

Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса

Научная статья

УДК 631.365.22:633.853.52

DOI: 10.25230/2412-608X-2024-1-197-94-100

Сушилка для селекционных семян сои

Сергей Сергеевич Макаров
Георгий Викторович Кочуров

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК

Россия, 350038, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17

Тел.: (861) 274-64-89

vniimk@vniimk.ru

Аннотация. В результате исследования существующих способов и устройств для сушки семян была выявлена их плохая адаптация для сушки селекционных семян сои, а именно: невозможность эффективной сушки маленьких партий семян (1–5 кг); повышенное травмирование при загрузке и выгрузке; неподходящий режим удельного съема влаги, приводящий к потере посевных качеств ценных селекционных образцов. Анализ конструкций разработанных ранее сушилок, а также исследования, проведенные в отделе механизации ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, позволили разработать новый способ сушки и устройство для ее осуществления – камерную сушилку для селекционных семян сои в тканевых сумках. Сушка семян в тканевых сумках исключает непосредственное соприкосновение их с элементами конструкции сушилки, что предотвращает их повреждение от механических воздействий, а также локальный перегрев поверхности семян. Это сохраняет селекционные семена от механического травмирования, приводящего к получению ими микро- и макротрещин семенных оболочек и непосредственно расположенных под оболочкой поверхностных тканей семядолей и зародышевых корешков, что чрезвычайно нежелательно в селекционной работе. Обдув сумок с семенами с двух противоположных сторон обеспечивает возможность более мягкого режима сушки при температуре теплоносителя 38 °С, более плавного съема влаги, более производительного процесса сушки, обеспечивающего отсутствие растрескивания семян, что очень важно в селекции. Это объясняется тем, что при обдуве сумок с семенами с двух противоположных сторон съём влаги со всего объёма семян будет более плавным и одновременно более производительным, чем при про-

дуве такого же объёма семян теплоносителем. Таким образом была создана конструкция сушилки для селекционных семян сои, осуществляющая мягкий режим сушки, обеспечивающий равномерность высушивания с плавным съёмом влаги, предотвращающим растрескивание семян сои, а также их механическое повреждение.

Ключевые слова: сушильная техника, конструкция, травмирование, влажность, режимы сушки, теплоноситель

Для цитирования: Макаров А.А., Кочуров Г.В. Сушилка для селекционных семян сои // Масличные культуры. 2024. Вып. 1 (197). С. 94–100.

UDC 631.365.22:633.853.52

A dryer for soybean breeder seeds

Makarov S.S., researcher

Kochurov G.B., leading designing engineer

V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops

17 Filatova str., Krasnodar, 350038, Russia

Tel.: (861) 274-64-89

vniimk@vniimk.ru

As a result of the study of existing methods and devices for drying seeds, their poor adaptation for drying soybean breeder seeds was revealed, namely: the impossibility of effective drying of small batches of seeds (1–5 kg); increased injury during loading and unloading; unsuitable regime of specific moisture removal, which leads to loss of sowing qualities of valuable breeding seed samples. Analysis of the designs of previously developed dryers, as well as research carried out in the mechanization department at the V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops, made it possible to develop a new method for drying soybean breeder seeds and a device for its implementation – a chamber dryer for soybean breeder seeds in fabric bags. Drying seeds in fabric bags prevents direct contact of seeds with the structural elements of the dryer, which prevents damage from mechanical influences, as well as local overheating of the surface of the seeds. This saves the breeder seeds from mechanical trauma, leading to micro- and macrocracks in the seed shells and the surface tissues of the cotyledons located directly under the shell, and the axial organs of the embryos – the embryonic root, which leads to their death, which is extremely undesirable in breeding work. Blowing bags with seeds from two opposite sides provides the possibility of a softer drying mode – at a coolant temperature of 38 °C, smoother removal of seed moisture, a more productive drying process, ensuring the absence of seeds cracking, which is very important in breeding. This is explained by the fact that when blowing bags with seeds from two opposite sides of the bags, the removal of moisture from the entire volume of seeds will be smoother and at the same time more productive than when blowing the same volume of seeds with a coolant. Analyzing the experimental data obtained, we can draw the following conclusion: a dryer design was

created for soybean breeder seeds, which implements a soft drying mode, ensuring uniform drying with smooth moisture removal, preventing cracking of soybean seeds, as well as their mechanical damage.

