерна, машины для уборки картофеля, овощных и бахчевых культур, плодов и ягод, льна, погрузочно-разгрузочные и транспортные средства. Показатели назначения и надежности; введен 2012-02-20. – М., 2013.

31. СТО АИСТ 2.21-2007 Испытания сельскохозяйственной техники. Монтажепригодность. Номенклатура показателей и методы оценки – взамен ОСТ 10 2.21-2002; введен 2007-10-01. – М., 2006.

32. СТО АИСТ 2.8-2010 Испытания сельскохозяйственной техники. Надежность. Методы оценки показателей – взамен СТО АИСТ 2.8-2007; введен 2010-12-01. – М., 2010.

33. СТО АИСТ 4.1-2010 Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и орудия для глубокой обработки почвы. Методы оценки функциональных показателей – взамен СТО АИСТ 4.1-2004. – М., 2011.

34. СТО АИСТ 4.2-2010 Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и орудия для поверхностной и мелкой обработки почвы. Методы оценки функциональных показателей – взамен СТО АИСТ 4.2-2004. – М., 2011.

35. СТО АИСТ 4.3-2010 Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и орудия для обработки пропашных культур. Методы оценки функциональных показателей – взамен СТО АИСТ 4.3-2004. – М., 2010.

36. СТО АИСТ 4.6-2010 Испытания сельскохозяйственной техники. Машины почвообрабатывающие. Показатели назначения. Общие требования; введен 2011-04-15. – М., 2011.

37. СТО АИСТ 5.6-2010. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины посевные и посадочные. Показатели назначения. Общие требования; введен 2011-04-15. – М., 2011.

38. СТО АИСТ 8.22-2010 Комбайны зерноуборочные. Показатели назначения. Общие требования; введен 2011-04-15. – М., 2011.

39. Сухаренко В.И. Организация и проведение испытаний сельскохозяйственной техники. Опыт Центральной МИС / В.И. Сухаренко [и др.]. – Вып. 2. – М.: Издательство стандартов, 1984.

40. Токарев Н.А. Испытания сельскохозяйственных машин: практикум / Н.А. Токарев. – Зерноград: АЧГАА, 2010. – 75 с.

41. Черноволов В.А. Сельскохозяйственные уборочные машины: практикум / В.А. Черноволов. – Зерноград, 2008. – 188 с.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### ПРИЛОЖЕНИЕ А

#### Форма рабочей программы-методики по ГОСТ Р 54783-2011

_____	УТВЕРЖДАЮ
наименование испытательной организации	Руководитель испытательной организации
_____	_____
наименование лаборатории, проводящей испытания	подпись, фамилия, инициалы
_____	« ____ » _____
Ведущий инженер _____	СОГЛАСОВАНО*
_____	
_____	
Код ОКП _____	

#### Рабочая программа-методика испытаний

_____
вид испытаний
_____
наименование и марка изделия
Изготовитель _____
Срок поступления изделия: план _____ фактически _____
Срок проведения испытания: начало _____ окончание _____
Планируемая наработка _____
Срок предоставления протокола _____
Срок сдачи протокола на оформление _____
Цель испытаний _____
Аналог для сравнения _____
Место проведения испытаний _____
Агрегатирование _____
Условия проведения испытаний (по ТЗ или ТУ) _____
_____
_____
_____
_____
_____

\* Согласование проводят с вышестоящей организацией при испытании изделия по специальной (сокращенной) программе.

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1

Исходные данные для определения дозы внесения  
и неравномерности распределения удобрений по ширине внесения машины

