

УДК 57.043+575.167+534.29+613.648.2

**В. В. Никифоров, О. П. Чорний, О. А. Сакун**

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, Кременчук

**ЗМІНА АКТИВНОСТІ ТЕСТ-ОБ'ЄКТІВ ПІД КОРОТКОТРИВАЛОЮ  
ОДНОЧАСНОЮ ДІЄЮ ШУМУ ТА МАГНІТНОГО ПОЛЯ ВІД СИМЕТРИЧНОГО ТА  
АСИМЕТРИЧНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГУНІВ**

Розглянуті особливості дії електромагнітного поля на живі організми. Описані етапи вивчення впливу шуму та електромагнітного випромінювання на біоту. Охарактеризована методика дослідження, наведені дані точкових замірів. Установлена залежність активності тест-об'єктів (*Drosophila melanogaster* L., *Daphnia magna* Straus) від тривалості та інтенсивності шкідливих чинників. Проаналізовані відмінності реакції біологічних систем під дією симетричного і несиметричного режимів двигунів промислової потужності. Визначені критичні рівні індукції магнітного поля, які викликають виснаження і загибель тест-об'єктів.

**Ключові слова:** активність, електромагнітне випромінювання, тест-об'єкти, симетричний режим, несиметричний режим.

**В. В. Никифоров, А. П. Черный, О. А. Сакун**

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского, Кременчуг

**ИЗМЕНЕНИЕ АКТИВНОСТИ ТЕСТ-ОБЪЕКТОВ ПОД КРАТКОВРЕМЕННЫМ  
ОДНОВРЕМЕННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ШУМА И МАГНИТНОГО ПОЛЯ ОТ  
СИММЕТРИЧНОГО И АСИММЕТРИЧНОГО АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

Рассмотрены особенности действия электромагнитного поля на живые организмы. Описаны этапы изучения влияния шума и электромагнитного излучения на биоту. Охарактеризована методика исследования, приведены данные точечных замеров. Установлена зависимость активности тест-объектов (*Drosophila melanogaster* L., *Daphnia magna* Straus) от продолжительности и интенсивности вредных факторов. Проанализированы различия реакции биологических систем под действием симметричного и несимметричного режимов двигателей промышленной мощности. Определены критические уровни индукции магнитного поля, которые вызывают истощение и гибель тест-объектов.

**Ключевые слова:** активность, электромагнитное излучение, тест-объекты, симметричный режим, несимметричный режим.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Електромагнітні поля (в тому числі і промислової частоти 50 Гц) є дуже сильними факторами впливу на стан всіх біологічних об'єктів, що потрапили в зону їх дії. Наприклад, у районі дії електромагнітного поля ліній електропередач (ЛЕП) у комах проявляються зміни в поведінці: у бджіл фіксується підвищена агресивність, неспокій, зниження працездатності і продуктивності, схильність до втрати маток, у жуків спостерігається зміна поведінкових реакцій, у тому числі зміна напрямків руху в сторону з меншим рівнем поля [1]. Термін «глобальне електромагнітне забруднення навколишнього середовища» офіційно введений у 1995 році Всесвітньою організацією охорони здоров'я (ВООЗ), яка включила цю проблему в перелік пріоритетних для людства. З точки зору медицини та електромагнітобіології нині вже не викликає сумнівів той факт, що електромагнітне випромінювання природного походження (природний електромагнітний фон Землі) слід розглядати як один з найбільш важливих екологічних факторів [2]. Природні електромагнітні поля (ЕМП) абсолютно необхідні для нормальної життєдіяльності, а їх техногенне збільшення або дефіцит призводить до серйозних, часом навіть незворотних

наслідків для живого організму [3, 4]. Метою досліджень є визначення активності тест-об'єктів під дією шуму (ШЗ) та електромагнітного випромінювання (ЕМВ) промислової частоти з використанням авторської методики [5].

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.** Вивчення негативного впливу шуму та ЕМВ на біоту проводилося у три етапи: перший етап – тест-об'єкти піддавалися дії шуму (діапазон частоти 31,5 Гц – 8 кГц) на фоні природного геомагнітного поля. Другий етап полягав у оцінці дії електромагнітного випромінювання промислової частоти на живі організми при фоновому шумі у межах норми. На третьому етапі дослідження вивчалася комплексна дія обох фізичних процесів одночасно: за допомогою кафедри САУЕ моделювалась ситуація впливу на біоту симетричного та несиметричного (змінена обмотка) двигунів. Під час моделювання впливу двигунів на тест-об'єкти виміри параметрів асинхронних двигунів проводились у циліндричній системі координат (рис. 1, а) із застосуванням магнітометра ТМ-191. Живлення двигунів здійснювалося від мережі 220 В. Дія ефекту сумації ШЗ та ЕМВ вивчалась протягом години впливу стрес-факторів протягом трьох генерацій модельних організмів. ШЗ коливалось у межах 70–79 дБ. Для проведення дослідження реакції біологічних об'єктів на ЕМВ двигунів обрано точки з різними значеннями індуктивності поля (ІМП), у тому числі максимальні та мінімальні (рис. 1, б).

