

6. *Bujanov O.N., Neverov E.N.* Issledovanie rezhimov raboty uglekislотноj ustanovki dlja ohlazhdenija ryby na rybodobyvajushhih sudah // Vestnik Mezhdunarodnoj akademii holoda. – 2013. – № 2. – S. 35–37.
7. *Gnedov A.A.* Perspektivy razvitija rybopererabatyvajushhej otrasli na Krajnem Severe // Dostizhenija nauki i tehniki APK. – 2009. – № 6. – S. 66–69.
8. GOST R 55516-2013. Tehnologii pishhevych produktov holodil'nye. Terminy i opredelenija. – M.: Standartinform, 2014. – 12 s.
9. Patent RF № 2479803. Linija dlja holodil'noj obrabotki ryby dioksidom ugleroda / *Bujanov O.N., Neverov E.N.* – Opubl. 20.04.2013; zajavka № 2011154322.
10. *Neverov E.N.* Issledovanie processa ohlazhdenija nerazdelannoju promyslovoj foreli dioksidom ugleroda // Polzunovskij vestnik. – 2014. – T.2. – № 4. – S. 132–136.
11. *Neverov E.N., Nechaev S.N.* Nomogramma dlja opredelenija massy snegoobraznogo dioksida ugleroda pri ohlazhdenii ryby // Teoreticheskie i prikladnye problemy nauki i obrazovanija v XXI veke: sb. mat-lov Mezhdunar. zaoch. nauch.-prakt. konf. – Tambov, 2012. – S. 105–106.
12. *Neverov E.N., Bujanov O.N.* Primenenie dioksida ugleroda dlja holodil'noj obrabotki pticy i ryby. – Kemerovo, 2013. – 191 s.

УДК 631.563: 633.853.494

*А.В. Исаев, А.В. Бастрон, В.С. Яхонтова*

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТЕПЕНИ НЕРАВНОМЕРНОСТИ НАГРЕВА СЕМЯН РАПСА В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ СВЕРХВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ НА ИХ ЭНЕРГИЮ ПРОРАСТАНИЯ И ВСХОЖЕСТЬ**

*A.V. Isaev, A.V. Bastron, V.S. Yakhontova*

**THE RESEARCH OF UNEVENNESS DEGREE INFLUENCE OF HEATING OF COLZA SEEDS IN EMF UHF ON THEIR ENERGY OF GERMINATION AND VIABILITY**

**А.В. Исаев** – ассист. каф. электроснабжения сельского хозяйства Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: isaev-alexey110@yandex.ru

**А.В. Бастрон** – канд. техн. наук, доц., зав. каф. электроснабжения сельского хозяйства Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: abastron@yandex.ru

**В.С. Яхонтова** – магистрант каф. технологии жиров, эфирных масел и парфюмерно-косметических продуктов Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: fppp@kgau.ru

**A.V. Isaev** – Asst., Chair of Power Supply of Agriculture, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: isaev-alexey110@yandex.ru <mailto:isaev-alexey110@yandex.ru>

**A.V. Bastron** – Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Head, Chair of Power Supply of Agriculture, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: abastron@yandex.ru

**V.S. Yakhontova** – Master's Degree Student, Chair of Technologies of Fats, Essential Oils and Perfumery and Cosmetic products, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: fppp@kgau.ru

*Основная проблема, возникающая при обработке семенного материала в электромагнитном поле сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ), – неравномерность нагрева. Несмотря на большое количество работ, направленных на определение степени неравномерности нагрева материала в ЭМП СВЧ, остается малоизученным вопрос о распределении темпера-*

*турных полей в объеме семенного материала. Это связано в первую очередь с проблемой одновременного измерения температуры во множестве точек объема обрабатываемого материала, измерить которую можно с помощью тепловизора. Поэтому целью нашей работы стало исследование влияния степени неравномерности нагрева семян рапса в ЭМП*

