



## БИОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СТИМУЛЯЦИИ СЕМЯН

Смердов А.А., д.т.н.,

Петровский А.Н.

*Полтавская государственная аграрная академия*

Тел. (05322) 2-29-81

**Аннотация** – в статье рассмотрены вопросы разработки и построения биотехнической системы (БТС) облучения электромагнитным (ЭМ) полем семян. Система включает два биообъекта: первый – облучаемые семена; второй – человек-оператор, работающий в ЭМ поле с частотой 27,12 МГц. Требования этих двух биообъектов к излучаемой ЭМ энергии являются противоречивыми. Испытания созданной системы при облучении семян пшеницы, ячменя, огурцов и томатов показали, что всхожесть повышается в 1,2...1,35 раза по сравнению с необлученными семенами. Оптимальный диапазон температур при облучении семян составил 23...31°C. Полевые испытания предпосевного облучения ячменя показали увеличение урожайности на 24%. Разработанная БТС исключает влияние ЭМ поля на обслуживающий персонал и позволяет находиться в непосредственной близости к источнику излучения поля.

**Ключевые слова** – биотехническая система, биообъект, семяна, облучение семян, температура, всхожесть, урожайность.

*Постановка проблемы.* Анализ хозяйственной деятельности агропромышленного комплекса Украины показывает, что рост расходов на производство продукции растениеводства опережает рост урожайности: на 1% увеличения урожая приходится 2,5% повышения антропогенных расходов [1]. Урожайность сельскохозяйственных культур в значительной степени определяется высоким качеством семенного материала, интенсивным проростанием семян и высоким темпом роста растений на начальном этапе развития, которые зависят от условий формирования семян в период вегетации, своевременной и качественной их подготовки в предпосевной период.

Системы электромагнитного облучения (стимуляции) семян являются биотехническими системами. Биотехническая система (БТС) –

это совокупность взаимосвязанных и взаимозависимых биологических и технических систем или объектов, направленных на решение единой задачи. Биотехнические системы можно разделить на следующие виды: БТС медицинского назначения для лечения людей; БТС ветеринарной медицины и животноводческого назначения; БТС растительного назначения; БТС предназначенные для обработки грунта.

Системы предпосевной электромагнитной стимуляции семян являются типичными БТС растительного назначения. Эти системы, формирующие способы внешнего воздействия на растительные биологические объекты, связанные с использованием электромагнитных (ЭМ) полей, являются самыми распространенными на сегодняшний день и позволяют создавать новые технологии, обладающие высокой биологической и экономической эффективностью [2].

*Анализ последних исследований.* Целью настоящей работы является разработка биотехнической системы (БТС) облучения электромагнитным полем семян различных растений и обсуждение полученных экспериментально-производственных результатов.

Отметим, что разработка любой БТС тесно связана с использованием различных физических явлений, полей и излучений, их взаимодействием с биологическим объектом на макро-, микро- и наноуровне [2]. При этом основной задачей является исследование условий передачи воздействия, сформированного техническими средствами, биологическому объекту, а также выбор формы, интенсивности, длительности и других параметров воздействия, согласованных с физиологическими характеристиками биообъекта.

*Формулирование цели статьи.* Особенность рассматриваемой БТС состоит в том, что она включает два биообъекта: первый – семена, стимуляция которых ЭМ полем должна интенсифицировать процесс их всхожести и роста; второй – человек-оператор, облучение которого электромагнитным полем в диапазоне частот от 20 до 300 МГц приводит к поглощению энергии поля всем телом человека, особенно значительному локальному поглощению (например, головой), что может вызвать нежелательные последствия. Эти противоречивые требования с точки зрения излучаемой ЭМ энергии необходимо учитывать при разработке БТС стимуляции семян.

*Основная часть.* Рассмотрим построение и работу технической подсистемы-аппарата облучения УВЧ 27-60 [3], который является составной частью БТС предпосевого облучения семян, включающей также человека-оператора. На рис.1 представлена блок-схема технической подсистемы облучения семян ЭМ полем. В основу построения системы положен способ облучения семян ЭМ полем в диапазоне частот 20-30 МГц с продолжительностью импульсов 0,03-0,04 мкс и

мощностью облучения 20-60 Вт [4].

