

4. Ветохин, В. И. О динамике формы поверхности рабочих органов почврыхлителей / В. И. Ветохин // Тракторы и сельхозмашины. – 2010. – № 6. – С. 30–35.
5. Горячкин, В. П. Теория разрушения материалов / В. П. Горячкин // Собр. соч.: в 3 т. – М.: Колос, 1965. – Т. 1. – С. 525–546.
6. Gill, W. R. Soil dynamics in tillage and traction / W. R. Gill, Glen E. Van den Berg. – Washington: Agricultural Research Service US department of Agriculture. Agricultural handbook 316. – 1967. – 511 p.
7. Nichols, M. L. Soil reaction to subsoiling equipment / M. L. Nichols, C. A. Reaves. // Agr. Engin. – 1958. – № 39. – P. 340–343.
8. Ветохин, В. И. Обоснование формы и параметров рыхлительных рабочих органов с целью снижения энергозатрат на обработку почвы: дис. ... канд. техн. наук / В. И. Ветохин. – М.: ВИСХОМ, 1991. – 309 с.
9. Мацепуро, М. Е. Изменение сил, действующих на дренер, в зависимости от его параметров / М. Е. Мацепуро, К. А. Пилкаускас // Вопросы земледельческой механики. – Минск: Госиздат БССР, 1960. – Т. 3, разд. 2, гл. 3. – С. 211–274.
10. Ветохин, В. И. К вопросу разработки системной модели крошения пласта почвы / В. И. Ветохин // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2010. – Вип. 10, т. 7. – С. 245–252.
11. Ветохин, В. И. Системные и физико-механические аспекты проектирования рыхлителей почвы / В. И. Ветохин // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-техн. конф.: в 3 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Т. 1. – С. 65–75.
12. Способ определения формы профиля рабочей поверхности рыхлителей почвы: пат. 2013900 РФ, МКИ А 01 В 13/00, 15/00 / В. И. Ветохин. – № 93001983/15; заявл. 12.01.93; опубл. 15.06.94 // Открытия. Изобрет. – 1994. – № 11.

УДК 631.331.85

Поступила в редакцию 01.10.2018  
Received 01.10.2018

**В. В. Голдыбан<sup>1</sup>, В. П. Чеботарев<sup>2</sup>, М. И. Курилович<sup>1</sup>, К. Н. Мисников<sup>1</sup>, Т. В. Бойко<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»*

*г. Минск, Республика Беларусь*

*e-mail: labpotato@mail.ru*

*<sup>2</sup>УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»*

*г. Минск, Республика Беларусь*

*e-mail: v.p.chebotarev@tut.by*

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЕМЯН САХАРНОЙ СВЕКЛЫ**

В статье освещены методы и результаты определения физико-механических свойств дражированных семян сахарной свеклы, которые необходимы при проектировании высевальных систем: размерно-весовые характеристики, объемная масса семян, коэффициент внутреннего трения, коэффициент парусности и скорость витания.

*Ключевые слова:* семена, свойства, свекла, методика, трение, парусность.

**V. V. Goldyban<sup>1</sup>, V. P. Chebotarev<sup>2</sup>, M. I. Kurylovich<sup>1</sup>, K. N. Misnikov<sup>1</sup>, T. V. Boiko<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»*

*Minsk, Republic of Belarus*

*e-mail: labpotato@mail.ru*

*<sup>2</sup>Educational Establishment «Belarusian State Agrarian Technical University»*

*Minsk, Republic of Belarus*

*e-mail: v.p.chebotarev@tut.by*

## **THE RESULTS OF RESEARCH OF PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF SUGAR BEET SEEDS**

The article describes the methods and results of determination of physico-mechanical properties of pelleted sugar beet seeds, which are necessary for the design of seeding systems: the size-weight characteristics, body weight of seeds, the coefficient of internal friction, coefficient of sail and soaring speed.

*Keywords:* seeds, properties, beet, technique, friction, windage.