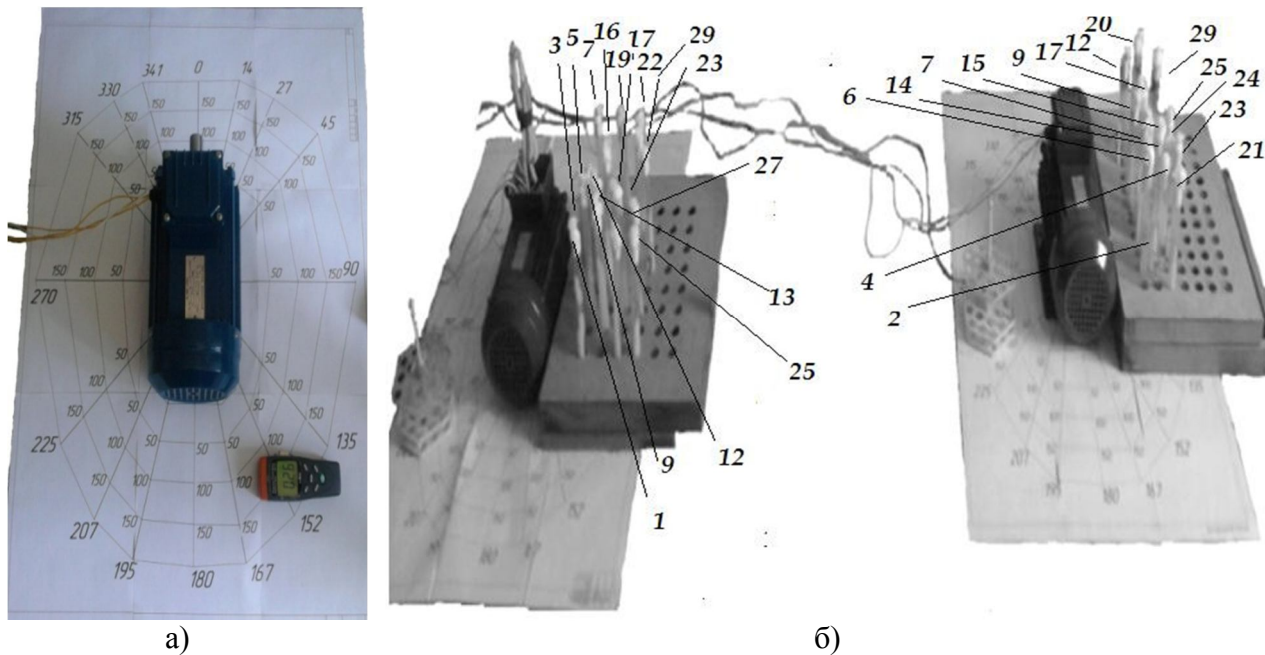


Рисунок 1 – Моделювання впливу двигунів на тест-об'єкти:  
а – проведення замірів ІМП симетричного двигуна; б – розташування тест-об'єктів

Тест-об'єкти розміщено у наступних точках замірів (табл. 1, 2). Принцип розташування тест-об'єктів полягає у підборі місць практично однакових за показником ІМП для *Drosophila melanogaster* L. і *Daphnia magna* Straus. Під час короткочасної дії шкідливих фізичних факторів визначення рівня активності тест-об'єктів проводилось протягом години з контрольними спостереженнями через кожні 10 хвилин. Дослідження проводилися одночасно на симетричному та асиметричному режимах асинхронного двигуна, що унеможливило некоректність отриманих даних стосовно температурного режиму чи зміни тиску.

Таблиця 1 – Рівні впливу ІМП на *Drosophila melanogaster* L

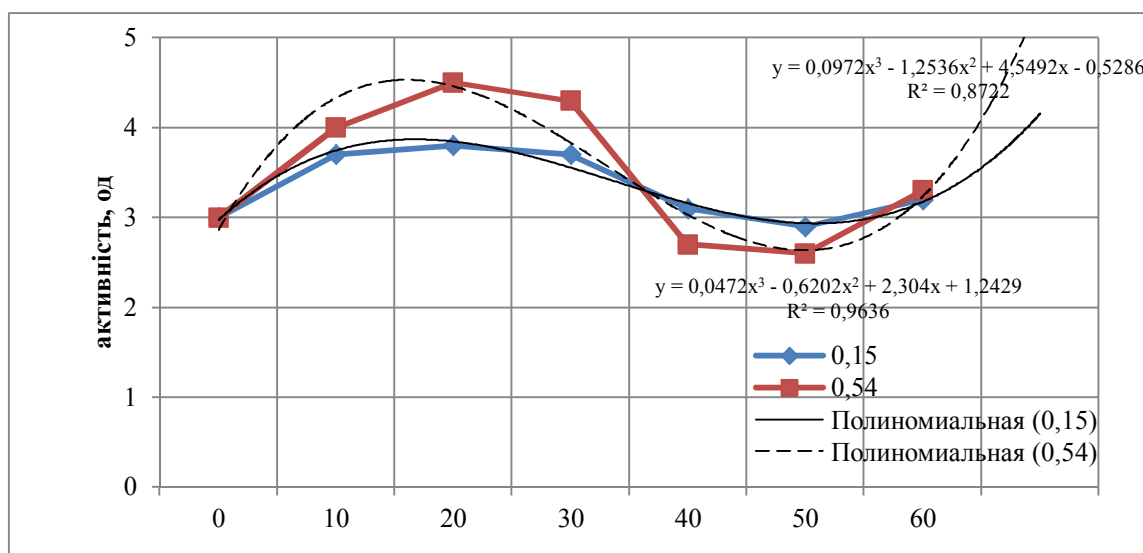
ІМП асинхронного двигуна несиметричного режиму, мкТл	№ точки розташування	ІМП асинхронного двигуна симетричного режиму, мкТл	№ точки розташування
0,85	29	0,15	25
0,97	27	0,54	15
1,48	12	3,95	24
1,64	25	6,61	23
2,31	19	7,54	21
3,52	17	8,57	14
3,59	22	8,82	29
3,94	13	11,36	6
4,44	23	11,65	20
6,48	9	13,26	17
7,65	16	14,69	12
8,87	5	15,5	4
12,96	3	22,8	7
13,38	1	25,4	9
19,45	7	26,6	2

