

Engineering Pedagogies, №5(2), 37–47, available at: <http://dx.doi.org/10.3991/ijep.v5i2.4458> (accessed 20 March 2019).

12. Wiley, D. (2015). The MOOC Misstep and the Open Education Infrastructure. In C. J. Bonk, M. M. Lee, T. C. Reeves, & T. H. Reynolds (Eds.), *MOOCs and Open Education Around the World*. New York, NY: Routledge, 3–11.

13. Jacina Leong (2017). ‘When You Can’t Envision, You Can’t Give Permission’: Learning and Teaching Through A STEAM Network. Submitted in fulfillment of the requirement for the degree of Master of Arts (Research). Creative Industries Faculty Queensland University of Technology.

14. Price, D. (2013). *Open: How We'll Work, Live and Learn in the Future*. Great Britain: Crux Publishing.

15. Maité Debry and Dr. Agueda Gras-Velazquez. ICT Tools for STEM teaching and learning. Transformation Framework), available at: [http://www.stemalliance.eu/documents/99712/104016/STEM\\_A\\_and\\_MS ICT Tools in Edu paper\\_v06\\_Final.pdf/be27b1aa-c4a6-40c5-a750-2a11b9f896b6](http://www.stemalliance.eu/documents/99712/104016/STEM_A_and_MS ICT Tools in Edu paper_v06_Final.pdf/be27b1aa-c4a6-40c5-a750-2a11b9f896b6) (accessed 20 March 2019).

16. Vimala Judy Kamalodeen, Sandra Figaro-Henry, Nalini Ramsawak-Jodha and Zhanna Dedovets. The Development of Teacher ICT competence and confidence in using Web 2.0 tools in a STEM professional development initiative in Trinidad/ Caribbean Teaching Scholar-Vol. 7, April 2017, 25–46), available at:

<https://www.researchgate.net/publication/316678345> (accessed 20 March 2019).

**ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА**

**СОРОКО Наталя Володимирівна** – докторант Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, кандидат педагогічних наук.

**Наукові інтереси:** проблеми розвитку інформаційно-комунікаційної компетентності вчителя основної школи, STEAM-орієнтоване освітнє середовище, проектування масових он-лайн курсів для розвитку інформаційно-комунікаційної компетентності вчителів загальноосвітніх навчальних закладів, використання ІКТ, зокрема хмарних обчислень, у професійній діяльності вчителів загальноосвітніх навчальних закладів.

**INFORMATION ABOUT THE AUTHOR**

**SOROKO Nataliia Volodymyrivna** – Senior Researcher at the Institute of Information Technologies and Learning Tools of NAES of Ukraine, PhD.

**Circle of research interests:** development of teacher’s information and communication competence, STEAM-oriented approach, the design of Massive open online courses for the development of teacher’s information and communication competence, the use ICT, cloud computing in the professional teacher’s activities in general education institutions.

*Дата надходження рукопису 09.04.2019р.*

УДК 378.176:51

**СОСНИЦЬКА Наталя Леонідівна** –

доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри вищої математики і фізики Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного

ORCID ID 0000-0001-6329-768X

e-mail: nsosnickaya19@gmail.com

**ЩЕНКО Ольга Анатоліївна** –

старший викладач кафедри вищої математики і фізики Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного

ORCID ID 0000-0001-6329-768X

e-mail: olgha.ishenko@gmail.com

**СОКОТ Олександр Євгенович** –

студент 2-го курсу

Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного

ORCID ID 0000-0003-0884-9917

e-mail: s1o9k9o9t@gmail.com

**ДОСЛІДЖЕННЯ ШТУЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ НА ОСНОВІ ЗВ’ЯЗКУ СПЕЦІАЛЬНИХ ТА СТАТИСТИЧНИХ МЕТОДІВ**

**Постановка та обґрунтування актуальності проблеми.** Необхідність дослідження питання розрахунку параметрів освітлення навчальних аудиторій, лабораторій закладів вищої освіти зумовлена вимогами до організації освітнього процесу на якісному рівні, що впливає на кінцевий результат навчання. Робоче освітлення впливає на процес активізації, стимулювання розумової діяльності студента, не викликаючи негативних наслідків. Наприклад, нестача світла може приводити до стомлюваності і дратівливості, при тривалому знаходженні в погано освітленому

приміщенні від надмірного напруження очей падає рівень гостроти зору. Навпаки, занадто яскраве світло може привести до фотоопіків очей, надмірного збудження нервової системи. Тому питання раціонального освітлення навчальних аудиторій в цілому (загальне освітлення), кожного робочого місця (локальне освітлення) є важливим в умовах перебування студентів та викладачів в закритих приміщеннях, в яких дія природного світла обмежена або відсутня взагалі.

Отже дослідження і розрахунок параметрів світлоколіорового середовища штучних джерел

світла відповідно Державним санітарним правилам і нормам [1; 2], зокрема нормам штучного освітлення [3], є актуальним.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Світло – природна умова життя людини та збереження його здоров'я. Збереження зору людини, стан його центральної нервової системи, а, отже, якість розумової діяльності, концентрація уваги і ступінь сприйняття нової інформації, здатність зосередитися значною мірою залежать від освітлення. Світло – це видимі оком електромагнітні хвилі оптичного діапазону довжиною 380–760 нм, які сприймаються сітчастою оболонкою зорового аналізатора людини.