Key words: drying equipment, construction, injury, humidity, drying modes, coolant

Введение. Сушка является одним из важнейших мероприятий по сохранению селекционных семян сои. Процесс сушки семян состоит в передаче ими влаги агенту сушки, который может поглощать в себя влагу только в парообразном виде. Поэтому необходимыми условиями для сушки являются испарение воды в семенах и более высокое давление в них водяного пара, чем в агенте сушки. Каждая культура имеет свои особенности высушивания. Так, из-за большого содержания белка зернобобовые плохо отдают воду, неравномерно сохнут, что вызывает растрескивание оболочки, т.к. при сушке зернобобовых их поверхность быстро обезвоживается, а центральная часть семян остаётся влажной. Соя – очень интересная и сложная культура. Семена сои необходимо сушить так, чтобы скорость испарения влаги с их поверхности не превышала скорости перемещения влаги из центра семян, иначе последует их растрескивание, потому что они медленно отдают влагу (0,3–0,5 % в час) и очень легко повреждаются от механического воздействия. Оболочка семени сои высыхает быстрее, чем семядоли, уменьшается в объёме, и её легко разорвать под давлением ещё непросохших семядолей. А селекционные семена сои вообще не должны иметь даже микротрещин на оболочке. Максимальная температура высушивания для них – не выше 45 °С. Даже при такой температуре соя может дать трещины при превышении необходимого процента снятия влаги за проход. Оптимальная влажность семян сои для сохранения посевных качеств составляет 12–14 %.

Основным недостатком, выявленным в результате патентного поиска [1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12], существующих способов и устройств для сушки семян является их плохая адаптация для сушки селекционного материала, а именно:

невозможность эффективной сушки малых партий семян (1–5 кг); повышенное травмирование при загрузке и выгрузке; неподходящий режим удельного съёма влаги, приводящий к потере посевных качеств ценных селекционных образцов семян.

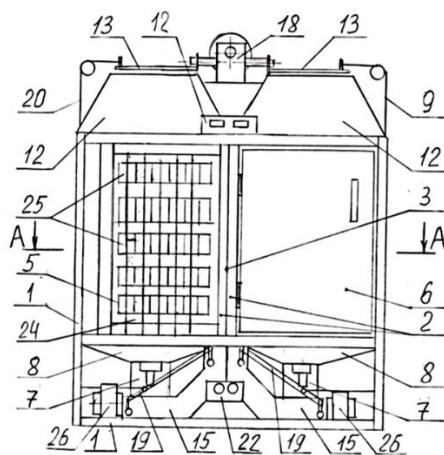
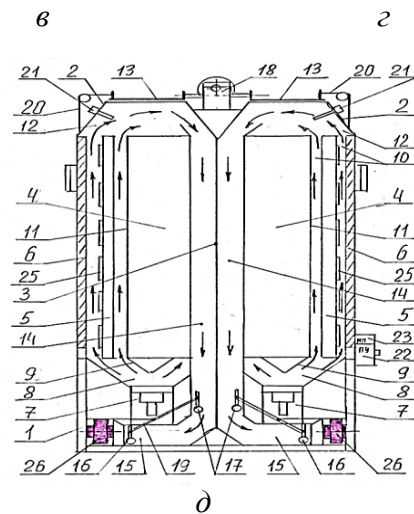
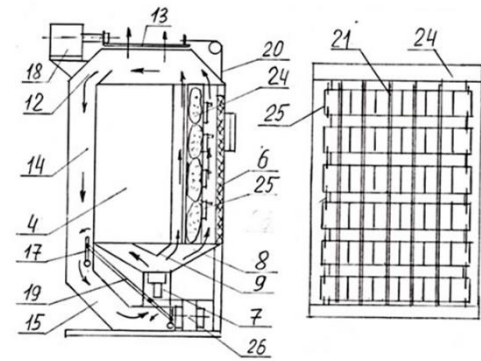
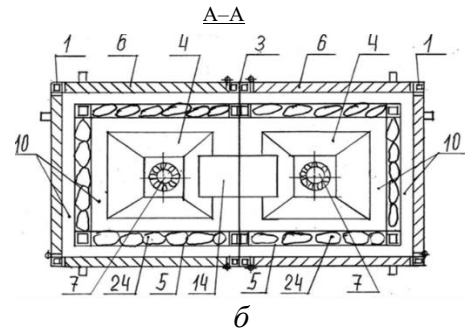
Установка и методы. Анализ конструкций разработанных ранее сушилок, а также исследования, проведенные в отделе механизации ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, позволили разработать новый способ сушки селекционных семян сои и устройство для ее осуществления (Пат. 2796359 РФ) [13]. Конструктивная схема и экспериментальный образец камерной сушилки для селекционных семян сои представлены на рисунках 1, 2 и 3.