Таблиця 2 – Рівні впливу ІМП на *Daphnia magna* Straus

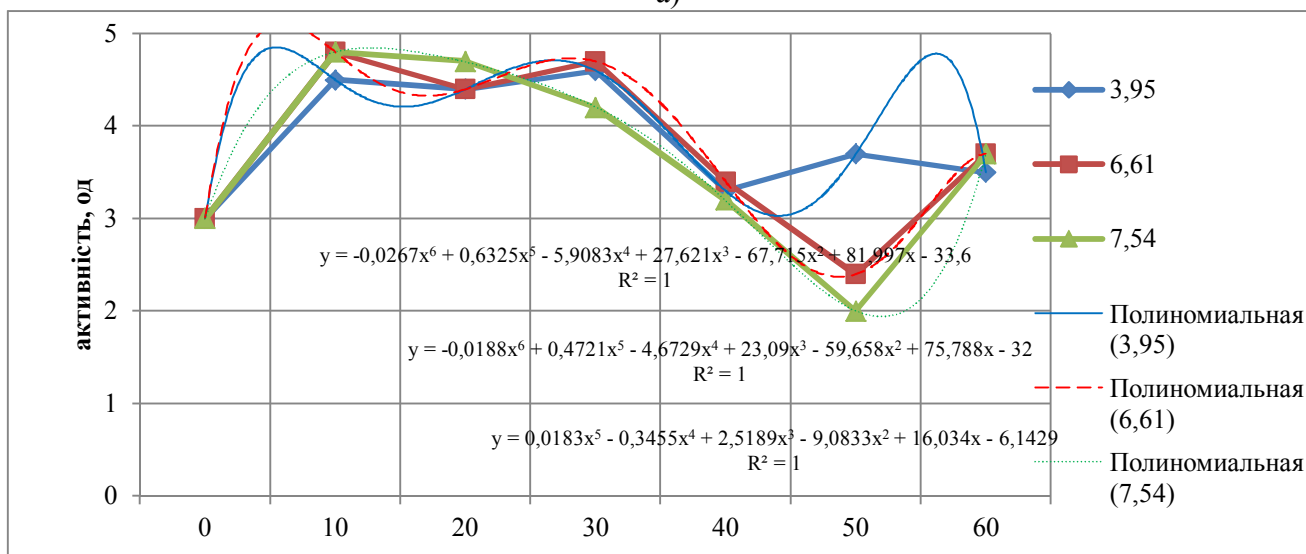
ІМП асинхронного двигуна несиметричного режиму, мкТл	№ точки розташування	ІМП асинхронного двигуна симетричного режиму, мкТл	№ точки розташування
0,15	28	1,4	5
0,65	20	3,95	26
1,5	26	6,34	16
1,63	30	7,36	27
1,67	21	7,51	30
3,21	4	7,93	22
3,46	18	8,75	28
4,05	24	12,35	11
5,21	11	12,92	13
6,72	10	15,24	19
7,75	14	16,67	18
8,78	15	17,57	10
14,94	8	20,8	1
17,2	2	26,8	3
18,01	6	29,9	8

Симетричний двигун (рис. 2) за перші 10 хвилин роботи зумовив різке стрибкоподібне збільшення активності *Drosophila melanogaster* L., яка продовжувала зростати до 20 хвилини. Це може свідчити про початок першої стадії адаптаційного синдрому Г. Сельє – стадії тривоги [6]. Через півгодини дії шкідливих факторів дуже повільно активність тест-об'єктів почала зменшуватись. Різке зниження (приблизно до 3 балів) спостерігається при значеннях ІМП 8–9 мкТл. При ІМП > 22 мкТл організми залишаються у найвищій стадії збудження. На 40 хвилині у *Drosophila melanogaster* L. спостерігаються різні стадії активності: до 8 мкТл – поведінка близька до норми; 8–9 мкТл – різко зростає активність, піддослідні рухаються переважно у верхній площині, значна кількість перельотів; 13–15 мкТл, понад 22 мкТл –

активність різко впала, *Drosophila melanogaster* L. перемістились у нижню частину пробірки. Протягом 50 хвилин дослідження практично всі дрозофіли, починаючи з ІМП 6,61 мкТл мають знижену активність, рухаються поблизу їди. Стан загальмованості настає при показниках 13,26 мкТл і більше, організми ледь рухаються біля дна посудини, групуються на стороні, протилежній джерелу небезпеки. Настала третя стадія адаптаційного синдрому – виснаження. Через годину експерименту тест-об'єкти більш-менш нормалізували свою поведінку при дії магнітного поля 0,15–4 мкТл (рис. 2, а–б). Спостерігається підвищена активність при значеннях 6,61–7,54 мкТл (рис. 2, б).