Задающий генератор генерирует синусоидальный сигнал частотой 27,12 МГц, который подается на усилитель. Частота автогенератора стабилизирована кварцем. Выбор такой частоты (длина волны 11,06 м) основан на многолетнем применении медицинских аппаратов УВЧ-терапии при лечении острых воспалительных процессов в органах и тканях человека. С выхода усилителя сигнал через согласующее устройство подается на резонансный LC контур и далее на блок облучения, представляющий собой емкость, между пластинами которой находятся облучаемые семена. При этом емкость одновременно является антенной аппарата, к которой подводится регулируемая в пределах (10-60) Вт мощность ЭМ поля. Часть энергии ЭМ поля в антенне-конденсаторе идет на нагревание зерна, а часть – излучается в свободное пространство, что представлено на рис.1.

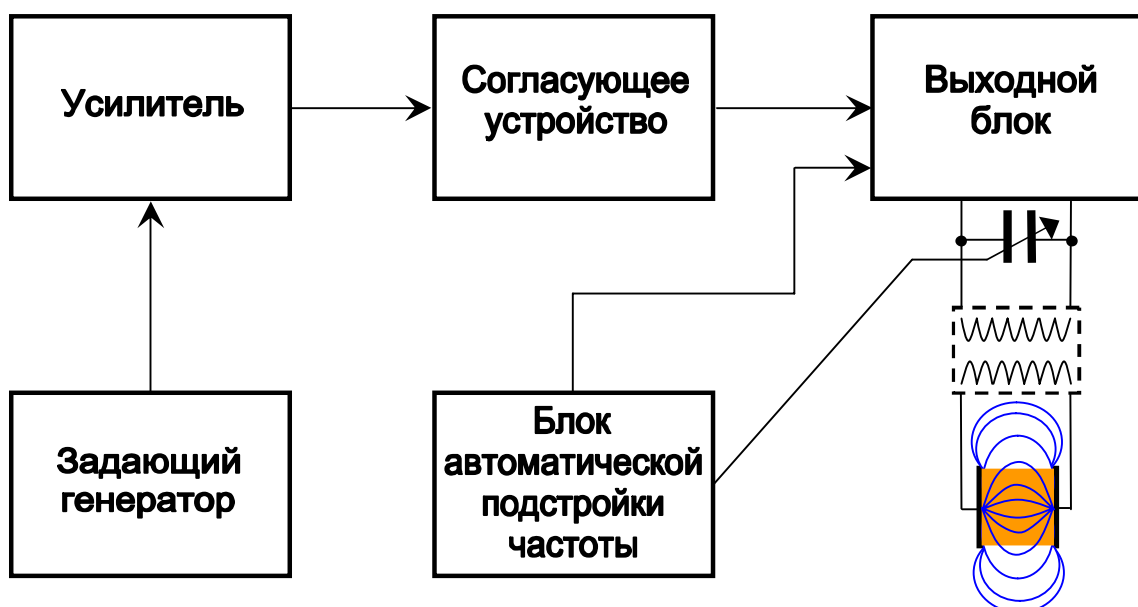


Рис.1. Блок-схема аппарата предпосевного облучения семян.

Эффективное облучение семян осуществляется, когда вторичный контур настроен на рабочую частоту. В этом случае напряжение электрического поля между пластинами конденсатора максимально. Однако, облучаемые семена имеют различные характеристики - вид, размеры, влажность и др. Это приводит к изменению их диэлектрических параметров и, как следствие, к изменению резонансной частоты контура, что требует автоматической подстройки частоты.

Блок автоматической подстройки частоты (АПЧ) осуществляет подстройку частоты резонансного LC контура посредством цилиндрического воздушного конденсатора, подключенного параллельно элементам контура [5]. Емкость воздушного конденсатора изменяется путем изменения положения его пластин с помощью электродвигате-

ля, который входит в состав исполнительного механизма блока АПЧ. Разработанный блок АПЧ обеспечивает подстройку частоты при большой излучаемой мощности и в широких пределах изменения диэлектрических параметров облучаемых семян.