СВЧ на их энергию произрастания. Для этого предварительно доведенные до влажности 20 % семена рапса насыпали в три слоя в емкость диаметром 25 см. Каждый слой составлял около 15 мм. Между слоями помещали сетку из радиопрозрачного материала. Сетка позволяла мгновенно убрать слой семян для исследования распределения температурного поля семян тепловизором в плоскости, находящейся под сеткой. Обработка семян рапса ЭМП СВЧ производилась при следующих входных параметрах:  $P_{уд} = 1529 \text{ Вт/дм}^3$ ,  $t = 60 \text{ с}$ . Проведенными исследованиями температурных полей доказано, что в бытовой микроволновой печи происходит неравномерный нагрев исследуемого материала, в связи с чем наблюдается различная лабораторная всхожесть, при этом неравномерность нагрева варьируется: в верхнем слое обрабатываемого материала от 27,3 до 46,7°С (при средней температуре по площади 36,2°С и коэффициенте вариации 12,9 %) всхожесть семян составила 81,7%; в среднем слое обрабатываемого материала от 28,2 до 49,7°С (при средней температуре по площади 36,2°С и коэффициенте вариации 7,9%) всхожесть семян составила 87,2 %; в нижнем слое обрабатываемого материала от 32 до 49,1°С (при средней температуре по площади 42,7°С и коэффициенте вариации 7,5%) всхожесть семян составила 83,2 %.

**Ключевые слова:** электромагнитное поле сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ), СВЧ-установка, диэлектрический нагрев, неравномерность нагрева, рапс, энергия прорастания и всхожесть.

*The main problem arising when processing seed material in electromagnetic field of ultrahigh frequency (EMF UHF) is unevenness of heating. Despite a large number of the works directed on definition of degree of unevenness of heating of material in EMF UHF the question of distribution of temperature fields in volume of seed material remains low studied It is connected first of all with the problem of simultaneous measurement of temperature in a set of points of volume of the processed material, to measure which it is possible by means of the thermal imager. Therefore research of influence of degree of unevenness of heating of colza*

*seeds in EMF UHF on their energy of growth became the objective of our work. For this purpose the seeds of colza which were previously brought to humidity of 20 % were filled in three layers in capacity with a diameter of 25 cm. Each layer was made about 15 mm. Between layers a grid from radiotransparent material was made. The grid allowed cleaning instantly a layer of seeds for re-search of distribution of a temperature field of seeds the thermal imager the plane which is under a grid. Processing of seeds of a colza of EMF UHF was made at the following input parameters:  $P_{res} = 1529 \text{ W/dm}^3$ ,  $t = 60$  with. It was proved by the conducted researches of temperature fields that in the household microwave oven there is an uneven heating of the studied material in this connection various laboratory viability was observed, thus unevenness of heating varies: in the top layer of the processed material it was from 27.3 to 46.7°C. With (at an average temperature on the area 36.2°C and coefficient of a variation was 12.9 %) viability of seeds made 81.7 %; on average a layer of the processed material was from 28.2 to 49.7°C (at an average temperature on the area of 36.2°C and coefficient of a variation of 7.9 %) viability of seeds made 87.2 %; in the lower layer of the processed material it was from 32 to 49.1° C. (at an average temperature on the area 42.7° C and coefficient of variation 7.5 %) viability of seeds made 83.2 %.*

**Keywords:** electromagnetic field of ultrahigh frequency (EMF UHF), microwave installation, dielectric heating, unevenness of heating, colza, energy of germination and viability.

**Введение.** Как показали научные исследования, проведенные сотрудниками Красноярского государственного аграрного университета [1–4], Московского государственного аграрного университета им. В.П. Горячкина [5–7], Кемеровского сельскохозяйственного института [8–9], Челябинской государственной агроинженерной академии [10] и других учебных и научных учреждений России, под воздействием ЭМП СВЧ изменяются посевные и потребительские качества семян, их микрофлора и морфология растений, произросших из них, а также качество производимой из растений продукции.

Основная проблема, возникающая в рабочей камере установок для обработки семенного материала энергией ЭМП СВЧ, – это неравномер-

ность нагрева обрабатываемого материала [2, 3, 11–14]. Причина неравномерности нагрева заключается в том, что рабочая камера СВЧ-установки по сути представляет собой объемный резонатор, колебания ЭМП СВЧ в котором происходят с образованием стоячих волн. Особенностью стоячих волн является наличие пространственных максимумов и минимумов электромагнитного поля [10, 14].

Актуальной задачей при обработке семян сельскохозяйственных культур в ЭМП СВЧ является поддержание на постоянном уровне заданных параметров температуры нагрева семян, другими словами: обеспечение минимального градиента температур в объеме обрабатываемого материала.

Несмотря на большое количество работ, направленных на определение степени неравномерности нагрева материала в ЭМП СВЧ [11–14], остается малоизученным вопрос о распределении температурных полей в объеме семенного материала. Это связано в первую очередь с проблемой одновременного измерения температуры во множестве точек объема обрабатываемого материала.