№ контейнера для сбора удобрений	Масса удобрений в контейнере, г								
	Повторность								
	1			2			3		
	Ряд								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	0,8	0,5	0,4	0,8	0,9	0,4	0,7	0,5	0,3
2	0,7	0,5	0,5	0,8	0,8	0,7	0,9	0,3	0,3
3	1,2	1,4	0,8	1,2	1,2	1,5	1,3	1,2	1,2
4	1,6	2,8	2,2	1,6	1,5	1,8	1,7	4,6	1,7
5	2,7	1,8	1,2	2,8	2,6	3,2	3,0	0,9	0,3
6	2,4	2,3	2,4	2,4	2,5	2,9	2,4	2,4	1,1
7	3,9	3,5	2,4	3,8	4,2	4,5	3,8	1,3	2,3
8	5,4	4,0	4,2	5,2	5,4	5,1	5,2	2,4	2,4
9	7,2	8,9	6,3	7,2	7,4	7,1	7,9	6,4	9,7
10	8,1	9,6	7,3	8,5	8,8	8,7	8,8	8,0	7,3
11	10,4	11,4	9,1	10,4	9,7	9,9	9,5	10,1	13,1
12	11,4	11,6	10,1	11,7	11,5	11,8	11,7	10,0	10,0
13	13,1	12,1	11,2	13,1	13,4	12,6	13,8	10,1	10,3
14	4,1	12,3	14,0	8,4	8,2	8,5	8,1	12,3	15,0
15	9,0	7,8	11,0	9,1	9,1	9,0	9,1	10,3	12,1
16	9,2	4,1	8,5	9,1	9,4	9,4	9,5	5,1	3,9
17	9,3	9,5	10,5	9,2	9,3	9,3	9,1	9,1	12,2
18	8,2	10,2	8,3	8,3	8,6	8,6	8,4	9,8	12,0
19	5,6	6,5	7,0	5,5	5,5	5,4	5,2	8,6	6,8
20	3,8	3,9	4,2	3,5	3,7	3,8	3,3	6,9	3,6
21	2,0	2,6	3,0	2,4	2,2	2,5	3,6	4,1	1,9
22	1,7	1,6	2,2	1,8	1,9	1,8	1,8	2,5	1,8
23	1,4	1,2	1,5	1,6	1,5	1,4	1,4	1,6	1,1
24	0,9	0,9	0,9	1,1	0,9	0,9	0,9	1,2	0,7
25	1,2	0,5	0,4	0,8	1,2	1,0	1,1	0,6	0,5
26	0,5	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3

Таблица Б.2

Исходные данные для определения дозы внесения  
и неравномерности распределения удобрений по ходу движения машины

№ контейнера для сбора удобрений	Масса удобрений в контейнере, г		
	Повторность		
	1	2	3
1	2,5	2,6	1,3
2	2,6	2,5	2,6
3	2,4	2,5	2,4
4	2,5	2,3	2,6
5	2,4	2,5	2,6
6	2,6	2,4	2,5
7	2,5	2,4	2,5
8	2,3	2,5	2,4
9	2,4	2,5	2,3
10	2,2	2,6	2,3
11	2,4	2,3	2,6
12	2,6	2,4	2,5
13	2,5	2,6	2,4
14	2,5	2,4	2,3
15	2,4	1,9	2,7
16	2,3	2,5	2,4
17	2,5	2,3	2,4
18	2,4	2,3	2,5
19	2,6	2,4	2,3
20	2,3	2,6	2,6

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### Исходные данные для определения неравномерности высева зерновой сеялки

№ высевающего аппарата	Длина рабочей части катушек, мм	Масса высеянных семян, г.		
		Повторность		
		1	2	3
1	25	123	118	122
2	25	119	120	120
3	25	116	120	117
4	25	118	118	119
5	25	120	120	124
6	25	121	118	119
7	25	123	125	123
8	25	120	118	119

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

### Результаты микроскопирования

Границы класса от $k_{min}$ до $k_{max}$	Число зафиксированных капель, шт	Число полос, шт	Просмотренная площадь, см <sup>2</sup>
От 1 до 3 включ.	162	2/3	0,56
Св. 3 – 5	124	2/3	0,56
5 – 7	69	2/3	0,56
7 – 9	48	1	0,84
9 – 11	72	2	1,68
11 – 13	71	2	1,68
13 – 15	71	2	1,68
15 – 17	47	3	2,52
17 – 19	36	4	3,36
19 – 21	20	4	3,36
21 – 23	14	4	3,36
23 – 25	22	4+6	8,40
25 – 27	19	4+6	8,40
27 – 29	10	4+6	8,40
29 – 31	9	4+6	8,40
31 – 33	12	4+6+10	16,8
33 – 35	11	4+6+10	16,8
35 – 37	8	4+6+10	16,8
37 – 39	4	4+6+10	16,8
39 – 41	2	4+6+10	16,8
41 – 43	1	4+6+10	16,8

Учебное издание

**Попов** Антон Юрьевич  
**Кравченко** Людмила Владимировна  
**Журба** Виктор Викторович  
**Чайка** Евгений Анатольевич

**ИСПЫТАНИЯ НАЗЕМНЫХ  
ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Редактор М.А. Тур  
Компьютерная обработка: С.Ю. Матузова

---

В печать 13.08.2020  
Формат 60×84/16. Объем 7,0 усл. п. л.  
Тираж 100 экз. Заказ № 163. Цена свободная

---

Издательский центр ДГТУ  
Адрес университета и полиграфического предприятия:  
344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1