

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ СЕМЯН РАПСА В КАМЕРЕ СМЕШИВАНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНОГО ДРАЖИРАТОРА

Д. А. МИХЕЕВ, А. А. СЫСОЕВ

1023 6

15.04.2024)

### **Ключевые слова:**

*Currently, the cultivation of an agricultural crop such as rapeseed is gaining increasing interest. This is due to the fact that this crop has high agricultural potential. The cost of rapeseed seeds is annually at a high level, which encourages producers to improve the technology of cultivating this crop to obtain a larger yield. To obtain a high yield, it is necessary to use seeds with high sowing potential. Pre-sowing treatment of rapeseed seeds significantly affects the resulting yield. A modern method of pre-sowing treatment of rapeseed is pelleting. Pelleting allows you to get a versatile positive effect. This is protection from diseases and pests, as well as initial feeding of the plant with necessary micro- and macro-elements. In developed countries, pelleting is a mandatory step in the preparation of rapeseed. In the Republic of Belarus, during the production of seed material, only seed treatment is carried out. To obtain pelleted seeds, it is necessary to use specialized equipment called pelleters.*

*cademy of the Order of the October Revolution and the Red Banner  
dition,*

*scientific work is underway to select chemical compositions for creating pelleted seeds.*

*The article presents scientific research into assessing the movement of rapeseed seeds in the mixing chamber of a coating machine. The data obtained will make it possible to optimize the mixing chamber of the pelleting machine and the moving bottom, as well as to determine its operating modes when pelleting rapeseed. In the future, this will make it possible to create a more advanced and cheaper seed coating machine, which will be put into mass production with subsequent sale to the country's farms.*

**Key words:** *rapeseed, seed coater, mixing chamber, movable bottom, seed movement.*

### **Введение**

Основой для получения высокого урожая хорошего качества является использование для посева качественных семян. Качество семян складывается из их генетических особенностей и подготовки к посеву. Подготовка к посеву в свою очередь включает в себя целый комплекс процедур, таких как очистка, сортировка, скарификация, протравливание, инкрустация, дражирование, барботирование и др. Для каждой культуры перечень необходимых процедур выбирается индивидуально с учетом технологии выращивания, особенностей семян, погодных условий и других условий.

Для получения высокого урожая хорошего качества необходимо использовать современные, высокоэффективные способы предпосевной обработки семян. Одним из таких способов для семян рапса является способ создания искусственной оболочки на поверхности семян – дражирование.

Технология создания искусственных оболочек на поверхности семян (инкрустирование и дражирование) имеет большой потенциал в повышении урожайности многих сельскохозяйственных культур. Недостаток микро- и макроэлементов в почве компенсируется искусственным их нанесением на

поверхность семян. Наиболее актуальна такая обработка для семян, имеющих небольшую норму высева, таких как рапс, свекла, кукуруза и др. Учитывая то, рапс является основной масличной культурой Республики Беларусь и площади под посевы рапса составляют более 300 000 га можно говорить о том, что возделывание рапса в нашей стране имеет стратегическое значение. А повышение качества отечественных семян, и как следствие урожайности, является приоритетным направлением для сельского хозяйства Республики Беларусь [1].

Отечественные сельхозпроизводители используют для посева рапса как импортные семена гибридов, так и отечественные сорта, причем доля отечественных семян в возделывании рапса составляет около 70 %. Однако стоит отметить, что стоимость импортных гибридов семян рапса значительно выше стоимости семян отечественных сортов. Также нужно отметить, что импортные семена зачастую дают больший урожай, чем отечественные, но это не всегда связано с лучшей генетикой этих семян. Импортные семена поставляются к нам в страну в дражированном виде. Западные производители подбирают оптимальный состав оболочки семян, который повышает урожайность и увеличивает их жизнеспособность [2].

Семена отечественных производителей используются в хозяйствах нашей страны в необработанном виде, или только протравленные. Инкрустация и дражирование семян рапса в промышленных объемах в нашей стране не производится. Это связано с отсутствием оборудования для создания искусственных оболочек на поверхности семян, недостаточными исследованиями химического состава питательной оболочки и отсутствием четких рекомендаций по процедуре дражирования или инкрустации.

Учитывая вышесказанное можно сделать вывод о том, что создание собственных дражированных семян рапса позволит увеличить урожайность этой культуры без значительных затрат, а также это будет способствовать замещению импортных семян на отечественном рынке. Разработка рекомендаций по дражированию семян рапса приведет к снижению их стоимости и откроет новые возможности по экспорту улучшенных семян.

