

**Д.И. Комлач, В.В. Голдыбан, И.А. Барановский**

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»  
г. Минск, Республика Беларусь  
e-mail: [labpotato@mail.ru](mailto:labpotato@mail.ru)*

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ВЫСЕВАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ПРИ ТОЧНОМ ВЫСЕВЕ СЕМЯН САХАРНОЙ СВЕКЛЫ**

В статье представлены экспериментальные исследования макетной установки электромеханической высевающей системы при точном высеве сахарной свеклы. Приведены оптимальные параметры избыточного давления в семенной камере и частоты вращения высевающего диска электромеханической высевающей системы при точном высеве сахарной свеклы.

**Ключевые слова:** высевающая секция, семена сахарной свеклы, высевающий диск, избыточное давление, посев.

**D.I. Komlach, V.V. Goldyban, I.A. Baranovsky**

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»  
Minsk, Republic of Belarus  
e-mail: [labpotato@mail.ru](mailto:labpotato@mail.ru)*

## **EXPERIMENTAL STUDIES OF THE MAIN PARAMETERS OF AN ELECTROMECHANICAL SEEDING SYSTEM FOR PRECISE SEEDING OF SUGAR BEET SEEDS**

The article presents experimental studies of a mock-up installation of an electro-mechanical seeding system for precise seeding of sugar beet. The optimal parameters of the excess pressure in the seed chamber and the rotation speed of the seeding disk of the Electromechanical seeding system for precise seeding of sugar beet are given.

**Keywords:** seeding section, sugar beet seeds, seeding disc, overpressure, seeding.

### **Введение**

Возделыванием сахарной свеклы в Беларуси занимается 378 сельскохозяйственных организаций на площади 101,5 тыс. га. Средняя площадь посева на одно хозяйство составляет 260 га. Валовый сбор превышает 4,9 млн тонн. По оценке специалистов концерна «Белгоспищепром», это позволило не только в полном объеме обеспечить внутренние потребности страны в сахаре, но и существенно увеличить экспорт. Емкость внутреннего рынка республики составляет примерно 350 тыс. тонн сахара в год и уже на протяжении многих лет предприятия отрасли удовлетворяют её полностью.

Экспортная поставка свекловичного сахара – 200 тыс. тонн. Средняя урожайность сахарной свеклы в 2019 году составила 519 ц/га [1].

К концу 2020 года, согласно Государственной программе развития аграрного бизнеса Республики Беларусь на 2016–2020 годы, было запланировано увеличение объемов производства сахарной свеклы за счет роста её урожайности на 51 % от уровня 2015 года.

Индикатором развития свеклосахарного подкомплекса к 2020 году должно быть достижение объемов производства сахарной свеклы средней сахаристости до 17 % в хозяйствах всех категорий на уровне не менее 4,9 млн. тонн на площади 98,1 тыс. гектаров [2].

Только качественный посев, ведущий к достаточно высокой полевой всхожести с оптимальным размещением растений по площади питания, создает предпосылки для использования генетического потенциала и получения наивысшего сбора сахара с одного гектара. Ошибки при посеве, ведущие к изреженности, а значит к неравномерному распределению недостаточного числа растений на поле, позднее поправить уже невозможно. Оптимальной густотой насаждения растений свеклы считается 85–110 тыс. растений на 1 га [3].

Но густота не является единственным определяющим фактором в формировании урожая свеклы. Важна также равномерность распределения растений в рядке. Равномерное распределение

растений сахарной свеклы по полю обеспечивает наилучшую площадь питания, положительно влияет на качество срезки ботвы, препятствует засоренности, которая усложняет уборку и может снизить урожайность. Согласно агротехническим требованиям неравномерность от заданной нормы высева семян должна составлять  $\pm 2\%$ .

### Основная часть

Для исследований электромеханической высевальной секции на точность распределения семян сахарной свеклы в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», была изготовлена макетная установка (рис. 1). Макетная установка позволяет определить оптимальные параметры избыточного давления в семенной камере и частоты вращения высевального диска в электромеханической высевальной системе.