Сушилка для селекционных семян сои содержит (рис. 1) корпус 1, две секции 2, соединённые общей перегородкой 3, каждая секция включает воздушную камеру 4, три отсека 5 сушки, три двери 6 отсеков сушки, теплогенератор 7 с вентилятором, диффузор 8 подачи теплоносителя, конус-распределитель 9 теплоносителя, три вертикальных воздушных коридора 10, каждый из которых образован одной из стенок 11 воздушной камеры и дверью отсека сушки, короб 12 вытяжки, шибер 13 теплообмена, воздухопровод 14 возврата теплоносителя к теплогенератору, переходник 15 угловой, заслонку 16 притока воздуха, заслонку 17 возврата теплоносителя к теплогенератору, заблокированные приводы 18, 19 соответственно шибера и заслонок с помощью тросовой системы 20, датчики 21 температуры и влажности теплоносителя, пульт 22 управления, микропроцессор 23, три плоских решётчатых закрома 24 для сумочек с семенами, откидные загрузочно-разгрузочные окна 25 закрома, вентиляторы 26 для охлаждения семян в сумках.

Сушилка для селекционных семян сои работает следующим образом. Оператор открывает дверь 6 одного из трёх отсеков 5 сушки, открывает поочередно загрузочно-разгрузочные окна 25, начиная снизу сушильного отсека, вкладывает через окна семена сои в тканевых сумках с исходной влажностью, заполняя на 80–90 % его

объём и закрывая последовательно окна снизу-вверх данного отсека. Закрывает дверь отсека и так поступает и с остальными двумя отсеками обеих секций сушилки, затем с пульта 22 управления включает в работу теплогенератор 7.

Процесс сушки начинается с нагрева воздуха теплогенератором 7 до температуры 38 °С. При этом шибер 13 и заслонка 16 забора воздуха находятся в закрытом положении, а заслонка 17 возврата теплоносителя – в открытом положении. Нагреваемый воздух с помощью вентилятора через диффузор 8 поступает в воздушные коридоры 10. Поднимаясь вверх, нагревает сумки с семенами с двух сторон. Далее теплоноситель поступает в вытяжной короб 12 и по воздуховоду 14 возврата теплоносителя через угловые переходники 15 возвращается к теплогенератору 7, совершая замкнутую циркуляцию во внутреннем объёме секций, забирая влагу с семян. Микропроцессор 23, соединённый с датчиками 21 температуры и влажности теплоносителя и с исполнительными органами (на чертеже не показано), проводит анализ параметров протекания процесса сушки и задаёт оптимальный режим посредством воздействия управляющими сигналами на исполнительные органы элементов сушилки и контролирует время сушки семян до определенной заданной влажности с последующим охлаждением семян до температуры окружающей среды с автоматическим выключением камеры после охлаждения семян.



а

Рисунок 1 – Схема сушилки для селекционных семян сои:

- а – схема со снятой дверью (вид спереди);
- б – разрез А-А; в – внутреннее устройство отсека сушики; г – закром сушильного отсека;
- д – внутреннее устройство секции сушилки (вид спереди):

1 – корпус; 2 – секция; 3 – перегородка; 4 – камера воздушная; 5 – отсек; 6 – дверь отсека; 7 – теплогенератор; 8 – диффузор; 9 – конус-распределитель; 10 – коридор воздушный; 11 – стенка камеры; 12 – короб вытяжки; 13 – шибер теплообмена; 14 – воздуховод; 15 – переходник угловой; 16 – заслонка притока воздуха; 17 – заслонка возврата теплоносителя; 18 – привод шибера; 19 – привод заслонки; 20 – система тросовая; 21 – датчики температуры и влажности; 22 – пульт управления; 23 – микропроцессор; 24 – закрма для сумочек; 25 – окно загрузочно-разгрузочное; 26 – вентилятор



Рисунок 2 – Общий вид сушилки для селекционных семян сои

Окончание процесса сушки задаётся программой, отключающей теплогенератор и открывающей шибер 13 и заслонки 16, 17 при достижении стабильной, в течение 1–2 часов, влажности теплоносителя, равной 23 %, при которой влажность семян равна 14 %. При этом вентиляторы 26 продолжают работать, происходит вентиляция секций наружным воздухом до температуры окружающей среды с уменьшением температуры и влажности семян в сумках до 13 % за счет выравнивания влажности наружных слоев семян с влажностью семян внутри сумок.



