

**К ОБОСНОВАНИЮ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОНСТРУКЦИИ  
ВЫСЕВАЮЩЕЙ ШТАНГИ ДЛЯ ГИДРОПОСЕВА  
МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ СЕМЯН**

**В.Н. Кондратьев**, доктор технических наук

РУП «Институт мелиорации»

**С.И. Оскирко**, кандидат технических наук

**Ю.А. Напорко**, старший преподаватель

Белорусский государственный аграрный технический университет  
г. Минск, Беларусь

**Аннотация**

В статье приведены результаты выбора и обоснования основных параметров конструкции штанги высева мелкозернистых семян рапса и других культур методом гидропосева.

**Ключевые слова:** методика, гидравлическая система высева, конструктивные параметры высевающей штанги, гидравлическая крупность семян рапса, дефлекторная насадка

**Abstract**

**V.N. Kondratyev, S.I. Oskirko, Ju.A. Naporko  
ADVANTAGEOUS CONSTRUCTION AND  
PARAMETERS OF SEEDING BAR FOR FINE-  
GRAINED HYDROSEEDING**

The article advises main parameters of seeding bar for fine-grained rape and other cultures by hydroseeding.

**Keywords:** procedure, the hydraulic system of seeding, the design parameters of the sowing bars, hydraulic size of rapeseed, deflector nozzle

**Введение**

При изучении технологии гидропосева мелкозернистых семян трав, разработанной в БелНИИиВХ и широко распространенной в мелиорации Республики Беларусь, на кафедре «Производственное обучения» УО БГАТУ впервые было принято решение разработать технологию высева ярового рапса с помощью гидропосева, с высевом мелкозернистых и трудновысеваемых обычными сеялками семян рапса полив, внесение удобрений в виде подкормки [1].

В этом случае, для обоснования возможности разработки такой технологии нами были изучены основные параметры гидросеялок, в основном, конструктивные параметры их гидросистем высева суспензий с семенами трав (таблицы 1, 2), которые позволили бы получить устойчивую подачу суспензии к высевающей штанге с дефлекторными насадками и высокую равномерность распределения семян рапса по засеваемому участку [2].

**Таблица 1 – Конструктивные параметры гидросистем высева зарубежных и отечественных гидросеялок**

ПОКАЗАТЕЛЬ	Марка гидросеялки (страна)				
	РТ-28М Польша	ДЭ-16 Россия	МК-14-1 Республика Беларусь	МК-14А-1 Республика Беларусь	ПО-2 Республика Беларусь
1	2	3	4	5	6
Базовая машина	жижеразбрасыватель	автомобиль ЗИЛ-130-66	прицепной каток к трактору ДТ-75Б	прицепной каток к трактору ДТ-75Б	КО-705а прицепная
Мощность двигателя, кВт	40,4	95,6	56	56	56

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6
Вместимость цистерны, м <sup>3</sup>	2,8	4,2	5	5	4
Способ перемешивания суспензии в цистерне	механико-гидравлический	механический	механический	механический	механический
Тип мешалки	лопастный пропеллер	лопастный пропеллер	лопастный пропеллер	лопастный пропеллер	лопастный пропеллер
Тип насоса гидравлической системы	червячный	центробежный	центробежный	центробежный	центробежный
Производительность насоса, м <sup>3</sup> /ч	39,9	43	43	59	57,6
Тип сопел к гидрометателю	шланг с насадками	набор круглых и плоских насадок	универсальная насадка	универсальная насадка	универсальная насадка
Максимальная дальность полета струи, м	–	38	38	до 40	до 40
Эксплуатационная производительность, га/ч	0,4-0,8	0,4	0,13	0,2	0,2-0,4

Таблица 2 – Конструктивные параметры гидросистем высева зарубежных гидросеялок

ПОКАЗАТЕЛЬ	Параметры гидравлических систем высева гидросеялок ведущих стран				
	США	Великобритания	Канада	Швейцария	ФРГ
Базовая машина	автомобиль	автомобиль-тягач	автомобиль	автомобиль	тележка прицепная к трактору
Вместимость суспензии плотностью до 1,25 г/см <sup>3</sup> в цистерну, м <sup>3</sup>	4,54	5,46	4,5	4,5	3,5
Способ перемешивания суспензии в цистерне	механический	механический	(двух цистерн) механический	механический	механический
Тип мешалки	лопастный пропеллер	лопастный пропеллер	лопастный пропеллер	лопастный пропеллер	лопастный пропеллер
Тип насоса	центробежный	центробежный	центробежный	центробежный	центробежный
Производительность насоса, м <sup>3</sup> /ч	45	45	45	45	78
Тип сопел к гидрометателю	набор насадок типа круглого сопла и рыбьего хвоста	набор насадок типа круглого сопла и рыбьего хвоста	выпускные трубы	набор насадок типа круглого сопла и рыбьего хвоста	набор насадок типа круглого сопла и рыбьего хвоста
Максимальная дальность полета струи, м	60,0	74,7	–	до 45	40,0
Эксплуатационная производительность, га/смена	3,24	2,5-3,5	2,3-3,5	2,5	1,0-1,5

**Обоснование выбора конструкции высевальной штанги для высева семян рапса**

Из анализа гидравлических систем высева (таблицы 1, 2) следует, что их модульная часть, включающая цистерну с механическими мешалками, центробежный насос с трубопроводами, подводящими суспензию к насосу и рабочим органом, могут быть использованы при разработке экспериментальной установки для изучения и обоснования параметров высевальной штанги с дефлекторными насадками высева семян рапса. С этой целью нами были выбраны модульные составляющие гидросистем высева гидросеялок «Finn Super», МК-14А-1, ПО-2 (таблица 3).