## Введение

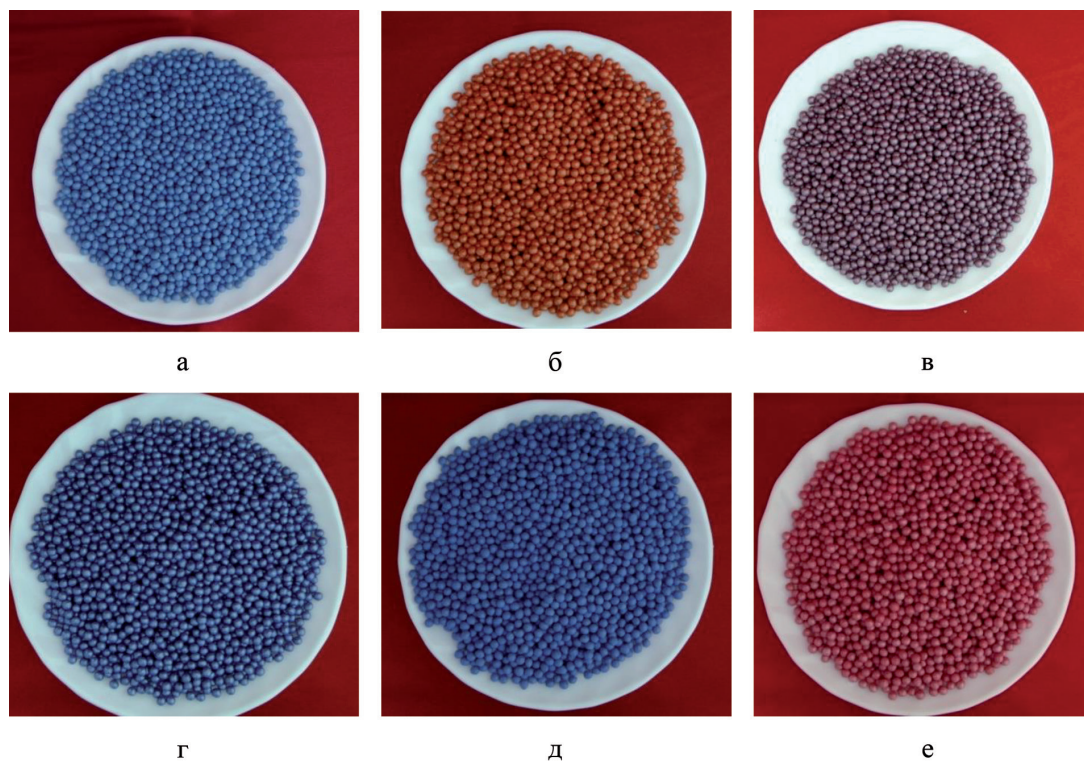
В рамках отдельного проекта фундаментальных исследований Национальной академии наук Беларуси и Академии научных исследований и технологий Египта на 2018–2019 годы «Исследование способа точного высева семян сахарной свеклы и кукурузы с помощью электромеханических высевающих систем» (договор № 1819 от 14 августа 2018 г.) запланировано теоретическое обоснование основных конструктивных и кинематических параметров электромеханической высевающей системы для высева семян сахарной свеклы.

Исходными данными для выполнения расчетов являются физико-механические и аэродинамические свойства семян сахарной свеклы, возделываемой в Беларуси.

## Объекты исследований

В работе исследованы характеристики семян сахарной свеклы следующих сортов (рисунок 1): Ардамакс (Франция); Белполь (РУП «Опытная научная станция по сахарной свекле», Беларусь); Modus (Германия); Verdi (Бельгия); Casimira KWS (Германия); Яносик P<sub>3</sub> (Польша).

Для данных сортов определяли размерно-весовые характеристики, объемную массу семян, коэффициент внутреннего трения, коэффициент парусности и скорость витания.



а) Ардамакс; б) Casimira KWS; в) Белполь; г) Modus; д) Verdi; е) Яносик P<sub>3</sub>

Рисунок 1. – Исследуемые сорта семян сахарной свеклы

Исследования проводили в период с 13 по 24 августа на лабораторном оборудовании кафедры «Сельскохозяйственные машины» УО «БГАТУ». Результаты исследований представлены ниже.