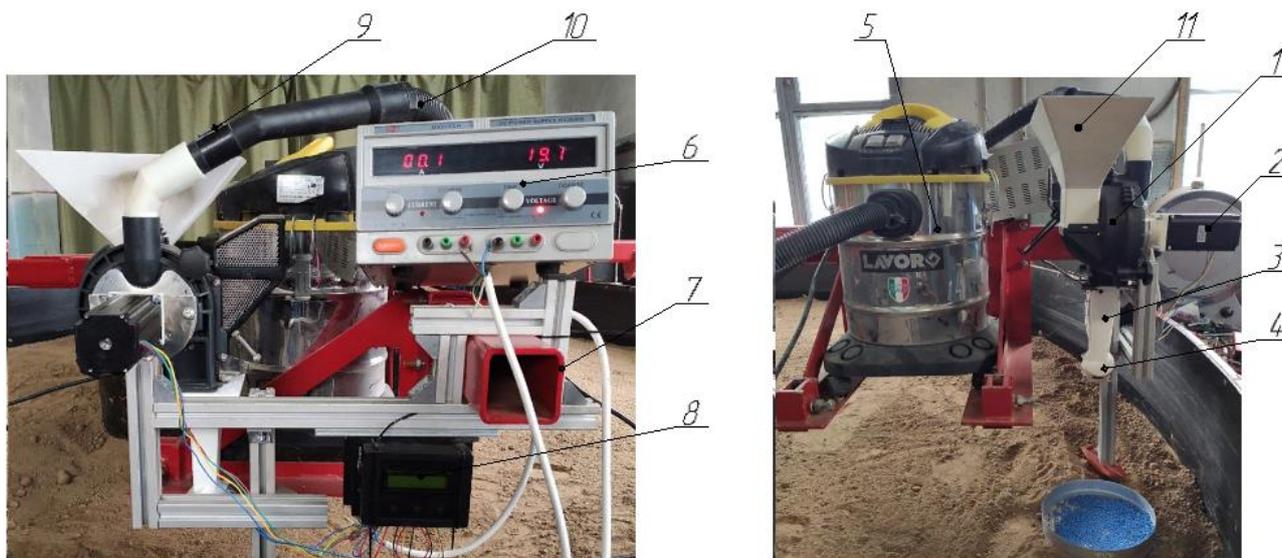


Рис. 1. Макетная установка

1 – высевальная секция; 2 – шаговый двигатель 57hs112-3504a08-D21; 3 – семяпровод; 4 – пьезодатчик ударного типа; 5 – насос; 6 – блок питания; 7 – рама; 8 – пульт управления; 9 – дроссельная заслонка; 10 – трубопровод

Результаты экспериментальных исследований по определению влияния различных факторов на показатели качества высева и дозирования семян высевальным аппаратом показывают, что физико-механические свойства дражированных семян сахарной свеклы для восьми сортов, районированных в Республике Беларусь, незначительно отличаются друг от друга. В связи с этим нами было принято решение проводить дальнейшие экспериментальные исследования только на одном сорте.

Сравнительные испытания проводились на дражированных семенах сахарной свеклы сорта Ардамакс. Норма высева варьировалась в пределах 92 до 110 тыс. семян/га. т.к. при такой густоте стояния растений сахарной свеклы достигается максимальный сбор очищенного сахара. Повторность опытов трехкратная по 250 семян в каждой опыте. Таким образом, в каждом опыте регистрировалось 750 подач. Полученные результаты обработаны с помощью пакета компьютерных программ Audaciti 2.3.2. (рис. 2), MathWorks Matlab 9.7 R2019b и Excel 2010.