Гидросеялка «Finn Super» выпускается в Швейцарии по патенту США. Предназначена для защиты насыпей от горных склонов, от ветровой и водной эрозии. Она смонтирована на базе шасси грузового автомобиля и состоит из следующих основных узлов: цистерны 1, оборудованной лопастной мешалкой 2, дизельного двигателя 4, гидрометателя 8 и гидро-оборудования 5, 6, 7, 9. Встроенный дизельный двигатель 4 посредством вала 10 приводит во вращение центробежный насос 13, а через фрикционную муфту 10, клиноременную передачу 11, редуктор 3 – мешалку 2. Гидросеялка укомплектована трубопроводами 14, 15, трехходовым краном 16 и заборным рукавом 17 с фильтром 18 (рисунок 1) [2].

**Таблица 3 – Техническая характеристика гидросеялок – аналогов экспериментальной установки**

<b>ПОКАЗАТЕЛИ</b>	<b>МК-14А-1</b>	<b>ПО-2</b>	<b>«Finn Super»</b>
<b>Производительность при посеве, м<sup>2</sup>/ч</b>	1320-1350	2000-4000	3,24 га/смена
<b>Скорость движения, км/ч:</b> рабочая транспортная	до 5,0 до 11,0	3,6 до 25	– –
<b>Вместимость, м<sup>3</sup></b>	5,0	4,0	4,54
<b>Насос:</b> тип марка	центробежный ФГ 51/58-А	или типа СД	центробежный червячный
<b>Напор, развиваемый насосом, МПа</b>	0,6	0,6	0,6
<b>Расход суспензий насосом, м<sup>3</sup>/с</b>	0,016	0,016	–
<b>Дальность полета струи суспензии, м</b>	до 40	до 40	60
<b>Габаритные размеры, мм</b> длина ширина высота	4610 3060 2500	4500 2550 2600	– – –
<b>Дорожный просвет</b>	0	400	–
<b>Обслуживающий персонал:</b> тракторист оператор	1 1	1 1	водитель 1
<b>Высота набора воды из водоема, м</b>	5,0	5,0	1
<b>Привод рабочего оборудования</b>	механический	механический	автономный двигатель
<b>Общая масса гидросеялки, кг (без трактора)</b>	2700	1800	–

Надо отметить, что использование дизельных двигателей в гидросистемах зарубежных гидросеялок (таблица 2) для привода центробежных насосов и лопастных мешалок увеличивает эксплуатационные издержки в 1,25-1,5 раза. Кроме того, неполностью используется энергетический ресурс двигателя трактора или автомобиля в технологическом процессе гидропосева семян [2].

Поэтому авторами было принято решение при разработке экспериментальной установки с высевальной штангой использовать модульную часть гидравлической системы гидросеялки ПО-2, состоящую из цистерны с механической мешалкой, центробежного насоса типа ФГ или СД, подводящих и отводящих трубопроводов (рисунок 2 и таблица 3).

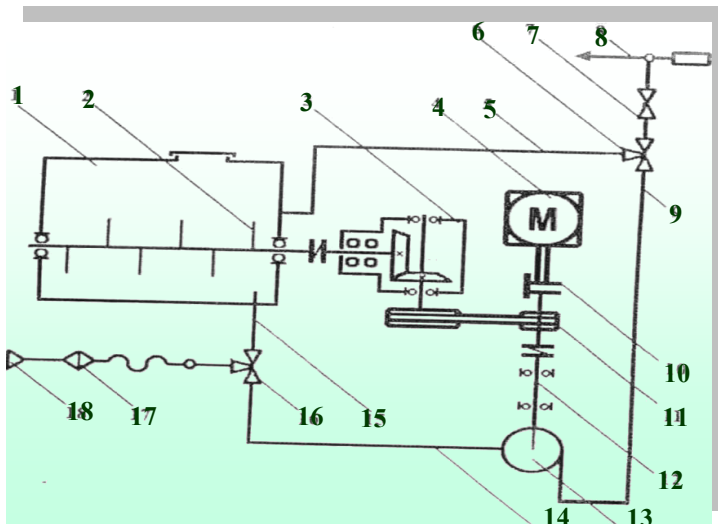


Рисунок 1 – Гидрокинематическая схема гидросеялки «Finn Super» [2]

