УДК 621.374

Оленюк О.А.
к.т.н., асистент
кафедра електротехніки, електромеханіки і електротехнологій
Навчально-науковий інститут енергетики
Подільський державний аграрно-технічний університет
Кам'янець-Подільський, Україна
***E-mail**: alexander.olenyuk@gmail.com*

Ткач О.В.
к.т.н., доцент
кафедра енергозберігаючих технологій та енергетичного менеджменту
Навчально-науковий інститут енергетики
Подільський державний аграрно-технічний університет
Кам'янець-Подільський, Україна
***E-mail**: oleg.v.tkach@gmail.com*

ДОСЛІДЖЕННЯ ПО ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ КВЧ ДІАПАЗОНУ НА НАСІННЯ КУЛЬТУРНИХ РОСЛИН

У сучасних умовах для збільшення врожайності культурних рослин використовують передпосівний обробіток насіння з використанням хімічних і біологічних препаратів. Основними недоліками хімічних і біологічних засобів обробки, як насіння, так і вегетуючих рослин є низька екологічна чистота хімічних і біологічних препаратів, їх здатність накопичуватися в біомасі рослин і впливати на їх генетичну структуру. Головна перевага електромагнітної технології по передпосівній обробці насіння низькоенергетичним випромінюванням КВЧ діапазону полягає в можливості поліпшення їх зростання і розвитку за рахунок мобілізації внутрішніх резервів самого насіння без хімічних або біологічних препаратів або методів генної інженерії.

Дослідження спирається на аналіз літературних джерел, судячи з яких можна зробити висновок, що підвищення врожайності рослин можливо на основі застосування інформаційного електромагнітного випромінювання міліметрового діапазону для передпосівної обробки насіння.

У статті пропонується методика дослідження енергетичних характеристик напівпровідникового генератора для передпосівної обробки насіння

Результатом розробленої методики слідує, що одним з основних елементів установки для передпосівної обробки насіння є випромінювач ЕМ енергії, який повинен сформувати необхідну діаграму спрямованості і забезпечити достатній рівень щільності потоку потужності на зерні.

***Ключові слова:** передпосівна обробка насіння; електромагнітне випромінювання; крайвисокочастотний діапазон; характеристики діодного генератора.*

Вступ. Дослідження по впливу електромагнітного поля КВЧ діапазону на насіння культурних рослин показують, що вони можуть стимулювати ріст і розвиток рослин [1]. Для промислових цілей, пов'язаних з передпосівною обробкою насіння в безперервному потоці, необхідні діодні генератори в КВЧ діапазоні з вихідною потужністю до 2 Вт і відносною нестабільністю частоти 10^{-6}...10^{-7}.

В даний час для генерування і посилення електромагнітних коливань в КВЧ діапазоні довжин хвиль застосовуються електровакуумні прилади ЛБХ, ЛЗХ, клінотрони, клістрони і магнетрони [2, 3]. Проведений аналіз показує, що пристроям з електровакуумних приладів притаманні суттєві недоліки: великі об'ємно-масові характеристики, високовольтні джерела живлення, системи рідинного і повітряного охолодження, нестабільність частоти в межах 10^{-3}.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналіз сучасної напівпровідникової техніки показує, що в КВЧ діапазоні широке застосування знаходять напівпровідникові генератори на лавинно-пролітних діодах

(ЛПД), які за більшістю електричних (малі напруги і струми) і експлуатаційних параметрів (габарити, вага, надійність) перевершують електровакуумні прилади від 30 до 300 ГГц [2 ... 4]. Експлуатаційні характеристики генераторів на ЛПД (вихідна потужність, частота, ККД, діапазон перестроювання, стабільність частоти, якість спектру), а також режим роботи залежить не тільки від параметрів ЛПД, але й типу резонансної системи [4]. Для отримання потужності величиною 2000 ... 3000 мВт в діапазоні частот 50 ... 300 ГГц в генераторі на ЛПД необхідно використовувати метод складання потужностей на єдине навантаження, у якості якого слід застосовувати електродинамічні системи квазіоптичного типу.