## Результаты исследований

### *Определение размерно-весовых характеристик семян*

Размерно-весовые характеристики семян сахарной свеклы определяли по следующей методике. Образец чистых семян насыпали на стол ровным слоем в форме квадрата; делили его по диагонали на четыре треугольника и из двух противоположных треугольников отсчитали две

пробы по 1000 семян. При этом семена брали подряд, без выбора и пропуска. Отобранные пробы семян взвешивали на технических весах с точностью до 0,01 г.

Размеры семян определяли при помощи решета. Семена, просеянные через решета, разделялись на классы по размеру. Сход с каждого решета взвешивали. Для проведения исследования брали семена в количестве 1000 штук.

Результаты измерений занесены в таблицу 1.

Таблица 1. – Размерно-весовые характеристики семян сахарной свеклы

№	Сорт семян	Кол-во, шт.	Вес 1000 семян, г	Вес одного семени, г	Размер и вес фракции, г		
					2–3 мм	3–4 мм	4–4,5 мм
1	Casimira KWR	1000	29,14	0,02914	7,06	20,99	1,09
2	Modus	1000	28,25	0,02825	21,37	6,79	0,09
3	Белполь	1000	26,66	0,02666	15,10	11,56	0,00
4	Verdi	1000	27,63	0,02763	10,84	16,55	0,24
5	Яносик P <sub>3</sub>	1000	23,34	0,02334	5,75	16,56	1,03
6	Ардамакс	1000	28,17	0,02817	11,31	16,10	0,76

Как показали результаты исследований, для сортов Ардамакс, Casimira KWS, Verdi, Белполь и Modus средняя масса одного семени варьируется в пределах 0,026–0,029 г, для сорта Яносик P<sub>3</sub> – 0,023 г.

Семена шести сортов имеют округлую форму диаметром 3–4,5 мм.

#### Определение объемной массы семян

Определение объемной массы семян производили при помощи литровой пурки (рисунок 2). Объемную массу семян определяли в такой последовательности [1]:



1 – насыпной цилиндр; 2 – наполнитель;  
3 – падающий груз; 4 – нож; 5 – мерник;  
6 – футляр; 7 – опора

Рисунок 2. – Определение насыпной плотности семян

– в щель мерника 5 вставили нож 4, на который установили падающий груз 3, затем на мерник надели наполнитель 2;

– семена засыпали в цилиндр 1, установленный на наполнителе 2, и, нажимая на рычажок замка, открыли заслонку воронки; быстро, но без сотрясений, вынули нож 4 из мерника 5 – груз 3 и семена при этом упали в мерник;

– в щель снова вставили нож, отделяя избыточный слой насыпных семян;

– мерник с наполнителем сняли с подставки, наполнитель отделили, задержавшиеся на ноже семена выбросили и вынули нож из щели;

– мерник с семенами взвесили с точностью до 0,5 г.

Опыт проводили с пятикратной повторностью. Результаты взвешивания представлены в таблице 2.

Таблица 2. – Объемная масса семян

№ опыта	Сорт семян	Средняя масса семян с мерником, г	Масса мерника, г	Средняя масса семян, г	Средняя объемная масса семян, г/см <sup>3</sup>
1	Casimira KWR	1830,6	1375	455,6	0,456
2	Modus	1891,4	1375	516,4	0,516
3	Белполь	1835,4	1375	460,4	0,460
4	Verdi	1891,4	1375	516,4	0,516
5	Яносик P <sub>3</sub>	1739,4	1375	364,4	0,364
6	Ардамакс	1847,4	1375	472,4	0,472

Объемную массу семян определяли делением массы семян в мернике на его объем (1000 см<sup>3</sup>). Как показали результаты исследований, объемная масса гранулированных семян сахарной свеклы колеблется в интервале от 0,364 до 0,516 г/см<sup>3</sup>.

### Определение коэффициента внутреннего трения

Определение коэффициента внутреннего трения выполняли с помощью прибора, состоящего из основания 1, воронки 5 с заслонкой 6, винтового механизма 3 и мерительной линейки 4 (рисунок 3).

Результаты измерений определяли в такой последовательности [2]:

- установили основание 1 в горизонтальной плоскости;
- опустили воронку 5 в нижнее положение и закрыли заслонку 6;
- заполнили воронку исследуемым сыпучим материалом;

– открыли заслонку и подняли воронку до образования конуса из исследуемого материала;

– закрыли заслонку и замеры:

- высоту конуса  $H$  из сыпучего материала;
- радиус основания конуса  $R_j$  в четырех радиальных направлениях.