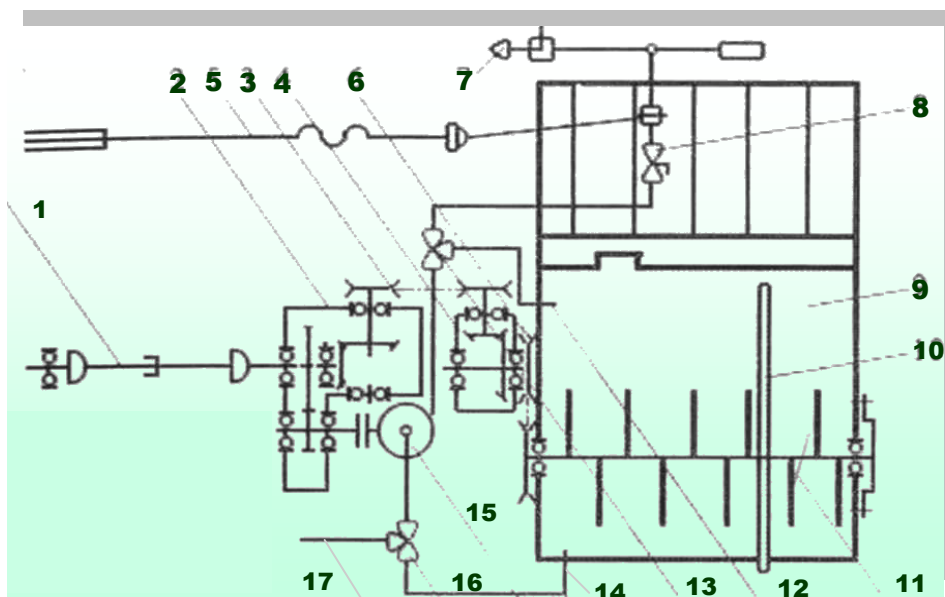


Рисунок 2 – Гидрокинематическая схема гидросеялки ПО-2 конструкции БелНИИМиЛ [2]

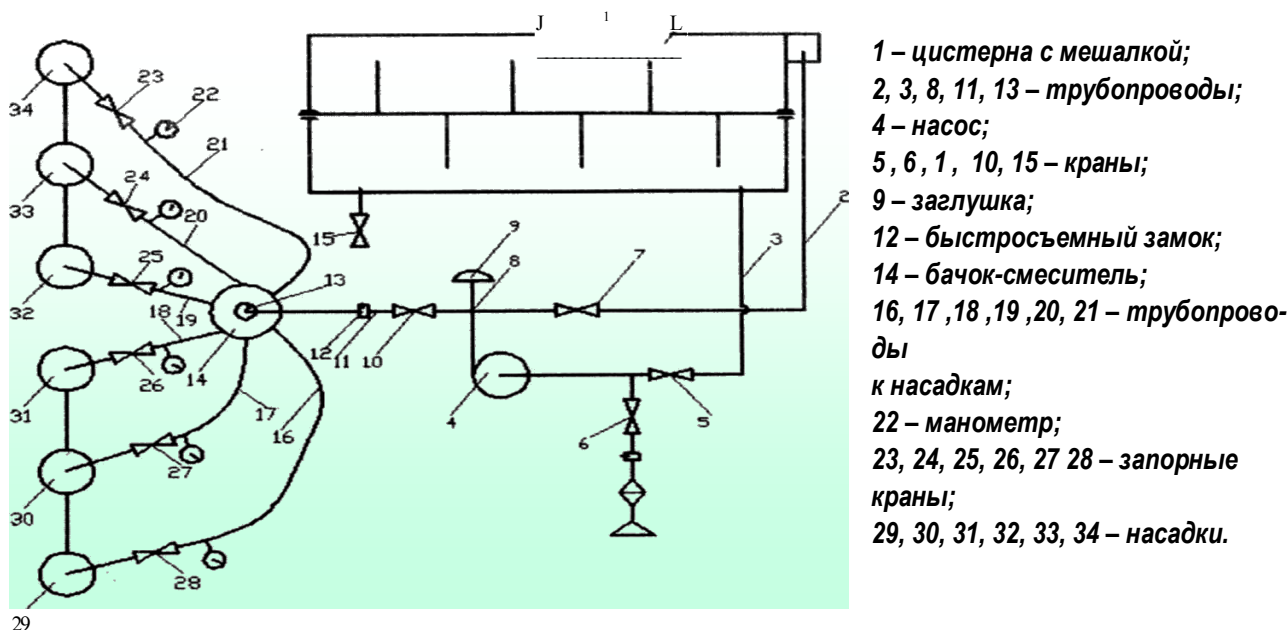
Гидросеялка ПО-2 прицепная, на колесном ходу и агрегируется тракторами класса 9-30 кН. Привод центробежного насоса 15 осуществляется от вала отбора мощности трактора через карданную передачу 1 и редуктор 2. Крутящий момент через карданную передачу 1, редуктор 2, цепную передачу 3, конический редуктор 4 и цепную передачу 6 передается на вал мешалки 11. Цистерна 9 гидросеялки заправляется жидкими компонентами (водой) и с помощью центробежного насоса 15 через трубопровод 12 при соответствующей установке трехходовых кранов 13 и 16. Твердые компоненты загружаются вручную.