Мета цієї статті є теоретичні та експериментальні дослідження енергетичних і спектральних характеристик діодного генератора в КВЧ діапазоні довжин хвиль.

Матеріал і методика дослідження. Проведені теоретичні дослідження показали, що для передпосівної обробки насіння низькоенергетичним електромагнітним випромінюванням необхідні джерела з параметрами: частота 72 ... 76 ГГц; вихідна потужність 1,5 ... 1,6 Вт; відносна нестабільність частоти 10^{-6} ... 10^{-7}. Отримання такої потужності можливо на шести діодах типу 2А762А шляхом підсумовування їх потужності на основі відкритого бочкоподібного резонатора.

На рис. 1 показана конструкція шестидіодного генератора на ЛПД з відкритим бочкоподібним резонатором.

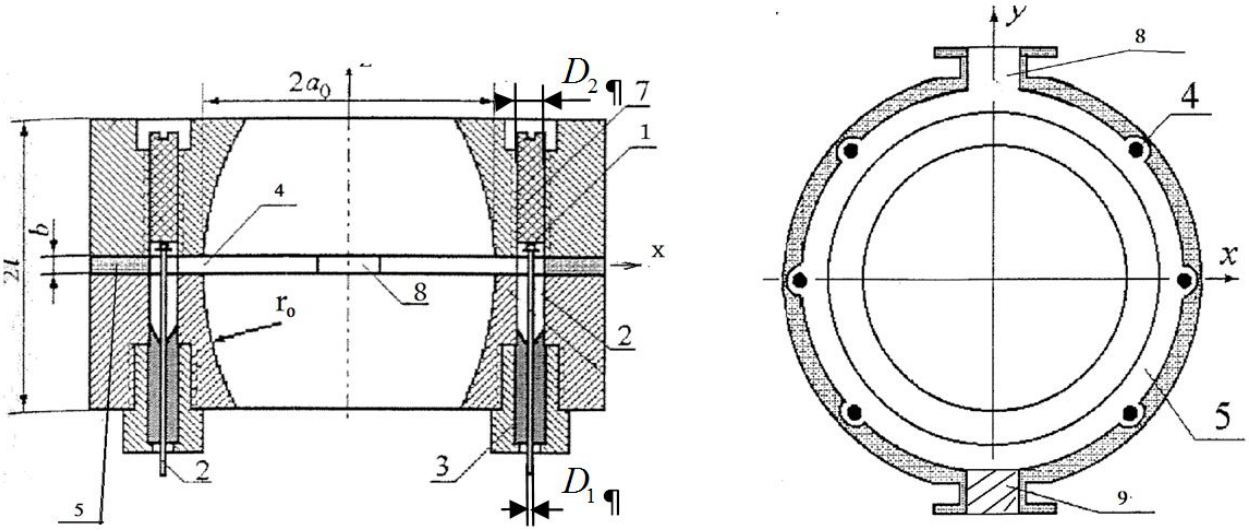

Рис. 1. Конструкція шестидіодного генератора міліметрового діапазону.