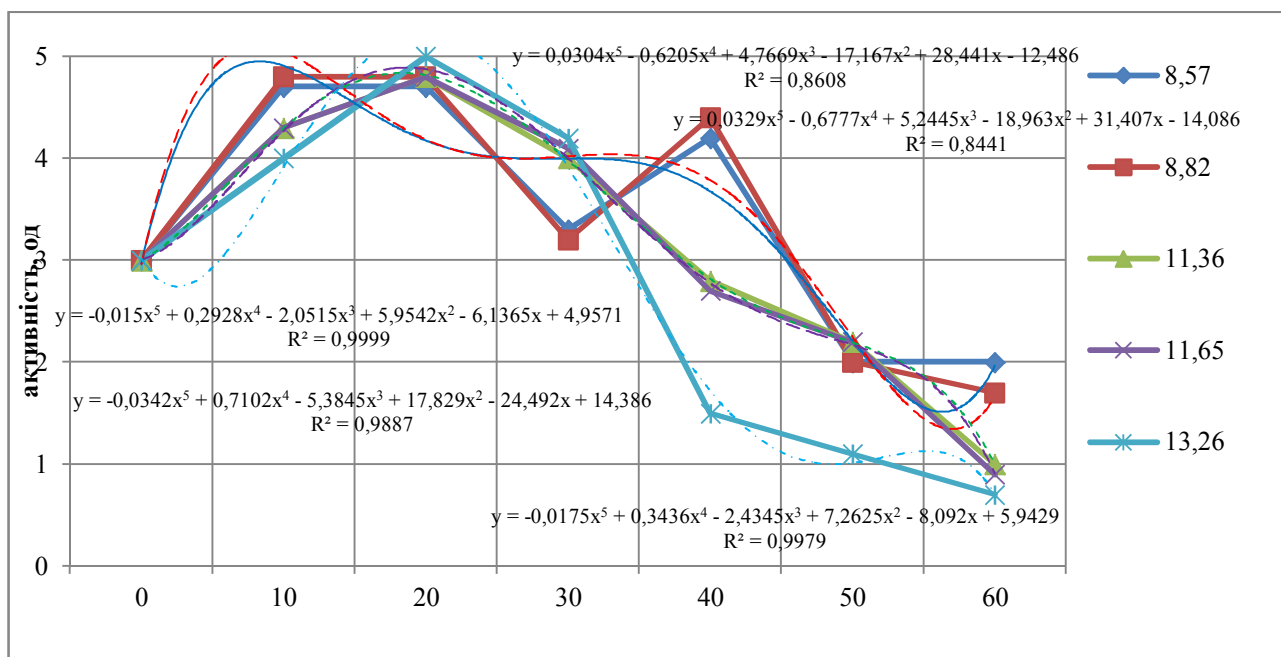
а)



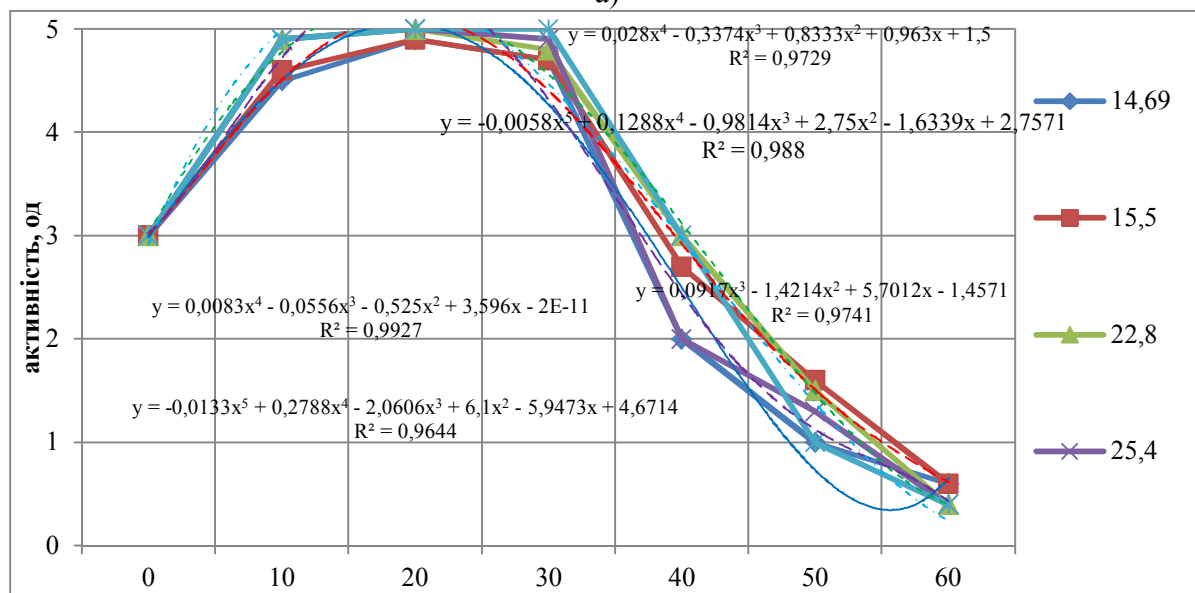
б)