В УО БГСХА был разработан экспериментальный дражирователь семян позволяющий применять способ постепенного наслаивания оболочки и создавать дражированные семена различных сельскохозяйственных культур. На экспериментальном дражирователе были получены дражированные семена сахарной свеклы, рапса и др. культур [3, 4, 5]. Наибольший интерес на сегодняшний день в условиях Республики Беларусь проявляется к дражированию отечественных семян рапса. Эта культура является стратегической для сельского хозяйства нашей страны, кроме этого, в хозяйствах страны в основном используются отечественные семена в необработанном виде, или только протравленные. Посевной потенциал таких семян можно значительно увеличить за счет дражирования и получить весомую прибавку к урожаю [6].

Для получения качественных дражированных семян в дражирователе необходимо определить оптимальные конструктивно-технологические параметры и режимы его работы. Кроме этого, в процессе эксплуатации оборудования необходимо проводить эргономические изменения и его оптимизацию.

В ходе теоретических исследований [7, 8] были установлены законы движения семенного материала по коническому дну камеры смешивания и по цилиндрическому корпусу. Эти закономерности позволили моделировать процесс движения по этим элементам. Однако для подтверждения теоретических исследований необходимо провести экспериментальные исследования с учетом особенностей семян различных культур.

Целью настоящей работы является изучение процесса движения семян рапса в камере смешивания центробежного дражирователя на разных режимах работы, для определения рабочих поверхностей днища и цилиндрической поверхности камеры смешивания. Данные исследования позволят определить оптимальные размеры камеры смешивания дражирователя и режимы его работы при получении дражированных семян рапса.

#### **Основная часть**

Нами предлагается экспериментальный метод определения параметров рабочих элементов камеры смешивания дражирователя при дражировании семян рапса. В качестве объекта исследования были выбраны семена рапса без обработки и дражированные семена рапса, полученные непосредственно в процессе формирования оболочки.

Эксперименты по исследованию процесса движения семян внутри камеры смешивания проводили на экспериментальном дражирователе, разработанном в УО БГСХА [9]. Конструктивные параметры камеры смешивания данного дражирователя следующие: диаметр камеры смешивания  $D = 0,515$  м (радиус  $R = 0,2575$  м), угол наклона образующей конуса подвижного днища  $\theta = 50^\circ$ , диаметр меньшего

основания днища  $d = 0,335$  м (радиус  $r = 0,1675$  м.), высота днища  $h = 0,073$  м, материал камеры смешивания нержавеющая сталь марки 14X17Н2.

Объем подвижного днища определяли по зависимости:

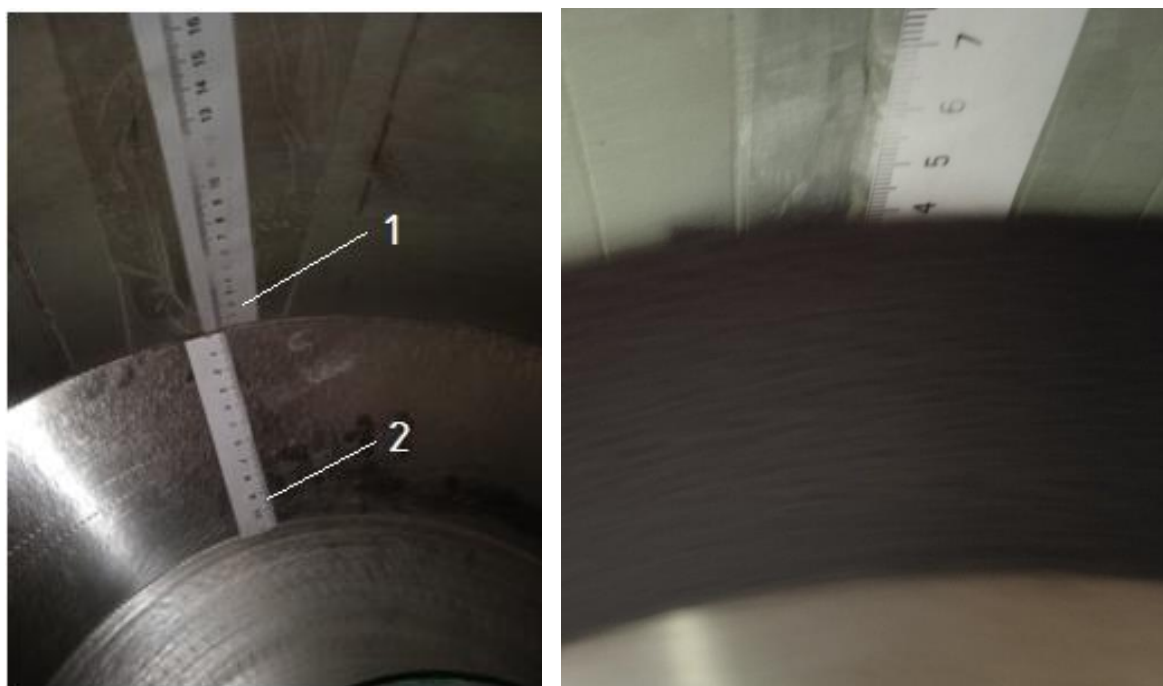
$$V_{\text{днища}} = \frac{1}{3}\pi h(R^2 + rR + r^2). \quad (1)$$