Замеры провели с пятикратной повторностью.

Обработали результаты измерений и рассчитали:

- среднюю высоту конуса с учетом повторности измерений для каждого исследуемого материала:

$$\overline{H}_i = \frac{\sum_1^i H_i}{i},$$

где  $i$  – число повторности опыта для исследуемого материала;

- средний радиус основания конуса для каждой повторности:

$$\overline{R}_j = \frac{\sum_1^j R_j}{j};$$

- средний радиус основания конуса с учетом повторности замеров для каждого материала:

$$\overline{R}_i = \frac{\sum_1^i \overline{R}_j}{i};$$

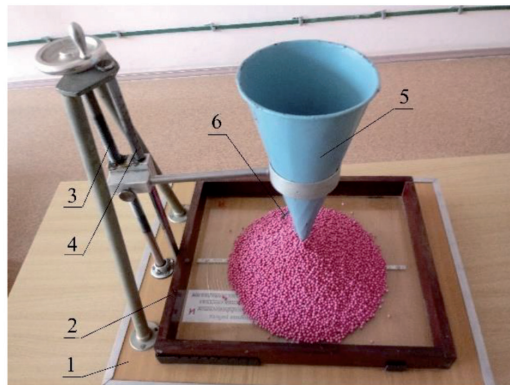
- коэффициент внутреннего трения:

$$f = \operatorname{tg} \varphi = \frac{\overline{H}}{\overline{R}_i};$$

- угол внутреннего трения

$$\varphi = \operatorname{arctg} f.$$

Результаты обработки значений опытов представлены в таблице 3.



1 – основание; 2 – подставка;  
3 – винтовой механизм; 4 – шкала отсчета;  
5 – воронка; 6 – заслонка

Рисунок 3. – Схема прибора для определения углов естественного откоса



Таблица 3. – Коэффициент и угол внутреннего трения семян сахарной свеклы

Сорт свеклы	Средняя высота конуса $H_{cp}, мм$	Радиус основания конуса $R_{cp}, мм$	Коэфф. внутреннего трения, $f_n$	Угол внутреннего трения, $\varphi_n$
Casimira KWR	62,6	124,90	0,50	27
Modus	63,6	129,65	0,49	26
Белполь	62,8	127,30	0,49	26
Verdi	63,6	129,50	0,49	26
Яносик P <sub>3</sub>	64,2	126,90	0,51	27
Ардамакс	63,4	125,90	0,50	27

Как видно из результатов исследований, коэффициент внутреннего трения для гранулированных семян сахарной свеклы находится в пределах 0,49–0,51.

#### Определение аэродинамических свойств семян

Критическую скорость семян определяли на парусном классификаторе, состоящем из вентилятора 1, всасывающей насадки 9, обечайки с сеткой 8, рабочей вертикальной трубы 7, конического отстойника 5 с затвором 6, трубопроводов 3, фильтра 4, электродвигателя 10 (рисунок 4, 5) [3].

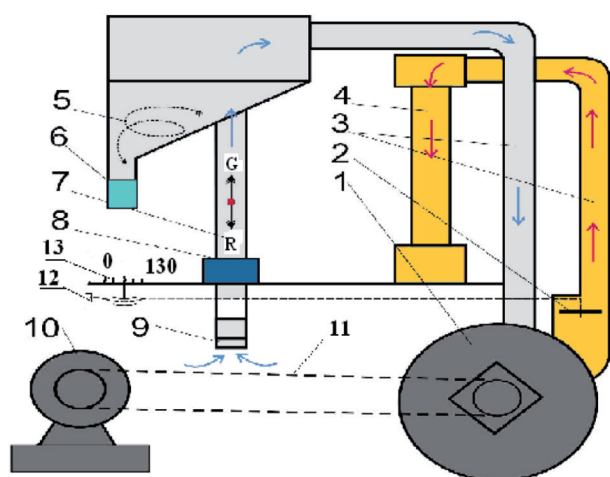
Для измерения давления воздушного потока использовали трубки Пито с дифференциальным манометром Testo 512. Трубки Пито с помощью резиновых шлангов соединены с манометром. Через центральное отверстие передается полное давление  $H_{П}$ , а сквозь отверстия в боковых стенках трубки – статическое  $H_{ст}$ . Манометр одновременно отображал давление и скорость потока.