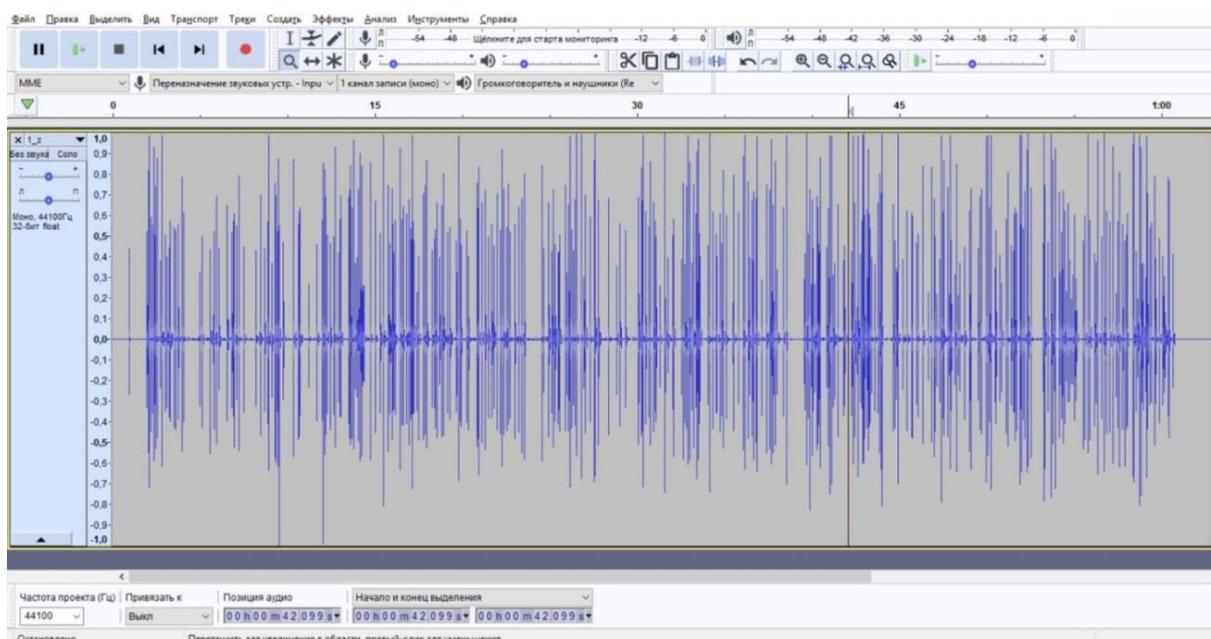


Рис. 2. Обработка данных в программе Audacity 2.3.2

Для регистрации высеваемых семян применялся акустический датчик, который устанавливается в зоне сброса семян в сошник. Во время работы, выпавшие семена ударяются об акустический датчик и отскакивают в емкость для приема семян. При этом от удара семени в акустическом датчике генерируется электрический сигнал, который поступает на линейный вход звуковой карты. Далее сигналы с акустического датчика отображаются в волновом виде, кроме того, программа Audacity 2.3.2 позволяет определять не только количество ударов семян, но и временной промежуток между ними с достаточно высокой точностью (рис. 3). При этом разница амплитуд сигналов объясняется разностью масс семян.

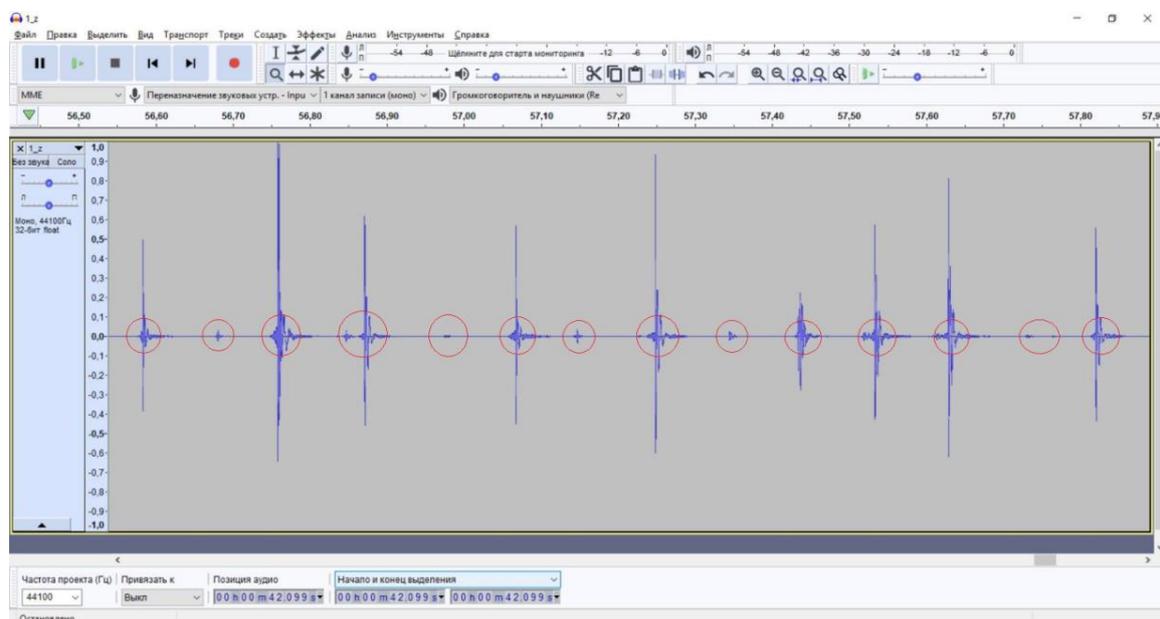


Рис. 3. Подсчет двойников и пропусков в программе Audacity 2.3.2.