Відкритий бочкоподібний резонатор з геометричними параметрами a_0=20 мм, r_0=120 мм, L=20 мм виготовлений з латуні і складається з двох половин. Знімне кільце (5) затиснуте між ними. Зміни розмірів кільця дозволяють змінювати ширину a і висоту b волноводного поглиблення в центральній площині ОБР. Вивід НВЧ-енергії з резонатора здійснюється за допомогою прямокутної щілини зв'язку (8) перерізом 3,6×0,18 мм. Струм живлення до кожного діоду підводився з допомогою низкоомного коаксіалу (6). Завдяки такій конструкції генератора вдалося здійснити роздільне живлення кожного діода і рівномірно розподілити теплове навантаження. У конструкції є декілька відрізків коаксіальних ліній (2), пов'язаних з поглибленням в резонаторі (4). У торці цих відрізків включаються діоди 2А762А (1). Відрізок коаксіалу має поглинач (3), необхідний для усунення паразитних коливань. Узгодження імпедансів діодів з імпедансом коливальної системи ОБР здійснюється, в діапазоні частот 72 ... 76 ГГц, шляхом переміщення діода мікрогвинтом (7), за рахунок зміни фази коефіцієнта стоячої хвилі в місці включення діодів. До діодів подаються струми живлення 12 В. Струми живлення створюють негативний опір в робочій точці вольт-амперної характеристики діода на робочій частоті 72 ... 76 ГГц. Зміна частоти генератора в діапазоні (72 ... 76ГГц) здійснюється зміною струму живлення на одному з діодів. У конструкції шестидіодного генератора були використані елементи з розмірами (рис. 1) a_0=20 мм, r_0=120 мм, L=20 мм; радіус внутрішньої каустики r_m=9 мм; координати зовнішньої каустики $Z_{q=1}$=5,7 мм; D_1=1 мм; D_2=1 мм.

Структурна схема вимірювання основних точносних характеристик (дискретність перестроювання, нестабільність частоти, ступінь придушення дискретних складових у спектрі вихідного сигналу) представлена на рис. 2.