Рисунок 2 – Активність *Drosophila melanogaster* L. залежно від часу впливу (одна година) та рівнів ІМП двигуна при симетричному з'єднанні:  
а – при 0,15–4 мкТл; б – при 6,61–7,54 мкТл

Під дією ЕМВ на рівні 8–9 мкТл (рис. 3, а) тест-об'єкти мають знижену активність, стан загальмованості виникає за умов 11,36–15 мкТл, рухи ледве помітні, швидкість наближається до нуля. При ЕМВ близько 15 мкТл можлива смерть організмів, а при значеннях вище 22 мкТл відсоток смертності складає понад 50 % (рис. 3, б), спостерігаються нелогічні перепади активності.



а)



б)

Рисунок 3 – Активність *Drosophila melanogaster* L. залежно від часу впливу (одна година) та рівнів ІМП двигуна при симетричному з'єднанні:

а – при 8–9 мкТл; б – вище 22 мкТл

Проведена апроксимація даних поліномів з використанням методу найменших квадратів підтверджує гіпотезу, що біологічні ефекти слабких полів з нерівномірною енергетичною взаємодією з речовиною живих тканин можуть бути обумовлені інформаційними взаємодіями поля з кібернетичними системами організму, що сприймають інформацію з навколишнього середовища та відповідними процесами життєдіяльності організмів. Для підтвердження теорії до кожної кривої залежності активності тест-об'єктів від дії стрес-фактору додано лінію тренду  $F(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_kx^k$ , де  $k < N$ .

Для несиметричного з'єднання (рис. 4) характерне різке підвищення активності *Drosophila melanogaster* L. уже на 10 хвилині дії ЕМВ різної індукції. Протягом наступних 20 хвилин експерименту активність організмів коливалася у незначних межах. Зниження

надмірної активності починається після 30 хвилин дії шкідливого фактору. На основі чого можна припустити про початок адаптаційного процесу. Проте, при показниках індукції понад 19 мкТл активність різко впала, у піддослідних змінилися характеристики руху. Наступні 10 хвилин активність продовжувала знижуватись. При значеннях понад 12 мкТл *Drosophila melanogaster* L. стають млявими, рухаються у нижній частині пробірки. У організмів, які піддаються впливу 19 мкТл рух майже непомітний. При ІМП 8,87 мкТл спостерігається збільшення активності тест-об'єктів на 40 хвилині і різкий спад, практично до стану загальмованості, починаючи з 50 хвилини. На 50 хвилині експерименту при індукції до 2 мкТл активність нормалізується, 2–4 мкТл – зростає у межах 0,2–0,4; 4–12 мкТл – активність знижується, а починаючи з 12 мкТл спостерігається стан загальмованості, можна припустити про початок третьої стадії за Г. Сельє [6] – стадії виснаження. Наприкінці досліду майже нормалізували свою активність організми, які піддавалися впливу ЕМВ 0,85–6,48 мкТл, крім показників 2–3 мкТл, де організми наближаються до стану загальмованості, стадії виснаження. *Drosophila melanogaster* L., які піддавалися впливу фізичного фактору понад 12 мкТл так і не змогли подолати стан загальмованості. Через годину експерименту більш-менш нормалізували свою поведінку піддослідні при ІМП 0,15–4 мкТл. Спостерігається підвищена активність при значеннях 6,61–7,54 мкТл. Під дією ЕМВ 8–9 мкТл тест-об'єкти мають знижену активність, стан загальмованості виникає за умов 11,36–15 мкТл, рухи ледве помітні, швидкість наближається до нуля. При ІМП > 17 мкТл можлива смерть організмів.