При посеве суспензии из цистерны 9 через трубопровод 14 трехходовый кран 16 поступает в центробежный насос 15 и под давлением до 0,6 МПа подается через трехходовый кран 13 к вентилю 8

гидрометателя 7. Вентиль 8 открывается и суспензия при помощи гидрометателя равномерно наносится на откос и одновременно заделывается в почву бороной, прикрепленной к гидросеялке. Равномерность нанесения суспензии регулируется оператором гидросеялки [2].

Конструкция высевальной штанги разработана на кафедре производственного обучения УО БГАТУ.

Она включает модульную часть гидросистемы высева семян рапса, состоящую из трубопровода, подводящего суспензию к бачку-смесителю, бачка-смесителя, трубопроводов, подводящих суспензию к дефлекторным насадкам; дефлекторных насадок, смонтированных на штанге и распределяющих суспензию с семенами рапса по поверхности участка поля (рисунки 3, 4) [3].



- 1 – цистерна с мешалкой;
- 2, 3, 8, 11, 13 – трубопроводы;
- 4 – насос;
- 5, 6, 10, 15 – краны;
- 9 – заглушка;
- 12 – быстросъемный замок;
- 14 – бачок-смеситель;
- 16, 17, 18, 19, 20, 21 – трубопроводы к насадкам;
- 22 – манометр;
- 23, 24, 25, 26, 27, 28 – запорные краны;
- 29, 30, 31, 32, 33, 34 – насадки.

Рисунок 3 – Схема экспериментальной гидросеялки [3]

Бачок-смеситель установлен на центральной части рамы штанги и соединен трубопроводом с центробежным насосом для подвода суспензии снизу дна.

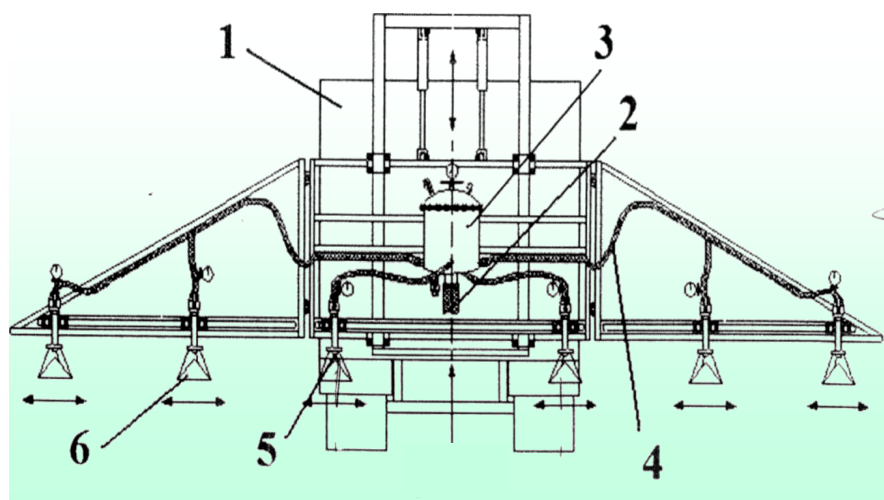
Кроме того, в днище встроены сливной кран. Верхняя крышка бачка-смесителя оснащена краном выпуска воздуха, манометром, предохранительным клапаном и сетчатым фильтром. При этом на цилиндрической части бачка-смесителя выполнены отводы, к которым через трубопроводы подсоединены дефлекторные насадки [3].

Дефлекторные насадки установлены на высевальной штанге с возможностью перемещения влево или вправо для осуществления необхо-

димых регулировок и настройки ее относительно поверхности засеваемого поля (рисунок 4) [3].

На втором этапе разработки конструкции высевальной штанги были определены теоретически основные параметры элементов модульной части ее гидросистемы: диаметр трубопроводов 13, 16, 17, 18, 19, 20, 21 (рисунок 3), а также параметры бачка-смесителя, критическая и рабочая скорость движения суспензии с семенами рапса в трубопроводах (рисунок 3,4).

Расчеты сделаны на основе изучения водно-физических свойств разных составов суспензий с семенами рапса, физико-механических свойств семян рапса и других мелкозернистых семян сельскохозяйственных культур.



- 1 - цистерна с мешалкой;
- 2 - трубопровод от насоса;
- 3 - бачок-смеситель;
- 4 - трубопроводы к насадкам;
- 5 - насадка;
- 6 - конус насадки.

Рисунок 4 – Высевальная штанга с бачком-смесителем

Теоретически и экспериментально установлено, что водно-физические свойства суспензий, физико-механические свойства семян, входящих в суспензию, являются основными факторами, определяющими технико-экономическую эффективность технологического процесса и активно влияющий на технологические, конструктивные параметры гидравлической системы высева и высевающего органа; на устойчивую подачу суспензии к насадкам и равномерность распределения суспензии семян на засеваемой площади [4, 5, 6, 7, 8].