Самым известным путем решения задачи по снижению степени неравномерности обработки ЭМП СВЧ является механическое перемещение обрабатываемого материала по рабочей камере (круговое или ламинарное движение обрабатываемого материала) [11]. Другими способами повышения равномерности нагрева является усовершенствование рабочей камеры (объемного резонатора), изменение геометрии и количества излучающих щелей волновода, добавление магнетронов, воздействие на обрабатываемый материал двумя близкими частотами либо возмущение ЭМП (добавление диссектора в месте входа ЭМП СВЧ в рабочую камеру) [11–14]. Однако указанные выше мероприятия не могут полностью устранить неравномерность нагрева семян в рабочей камере СВЧ-установки.

**Цель работы.** Исследование влияния степени неравномерности нагрева семян рапса в ЭМП СВЧ на их энергию прорастания и всхожесть.

**Задача исследования.** Определить лабораторную всхожесть семян рапса в зависимости от

влияния степени неравномерности нагрева семян в ЭМП СВЧ.

**Методика исследования.** Согласно идее тепловой стимуляции, для улучшения посевных качеств семян их необходимо нагреть на определенную температуру (не превышающую допустимую) за определенное время [1]. Проведенные исследования показывают, что на посевные качества, обеззараживание от семенных инфекций и урожайность семян оказывают влияние такие показатели, как удельная мощность ЭМП СВЧ, экспозиция (время) нагрева семян, конечная температура семян, обработанных в СВЧ-поле [1–10].

Для предпосевной обработки семян малотоннажных сельскохозяйственных культур ЭМП СВЧ с целью их стимуляции и (или) обеззараживания и для проведения научных экспериментов часто используют бытовую микроволновую печь, помещая внутрь цилиндрическую емкость объемом 1–2 литра с предварительно увлажненными семенами [1–3]. В качестве выходного параметра предпосевной обработки обычно принимается интегральная температура нагрева семян [1, 4–7]. Однако нагрев диэлектрического материала, помещенного в микроволновую печь, как отмечалось выше, производится неравномерно.

Одновременно во множестве точек измерить температуру на исследуемой поверхности можно с помощью тепловизора. В нашем эксперименте для послойного измерения распределения температурных полей в верхнем (поверхностном), среднем и нижнем слое семенного материала, подробно описанном в работах [2, 3], использовался тепловизор FLIR SYSTEMS THERMACAM P65 (с погрешностью измерения температур  $\pm 2\%$ ).

Предварительно доведенные до влажности 20 % семена рапса насыпали в три слоя в емкость диаметром 25 см. Каждый слой составлял около 15 мм. Между слоями помещали сетку из радиопрозрачного материала. Сетка позволяла мгновенно убрать слой семян для исследования распределения температурного поля семян тепловизором в плоскости, находящейся под сеткой.

Обработка семян рапса ЭМП СВЧ производилась при следующих входных параметрах:  $P_{уд} = 1529 \text{ Вт/дм}^3$ ,  $t = 60 \text{ с}$ .

**Результаты исследования.** Результаты опытов представлены в [2, 3] в виде гистограмм распределения температур по площади семян, с тепловизионными снимками и последующим математическим анализом.

Как показали тепловизионные исследования, в верхнем слое семенного материала температура семян изменяется от 27,3 до 46,7°C.

Диапазон изменения температуры в среднем слое семян на глубине 15 мм изменяется от 28,2 до 49,7°C, а диапазон температуры в нижнем слое семян на глубине 30 мм (15 мм от дна) изменяется от 32 до 49,1°C.

Распределение температуры в послойных срезах материала дает представление о градиентах температуры в объеме.

В разработанной нами СВЧ-установке, конструкция которой подробно описана в [2, 3] и которая защищена патентом РФ на изобретение [15], нагрев семенного материала, как показали

результаты эксперимента, происходит более равномерно: температура семян изменяется в диапазоне от 35,3 до 42,8°C.

Для исследования влияния распределения температурных полей в объеме обрабатываемого материала на энергию прорастания и лабораторную всхожесть из обработанных семян нами отбирались навески для определения посевных качеств семян рапса путем проращивания в оптимальных условиях. После исследования температурных полей в послойных срезах семена каждого слоя тщательно перемешивались и закладывались для проращивания в лабораторных условиях.

Результаты эксперимента сведены в таблицу.