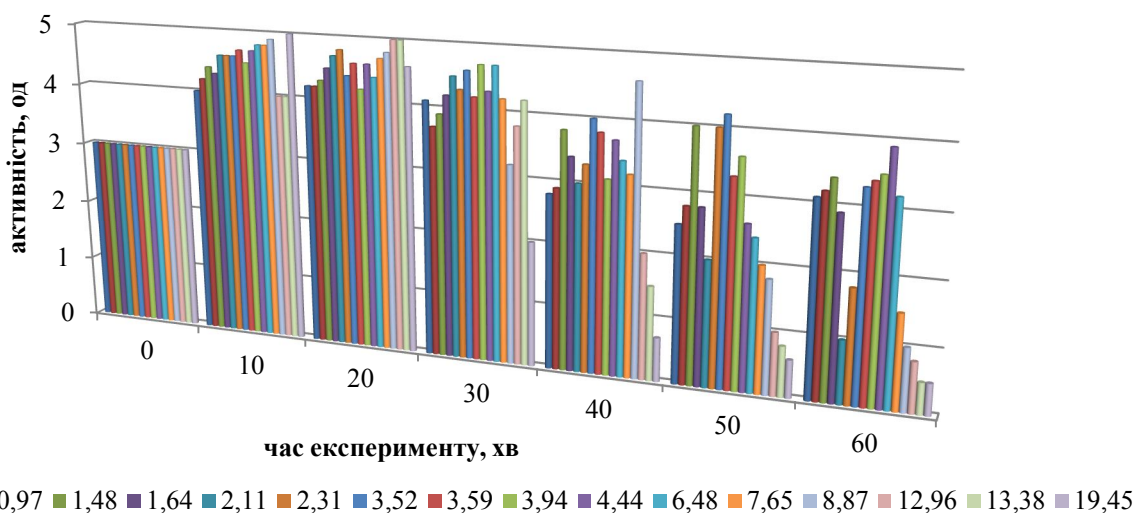


Рисунок 4 – Активність *Drosophila melanogaster* L залежно від часу впливу (одна година) та рівнів ІМП двигуна при несиметричному з'єднанні

Через перші 10 хвилин роботи симетричного двигуна (рис. 5) спостерігається різке, стрибкоподібне зростання активності – стан збудження при ІМП понад 6 мкТл. Стан підвищеної активності характерний лише при дії 1,4 мкТл. Протягом наступних 10 хвилин при дії 1,4–17,54 мкТл кардинальних змін в активності *Daphnia magna* Straus не виявлено. Піддослідні організми продовжують безладно, хаотично рухатися, період «зависання» дуже малий. При ЕМВ 20,8 мкТл і більше спостерігається різкий спад активності організмів, при 29,9 мкТл характерна вертикальна траєкторія руху з малою кількістю ланок, період «зависання» може досягати однієї хвилини. Через півгодини дії стрес-фактору починається поступове зменшення активності організмів, знижена активність спостерігається при значеннях більше 20 мкТл. Стан загальмованості і стадія виснаження характерні при дії 26,8 мкТл. При ЕМВ на рівні 29,9 мкТл зафіксовано прояви загибелі піддослідних. На 40 хвилині

дії ЕМВ при загальному зниженні активності *Daphnia magna* Straus при значеннях 20,8 мкТл у підослідних спостерігається стан загальмованості. Підвищена активність характерна для 15–16 мкТл. Смертність організмів на рівні 52 % виявлено при індукції 26,8 мкТл. При значеннях 1,4 мкТл через 50 хвилин експерименту спостерігаються незначні коливання активності. Деяко підвищену активність мають гідробіонти під впливом 12,92 мкТл. В інших спостерігається знижена активність, вертикальний рух, період «зависання» до 60 с. Стадія виснаження, стан загальмованості, майже повна відсутність рухів характерні для гідробіонтів під впливом 17,54 мкТл. При значенні 20,8 мкТл різко зростає відсоток смертності.