К основным водно-механическим свойствам суспензий относят плотность, массу и флотационные свойства частиц минеральных удобрений, семян многолетних трав и мелкозернистых семян сельскохозяйственных культур. Флотационные свойства частиц являются скоростной характеристикой расслоения суспензий, которые отрицательно влияют на энергетические показатели перемешивания в цистернах, а также на показатели движения суспензий в трубопроводах гидросеялок и последующую равномерность рассеивания по засеваемым площадям. При этом скоростную характеристику расслоения суспензии с плотностью до  $1,24 \text{ г/см}^3$  принято оценивать гидравлической крупностью семян, определяемой скоростью падения отдельных компонентов травосмеси в спокойной воде, которая изменяется в широком пределе равном  $0,0313-0,1356 \text{ м/с}$  [5, 8].

Многолетний опыт применения гидропосева в Республике Беларусь подтверждает, что устойчивую подачу мелкозернистых трудновысеваемых семян к насадке гидрометателя или насадкам высевающей штанги обеспечивают движением суспензии в трубопроводах гидросеялки со скоростью выше критической, которую определяют после изучения гидравлической крупности высеваемых семян и плотности состава суспензии.

При этом, учитывая, что недостаточно изучен метод гидропосева семян масличных культур с нормой высева до  $10 \text{ кг/га}$ , нами принята модель – аналог нашему составу суспензии (вода + семена рапса + минеральные удобрения), характеризующая влияние плотности суспензии на критическую скорость движения в трубопроводах разных диаметров гидравлической систем гидросеялок и диаметров трубопроводов от расхода суспензии.

В гидросеялках вода является основной составляющей суспензии, которая транспортирует се-

мена к высевающим насадкам. Семена загружаются в цистерну гидросеялки, которая заполнена водой, поэтому для обоснования параметров гидросеялки необходимо исследовать поведение семян рапса в водной среде, [3, 4, 5, 6, 7].

Под гидравлической крупностью понимается поведение семян в водной среде. Основным свойством семян, влияющим на гидравлическую крупность, является их плотность, форма, размер [8].

Известно, что семена в спокойной жидкости могут тонуть, всплывать, находиться в погруженном состоянии (плавают) при соотношении подъемной силы  $N$  и массы семя  $M$ .

- семена тонут ( $N < M$ );
- семена в погруженном состоянии (плавают) ( $N = M$ );
- семена всплывают ( $N > M$ ) [7, 9, 10].

В наших исследованиях будем принимать во внимание только гидравлические свойства семян, так как они являются основой в исследованиях качественного высева семян на поверхность поля.

Гидравлическую крупность определяли согласно стандартной методике для семян рапса [8]. Для каждой группы семян было выполнено число повторных опытов, которые обеспечивают достоверность получения результатов. Для более точного результата опытов нами было отобрано 40 штук семян рапса каждой фракции (80 семян).

Лабораторная установка (рисунок 5) состоит из стеклянного сосуда (трубы) диаметром 38 мм, на сосуд нанесена шкала от 0 до 100 см.



**Рисунок 5 –  
Лабораторная  
установка для  
исследования  
гидравлической  
крупности семян  
рапса**

Исследования проводились следующим образом. В сосуд была налита вода до отметки 100 см, на поверхность воды укладывали семена рапса и секундомером замеряли время, за которое оно пройдет расстояние от 100 до 0 см, т.е. потонет. Для разделения семян по фракциям использовали мерные сита, для замера времени – секундомер. Расчет доверительных интервалов для математического ожидания полученных значений гидравлической крупности семян рапса проводили по следующей методике [8]. Для каждой серии опытов по фракциям было проведено 40 опытов. На начальном этапе обработки определяли оценки для математических ожиданий дисперсии [11]:

$$m = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (1)$$

$$D = \left( \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n} - m^2 \right) \frac{n}{n-1}, \quad (2)$$

где  $x_i$  – случайная величина;  
 $n$  - количество повторностей.

Среднее квадратическое отклонение для оценки  $m$  определяли по формуле:

$$\sigma_m = \sqrt{\frac{D}{n}}, \quad (3)$$

Оценку доверительного интервала определяли следующим образом:

$$I_\beta = m - \varepsilon_\beta; m + \varepsilon_\beta, \quad (4)$$

где  $\beta$  – доверительная вероятность;  
 $\varepsilon_\beta$  – отклонение значения случайной величины относительно математического ожидания в доверительном интервале для получения требуемой доверительной вероятности:

$$\varepsilon_\beta = t_\beta \cdot \sigma_m, \quad (5)$$

где  $t_\beta$  – число средних квадратических отклонений, которое необходимо отложить вправо и влево от центра рассеивания, чтобы вероятность попадания случайной величины в полученный участок была равна доверительной вероятности  $\beta$  [12].

Среднее значение гидравлической крупности семян рапса и доверительный интервал для математического ожидания по фракциям приведены в таблице 4.

Графическая зависимость на рисунке 6 показывает, что гидравлическая крупность разных фракций семян рапса пропорциональна размерам семян в них.