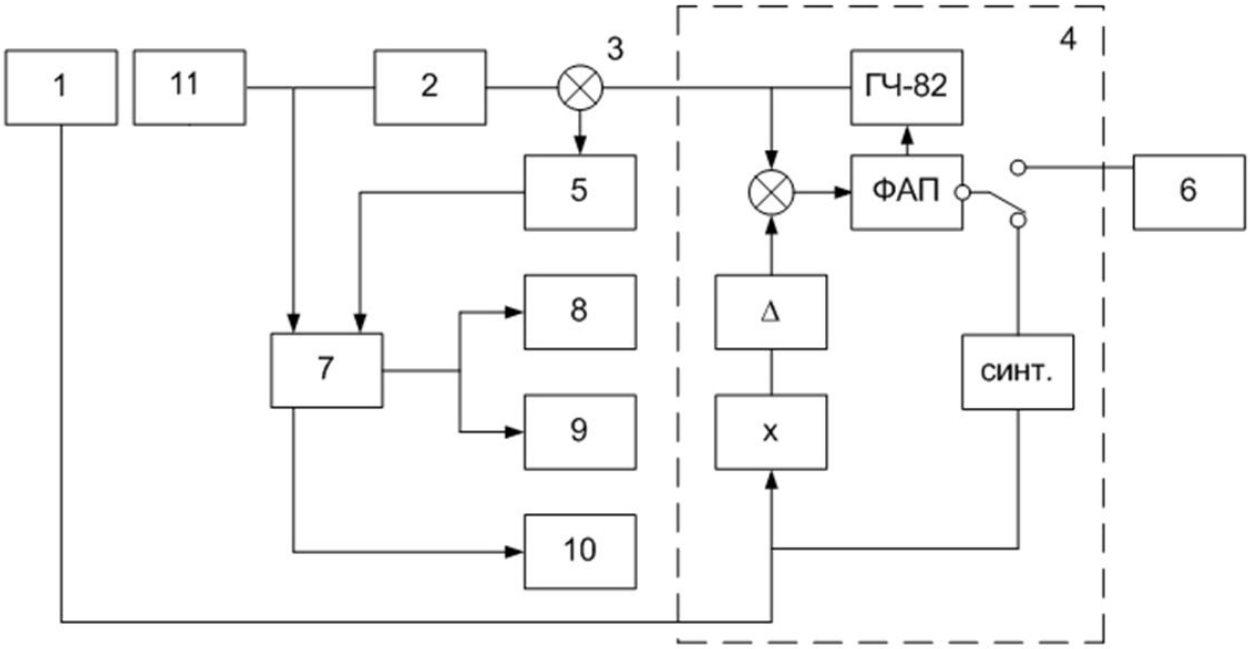

Рис. 2. Структурна схема стенду для дослідження ГЛПД з суматором на основі ОБР: 1 - високостабільний генератор 10 МГц (еталон);
2 - досліджуваний генератор; 3 - змішувач-помножувач; 4 - опорний генератор; 5 - ППЧ; 6 - синтезатор 4-31;
7 - компаратор фазовий Ч7-42;
8, 9 - аналізатори спектру СЧ -48 і СЧ -29; 10 - ЕЛЧ з ПЕОМ;
11 - вимірювач потужності.

На рис. 3 наведено ділянку спектра ОБР для діапазону частот 71 ... 76 ГГц.

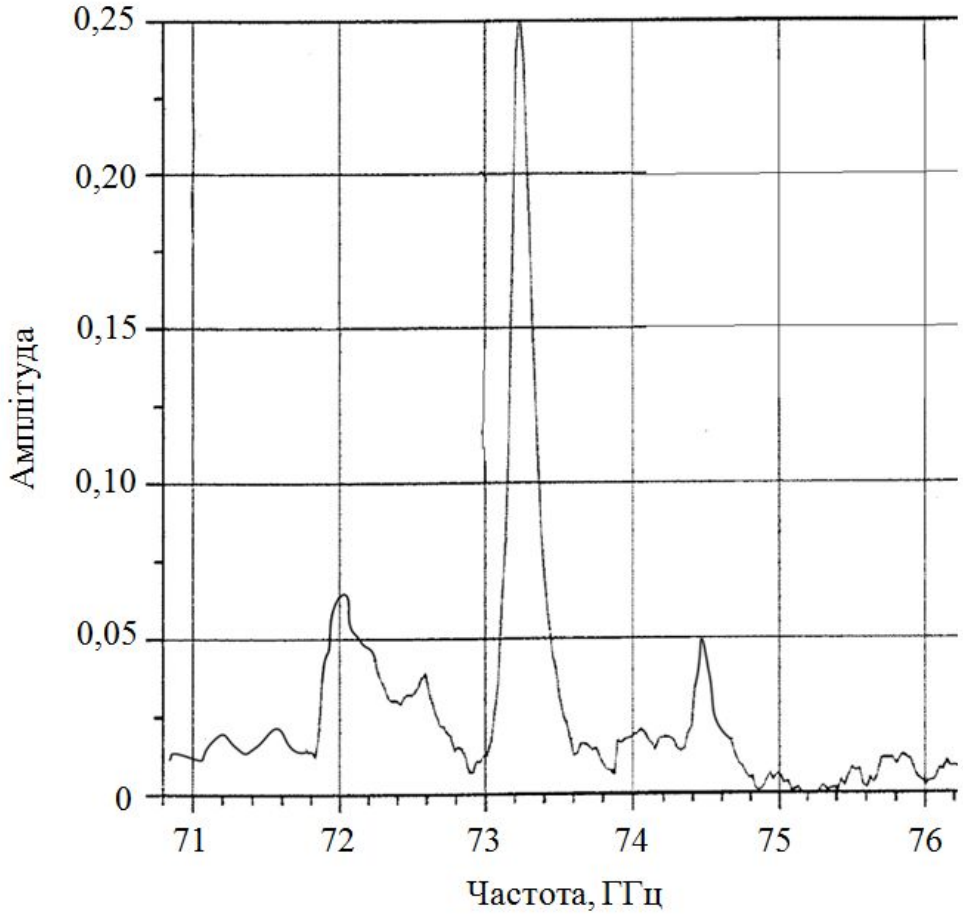

Рис. 3. Ділянки спектру ОБР

Як випливає з результатів вимірювання (рис. 3) основним типом коливань в даній резонансній системі є TM_{1531}, а однією резонансною частотою є частота 73,3 ГГц. Навантажена добротність такого коливання в ОБР, виміряна частотним методом на частоті 73,3 ГГц становила 2000 одиниць. На рис. 4 наведена експериментальна залежність складання потужностей при кількості діодів N=6.