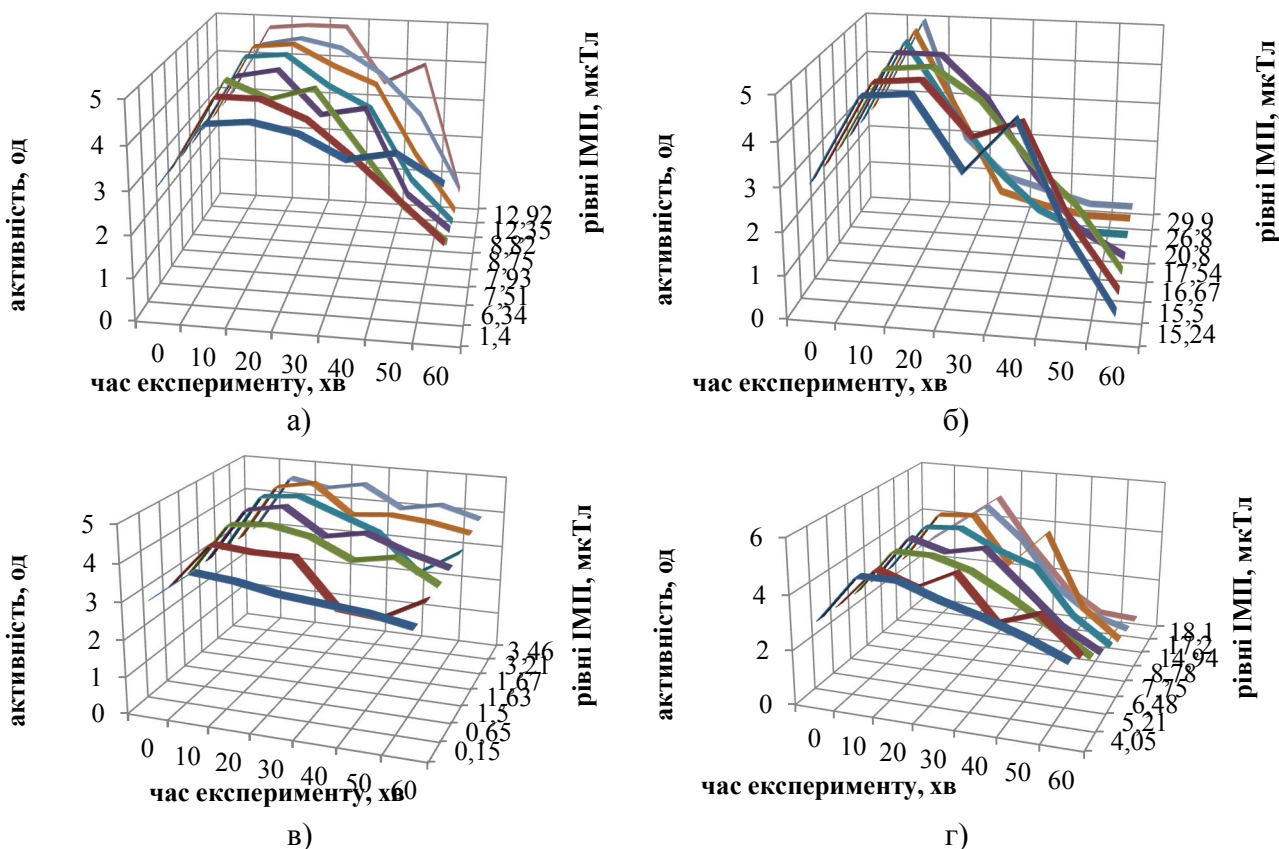


Рисунок 5 – Активність *Daphnia magna* Straus залежно від часу впливу (одна година) та рівнів ІМП двигуна: а, б – при симетричному з'єднанні; в, г – при несиметричному з'єднанні

Через годину досліджень встановлено високий рівень смертності, загибель починається з 15 мкТл (рис. 5, б). Стан загальмованості, можлива стадія виснаження на рівнях 7,51 мкТл і більше. При 6,34 мкТл спостерігається знижена активність, вертикальний рух. І лише при значенні індукції 1,4 мкТл стан організмів близький до норми (рис. 5, а). *Daphnia magna* Straus, які піддавалися впливу несиметрично з'єданого асинхронного двигуна (рис. 5, в, г) при першому контролі (через 10 хвилин) показали різке підвищення активності, траєкторія руху – ламана з великою кількістю ланок, малий період «зависання». На 20 хвилині експерименту активність повільно зростає, при показниках індукції 8,78 мкТл (рис. 5, г) і вище вона є максимальною – настає стан збудження, організми рухаються у вертикально-горизонтальній площині з великою кількістю пересікання ланок у проекції. Починаючи з 30 хвилини, активність дуже повільно починає зменшуватись, прямуючи до норми. Різкий спад активності протягом останніх 10 хвилин спостерігається при значеннях понад 14 мкТл – від максимуму активності до майже норми. Через 40 хвилин від початку експерименту підвищена активність залишається для значень 1,5–4 мкТл. Повторення стадії тривоги [6]

характерне для піддослідних організмів під дією ЕМВ на рівні 14,94 мкТл, відбувається стрибок від майже норми до збудженого стану. При значеннях вище 17 мкТл активність знижується, рух стає лише вертикальним, період «зависання» збільшується до 60 с. На 50 хвилині спостереження дафнії повільно нормалізують свою активність. Залишаються на рівні підвищеної активності при значеннях 1,5–1,6 мкТл і 3,21–3,5 мкТл. Спад активності характерний для організмів, які піддавалися впливові вище 7,75 мкТл. У гідробіонтів під дією 17,2 мкТл і більше виникає стан загальмованості, особини опускаються на дно, рух майже не спостерігається. На кінцевому етапі експерименту організми, які піддавалися впливу ЕМВ 0,15–1,5 мкТл практично нормалізували активність. Підвищену активність викликає індукція 1,63–3,5 мкТл (рис. 5, в). Знижену активність проявляють тест-об'єкти під дією 4,05–7 мкТл. На стадії виснаження та у стані загальмованості перебувають організми під впливом ЕМП понад 7,75 мкТл.

**ВИСНОВКИ.** Порівняльний аналіз впливу двигунів на організми показав, що незалежно від типу двигуна та виду тест-об'єктів спостерігається загальна тенденція різкого збільшення активності організмів через перші 10 хвилин дії ЕМВ, а на 30 хвилині досліду – поступове зниження активності, при значеннях до 6 мкТл можлива нормалізація активності. Великі показники магнітного поля призводять до зростання відсотку смертності тест-об'єктів.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Богданов К. Ю. Физик в гостях у биолога / К. Ю. Богданов. – М. : Наука, 1986. – 144 с.
2. Гриффин Д. Перелеты птиц. Биологические и физические аспекты ориентации / Д. Гриффин ; под ред Г. П. Дементеева. – М. : Мир, 1966. – 163 с.
3. Семенов А. В. Обоснование предельно допустимых норм на индукцию магнитных полей промышленной частоты для человека / А. В. Семенов // Известия Томского политехнического университета, 2012. – Т. 321, №1. – С. 197–200.
4. Черный А. П. Об электромагнитной совместимости электромеханических и биологических систем / А. П. Черный, В. В. Никифоров // Інженерні та освітні технології в електротехнічних і комп'ютерних системах [Електронний ресурс]. – Кременчук: КрНУ, 2013. – Вип. 1/2013 (1). – С. 140–149. – Режим доступу: <http://eetecs.kdu.edu.ua>
5. Сакун О. А. Визначення ступеня негативного впливу шуму та магнітного поля на тест-об'єкти / О. А. Сакун // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2014. – №3. – С. 149–154.
6. Селье Г. Очерки об адаптационном синдроме / Г. Селье – М. : Государственное издательство медицинской литературы Медгиз, 1960. – 253 с.