Таблица 4– Гидравлическая крупность семян рапса

ФРАКЦИИ СЕМЯН	Гидравлическая крупность, м/с	
	Среднее значение	Доверительный интервал
Крупные ( $D > 1,6$ мм)	0,0512	$\pm 0,1231$
Мелкие ( $D < 1,6$ мм)	0,0413	$\pm 0,0277$

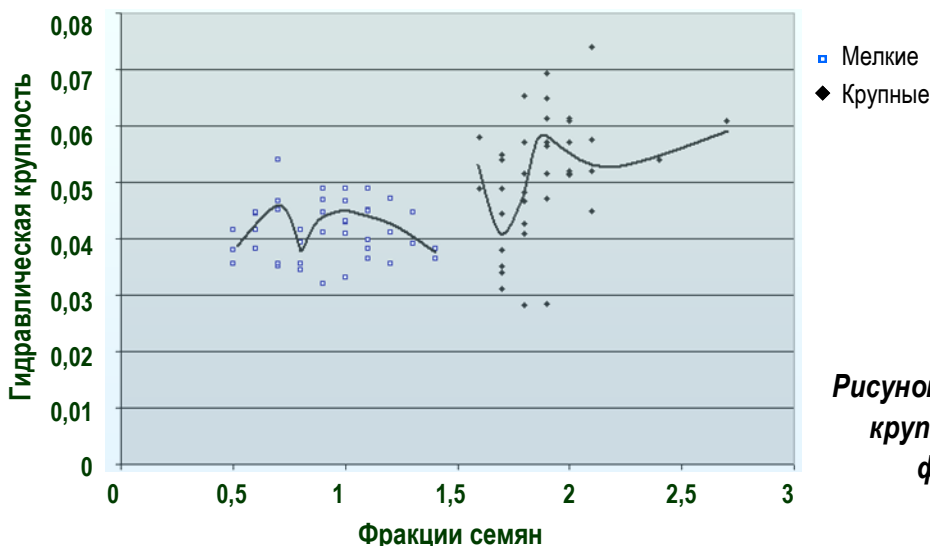


Рисунок 6 – Гидравлическая крупность различных фракций семян

**Таблица 5 – Результаты расчета силы естественного выталкивания семян рапса из воды**

Фракция семян	Средний радиус семян ( $R_c$ ), м	Объем семян ( $V_c$ ), м <sup>3</sup>	Сила выталкивания семян из воды ( $N$ ), Н
Крупные ( $D > 1,6$ мм)	0,00094	$3,48 \cdot 10^{-9}$	$3,48 \cdot 10^{-5}$
Мелкие ( $D < 1,6$ мм)	0,00056	$0,735 \cdot 10^{-10}$	$7,4 \cdot 10^{-6}$

**Таблица 6 – Значения коэффициента гидравлической крупности семян рапса**

Фракция семян	Масса семян ( $M$ ), кг	Сила тяжести семян ( $F_t$ ), Н	$k_{sr}$
Крупные ( $D > 1,6$ мм)	0,000005	0,00004905	1,4
Мелкие ( $D < 1,6$ мм)	0,000003	0,00002943	4

Полученные данные позволяют сделать вывод, что семена фракций рапса находятся на дне резервуара, т.е. не обладают плавучестью с точки зрения гидравлических характеристик. Влияние оказывают размеры семян и их плотность.

Расчеты, проведенные по результатам гидравлической крупности семян рапса, позволили определить численные значения силы естественного выталкивания ( $N$ ).

По результатам математической обработки исследований гидравлической крупности были получены значения силы воздействия водного потока ( $N$ ) на семена рапса разных фракций. Равнодействующая сил тяжести семян ( $F_t$ ) и естественного выталкивания из воды ( $N$ ) позволяет определить значения коэффициента гидравлической крупности ( $k_{sr}$ ) для каждой фракции таблица 6.

Анализ полученных данных (таблицы 5, 6) показал, что для различных фракций семян рапса коэффициент гидравлической крупности ( $k_{sr}$ ), т.е. отношение силы тяжести ( $F_t$ ) к силе естественного выталкивания затопленного семя из воды ( $N$ ), принимает следующие значения: крупные ( $k_{sr}=1,4$ ); мелкие ( $k_{sr}=4$ ). Учитывая, что плотность семян разных фракций постоянна, принимаем среднее значение коэффициента гидравлической крупности семян рапса  $k_{sr}$  равным 2,7. Анализируя наши исследова-

ния по гидравлической крупности, можно сделать вывод, что семена в воде тонут ( $N < M$ ), а гидравлическая крупность зависит от размеров (от формы) семян, плотности материала. Поэтому сила естественного выталкивания затопленного семя рапса из воды ( $N$ ) должна быть в 2,7 раза больше его силы тяжести ( $F_t$ ).

Коэффициент гидравлической крупности может быть использован как показатель дополнительного перемешивания суспензии с семенами рапса в бачке-смесителе (рисунки 3, 4) [3].

Необходимость применения бачка-смесителя в модульной части гидросистемы высевальной штанги подтверждается также показателями гидравлической крупности мелкозернистых семян, многих изученных сельскохозяйственных культур (таблица 7).

Надо отметить, что гидравлическая крупность частиц отражает и характер движения суспензии в трубопроводах коммуникаций гидросеялки. Для того чтобы суспензия подавалась стабильно к распределительным устройствам, необходимо обеспечить скорость транспортирования ее  $v_{pc}$  выше критической  $v_{кр}$  [3].