Общий вид аппарата УВЧ 27-60 представлен на рис.2.



Рис.2. Конструкция аппарата предпосевного облучения семян.

Конструктивно аппарат выполнен в виде двух блоков: электронного блока и емкости-облучателя, соединенных коаксиальным кабелем. Конструкция емкости-облучателя позволяет засыпать сверху зерно. Разработанная конструкция обеспечивает полное автоматическое освобождение её от облученных семян.

Емкость-облучатель является антенным устройством, подводя к которому мощностью частотой 27,12 МГц достигает 60 Вт. При нормальной работе аппаратуры облучение персонала может быть весьма значительным: напряженности поля превышают 2000 Вт/м и 5 А/м [6]. Более чем 80-летняя практика применения ЭМ поля этой частоты для медицинских целей нагрева глубоких тканей, а также стимуляции определённых физиологических процессов показала, что для уменьшения опасности облучения во время работы аппаратуры, обслуживающему персоналу не рекомендуется находиться на расстоянии ближе чем 2 м от устройства излучения [6]. Отечественные исследования в области влияния на человека ЭМ полей в диапазоне 20...300 МГц и критерии их оценки практически отсутствуют [7]. Поэтому с целью уменьшения дозы облучения обслуживающего персо-

нала антенная емкость выполнена в виде восьмигранной призмы, боковые грани которой имеют короткозамкнутый виток. Это практически исключает электромагнитное излучение за пределы емкости, обеспечивает полную безопасность обслуживающего персонала и позволяет находиться в непосредственной близости с излучающим аппаратом.

Технические характеристики аппарата облучения семян УВЧ 27-60 представлены в таблице 1.

Таблица 1- Технические характеристики аппарата УВЧ 27-60

Характеристика	Единица измерения	Величина
Рабочая частота	МГц	27,12±0,05%
Выходная мощность	Вт	10...60
Длительность облучения емкости	мин	1...99
Объем мощности антенны	дм <sup>3</sup>	7,8
Производительность	кг/час	2...20
Напряжение питания	В, Гц	(220±10%), 50
Потребляемая мощность	ВА	не более 100

Для экспериментальных испытаний аппарата УВЧ 27-60 были использованы следующие сорта растений: пшеница «Коломак-5» третьего класса, ячмень «Гетман», огурцы «Феникс 690», томаты «Дар Заволжья». Масса отобранных проб по каждому виду растений составляла 0,05 кг. Путем случайной выборки отбиралось по 200 семян с начальной влажностью 10...12% при температуре хранения 18°C, которые делились по 100 штук. Первая проба была контрольной, другие 15 проб облучались в пределах от 1 до 15 минут с интервалом в одну минуту. Семена облучались аппаратом УВЧ 27-60 при выходной мощности 60 Вт, затем увлажнялись в чашках Петри с фильтровальной бумагой и помещались для проращивания в термостат при температуре +24±0,5°C. Через трое суток определялось количество проросших семян.

Экспериментальные данные по всхожести семян пшеницы, огурцов и томатов в зависимости от времени облучения при выходной мощности 60 Вт аппарата УВЧ-27-60 представлены в таблице 2.

При этом температура нагрева семян  $T$  связана с длительностью их облучения  $t$  соотношением

$$T = T_H + 17,5(1 - e^{-\alpha t}),$$

где  $T_H=18^{\circ}\text{C}$  – начальная температура;  $\alpha=0,1 \text{ мин}^{-1}$  – постоянная времени нагрева.