Подставляя значения получили:

$$V_{\text{днища}} = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 0,073(0,2575^2 + 0,1675 \cdot 0,2575 + 0,1675^2) = 0,01 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Учитывая предельный объем днища дражироватора, максимальное количество загружаемых в камеру смешивания семян составило  $0,01 \text{ м}^3$ . При проведении исследований шаг варьирования загружаемой порции семян был выбран  $0,001 \text{ м}^3$ .

Для изучения процесса движения семян и семенного драже внутри камеры смешивания на ее внутренней стенке и наклонной части подвижного днища были закреплены измерительные шкалы. Точкой отсчёта была выбрана линия соприкосновения подвижного днища и неподвижной стенки камеры смешивания, а измерение показателей выполнялось в противоположные стороны (рис. 1 а).



а) б)  
Рис. 1. а) Общий вид шкал, б) Движение семян внутри камеры смешивания:  
1 – Шкала высоты подъёма на стенке камеры смешивания; 2 – Шкала длины образующей конуса подвижного днища

В процессе исследований в рабочую камеру дражироватора постепенно загружались порции семян рапса объёмом от  $0,001$  до  $0,01 \text{ м}^3$ . Далее подвижное днище камеры смешивания приводилось во вращательное движение с фиксированными значениями угловой скорости. Было установлено, что в результате движения семена взаимодействуя с подвижным днищем, перераспределяются к периферии подвижного днища, поднимаются по конической части днища и увлекаются во вращательное движение вдоль стенки камеры смешивания.

Измерение высоты подъёма семян по внутренней стенке камеры смешивания и определение рабочей длины образующей конуса подвижного днища проводили во время установившегося движения потока семян (рис. 2 а) по шкалам, закреплённым на стенке камеры смешивания и днище.

Для измерения применялась следующая методика. Во время установившегося движения потока семян, маркером отмечалась нижняя граница потока (рис. 2 а), далее семена выгружались из камеры смешивания, подвижное днище останавливалось, и по следу маркера на шкале 2 (рис. 2 б) отсчитывалась длина, занимаемая семенами в процессе движения.

По аналогичной методике проводились исследования движения дражированных семян в камере смешивания. Все измерения проводились в трёхкратной повторности, усреднённые результаты представлены в табл. 1 и 2.



а)

б)

Рис. 2. Измерение рабочей длины образующей конуса подвижного днища

Таблица 1. Результаты измерений высоты подъёма семян по стенке и днищу камеры смешивания (мм)

Объём	0,001 м <sup>3</sup>		0,002 м <sup>3</sup>		0,003 м <sup>3</sup>		0,004 м <sup>3</sup>		0,005 м <sup>3</sup>		0,006 м <sup>3</sup>		0,007 м <sup>3</sup>		0,008 м <sup>3</sup>		0,009 м <sup>3</sup>		0,01 м <sup>3</sup>		
	стенка	днище	стенка	днище	стенка	днище	стенка	днище	стенка	днище	стенка	днище	стенка	днище	стенка	днище	стенка	днище	стенка	днище	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	31	38	48	67	63	84	67	102	75	110	83	113	90	113	95	114	101	115+*	113	115+	
15	36	28	53	45	69	59	71	72	79	82	90	89	98	97	104	103	110	109	115	113	
20	38	27	54	42	71	53	76	64	85	71	94	79	102	86	108	93	114	99	119	103	
25	38	27	56	41	71	52	78	59	86	67	96	73	104	80	111	86	117	92	122	97	
30	38	26	57	40	72	48	79	55	88	62	98	70	106	76	112	83	118	90	123	95	
35	38	26	58	39	72	47	81	54	90	60	100	66	108	73	114	80	120	87	125	94	
40	39	26	59	39	72	47	82	53	92	59	102	64	109	71	115	78	121	85	126	92	
45	39	25	60	38	72	47	84	53	93	58	102	63	110	68	116	75	122	84	128	90	
50	41	24	61	37	73	45	86	50	95	56	104	62	111	67	118	73	124	82	130	90	