Следовательно, при  $v_{pc} < v_{кр}$  трубопроводы гидросеялки будут забиваться, нарушая непрерывность технологического процесса.

**Таблица 7 – Гидравлическая крупность семян мелкозернистых сельскохозяйственных культур [8]**

СЕМЕНА КУЛЬТУР	Гидравлическая крупность, м/с	
	Среднее значение	Доверительный интервал
Тимофеевка $V_{кр}^m$	0,0313	$7,1 \cdot 10^{-3}$
Клевер луговой $V_{кр}^к$	0,0409	$1,2 \cdot 10^{-3}$
Люцерна $V_{кр}^л$	0,0495	$1,4 \cdot 10^{-3}$



**Определение критической скорости передвижения семян рапса в трубопроводах гидросистемы высевальной штанги**

Из литературных источников известен ряд формул, по которым определяют критическую скорость ( $V_{кр}$ ) движения частиц грунта по напорным трубопроводам [8].

Наибольший интерес для предварительного определения критической скорости ( $V_{кр}$ ) передвижения семян рапса в трубопроводе представляет формула Г.Н. Роера [3, 5, 8]:

$$V_{кр} = 8,72 \cdot D^{0,473} \cdot [(\gamma_n - \gamma_0) \cdot W]^{0,326} \cdot \frac{\gamma_m^{0,0814}}{\Delta^{0,17}}, \quad (6)$$

где  $D$  – диаметр трубопровода, м;

$\gamma_n$  – плотность пульпы (суспензии), т/м<sup>3</sup>;

$\gamma_0$  – плотность воды;

$\gamma_m$  – плотность частиц, например, семян рапса, частиц минеральных удобрений;

$W$  – гидравлическая скорость падения частиц в спокойной воде (например, семян рапса), м/с (таблица 4);

$\Delta$  – активная шероховатость у дна трубопровода, м;

$$\Delta = d_{95}^{0,6} + 0,5 \cdot \left( \frac{\gamma_n}{1,075} \right)^{5,88}, \quad (7)$$

где  $d_{95}$  – диаметр частиц, мм, меньше которых содержится по массе 95%.

Из формулы (6) следует, что на критическую скорость транспортирования частиц большое влияние оказывают плотность суспензии, гидравлическая крупность компонентов и диаметр трубопроводов коммуникаций гидросеялки.

Плотность суспензии конкретной группы сложности определим по формуле:

$$\gamma_{p.c.} = \frac{100 + \frac{II}{I}}{100 + \frac{II}{\gamma_k}}, \text{ т/м}^3, \quad (8)$$

где  $II$  – содержание компонентов в суспензии, вычисленное в % от массы воды;

$$\gamma_k = \frac{1}{m_r} \cdot \left( \sum_{i=1}^{n_1} \gamma_{mj} + \sum_{i=1}^{n_2} \gamma_{yi} \right), \quad (9)$$

где  $\gamma_k$  – плотность компонентов в плотной массе без пор, т/м<sup>3</sup>;  $m_r$  – количество компонентов, составляющих суспензию;  $\gamma_{mi}$ ,  $\gamma_{yi}$  – плотность частиц семян рапса, удобрений, т/м<sup>3</sup>.

Рассмотрим менее сложную суспензию, состоящую из воды, семян рапса или других семян сельскохозяйственных культур и минеральных удобрений.

Теоретические исследования показывают, что плотность суспензии зависит от степени насыщения ее частицами твердых компонентов, т.е. от массовой консистенции, определяемой по формуле:

$$M_\epsilon = \frac{\gamma_{p.c.} - \gamma_0}{\gamma_k - \gamma_0} \cdot \frac{\gamma_k}{\gamma_{p.c.}} \quad (10)$$

Для суспензии среднюю плотность компонентов в плотной массе без пор определим из выражения:

$$\gamma_k = \frac{1}{m_r} \cdot \left( \sum_{i=1}^{n_1} \gamma_{mj} + \sum_{i=1}^{n_2} \gamma_{yi} \right), \quad (11)$$

При этом изменение консистенции суспензии, составленной по рекомендуемым нормам внесения компонентов, активно влияет на изменение технико-экономических показателей технологического цикла. Следовательно, в производственных условиях необходимо стремиться к использованию суспензий с консистенцией, ограниченной технической возможностью гидросеялок.

Используя полученные формулы, критическую скорость транспортирования суспензии по трубопроводам к распределительным органам, целесообразно определять с учетом наибольшей крупности частиц транспортируемых компонентов. Такими компонентами в суспензии являются семена, например, рапса, крупность которых превышает крупность частиц минеральных удобрений в воде.

С целью определения степени влияния гидравлической крупности мелкозернистых семян сельскохозяйственных культур (люцерны, клевера лугового, тимофеевки и др.) на критическую скорость транспортирования суспензии плотностью 1,1 т/м<sup>3</sup> и зависимости диаметра трубопровода от расхода суспензии были произведены теоретические и экспериментальные исследования [8].