Таблица 2- Всхожесть семян в зависимости от времени облучения

Длительность облучения, мин.	Всхожесть семян, %			
	пшеница	ячмень	томаты	огурцы
Контрольная партия	72	71	72	76
5	95	83	79	90
10	88	92	88	82
15	82	85	82	78

Анализ полученных экспериментальных данных показал, что всхожесть всех семян имеет максимум, который в 1,2...1,35 раза больше по сравнению с контрольными. При этом оптимальное значение времени облучения для разных семян меняется от 2 до 12 минут [8]. Оптимальные значения температуры нагревания семян, при которых достигается максимальная всхожесть, находятся в диапазоне от 23 до 31 $^{\circ}\text{C}$  и представлены на рис.3.

Уменьшение всхожести семян после достижения максимальных значений при дальнейшем повышении температуры обусловлено локальным перегревом клеточных мембран и денатурацией белков-переносчиков в зародыше.

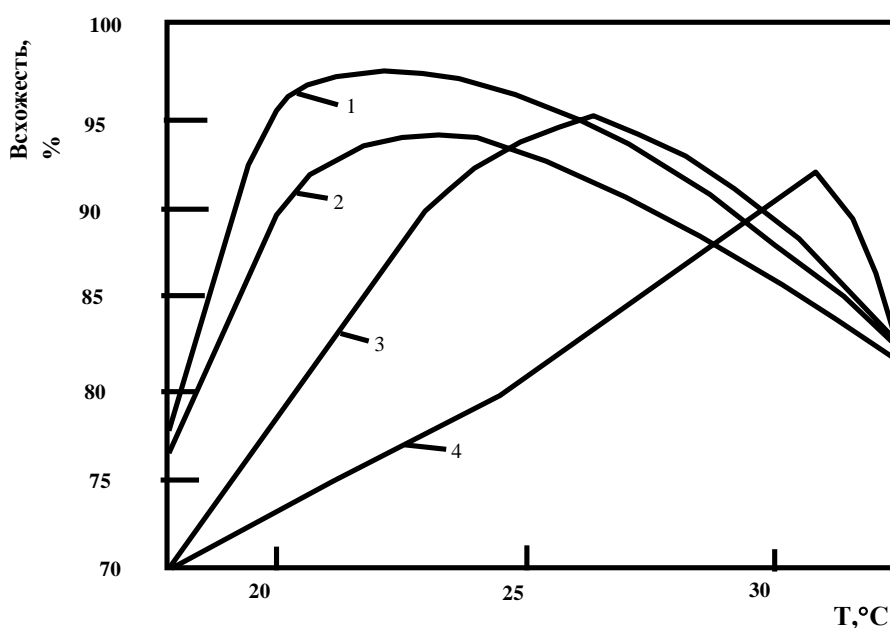


Рис. 3. Всхожесть различных семян в зависимости от температуры нагрева: 1 – семена огурцов; 2 – пшеницы; 3 – ячменя; 4 – томатов.



Кроме экспериментальных исследований по определению всхожести различных семян в зависимости от мощности и длительности их облучения были проведены производственно-полевые испытания. Испытания проводились на полевой базе научно-исследовательского института агрономии в период марта-сентября 2011 года. Высевался ячмень сорта «Гетман» (репродукции урожая 2010 г.) с начальной всхожестью 70-75%. Было облучено 10 кг ячменя при температуре 26-27°C и высеяно на поле площадью 660 м<sup>2</sup>. Посев проводился сеялкой СЗС-1.1 при общей норме посева 140-180 кг/га. На рис.4 показано ячменное поле на 60-й день после посева.



Рис. 4. Вид ячменного поля на 60-й день после посева: правая полоса облученные семена; левая – необлученные.

Полевые испытания показали повышение всхожести ячменя на 20-27%, улучшение энергии роста и повышение урожайности на 24%.

Отдельно можно отметить влияние ЭМ облучения на семена лекарственных растений. Лекарственные растения относятся к дикорастущим, а следовательно их семена изначально имеют небольшую всхожесть (10 – 50 %). При выращивании таких растений в культурных условиях особо остро стоит вопрос повышения всхожести семян. Используя технологию облучения ЭМ полем можно повысить всхожесть и энергию прорастания таких семян. Проведённые опыты на семенах эхинацеи бледной, эхинацеи пурпурной и валерианы показали увеличение всхожести на 45 – 300% и энергии прорастания на 40 – 75%

На основе данных работы [9] на рис. 5 представлена сравнительная характеристика удельных энергозатрат на облучение семян при различных электротехнологиях, включая разработанную БТС, работающую в высокочастотном диапазоне частот ЭМ поля (столбец 4).