В табл. 1 представлены результаты сравнительных исследований.

Точность опытов, т.е. относительная ошибка показателей подачи семян составила от 1,12 до 1,57 %.

Статистический анализ опытных данных показывает, что пропуски семян на всем диапазоне изменения нормы высева не наблюдались для предложенной конструкции высевающей

секции, а наличие двойников, полученных с помощью рассматриваемого метода от данных определенных вручную, не превышает 0,4 %, что входит в статистическую погрешность опыта, а значит показатели могут приниматься в качестве достоверных.

**Т а б л и ц а 1. – Результаты экспериментальных исследований высева дражированных семян сахарной свеклы сорта Ардамакс**

Поступательная скорость, км/ч	Создаваемое избыточное давление в семяпроводе, кПа	Частота вращения высевашего диска, с <sup>-1</sup> (об/мин)	1 опыт		2 опыт		3 опыт.		Среднее значение	
			Двойники, %	Пропуски, %	Двойники, %	Пропуски, %	Двойники, %	Пропуски, %	Двойники, %	Пропуски, %
9	2,5	0,16 (10)	1,3	2	1	2	1,5	2	1,26	2,00
		0,66 (40)	2	20	4,1	28	3,5	28	3,20	25,33
	4,2	0,16 (10)	-	1,5	-	1	-	1	-	1,16
		0,51 (30)	-	-	1	-	1	-	1,00	-
		0,66 (40)	1	3,8	1	3,3	1	3,0	1,00	3,36
	6,0	0,16 (10)	3,4	2	3,0	1	3,4	1	3,26	1,33
0,66 (40)		10	4	9,4	4,5	9,5	3,8	9,63	4,10	

Из экспериментальных данных таблицы 1 можно сделать вывод, что наилучшие показатели высева дражированных семян сахарной свеклы высевашим аппаратом при создаваемом избыточном давлении в семяпроводе 4,2 кПа и частоте вращения высевашего диска 0,51 с<sup>-1</sup>.

Результаты экспериментальных исследований при постоянном избыточном давлении высева дражированных семян сахарной свеклы представлены в табл. 2.

**Т а б л и ц а 2. – Результаты экспериментальных исследований при постоянном избыточном давлении высева дражированных семян сахарной свеклы сорта Ардамакс**

Поступательная скорость, км/ч	Создаваемое давление в семяпроводе, кПа	Частота вращения высевашего диска, с <sup>-1</sup> (об/мин)	1 опыт		2 опыт		3 опыт.		Среднее значение	
			Двойники, %	Пропуски, %	Двойники, %	Пропуски, %	Двойники, %	Пропуски, %	Двойники, %	Пропуски, %
9	4,2	0,16 (10)	4	-	5	-	2	-	3,66	-
		0,33 (20)	3	1	2	1	3	-	2,66	0,66
		0,51 (30)	2	4	-	3	1	2	1,00	3,00
		0,66 (40)	-	8	-	4	-	5	-	5,66

Влияние частоты вращения высевашего диска на показатели качества дозирования высевашего аппарата при постоянном избыточном давлении 4,2 кПа представлено на рис. 4.