Із залежності (рис.4) видно відхилення сумарної потужності від лінійного закону і зростання втрат на додавання з збільшенням. У даній конструкції чотирьохдіодного суматора потужності на частоті 73,3 ГГц отримана потужність 1575 мВт при ККД підсумовування η=80%.

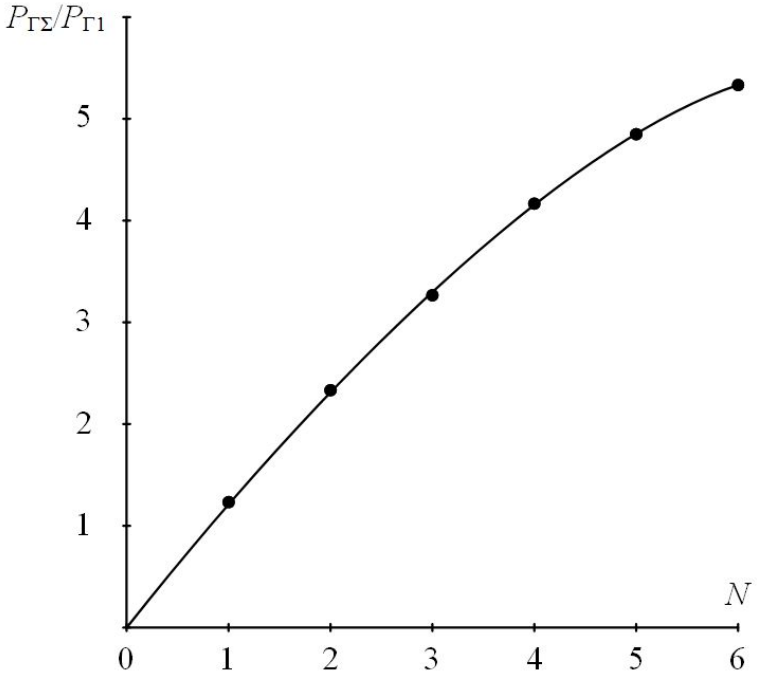

Рис. 4. Експериментальна характеристика складання потужностей ЛПД від числа діодів N:
- $P_{\Gamma\Sigma}$ – сумарна потужність бти секцій;
- $P_{\Gamma 1}$ – потужність однієї діодної секції.

Результати вимірювань відносної нестабільності частоти шестидіодного на ЛПД генератора представлена на рис. 5.

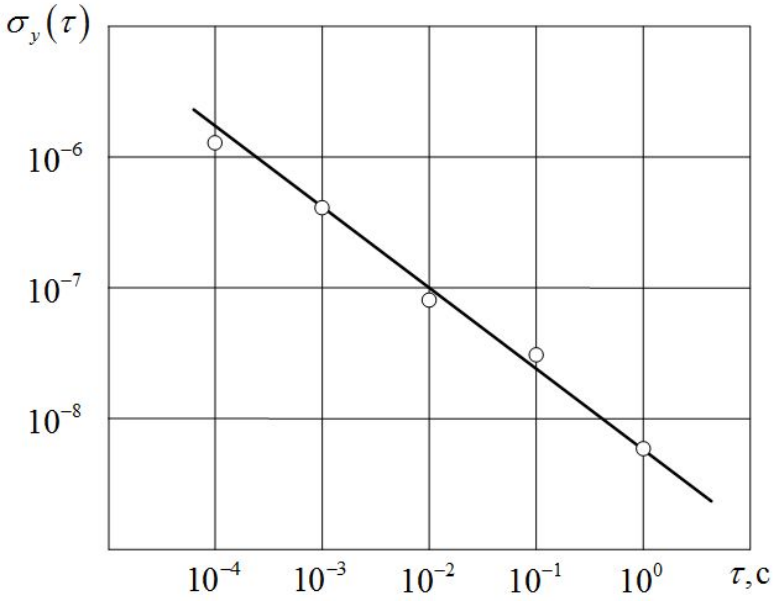

Рис. 5. Залежність відносної нестабільності частоти чотирьохдіодного на ЛПД генератора від часу вимірювання