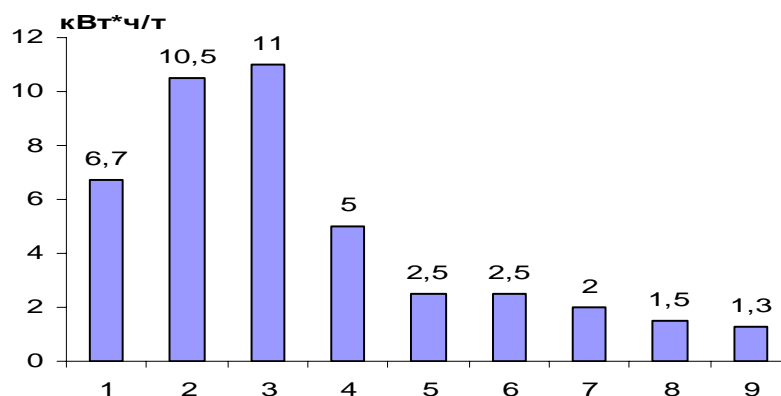


Рис. 5. Характеристика удельных энергозатрат на облучение семян при различных электротехнологиях: 1 – водородно-плазменное воздействие; 2 – ультрафиолетовое излучение; 3 – инфракрасное излучение; 4 – высокочастотное ЭМ поле; 5 – низкоэнергетическое крайневысокочастотное ЭМ поле; 6 – ультравысокочастотное ЭМ поле; 7 – постоянное электрическое поле; 8 – переменное электрическое поле промышленной частоты; 9 – гамма-излучение.

Анализ показывает, что энергозатратность разработанной системы в 2 раза выше, чем низкоэнергетической системы (столбец 5) облучения семян томатов, огурцов, моркови, работающей на частоте 37 ГГц [9].

*Выводы.* Лабораторные испытания по облучению семян пшеницы, ячменя, огурцов и томатов ЭМ полем показали, что их всхожесть повышается в 1,2...1,35 раза по сравнению с контрольными и имеет максимум в зависимости от длительности облучения.

Облучение ЭМ полем семян лекарственных растений с низкой всхожестью (10 – 50%) показало увеличение всхожести эхинацеи бледной, эхинацеи пурпурной и валерианы на 45 – 300% и энергии прорастания на 40 – 75%.

Определено максимальное значение всхожести различных семян, которое зависит от мощности и длительности их облучения ЭМ полем, при этом оптимальное значение температуры разогрева семян находится в диапазоне от 23 до 30 °С. Уменьшение всхожести при повышении температуры обусловлено локальным перегревом клеточных мембран и денатурацией белков – переносчиков в зародыше.

Полевые испытания предпосевного облучения ячменя показали повышение урожайности на 24% по сравнению с контрольными показателями.

Разработанная БТС предпосевного облучения семян исключает влияние ЭМ поля на человека-оператора, работающего в непосредственной близости с антенной емкостью.

На международной выставке «Агро-2011» аппарат УВЧ 27-60



был отмечен золотой медалью.

#### Литература

1. *Скрипник М.М.* Энергозберігаючі електротехнології опромінення рослин / *М.М. Скрипник* // Восточно-европейский журнал передовых технологий, 2006. – №2-3 (18). – С.22-29.

2. *Черенков А.Д., Косулина Н.Г.* Применение информационных электромагнитных полей в технологических процессах сельского хозяйства / *А.Д. Черенков, Н.Г. Косулина* // Світлотехніка та електроенергетика, 2005. - №5. – С.77-80.

3. *Смердов А.А., Петровский А.Н.* Аппарат УВЧ облучения семян сельскохозяйственных культур / *А.А. Смердов, А.Н. Петровский* // Труды конференции «Актуальные проблемы биомедицины». т.Ш. – Сборник научных трудов МРФ – 2011. – Харьков, 2011. – С.71-75.