**V. Nykyforov, O. Chornyi, O. Sakun**

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University, Kremenchuk

#### **CHANGES IN THE ACTIVITY OF THE TEST OBJECT TO A SHORT SIMULTANEOUS ACTIONS NOISE AND MAGNETIC FIELD OF SYMMETRIC AND ASYMMETRIC INDUCTION MOTORS**

Considered the reaction living organisms by electromagnetic fields. Described the stages of studying the effects of noise and electromagnetic radiation on biota. The characteristic method of research shows the measuring point. The dependence of activity test objects (*Drosophila melanogaster* L., *Daphnia magna* Straus) the duration and intensity of harmful factors. Analyzed differences response of biological systems under the action of symmetric and asymmetric modes of induction motors industrial power. Critical levels of the magnetic field that cause depletion and loss of test objects.

**Key words:** activity, electromagnetic radiation, test objects, symmetric mode, asymmetric mode.



## REFERENCES

1. Bogdanov, K.Y. (1966), *Fizik v gostyakh u biologa* [Physicist visits a biologist], Nauka, Moscow, Russia. [in Russian]
2. Griffin, D. (1966), *Perelety ptits. Biologicheskie i fizicheskie aspekty orientatsii* [The bird's migration. Biological and physical aspects of the orientation], Mir, Moscow, Russia. [in Russian]
3. Semenov, A.V. (2012) "Justification of the maximum allowable induction of the magnetic fields with industrial frequency for human", *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, Vol. 321, no. 1, pp. 197-200. [in Russian]
4. Chornyi, O. and Nykyforov, V. (2013), "Electromagnetic compatibility electromechanical and biological systems", *Engineering and Educational Technologies at Electrical and Computer Systems*, Iss. 1 (1), pp. 140–149, available at: <http://eetecs.kdu.edu.ua> [in Russian]
5. Sakun, O. (2014), "Determination of the affect rate of noise and magnetic field on a test object", *Scientific journal "Transactions of KrNU"*, no. 3, pp. 149–154. [in Ukrainian]
6. Sel'e, G. (1960), *Ocherki ob adaptatsionnom sindrome* [Essays on an adaptation syndrome], Gosudarstvennoe izdatel'stvo meditsinskoj literatury Medgiz, Moscow, Russia. [in Russian]

**Никифоров Володимир Валентинович**,  
докт. біол. наук, професор,  
перший проректор,  
завідувач кафедри «Біотехнологія та  
здоров'я людини»,  
Кременчуцький національний університет  
імені Михайла Остроградського,  
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук  
Полтавської обл., Україна, 39600.  
Тел. +38(05366) 3-51-41.  
E-mail: v-nik@kdu.edu.ua



**Nykyforov Volodymyr Valentynovich**,  
D.Sc. (Biol.), Professor,  
First Vice-Rector,  
Head of Biotechnology and Human Health  
Department,  
Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi  
National University,  
vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk,  
Poltava Region, Ukraine, 39600.  
Tel. +38(05366) 3-51-41.  
E-mail: v-nik@kdu.edu.ua

**Чорний Олексій Петрович**,  
докт. техн. наук, професор,  
директор Інституту електромеханіки,  
енергозбереження і систем управління,  
Кременчуцький національний університет  
імені Михайла Остроградського,  
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук  
Полтавської обл., Україна, 39600.  
Тел. +38(05366) 3-11-47.  
E-mail: apch@kdu.edu.ua



**Chornyi Oleksii Petrovych**,  
D.Sc. (Eng.), Professor,  
Director of Institute of Electromechanics,  
Energy Saving and Automatic Control  
Systems,  
Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi  
National University,  
vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk,  
Poltava Region, Ukraine, 39600.  
Tel. +38(05366) 3-11-47.  
E-mail: apch@kdu.edu.ua

**Сакун Оксана Анатоліївна**,  
асистент кафедри «Біотехнологія та  
здоров'я людини»,  
Кременчуцький національний університет  
імені Михайла Остроградського,  
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук  
Полтавської обл., Україна, 39600.  
Тел. +38(05366) 3-20-76.  
E-mail: s\_oksana\_08@mail.ru



**Sakun Oksana Anatoliivna**,  
Assistant of Biotechnology and Human Health  
Department,  
Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi  
National University,  
vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk,  
Poltava Region, Ukraine, 39600.  
Tel. +38(05366) 3-20-76.  
E-mail: s\_oksana\_08@mail.ru

Стаття надійшла 01.02.2015