Рисунок 3 – Вид сушилки, загруженной тканевыми сумками с селекционными семенами сои

Техническая характеристика значений параметров сушилки для селекционных семян сои приведена в таблице.

Таблица

Технические характеристики значений параметров сушилки для селекционных семян сои

Наименование параметра	Значение параметра
Емкость камеры по семенам сои, кг	200
Количество секций в камере, шт.	2
Количество отсеков в камере, шт.	6
Полезная площадь отсека, м ²	0,6
Температура воздуха в камере, °С	45 ± 2
Циркуляция воздуха в камере, м ³ /ч	390
Максимальная потребляемая мощность, кВт	6,5
Номинальное напряжение питания, В	380
Габаритные размеры:	
длина, м;	1,60
ширина, м;	0,86
высота, м	1,95
Масса, кг	270

Сушка семян в тканевых сумках исключает непосредственное соприкосновение семян с элементами конструкции сушилки, что предотвращает их повреждение от механических воздействий, а также локальный перегрев поверхности семян. Это сохраняет селекционные семена от механического травмирования, приводящего к получению ими микро- и макротрещин оболочек семян и непосредственно расположенных под оболочкой поверхностных тканей семядолей и осевых органов зародышей, что ведёт к их гибели, что чрезвычайно нежелательно в селекционной работе.

Обдув сумок с семенами с двух противоположных сторон обеспечивает возможность более мягкого режима сушки – при температуре теплоносителя 38 °С, более плавного съема влаги семян, более производительного процесса сушки, в результате чего семена не растрескиваются, что очень важно в селекции. Это объясняется тем, что при обдуве сумок с семенами с двух противоположных сторон съём влаги со всего объёма семян будет более плавным и одновременно более производительным, чем при продуве такого же объёма семян теплоносителем.

Результаты лабораторных исследований сушилки для селекционных семян сои представлены на рисунках 4, 5, 6, и 7.

Определение времени разогрева семян сои в сумочках до выхода на рабочий режим представлено на рисунке 4.

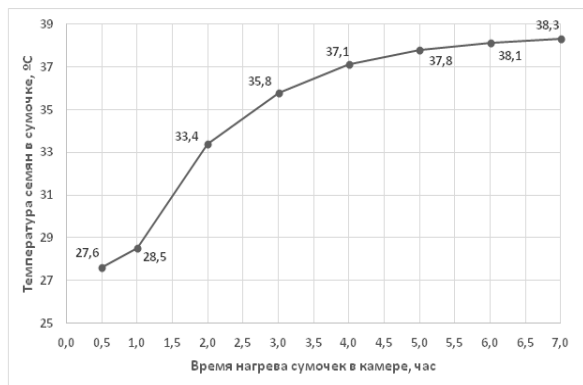


Рисунок 4 – График нагрева семян сои в тканевых сумочках

График показывает, что образец прогревается равномерно в течение 4 ч до необходимой рабочей температуры сушки 37 °C, что предотвращает чрезмерный перегрев оболочки семян и обеспечивает нормальное перераспределение влаги внутри семени.

Экспериментальным путем найдена зависимость влажности теплоносителя от влажности семян в процессе сушки (рис. 5).