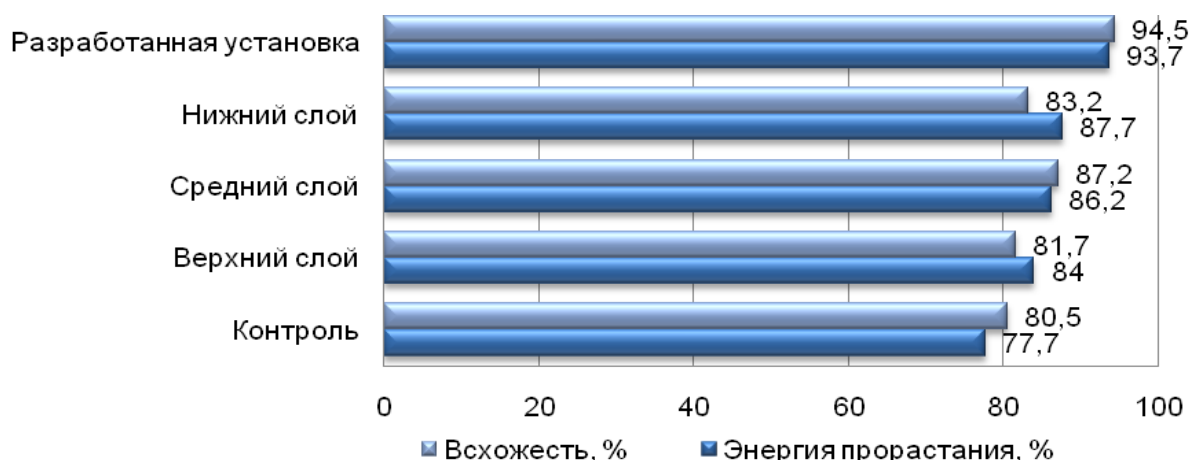
Для оценки влияния степени неравномерности нагрева ЭМП СВЧ на энергию прорастания и всхожесть семян рапса составлен график, приведенный на рисунке.

**Результаты влияния степени неравномерности нагрева в объеме обрабатываемого материала на энергию прорастания и всхожесть семян рапса**

Вариант опыта (температура по объему), °С	Коэф. вариации	Повторность	Количество зерен, проросших через 3 суток, шт.	Энергия прорастания, %	Количество зерен, проросших через 7 суток, шт.	Всхожесть, %
1	2	3	4	5	6	7
Контроль (без обработки)	-	1	78	78	80	80
		2	74	74	81	81
		3	80	80	80	80
		4	79	79	81	81
		Средняя	77,7	77,7	80,5	80,5
Верхний слой (от 27,3 до 46,2 при средней 36,2)	0,129	1	82	82	80	80
		2	84	84	87	87
		3	86	86	77	77
		4	84	84	83	83
		Средняя	84	84	81,7	81,7
Средний слой (от 28,2 до 49,7 при средней 36,2)	0,079	1	89	89	84	84
		2	84	84	90	90
		3	85	85	87	87
		4	87	87	88	88
		Средняя	86,2	86,2	87,2	87,2

Окончание табл.

1	2	3	4	5	6	7
Нижний слой (от 32 до 49,1 при средней 41,1)	0,075	1	88	88	86	86
		2	87	87	80	80
		3	87	87	82	82
		4	89	89	85	85
		Средняя	87,7	87,7	83,2	83,2
Экспериментальная установка (от 35,3 до 42,8 при средней 39,1)	0,021	1	90	90	90	90
		2	93	93	94	94
		3	95	95	96	96
		4	97	97	98	98
		Средняя	93,7	93,7	94,5	94,5



Влияние степени неравномерности нагрева в объеме обрабатываемого материала на энергию прорастания и всхожесть семян рапса

**Выводы.** Проведенными нами исследованиями температурных полей доказано, что в бытовой микроволновой печи происходит неравномерный нагрев исследуемого материала, в связи с чем наблюдается различная лабораторная всхожесть, при этом неравномерность нагрева варьируется:

– в верхнем слое обрабатываемого материала от 27,3 до 46,7°C (при средней температуре по площади 36,2°C и коэффициенте вариации 12,9 %) – всхожесть семян составила 81,7 %;

– в среднем слое обрабатываемого материала от 28,2 до 49,7°C (при средней температуре по площади 36,2°C и коэффициенте вариации 7,9 %) – всхожесть семян составила 87,2 %;

– в нижнем слое обрабатываемого материала от 32 до 49,1°C (при средней температуре по

площади 42,7°C и коэффициенте вариации 7,5%) – всхожесть семян составила 83,2 %;

азработанная СВЧ-установка позволяет снизить коэффициент вариации до ~ 2 %, по сравнению с ~ 5–13 % при обработке семян в бытовой микроволновой печи, т.е. в 2,5–6,5 раза, что позволяет повысить лабораторную всхожесть от 6 до 9,7 % (в сравнении с неравномерной обработкой).