Таблица 2. Результаты измерений при движении семенного драже (мм)

Объём	0,001 м <sup>3</sup>		0,002 м <sup>3</sup>		0,003 м <sup>3</sup>		0,004 м <sup>3</sup>		0,005 м <sup>3</sup>		0,006 м <sup>3</sup>		0,007 м <sup>3</sup>		0,008 м <sup>3</sup>		0,009 м <sup>3</sup>		0,01 м <sup>3</sup>		
	стенка	днище	стенка	днище	стенка	днище	стенка	днище	стенка	днище	стенка	днище	стенка	днище	стенка	днище	стенка	днище	стенка	днище	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	29	38	39	63	48	99	55	113	62	115	67	115+*	70	115+	77	115+	80	115+	85	115+	
15	33	33	46	43	59	53	70	58	81	69	81	77	88	79	95	94	100	100	105	104	
20	35	29	50	38	62	51	72	58	88	58	88	69	94	77	100	91	107	93	113	99	
25	36	27	52	38	64	48	74	58	89	55	90	65	98	74	105	85	111	92	117	96	
30	36	27	54	38	64	48	74	53	91	51	93	58	100	67	110	83	114	86	119	94	
35	38	25	55	36	66	48	74	53	93	48	94	57	105	65	112	79	117	84	123	91	
40	38	25	56	36	67	46	75	48	95	46	99	56	108	63	114	77	118	83	125	90	
45	39	24	56	37	69	45	75	48	96	44	100	53	108	63	114	77	121	87	125	89	
50	40	23	58	38	69	45	75	48	98	43	101	50	110	62	116	74	121	83	127	84	

\* знак «+» означает что часть семян находятся на горизонтальной части днища

Представив полученные результаты, в графическом виде получим рис. 3, 4.