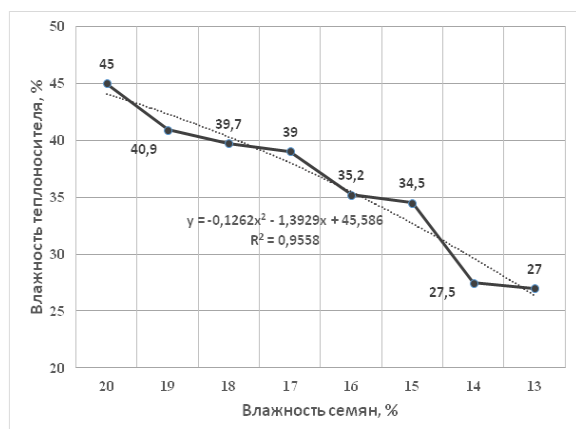


Рисунок 5 – График зависимости изменения влажности семян от влажности теплоносителя при температуре 45 °C

На графике видно, что по мере уменьшения влажности материала с 20 до 12 % уменьшается содержание влаги в теплоносителе с 40 до 27 %, то есть семена с меньшей влажностью менее интенсивно отдают влагу теплоносителю. Эта зависимость, из-за невозможности измерить влажность семян в процессе сушки без остановки и нарушения технологического процесса, позволяет косвенно судить о содержании влаги в семенах.

Также определена зависимость удельного съема влаги от влажности семян (рис. 6). Изменение удельного съема влаги объясняется наличием более влажных семян с поверхностной (несвязанной) влагой, которая легче переходит от семян к теплоносителю. Процесс испарения влаги с поверхности семян имеет большую интенсивность при их высокой влажности, снижаясь по мере ее уменьшения из-за более длительного времени переноса влаги изнутри к поверхности семян.

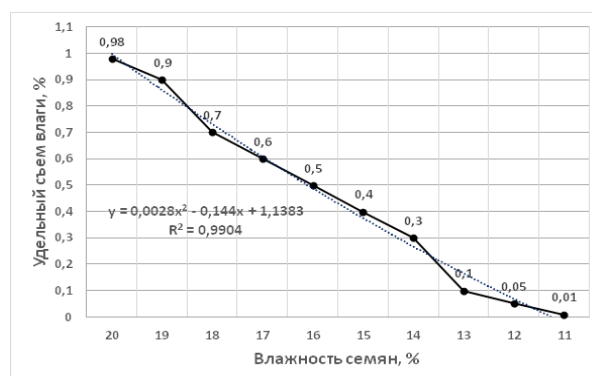


Рисунок 6 – График изменения удельного съема влаги семян за 60 минут

Технологический процесс сушки в камере представлен в виде графика на рисунке 7.

На графике отражена цикличность работы: нагрев сменяется охлаждением и так до целевых значений влажности семян, что позволяет не превышать критических значений по температуре и удельному съему влаги, а также обеспечивать оптимальные условия сушки.

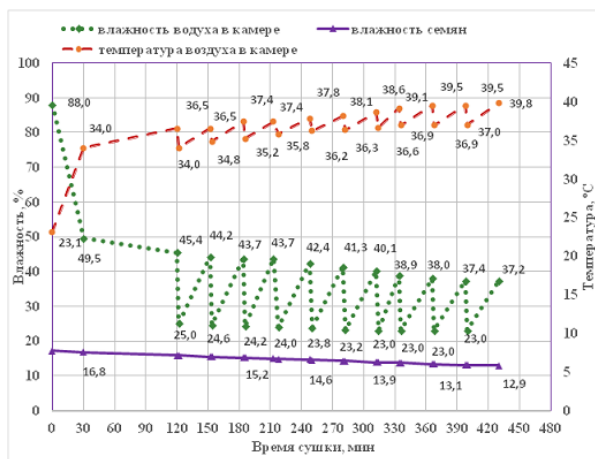


Рисунок 7 – График процесса сушки в камере семян сои в тканевых сумках

Выводы. На основании анализа опубликованных работ, обзора приспособлений для сушки, которые по конструктивным признакам соответствуют тематике проводимых исследований, была создана конструкция сушилки для селекционных семян сои (Пат. 2796359 РФ) [13], осуществляющая мягкий режим сушки, обеспечивающий равномерность высушивания с плавным съёмом влаги, предотвращающим растрескивание семян сои, а также их механическое повреждение.

В результате проведенных исследований на экспериментальной сушилке для селекционных семян сои был разработан способ сушки селекционных семян сои, который обеспечивается тем, что семена помещают в тканевые сумки и обдувают их воздухом с температурой 38 °C с двух противоположных сторон, контролируя относительную влажность теплоносителя. После чего осуществляют процесс охлаждения семян с помощью обдува сумок с семенами окружающим воздухом до температуры окружающей среды.