По результатам анализа проведенных лабораторных опытов (см. табл. и рис.) доказано, что на увеличение лабораторной всхожести и энергию прорастания семян рапса влияет степень неравномерности обработки семенного материала в ЭМП СВЧ, и чем выше степень равномерности нагрева семян в ЭМП СВЧ, тем выше лабораторная всхожесть и энергия прорастания.

Литература

1. Цугленок Г.И., Юсупова Г.Г., Головина Т.А. Термическое воздействие СВЧ-поля на продовольственное зерно пшеницы. – Красноярск, 2005. – 125 с.
2. Исаев А.В., Бастрон А.В., Мещеряков А.В. [и др.]. Исследование температурных полей при предпосевной обработке семян масличных культур ЭМП СВЧ // Ползуновский вестник. – 2011. – № 2/1. – С. 4–8.
3. Исаев А.В., Бастрон А.В. Тепловизионные исследования температурных полей при предпосевной обработке семян сельскохозяйственных культур ЭМП СВЧ // Вестник ИрГСХА. – 2014. – № 64. – С. 79–86.
4. Цугленок Г.И., Бастрон Т.Н., Василенко А.А. [и др.]. Исследование режимов предпосевной обработки семян козлятника энергией СВЧ-поля и ультразвуком // Вестник ИрГСХА. – 2014. – № 65. – С. 117–123.
5. Юсупова Г.Г., Головина Т.А., Цугленок Г.И. Влияние СВЧ-поля на грибную инфекцию зерна. Биология – наука XXI века: мат-лы 7-й Пущинской школы – конф. молодых ученых. – Пущино, 2003. – С. 270–271.
6. Юсупова Г.Г. Деконтаминация зерна и продуктов его переработки от токсикогенных грибов энергией СВЧ-поля // Вестник ФГОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина». – 2008. – № 4. – С. 19–22.
7. Юсупов Р.Х., Юсупова Г.Г. Электротермическое воздействие энергией СВЧ-поля – экологичное решение проблемы качества и безопасности зернового сырья // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина». – 2012. – № 1 (52). – С. 9–11.
8. Кондратенко Е.П., Соболева О.М., Вербицкая Н.В. [и др.]. Реакция зерновых злаков на воздействие сверхвысокочастотного электромагнитного поля. – Кемерово, 2015. – 128 с.
9. Кондратенко Е.П., Соболева О.М., Егорова И.В. [и др.]. Изменение качества зерна пшеницы под воздействием поля сверхвысокой

частоты // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 5 (127). – С. 30–37.

10. Полевик Н.Д., Попов В.М., Бидянов В.А. [и др.]. Повышение эффективности предпосевной СВЧ-обработки семян // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2012. – № 5. – С. 23–24.
11. Сапунов Г.С. Ремонт микроволновых печей. – М.: СОЛОН-Пресс, 2003. – 272 с.
12. Коломейцев В.А., Комаров В.В., Цыганков А.В. [и др.]. Критерии оценки равномерности теплового поля в области взаимодействия при СВЧ-нагреве // Технологические СВЧ-установки, функциональные электродинамические устройства. – 1998. – С. 35–40.
13. Фархутдинов Р.В., Бизякин А.С., Насыбуллин А.Р. Повышение равномерности термообработки в СВЧ-поле // Школа молодых ученых. – 2013. – С. 103–104.
14. Червяков А.В., Курзенков С.В., Циркунов А.С. [и др.]. Экспериментальное исследование распределения температурного поля в зерновом материале при обработке СВЧ-полем // Инновационные технологии для АПК России. – Зеленоград, 2008. – С. 262–272.
15. Патент 2311002 Российская Федерация, МПК7 Н 05 В 6/64, Н 05 В 6/64. Устройство для термической обработки сыпучих диэлектрических материалов / А.В. Бастрон, А.В. Мещеряков, Н.В. Цугленок. – Заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «КрасГАУ». – № 20066119391/09; заявл. 02.06.06; опубл. 20.11.07, Бюл. № 32. – 5 с.