Результати. Як випливає з отриманих результатів (рис. 5), короткочасна нестабільність частоти генератора становить 10^{-6}, довготривала 10^{-9}, а ступінь заглушення дискретних складових у спектрі вихідного сигналу склала 48 дБ. Експериментальна перевірка електронної зміни частоти генерації наведена на рис.6.

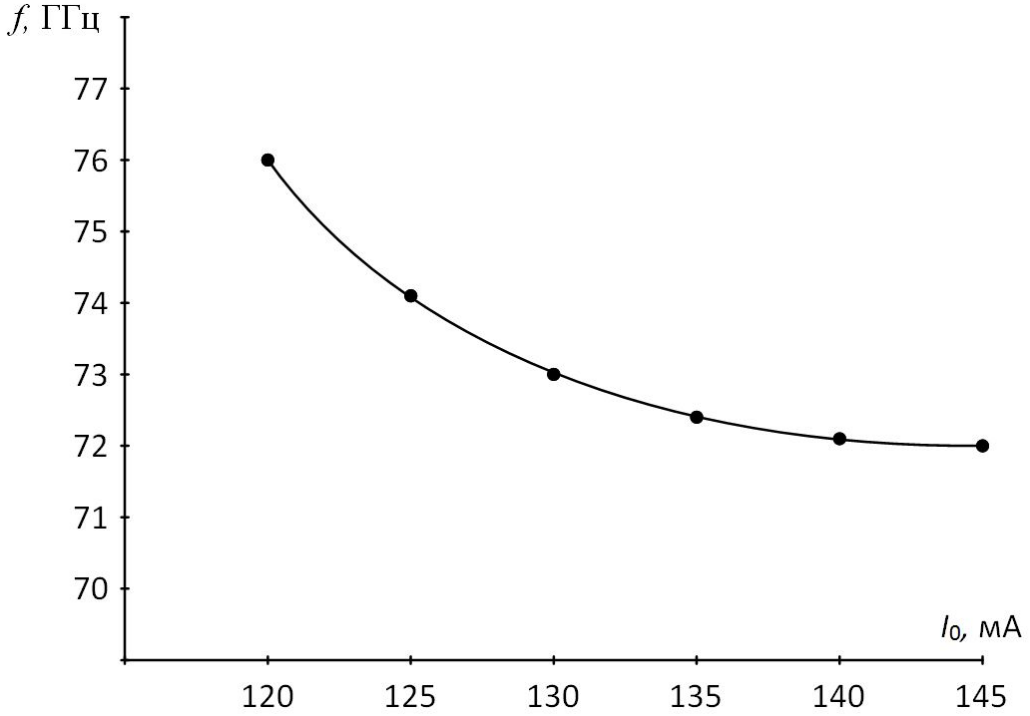

Рис. 6. Залежність електронного перестроювання частоти генератора від величини струму одного з діодів

Залежність електронного перестроювання частоти генератора показує (рис. 6), що крутизна електронного перестроювання становить 160 МГц/мА для діапазону частот 72 ... 76 ГГц.

Висновки. Для передпосівної обробки насіння слід використовувати діодний генератор з параметрами:

- Діапазон робочих частот 72 ... 76 ГГц;
- Короткочасна відносна нестабільність частоти 10^{-6};
- Вихідна потужність 1570 мВт;
- Крутизна електронного перестроювання 160 МГц/мА.

Список використаних джерел

1. Parker, R. Vacuum Electronics. Abrams R., Danly B., Levush B. IEEE Transactions on MTT. 2002. V. 50, №3. P. 835 – 845.