Проведенные испытания модернизированной сушилки показали ее работоспособность и эффективность при полной загрузке камеры семенами сои с нагревом семян до 40 °C с влажностью воздуха в камере 20 % при завершении сушки и снижении влажности семян с 16,0 до 10,2 % в течение 14 ч, и временем охлаждения

семян 60 мин при температуре окружающего воздуха 21,4 °C и влажности воздуха 47 %, по истечении которого происходит автоматическое завершение работы системы управления с полным отключением камеры.

Список литературы

1. А.с. 1007635 СССР, МПК А23В 9/00, F26В 3/02. Способ сушки семян подсолнечника / В.Е. Куцакова, С.В. Петров. – № 3296587/28-13; заявл. 11.06.81; опубл. 30.03.83. Бюл. № 12.
2. А.с. № 1512549 СССР, МПК А23В 9/00, F26В 3/02. Способ сушки семян подсолнечника / В.Е. Куцакова, С.В. Петров, В.Г. Павлов. – № 4370119/30-13; заявл. 28.01.88; опубл. 07.10.89. Бюл. № 37.
3. А.с. № 1696823 СССР, МПК F26В 17/10. Способ сушки зернисто-волокнистых материалов / Х.С. Нурмухамедов, З. Салимов, П.В. Классен [и др.]. – № 4657744/13; заявл. 02.03.89; опубл. 07.12.91. Бюл. № 45.
4. А.с. № 1095899 СССР, МПК А01F 25/08. Способ сушки семян зерновых культур / Н.А. Глущенко, Л.Ф. Глущенко, Т.П. Троцкая. – № 3355297/30-15; заявл. 04.09.81; опубл. 07.06.84. Бюл. № 21.
5. А.с. № 709933 СССР, МПК F26В 17/10. Установка для тепловой обработки сыпучих материалов / Л.Х. Мамиев, Л.А. Жорина, Е.П. Кошевой [и др.]. – № 3355297/30-15; заявл. 04.09.81; опубл. 07.06.84. Бюл. № 21.
6. А.с. № 761801 СССР, МПК F26В 9/06. Сушилка / С.М. Кирова, Н.М. Крючков, В.Г. Горохов, П.В. Горохов. – № 3709029/24-06; заявл. 07.03.84; опубл. 23.04.86. Бюл. № 15.
7. А.с. № 956940 СССР, МПК F26В 9/06. Камерная сушилка для термочувствительных материалов / В.И. Алейников. – № 3254724/24-06; заявл. 07.01.81; опубл. 07.09.82. Бюл. № 33.
8. А.с. № 1015207, СССР, МПК F26В 9/06. Камерная сушилка для сельскохозяйственных продуктов / А.И. Науменко, В.И. Алейников, Н.М. Грищенко. – № 3282760/24-06; заявл. 20.03.81; опубл. 30.04.83. Бюл. № 16.
9. А.с. № 1161800 СССР, МПК F26В 9/06. Сушилка для зерновых и зернобобовых культур / А.Д. Кормщиков, В.А. Дурченков, Л.А. Кормщикова, Н.Л. Полушин. – № 3577556/28-13; заявл. 11.04.83; опубл. 15.06.85. Бюл. № 22.

10. Патент № 2305236, RU, МПК F26B 9/06. Камерная сушилка / О.С. Кочетов, М.О. Кочетова, Г.В. Львов [и др.]. – № 2006112919/06; заявл. 19.04.2006; опубл. 27.08.2007. Бюл. № 24.

11. А.с. № 523257, СССР, МПК F26B 9/06. Сушилка для термочувствительных материалов / В.И. Алейников, А.К. Лукьяшко. – № 2033106/06; заявл. 11.06.74; опубл. 30.07.76. Бюл. № 28.

12. А.с. № 1109565, СССР, МПК F26B 9/06. Камерная зерносушилка / В.И. Алейников, А.Н. Смоляр. – № 3580984/24-06; заявл. 20.04.83; опубл. 23.08.84. Бюл. № 31.

13. Патент № 2796359, RU, МПК F26B 3/04. Способ сушки селекционных семян сои и устройство для его осуществления / Г.В. Кочуров, С.С. Макаров. – № 2022133996; заявл. 22.12.2022; опубл. 22.05.2023. Бюл. № 15.