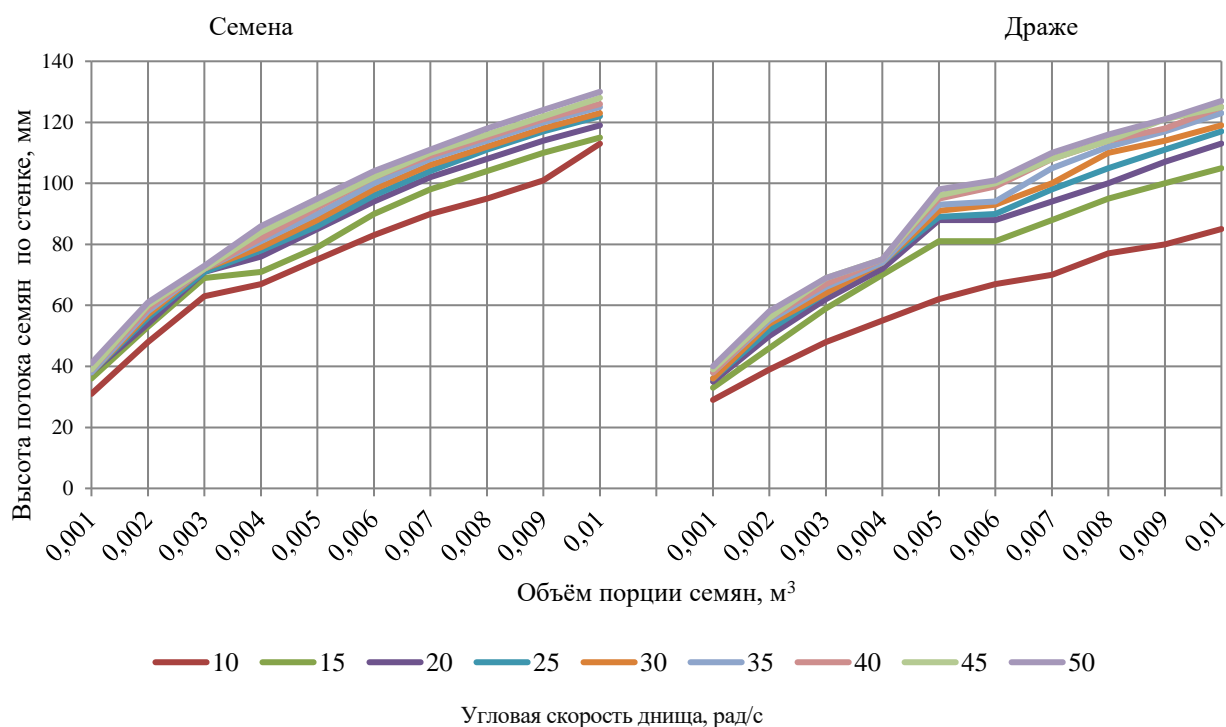


Рис. 3. График зависимости высоты подъёма семян по стенке камеры смешивания от загрузки и угловой скорости днища

Анализируя графики зависимости высоты подъёма семян и драже, можно сделать следующий вывод: нестабильность поведения потока семян при движении наблюдается при малой угловой скорости днища (10 и 15 рад/с), на других частотах поток стабилен и не зависит от загруженной порции семян. При рассмотрении движения потока дражированных семян на всех частотах вращения днища наблюдается постепенное увеличение высоты подъёма семян с небольшими колебаниями скорости изменения высоты подъёма семян, особенно выраженной при загрузке в камеру смешивания 0,004...0,006 м<sup>3</sup> драже, что связано с увеличением массы семян и, как следствие, более выраженном влиянии сил инерции и перераспределении потока по массе. Максимальная высота подъёма семян и драже по стенке камеры смешивания составляет 130 мм.

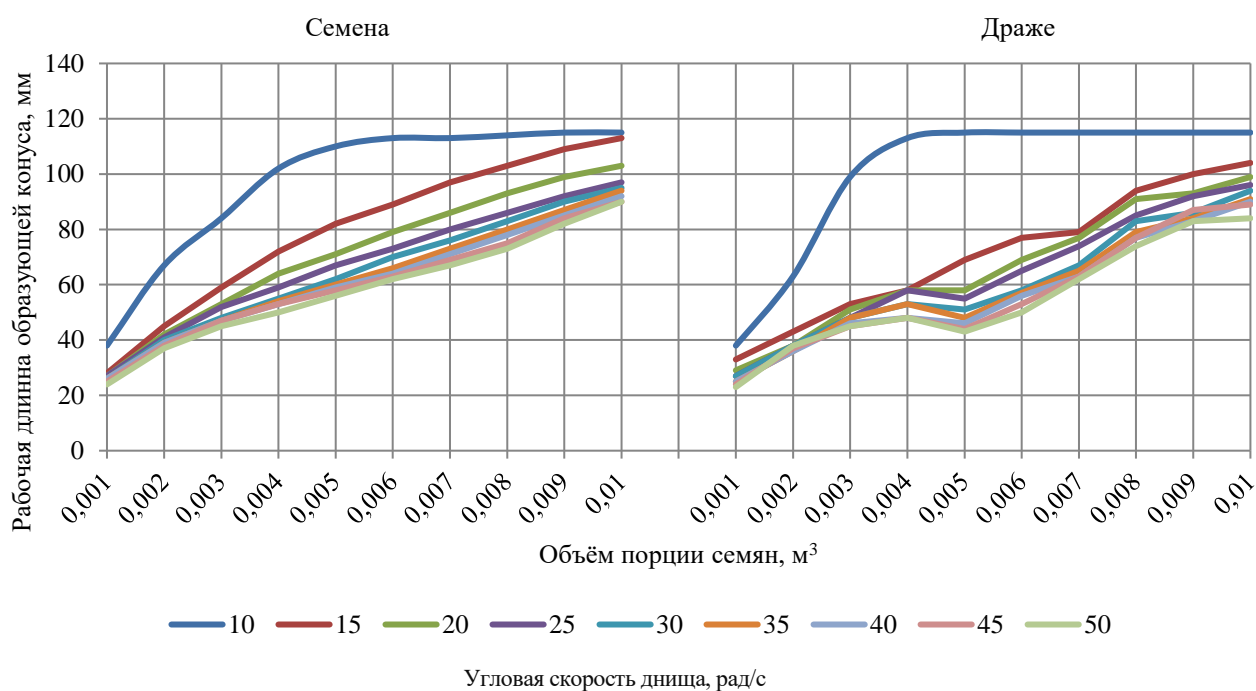


Рис. 4. График изменения рабочей длины образующей конуса днища от загрузки и угловой скорости