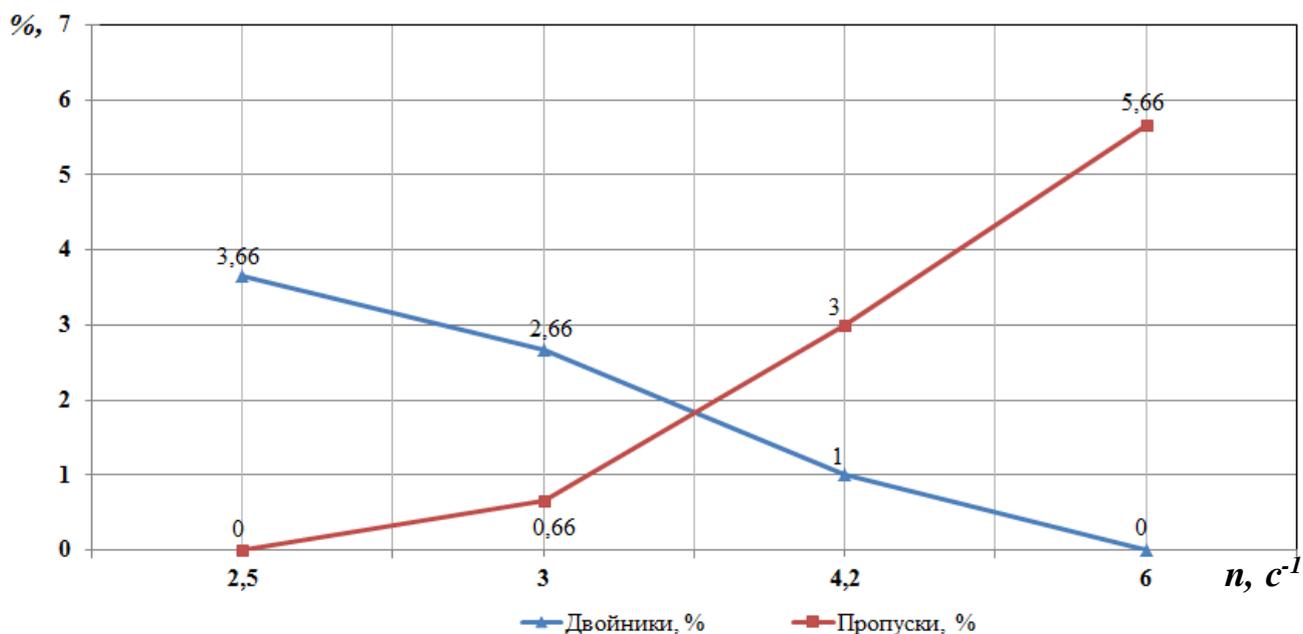


Рис. 4. Влияние частоты вращения высевающего диска на показатели качества дозирования высевающего аппарата

Из рис. 4 видно, что изменение частоты вращения оказывает значительное влияние на качество дозирования высевающего аппарата. Так, с увеличением частоты вращения высевающего диска от 0,16 до 0,66  $c^{-1}$ , частотность пропусков увеличивается от 0 до 5,66 %, а частотность двойников уменьшается от 3,66 до 0 %.

Результаты экспериментальных исследований при постоянной частоте вращения высевающего диска представлены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3. – Результаты экспериментальных исследований при постоянной частоте вращения высевающего диска

Поступательная скорость, км/ч	Частота вращения высевающего диска, $c^{-1}$ (об/мин)	Создаваемое давление в семяпроводе, кПа	1 опыт		2 опыт		3 опыт.		Среднее значение	
			Двойники, %	Пропуски, %	Двойники, %	Пропуски, %	Двойники, %	Пропуски, %	Двойники, %	Пропуски, %
9	0,51 (30)	2,5	3	-	4	-	5	-	4,00	-
		3,0	2	1	2	3	2	2	2,00	2,00
		4,2	1	1	1	6	1	4	1,00	3,66
		6,0	1	2	1	7	-	10	0,66	6,33

Влияние величины избыточного давления в семенной камере на показатели качества дозирования высевающего аппарата при постоянном вращении высевающего диска 0,51  $c^{-1}$  (30 об/мин) представлено на рис. 5.