Так как дражированные семена сахарной свеклы имеют круглую форму, то миделево сечение определяли, используя данные таблицы 1, по зависимости

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4},$$

где  $d$  – диаметр зерна, мм.

Приготовив навеску дражированных семян сахарной свеклы (2...3 г), высыпали ее на сетку обечайки классификатора. Установили минимальное число оборотов вентилятора при закрытой дроссельной заслонке. Включали классификатор и постепенно увеличивали скорость воздуш-



1 – вентилятор; 2 – заслонка; 3 – трубопровод; 4 – фильтр; 5 – конический отстойник; 6 – затвор; 7 – вертикальная труба; 8 – обечайка с сеткой; 9 – всасывающая насадка; 10 – электродвигатель; 11 – клиноремный вариатор; 12 – маховик управления заслонкой; 13 – указатель положения заслонки

Рисунок 4. – Схема парусного классификатора



Рисунок 5. – Определение коэффициента парусности и скорости витания

ного потока, открывая дроссельную заслонку до начала выделения легкой фракции семян сахарной свеклы. Показания микроманометра ( $P_{\min}$ ) заносили в таблицу. Повышали скорость воздушного потока до тех пор, пока вся навеска не поднялась в стакан отстойника, одновременно занесли показания шкалы манометра в таблицу 4.

По результатам экспериментальных данных и расчетов определяли показатели, характеризующие аэродинамические свойства семян сахарной свеклы.

Критическая скорость

$$v_{кр} = v_{\epsilon} = \sqrt{\frac{2 \cdot p_0}{\gamma_{\epsilon} \cdot g}},$$

где  $v_{\epsilon}$  – скорость воздушного потока, м/с;  $p_0$  – динамический напор, Па;  $\gamma_{\epsilon}$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup> ( $\gamma_{\epsilon} = 1,2 \text{ кг/м}^3$ ).

Коэффициент парусности

$$k_n = \frac{g}{V_{кр}^2},$$

где  $k_n$  – коэффициент парусности, м<sup>-1</sup>;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Коэффициент сопротивления

$$k = \frac{k_n \cdot m_3}{\gamma_{\epsilon} \cdot S},$$

где  $m_3$  – масса зерна, г;  $S$  – миделево сечение, мм<sup>2</sup>;  $\gamma_{\epsilon}$  – плотность воздуха, г/мм<sup>3</sup> ( $\gamma = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ г/мм}^3$ ).

Результаты расчетов представлены в таблице 4.

Таблица 4. – Аэродинамические свойства семян

Сорт семян	Среднее значение одного семени, г	Среднее динамическое давление $P_{\text{срmin}}$ , кПа	Среднее динамическое давление $P_{\text{срmax}}$ , кПа	Критическая скорость $V_{\text{крmin}}$ , м/с	Критическая скорость $V_{\text{крmax}}$ , м/с	Коэффициент парусности $k_{\text{min}}$ , м <sup>-1</sup>	Коэффициент парусности $k_{\text{max}}$ , м <sup>-1</sup>	Коэффициент сопротивления, $k_{\text{min}}$	Коэффициент сопротивления, $k_{\text{max}}$
Casimira KWR	0,0292	0,076	0,116	3,60	4,44	0,76	0,50	1,49	0,96
Modus	0,0280	0,078	0,124	3,64	4,59	0,74	0,46	1,36	0,86
Белполь	0,0272	0,074	0,122	3,55	4,56	0,78	0,47	1,39	0,85
Verdi	0,0278	0,080	0,124	3,69	4,59	0,72	0,46	1,33	0,86
Яносик P <sub>3</sub>	0,0230	0,066	0,108	3,35	4,29	0,87	0,53	1,34	0,81
Ардамакс	0,0285	0,078	0,122	3,64	4,56	0,74	0,47	1,37	0,89

Как показали результаты исследований, для сортов Ардамакс, Casimira KWS, Verdi, Белполь и Modus, для которых средняя масса одного семени варьируется в пределах 0,026–0,029 г, коэффициент парусности (максимальное его значение) находится в пределах 0,46–0,50, а скорость витания (максимальная) – 4,44–4,56, для сорта Яносик P<sub>3</sub> с массой одного семени 0,023 г коэффициент парусности – 0,53 и скорость витания – 4,29.