Схожий характер зависимостей движения прослеживается и при анализе графических зависимо-

стей движения семян по днищу дражироватора. Анализируя движение семян по конусной части днища, можно отметить стабильное поведение потока семян при изменении угловой скорости вращения, при этом высота занятого конуса потоком семян при угловой скорости 30...50 рад/с практически не изменяется. При угловой скорости днища до 15 рад/с поток семян и драже нестабилен. При анализе графика движения дражированных семян по конусной части камеры смешивания наблюдается колебания скорости изменения рабочей длины образующей конуса при загрузке в камеру дражированных семян от 0,004 до 0,0055 м<sup>3</sup> при разной угловой скорости вращения. Это связано с перераспределением потока по массе и ростом толщины слоя драже в движущемся потоке. Также установлено, что при загрузке в камеру смешивания дражированных семян объемом более 0,008 м<sup>3</sup> происходит значительное увеличение толщины слоя семян на рабочей поверхности конуса, при этом рабочая длина образующей конуса подвижного днища практически не изменяется. Максимальная рабочая длина образующей конуса днища при этом не превышает 85 мм.

### **Заключение**

При проведении исследований было установлено, что для дражироватора семян с диаметром камеры смешивания 0,515 м., углом наклона образующей конуса подвижного днища 50° выполненного из нержавеющей стали рабочая длина образующей конуса подвижного днища составляет 85 мм. Порция семян в камере смешивания дражироватора объемом более 0,008 м<sup>3</sup> образует слишком толстый слой движущихся семян, который не способствует равномерному созданию оболочки на поверхности семян. При угловых скоростях днища менее 15 рад/с поток семян ведет себя нестабильно. Максимальная высота подъема семян по цилиндрической поверхности камеры смешивания не превышает 130 мм.

1. Михеев Д. А. Дражирование семян сахарной свеклы центробежным дражирователем с лопастным отражателем: монография; под ред. Д. А. Михеева. – Горки, 2017. – 180 с.

2. Сысоев А. А., Михеев Д. А. Создание искусственных оболочек как путь к повышению посевного потенциала отечественных семян // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства: сборник научных трудов: редкол.: В. В. Гусаров (гл. ред) и др. – Горки: БГСХА, 2022. – Вып. 7 – С. 267–271.

3. Михеев Д. А., Исаченко В. Н. Инкрустирование семян рапса минеральным составом на основе трепла с добавлением бора // Вестн. Беларус. гос. с.-х. акад. – 2021. – № 3. – С. 176–180.

4. Петровец В. Р., Михеев Д. А., Гнилозуб В. П. Эффективность дражирования семян сахарной свеклы в центробежном дражирователе // Вестні Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2020. – Т. 58. – № 3. – С. 364–372.

5. Петровец В. Р., Михеев Д. А. Результаты полевых исследований дражированных семян гречихи органическими удобрениями на основе гуминовых кислот с обоснованием конструктивно-технологических параметров центробежного дражирователя с лопастным отражателем // Вестні Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. 2018. – Т. 56. – № 3. – С. 357–365.

6. Михеев Д. А., Исаченко В. Н. Исследование посевных качеств инкрустированных семян рапса, полученных в центробежном дражирователе с лопастным отражателем // Вестн. Беларус. гос. с.-х. акад. – 2020. – № 2. – С. 144–147.

7. Червяков А. В., Курзенков С. В., Михеев Д. А. Динамика движения семенного материала по неподвижной цилиндрической части камеры дражирователя // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – №4. – С. 123–128.

8. Червяков А. В., Курзенков С. В., Михеев Д. А. Изучение динамики движения семенного материала по вращающейся конической части камеры дражирователя // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – №2. – С. 131–137.

9. Дражирователь семян: пат. 22754 Респ. Беларусь. МПК А 01С 1/06/ Д. А. Михеев; заявитель Учреждение образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия». – № а 20170449; заявл. 2017.11.30; опубл. 2019.06.30 // Афіцыйны бюл. / Нац. Центр інтэлектуал. уласнасці. – 2019. – № 5. – С. 158.