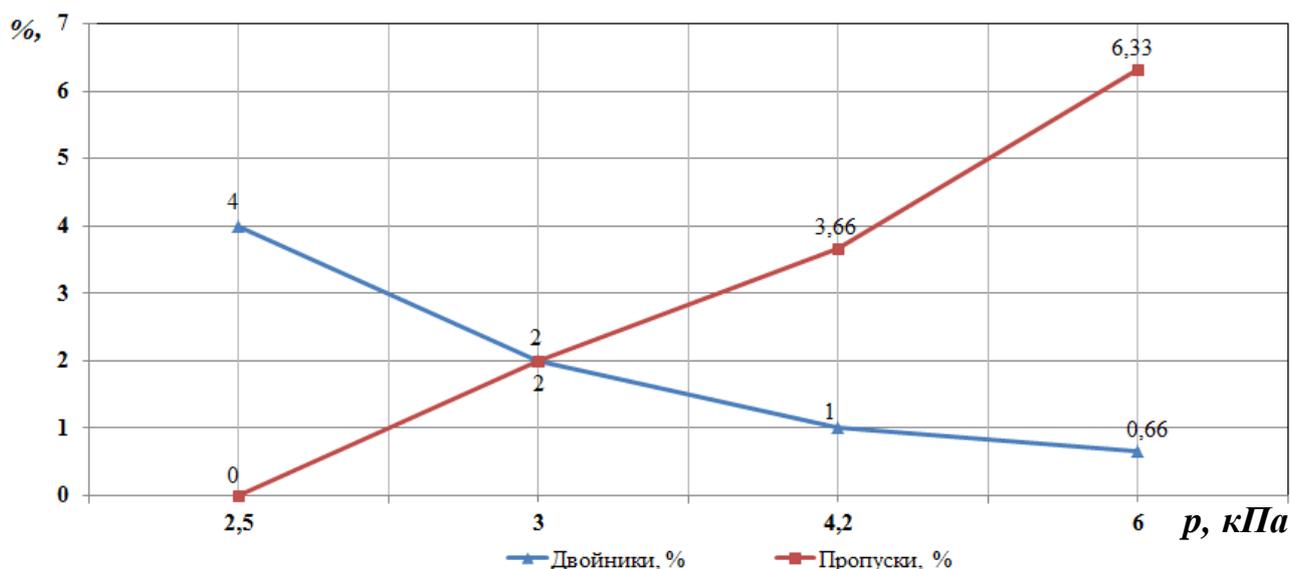


Рис. 5. Влияние величины избыточного давления в семенной камере на показатели качества дозирования высевашего аппарата

Из рис. 5 видно, что увеличение избыточного давления в семенной камере на показатели качества дозирования высевашего аппарата от 2,5 до 6,0 кПа оказывает влияние на частоту пропусков, которая уменьшается от 4,00 до 0,66 %, а двойники увеличиваются до 6,33 %.

Экспериментально доказана эффективность предлагаемого универсального комплекса на различных нормах высева семян, которая проводилась в сравнении с данными, полученными вручную. Сравнительные испытания проводились на дражированных семенах сахарной свеклы. Норма высева варьировалась в пределах 92 до 110 тыс. семян/га. Повторность опытов трехкратная по 250 семян в каждой опыте.

Точность опытов, т.е. относительная ошибка показателей подачи семян составила от 1,12 до 1,57 %.

Статистический анализ опытных данных показывает, что пропуски семян на всем диапазоне изменения нормы высева не наблюдались, а наличие двойников, полученных с помощью рассматриваемого метода от данных, определенных вручную, – не превышает 0,4 %, что входит в статистическую погрешность опыта, а значит, могут приниматься достоверными.

### Заключение

Таким образом, экспериментальным путем установлено, что частоты вращения высевашего диска влияет на качество дозирования, так с увеличением частоты вращения от 10 до 40 мин<sup>-1</sup> количественная доля пропусков увеличивается до 5,6 %, а двойников – стремится нулю. При частоте вращения высевашего диска 25 мин<sup>-1</sup> наблюдается оптимальное соотношение между двойниками и пропусками, а их количественная доля не превышает 1,8 %.

Кроме того, экспериментальным путем установлено, что величины избыточного давления в семенной камере влияет на качество дозирования: увеличение избыточного давления от 2,5 до 6,0 кПа приводит к уменьшению количественной доли пропусков от 4,0 % до 0,66 %, а доля двойников увеличивается до 6,3 %.

Оптимальное соотношение между пропусками и двойниками наблюдается при величине избыточного давления в семенной камере 3 кПа, при таком давлении количественная доля пропусков и двойников составляет 2 %.

### Список использованных источников

1. Сельское хозяйство Республики Беларусь. Статистический сборник. – Минск : Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2019. – 212 с.
2. Государственная программа развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы. – Постановление совета министров Республики Беларусь от 11 марта 2016 г. № 196. : в ред. Постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 03.04.2017, №242 // Консультант Плюс : Беларусь [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр». – Минск, 2017.