Благодаря экспериментальным и литературным данным о свойствах семян удалось получить приближенные формулы расчета критических скоростей транспортирования суспензии. При использовании формулы (5) получены зависимости, описывающие критические скорости транспортирования семян

соответственно для клевера красного, люцерны, тимофеевки:

$$v_{кр}^к = 2,074 \cdot D^{0,473} \quad (12)$$

$$v_{кр}^л = 2,025 \cdot D^{0,473} \quad (13)$$

$$v_{кр}^м = 2,266 \cdot D^{0,473} \quad (14)$$

Из приведенных данных видно, что семена отдельных культур требует разных критических скоростей транспортирования семян в трубопроводах гидросеялки. Следовательно, критическую скорость транспортирования семян следует выбирать по одной из имеющих наибольшую критическую скорость при наибольшей плотности суспензии – 1,1-1,17 г/см<sup>3</sup>. Тогда диаметр трубопровода 13 (рисунок 3), подводящего суспензию от центробежного насоса к бачку-смесителю, определим из выражения (15):

$$\frac{4Q}{\pi \cdot D^2} \geq V_{кр}, m.e. \cdot \frac{4Q}{\pi \cdot D^2} \geq 2,266 \cdot D^{0,473}, \quad (15)$$

где Q – расход суспензии, пропускаемой по трубопроводу, м<sup>3</sup>/с.

После несложных преобразований имеем следующее неравенство, характеризующие зависимость диаметра трубопроводов от расхода суспензии плотностью 1,1 т/м<sup>3</sup>.

$$D \leq \left( \frac{Q}{1,779} \right)^{\frac{1}{1,527}} \quad (16)$$

При дальнейших исследованиях формулу (16) необходимо уточнять посредством поправочных коэффициентов.

Формула (16) показывает, что для суспензий, насыщенных семенами мелкозернистых сельхозкультур, необходимо подбирать диаметр трубопровода, обеспечивающий широкий диапазон рекомендуемых расходов (Q) и критических скоростей ( $V_{кр}$ ), гарантирующих надежный непрерывный процесс подачи суспензии к бачку-смесителю.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований обоснования основных конструктивных параметров высевающей штанги высева семян рапса будут приведены в следующих номерах журнала.

### Выводы

1. Установлено, что водно-физические свойства суспензий, физико-механические свойства семян, входящих в суспензию, являются основными факторами, определяющими технико-экономическую эффективность технологического процесса гидропосева семян рапса и активно влияющими на технологические, конструктивные параметры гидравлической системы высева высевающей штанги; устойчивую подачу суспензии к насадками и в целом на равномерность распределения семян на засеваемой площади.

2. Авторами разработана экспериментальная установка с высевающей штангой для высева мелкозернистых семян рапса и других сельскохозяйственных культур методом гидропосева.

3. Высевающую штангу возможно использовать в конструкции АУГ-3 (РУП «Институт мелиорации») как сменный рабочий орган.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стефановский, В.В. Интенсивная технология производства рапса / В.В. Стефановский, Г.С. Майстренко. – М. Росагропроиздат, 1990. –188 с.
2. Разработать агрегат для ухода за агротехническими сооружениями: отчет о НИР (заключ.)/ РУП «Институт мелиорации» НАН Беларуси; рук. В.Н.Кондратьев. – Минск, 2009.– 91 с. – №ГР20067119.
3. Гидросеялка: пат. 17287 Респ. Беларусь: МПК АО 1С 7/04 / В.Н. Кондратьев, Ю.А. Напорко, С.И. Осирко; дата опубл. 27.03.13.
4. Энергосберегающие технологии гидропосева мелкозернистых семян сельскохозяйственных культур / В.Н. Кондратьев, С.И. Осирко, Н.П. Гурнович, Ю.А. Напорко // Агропанорама. – №1.– С. 14-18.
5. Кондратьев, В.Н. Энергосберегающая технология гидропосева мелкозернистых сельскохозяйственных культур / В.Н. Кондратьев, С.И. Осирко, Ю.А. Напорко // Мелиорация. – 2011. – №1(65). – С. 84-92.
6. Гидропосев трав при использовании агрегата для ухода за гидротехническими сооружениями: рекомендации / В.Н. Кондратьев [и др.]. – Минск. – 27 с.
7. Агрегат для ремонта откосов каналов: пат. 6591 Респ. Беларусь: МГГК(2009) АО 1С 7/08, А01В 49/00 / В.Н. Кондратьев, Н.Г. Райкевич, Н.Н. Прокопович; дата опубл. 30.10.10.

8. Кондратьев, В.Н. Теоретическое исследование флотационных свойств семян трав и передвижения их в трубопроводах / В.Н. Кондратьев // Мелиорация переувлажненных земель.– 2005. – № 1(53). – С.64-70.
9. Вишнякова, М. Крупность семян. Ее значение /М. Вишнякова // Земледелие. – 1969.– С.37-38.
10. Примеры расчетов по гидравлике: учеб. пособие /А.Д. Альтшуль [и др.] – М.: Стройиздат, 1976.– 256 с.
11. Ашмарин, И.П. Быстрые методы статической обработки и планирование экспериментом / И.П. Ашмарин, Н.Н. Васильев, В.А. Амбросов. – Л.: ЛГУ, 1974. – 78 с.
12. Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель. – М: Наука, 1969. – 576 с.