### Закключение

Как показали результаты исследований, коэффициент внутреннего трения семян сахарной свеклы находится в пределах 0,49–0,51, а объемная масса колеблется в интервале от 0,364 до 0,516 г/см<sup>3</sup>. Для сортов Ардамакс, Casimira KWS, Verdi, Белполь и Modus, для которых средняя масса одного семени варьируется в пределах 0,026–0,029 г, коэффициент парусности (максимальное его значение) находится в пределах 0,46–0,50, а скорость витания (максимальная) – 4,44–4,56, для сорта Яносик P<sub>3</sub> с массой одного семени 0,023 г коэффициент парусности – 0,53 и скорость витания – 4,29.

## Литература

1. Определение зависимости нормы высева семян от параметров катушечного высевашевого аппарата: практикум по выполнению лабораторных работ / сост.: Г. А. Радишевский и [др.]. – Минск: БГАТУ, 2015. – 14 с.
2. Определение углов естественного откоса и коэффициентов внутреннего трения сыпучих сельскохозяйственных материалов и почвы: практикум по выполнению лабораторных работ / сост.: Г. А. Радишевский [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2015. – 11 с.
3. Определение аэродинамических свойств семян сельскохозяйственных культур: практикум по выполнению лабораторных работ / сост.: Г. А. Радишевский [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2015. – 13 с.

УДК 631.312:631.51

Поступила в редакцию 01.10.2018  
Received 01.10.2018

**А. Н. Худоёров, Д. А. Абдуллаев, И. Абдимоминов, М. А. Юлдашева**

*Андижанский филиал Ташкентского Государственного аграрного университета  
г. Андижан, Республика Узбекистан  
e-mail: AnvarjonXudoyorov@umail.uz.; Abdullaev@umail.uz; Ikromjon03@mail.ru;  
YuldashevaMatluba@umail.uz*

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФОРМЫ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ РЫХЛИТЕЛЯ КОМБИНИРОВАННОГО АГРЕГАТА**

В статье приведены результаты исследований с целью обоснования геометрической формы рабочей поверхности рыхлителя комбинированного агрегата.

*Ключевые слова:* комбинированный агрегат, рыхлитель, рыхление, перпендикуляр, параметр, результаты, теоретические, экспериментальные, форма.

**A. N. Hudoyorov, D. A. Abdullaev, I. Abdumominov, M. A. Yuldasheva**

*Andijon branch of Tashkent state agrarion unlvrsity  
s. Andijon, the Republic of Uzbekistan  
e-mail: AnvarjonXudoyorov@umail.uz.; Abdullaev@umail.uz; Ikromjon03@mail.ru; YuldashevaMatluba@umail.uz*

### **RESULT EXPERIMENTAL RESEARCH DEFINITION FORMS OF A WORKING SURFACE THE COMBINED UNIT**

In the clause the results of the given researches on a substantiation the geometrical form friablings working surface of the combined unit are given.

*Keywords:* combined unit, iubrication, cultivation, perpendicular, parameters, result, theoretical, expetimental, forms.

## Введение

Подготовка почвы под посев в настоящее время проводится в основном с применением традиционных технологий и технических средств, то есть сначала производится вспашка, боронование и малование, а затем нарезают гребни. Такая многоступенчатая обработка вызывает большие затраты труда, энергии и расход топлива, затягиваются сроки посева, что приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур.

В странах с развитым сельским хозяйством при подготовке почвы под посев хлопчатника и зерновых широко применяют безотвальный способ ее обработки, то есть обработку без применения плуга.

При безотвальной обработке по сравнению со вспашкой требуется в 1,5...2,0 раза меньше энергии и расхода топлива, улучшается качество обработки (за счет исключения образования неровностей, крупных комьев и глыб). Кроме того, машины и орудия для безотвальной обра-