Literatura

1. Cuglenok G.I., Jusupova G.G., Golovina T.A. Termicheskoe vozdejstvie SVCh-polja na prodovol'stvennoe zerno pshenicy. – Krasnojarsk, 2005. – 125 s.
2. Isaev A.V., Bastron A.V., Meshherjakov A.V. [i dr.]. Issledovanie temperaturnyh polej pri predposevnoj obrabotke semjan maslichnyh kul'tur JeMP SVCh // Polzunovskij vestnik. – 2011. – №2/1. – S. 4–8.
3. Isaev A.V., Bastron A.V. Teplovizionnyye issledovanija temperaturnyh polej pri predposevnoj obrabotke semjan

- sel'skhozjajstvennyh kul'tur JeMP SVCh // Vestnik IrGSHA. – 2014. – № 64. – S. 79–86.
4. *Cuglenok G.I., Bastron T.N., Vasilenko A.A.* [i dr.]. Issledovanie rezhimov predposevnoj obrabotki semjan kozljatnika jenergiej SVCh-polja i ul'trazvukom // Vestnik IrGSHA. – 2014. – № 65. – S. 117–123.
  5. *Jusupova G.G., Golovina T.A., Cuglenok G.I.* Vlijanie SVCh-polja na gribnuju infekciju zerna. Biologija – nauka XXI veka: mat-ly 7-j Pushhinskoj shkoly – konf. molodyh uchenyh. – Pushhino, 2003. – S. 270–271.
  6. *Jusupova G.G.* Dekontaminacija zerna i produktov ego pererabotki ot toksikogennyh gribov jenergiej SVCh-polja // Vestnik FGOU VPO «Moskovskij gosudarstvennyj agroinzhenernyj universitet im. V.P. Gorjachkina». – 2008. – № 4. – S. 19–22.
  7. *Jusupov R.H., Jusupova G.G.* Elektrotermicheskoe vozdejstvie jenergiej SVCh-polja – jekologichnoe reshenie problemy kachestva i bezopasnosti zernovogo syr'ja // Vestnik Federalnogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrejdeniya visshego professional'nogo obrazovaniya «Moskovskij gosudarstvennyj agroinzhenernyj universitet im. V.P. Gorjachkina». – 2012. – № 1 (52). – S. 9–11.
  8. *Kondratenko E.P., Soboleva O.M., Verbickaja N.V.* [i dr.]. Reakcija zernovyh zlakov na vozdejstvie sverhvysochastotnogo jelektromagnitnogo polja. – Kemerovo, 2015. – 128 s.
  9. *Kondratenko E.P., Soboleva O.M., Egorova I.V.* [i dr.]. Izmenenie kachestva zerna pshenicy pod vozdejstviem polja sverhvysokej chasty // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2015. – № 5 (127). – S. 30–37.
  10. *Polevik N.D., Popov V.M., Bidjanov V.A.* [i dr.]. Povyshenie jeffektivnosti predposevnoj SVCh-obrabotki semjan // Mehanizacija i jelektifikacija sel'skogo hozjajstva. – 2012. – № 5. – S. 23–24.
  11. *Sapunov G.S.* Remont mikrovolnovyh pechej. – M.: SOLON-Press, 2003. – 272 s.
  12. *Kolomejcev V.A., Komarov V.V., Cyganov A.V.* [i dr.]. Kriterii ocenki ravnomernosti teplovogo polja v oblasti vzaimodejstvija pri SVCh-nagreve // Tehnologicheskie SVCh-ustanovki, funkcional'nye jelektrodinamicheskie ustrojstva. – 1998. – S. 35–40.
  13. *Farhutdinov R.V., Bizjakin A.S., Nasybullin A.R.* Povyshenie ravnomernosti termoobrabotki v SVCh-pole // Shkola molodyh uchenyh. – 2013. – S. 103–104.
  14. *Chervjakov A.V., Kurzenkov S.V., Cirkunov A.S.* [i dr.]. Jeksperimental'noe issledovanie raspredelenija temperaturnogo polja v zernovom materiale pri obrabotke SVCh-polem // Innovacionnye tehnologii dlja APK Rossii. – Zernograd, 2008. – S. 262–272.
  15. Patent 2311002 Rossijskaja Federacija, MPK7 H 05 B 6/64, H 05 B 6/64. Ustrojstvo dlja termicheskoj obrabotki sypuchih dijelektricheskikh materialov / *A.V. Bastron, A.V. Meshherjakov, N.V. Cuglenok.* – Zajavitel' i patentoobladatel' FGOU VPO «KrasGAU». – № 20066119391/09; zajavl. 02.06.06; opubl. 20.11.07, Bjul. № 32. – 5 s.