2. Granatstain, V. Vacuum electronics at the dawn of the twenty-first century. Parkekr R., Armstrong C. Proc. IEEE. 1999. V. 87, №5. P. 702 – 716.

3. Freund, H. P. Free-electron lasers: vacum electronic generators of coherent radiation. Neil G. R. Proceeding of the IEEE. 1999. V. 87, № 5. P. 782 – 803.

4. Касаткин, Л. В. Электровакуумные приборы диапазона миллиметровых волн. Рукин В.П., Еремка В. Д. и др. Севастополь: Вебер, 2007. – 252 с.

5. Оленюк, А.А. Определение резонансной частоты эмп для воздействия на семена сферической формы. Вестник «ХПИ». 2012. №66 (972). С. 173-177.

6. Касаткин, Л.В. Полупроводниковые устройства диапазона миллиметровых волн. Чайка В.Е. Севастополь: Вебер, 2006. 319 с.

Olenyuk Alexander
Ph.D. (Techn.), Assistant Lecturer
Department of of Electrical Engineering, Electromechanics and Electrotechnology
State Agrarian and Engineering University in Podilya
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
***E-mail**: alexander.olenyuk@gmail.com*

Tkach Oleg
Ph.D. (Techn.), Associate professor
Department of Energy Saving Technologies and Energy Management
State Agrarian and Engineering University in Podilya
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
***E-mail**: oleg.v.tkach@gmail.com*

RESEARCH ON THE EFFECT OF ELECTROMAGNETIC FIELD OF EHF BAND ON SEEDS OF CULTURAL PLANTS

ABSTRACT

Introduction. *In modern conditions, to increase the yield of cultivated plants use pre-sowing seeds with the use of chemical and biological products. The main disadvantages of chemical and biological treatments, both seeds and vegetative plants are the low environmental purity of chemical and biological products, their ability to accumulate in plant biomass and affect their genetic structure. The main advantage of electromagnetic technology for pre-sowing seed treatment with low-energy EHF radiation is the ability to improve their growth and development by mobilizing the internal reserves of the seed itself without chemical or biological agents or genetic engineering methods.*

Methods*. The study is based on the analysis of literature, which can be concluded that the increase in plant yields is possible based on the use of millimeter-wave electromagnetic radiation for pre-sowing seed treatment.*

Results. *The article proposes a technique for studying the energy characteristics of a semiconductor generator for pre-sowing seed treatment.*

Conclusion. *The result of the developed technique is that one of the main elements of the plant for pre-sowing seed treatment is the emitter of EM energy, which should form the necessary radiation pattern and provide a sufficient level of power flow density on the grain.*

Keywords: *seed dressing; electromagnetic radiation; the range of extremely; diode characteristics of the generator.*

References

1. Parker, R., Abrams, R., Danly, B., & Levush, B. (2002). Vacuum electronics. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 50*(3), 835-845.

2. Granatstein, V., Parker, R., & Armstrong, C. (1999). Vacuum electronics at the dawn of the twenty-first century. *Proceedings of the IEEE, 87*(5), 702-716.

3. Freund, H., & Neil, G. (1999). Free-electron lasers: Vacuum electronic generators of coherent radiation. *Proceedings of the IEEE, 87*(5), 782-803.

4. Kasatkin, L. V., Rukin, V. P., & Eremka, V. D. (2007). *Jelektrovakuumnye pribory diapazona millimetrovyh voln [Electrovacuum devices of millimeter wave]*. Sevastopol: Veber.

5. Olenyuk, O.A. (2013). Opredeleniye rezonansnoy chastoty emp dlya vozdeystviya na semena sfericheskoy formy. Journal of National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Vol. 66 (972), 173–177.

6. Kasatkin, L. V., & Chajka, V. E. (2006). *Poluprovodnikovye ustrojstva diapazona millimetrovyh voln [Semiconductor devices of millimeter wave]*. Sevastopol: Veber.