4. Пат.№51700, Україна. Спосіб передпосівного опромінення насіння зернових. МПК А01С01/00/ *Петровський О.М., Смердов А.А., Жемела Г.П., Волков С.І., Ландар А.А.* – Опубл. 26.07.2010. Бюл.№14, 2010 р.

5. Пат.№58446, Україна. Пристрій для передпосівного опромінення насіння. МПК А01С01/08/ *Петровський О.М., Смердов А.А., Волков С.І., Ландар А.А.* – Опубл. 11.04.2011. Бюл.№7, 2011 р.

6. *Дьомін Д.О., Кузнєцов С.Д., Кузьнєцов О.С., Макаренко К.С.* Огляд літератури щодо дії неіонізованого випромінювання на людину (від 100 кГц до 300 ГГц) / *Д.О. Дьомін, С.Д. Кузнєцов, О.С. Кузьнєцов, К.С. Макаренко* // Биомедицинская инженерия, 2011. - №2. – С.93-94.

7. *Мильд У.Х.* Воздействие электромагнитных ВЧ-полей на персонал / *У.Х. Мильд* // ТИИЭР. Тематический выпуск: Биологические эффекты электромагнитной энергии и медицины, 1980. - №1. – С.16-21.

8. *Смердов А.А., Петровский О.М.* Визначення оптимальних режимів обробки насіння електромагнітним полем / *А.А.Смердов, О.М. Петровський* // Актуальні питання біологічної фізики та хімії БФФХ: Матеріали VII Міжнар.науково-техн.конф. – Севастополь, 2011. – С.44-45.

9. *Никифорова Л.Е.* Низкоэнергетические электромагнитные технологии для активации семян тепличных культур: дис... доктора техн. наук: 05.11.17 – «Биологические и медицинские устройства и системы» / *Никифорова Лариса Евгеньевна.* – Мелитополь, 2009. – 302 с.

## БІОТЕХНІЧНА СИСТЕМА ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СТИМУЛЯЦІЇ НАСІННЯ

Смердов А.А., Петровський О.М.

*Анотація* – в статті розглянуті питання розробки і побудови біотехнічної системи (БТС) опромінення електромагнітним (ЕМ) полем насіння. Система включає два біооб'єкти: перший - опромінюване насіння; другий - людина-оператор, що працює в ЕМ полі з частотою 27,12 МГц. Вимоги цих двох біооб'єктів до випромінюваної ЕМ енергії є суперечливими. Випробування створеної системи при опроміненні насіння пшениці, ячменю, огірків і томатів показали, що схожість підвищується в 1,2...1,35 разів в порівнянні з неопроміненим насінням. Оптимальний діапазон температур при опроміненні насіння склав 23...31°C. Польові випробування передпосівного опромінення ячменю показали збільшення врожайності на 24%. Розроблена БТС виключає вплив ЕМ поля на обслуговуючий персонал і дозволяє знаходитися в безпосередній близькості до джерела випромінювання поля.

## BIOTECHNICAL SYSTEM OF ELECTROMAGNETIC STIMULATION OF SEED

A. Smerdov, A. Petrovsky

### *Summary*

This article are discussed the questions of design and build a biotech of the system (BTS) irradiation by electromagnetic (EM) field of agricultural seed-ment plants. The system consists of two biological objects: the first - irradiated cross-exchange, the second - a human operator working in the EM field with a frequency of 27.12 MHz. The requirements of these two biological objects to the radiated electromagnetic energy is controversial. Tests of the system created by irradiation of seed wheat boundary, barley, cucumber and tomato showed that germination increases of 1.2 ... 1.35 times compared with non-irradiated seeds. The optimal temperature range-zones irradiated seeds was 23 ... 31° C. Field trials of pre irradiation showed an increase in barley yields by 24%. Designed BTS eliminates the influence of electromagnetic fields on staff and can be in close proximity to the source of the radiation field.