References

1. A.s. 1007635 SSSR, МПК A23V 9/00, F26V 3/02 Sposob sushki semyan podsolnechnika / V.E. Kucakova, S.V. Petrov. – № 3296587/28-13; заявл. 11.06.81; опубл. 30.03.83. Byul. № 12.

2. A.s. № 1512549 SSSR, МПК A23B 9/00, F26B 3/02. Sposob sushki semyan podsolnechnika / V.E. Kucakova, S.V. Petrov, V.G. Pavlov. – № 4370119/30-13; заявл. 28.01.88; опубл. 07.10.89. Byul. № 37.

3. A.s. № 1696823 SSSR, МПК F26B 17/10. Sposob sushki zernisto-voloknistyh materialov / H.S. Nurmuhamedov, 3. Salimov, P.V. Klassen [i dr.]. – № 4657744/13; заявл. 02.03.89; опубл. 07.12.91. Byul. № 45.

4. A.s. № 1095899 SSSR, МПК A01F 25/08. Sposob sushki semyan zernovyh kul'tur / N.A. Glushchenko, L.F. Glushchenko, T.P. Trockaya. – № 3355297/30-15; заявл. 04.09.81; опубл. 07.06.84. Byul. № 21.

5. A.s. № 709933 SSSR, МПК F26B 17/10. Ustanovka dlya teplovoj obrabotki syuchih materialov / L.H. Mamiev, L.A. Zhorina, E.P. Koshevoj [i dr.]. – № 3355297/30-15; заявл. 04.09.81; опубл. 07.06.84. Byul. № 21.

6. A.s. № 761801 SSSR, МПК F26B 9/06. Sushilka / S.M. Kirova, N.M. Kryuchkov, V.G. Gorohov, P.V. Gorohov. – № 3709029/24-06; заявл. 07.03.84; опубл. 23.04.86. Byul. № 15.

7. A.s. № 956940 SSSR, МПК F26B 9/06. Kamernaya sushilka dlya termochuvstvitel'nyh materialov / V.I. Alejnikov. – № 3254724/24-06; заявл. 07.01.81; опубл. 07.09.82. Byul. № 33.

8. A.s. № 1015207, SSSR, МПК F26B 9/06. Kamernaya sushilka dlya sel'skohozyajstvennyh produktov / A.I. Naumenko, V.I. Alejnikov, N.M. Grishchenko. – № 3282760/24-06; заявл. 20.03.81; опубл. 30.04.83. Byul. № 16.

9. A.s. № 1161800, SSSR, МПК F26B 9/06. Sushilka dlya zernovyh i zernobovovyh kul'tur / A.D. Kormshchikov, V.A. Durchenkov, L.A. Kormshchi-kova, N.L. Polushin. – № 3577556/28-13; заявл. 11.04.83; опубл. 15.06.85. Byul. № 22.

10. Патент № 2305236, RU, МПК F26B 9/06. Kamernaya sushilka / O.S. Kochetov, M.O. Kochetova, G.V. L'vov [i dr.]. – № 2006112919/06; заявл. 19.04.2006; опубл. 27.08.2007, Byul. № 24.

11. A.s. № 523257, SSSR, МПК F26B 9/06. Sushilka dlya termochuv-stvitel'nyh materialov / V.I. Alejnikov, A.K. Luk'yashko. – № 2033106/06; заявл. 11.06.74; опубл. 30.07.76. Byul. № 28.

12. A.s. № 1109565, SSSR, МПК F26B 9/06. Kamernaya zernosushilka / V.I. Alejnikov, A.N. Smolyar. – № 3580984/24-06; заявл. 20.04.83; опубл. 23.08.84. Byul. № 31.

13. Патент № 2796359, RU, МПК F26B 3/04. Sposob sushki selekcionny se-myan soi i ustrojstvo dlya ego osushchestvleniya / G.V. Kochurov, S.S. Makarov. – № 2022133996; заявл. 22.12.2022; опубл. 22.05.2023, Byul. № 15.

Сведения об авторах

С.С. Макаров, науч. сотр.

Г.В. Кочуров, вед. инженер-конструктор

Получено/Received

22.01.2024

Получено после рецензии/Manuscript peer-reviewed

29.01.2024

Получено после доработки/Manuscript revised

07.02.2024

Принято/Accepted

13.03.2024

Manuscript on-line

30.05.2024