Дослідження ефективної оцінки впливу штучного освітлення на організм людини умовно поділяють за трьома показниками: зоровий, біологічний і психофізіологічний. За останні роки вченими А. Серобабою, С. Овчинниковим розроблені експериментальні установки, які дозволяють отримувати функціональні залежності реакцій організму людини на світлові впливи з подальшою кількісною обробкою [5].

У працях В Корнаги, В. Сорокіна, О. Олійника, О. Галинського, Г. Федюкіна, Л. Назаренка, І. Зеленкова, Ю. Мисюка, присвячених дослідженню штучного освітлення, обґрунтовано вплив світлового середовища на загальний стан людини, зокрема, на його зорові та розумові здібності; проведені розрахунки гігієнічних, санітарних норм. Але за кілька десятиліть експериментальних досліджень було виявлено невідповідність нормованих характеристик світлового середовища при штучному освітленні реальним біологічним потребам людського організму [4]. Крім того, слід зазначити недостатність інформації щодо розрахунків оптимального поєднання розташування, кількості джерел світла та об'єктів освітлення при проектуванні приміщень. Зокрема у статті [6] розглядається питання застосування дисперсійного методу оцінки впливу рівня освітленості робочих зон навчальних аудиторій на тривалість виконання завдань різної складності, тобто на показники розумової діяльності в процесі навчання при природному та суміщеному освітленні.

Для розрахунку штучного освітлення використовують, в основному, три методи: світлового потоку (коефіцієнта використання), точковий та питомої потужності [7].

Тому актуальною є проблема виявлення найбільш точного методу розрахунку штучного освітлення та статистичних методів оцінки залежності його характеристик, що дозволить створити найсприятливіші умови праці.

**Мета статті.** Застосувати точковий метод розрахунку освітленості робочих зон навчальних аудиторій при штучному освітленні, за допомогою кореляційно-регресійного методу отримати кількісну оцінку зв'язку відстані розташування кожного робочого місця до джерела світла та показників освітленості, що дозволить визначити варіанти їх оптимального розташування в аудиторії.

**Методи дослідження:** *теоретичні:* аналіз, синтез, узагальнення для виявлення проблеми дослідження та уточнення сутності основних наукових понять, істотних для її розробки; *спеціальні:* точковий метод розрахунку освітленості робочих зон навчальних аудиторій при штучному освітленні; *статистичні:* кореляційно-регресійний метод обробки експериментальних даних.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Загальну оцінку освітлення навчальних приміщень визначають на підставі комплексу певних показників згідно з нормативами [1; 2].

За нормами штучного освітлення [3] у навчальних приміщеннях передбачається переважно люмінесцентне освітлення з використанням ламп: ЛБ, ЛХБ, ЛЕЦ. Допускається використання ламп розжарювання (при цьому норми освітленості знижуються на 2 ступені шкали освітленості).

За способами розміщення світильників в навчальних приміщеннях розрізняють системи загального, місцевого і комбінованого освітлення. У навчальних приміщеннях слід застосовувати систему загального освітлення. Система загального освітлення застосовується для освітлення всього приміщення, в тому числі і робочих поверхонь. При рівномірному освітленні створюється рівномірна освітленість по всій площі аудиторії.

Для проведення дослідження нами було обрано навчальну аудиторію, штучне освітлення якої здійснюється за допомогою шести світильників у верхній зоні приміщення (на висоті 2,7 м над підлогою), які забезпечують загальне рівномірне освітлення. Світильники складаються з двох люмінесцентних ламп зі світловою віддачею 40 лм/Вт.

Для розрахунку освітленості на кожному робочому місці (за партою два студента) нами застосовано точковий метод, який дозволяє визначити освітленість будь-якої точки на робочій поверхні, яка може бути розташована у просторі горизонтально, вертикально або під нахилом. Також, цей метод застосовують у якості перевірочних розрахунків, коли необхідно оцінити фактичний розподіл освітлення на робочій поверхні. Розрахунки за точковим методом здійснюються за спеціальними формулами, номограмами, графіками і допоміжними таблицями [7].

В основу точкового методу для горизонтальної поверхні покладено рівняння, що зв'язує освітленість і силу світла:

$$E = \frac{I_a \cdot \cos^3 \alpha \cdot \mu}{k \cdot h_p^2},$$

де  $I_a$  – сила світла в напрямку від джерела на задану точку робочої поверхні (визначають за кривими сили світла або за таблицями обраного типу світильника),  $\alpha$  – кут між нормаллю до робочої поверхні і напрямком сили світла до розрахункової точки,  $\mu$  – коефіцієнт, що враховує дію віддалених від розрахункової точки світильників і відбитого світлового потоку від стін, стелі, підлоги, обладнання, що падає на робочу поверхню в

розрахунковій точці (приймають в межах  $\mu = 1,05 \dots 1,2$ ),  $k$  – коефіцієнт запасу,  $h_p$  – висота підвісу світильника над робочою поверхнею.

Визначення освітленості на горизонтальній площині в залежності від розташування світильників проводилося за допомогою графіків просторових ізолюкс (рис. 1), які будуються для світильників кожного типу. Ізолюксою називається лінія, що з'єднує точки з однаковою освітленістю.

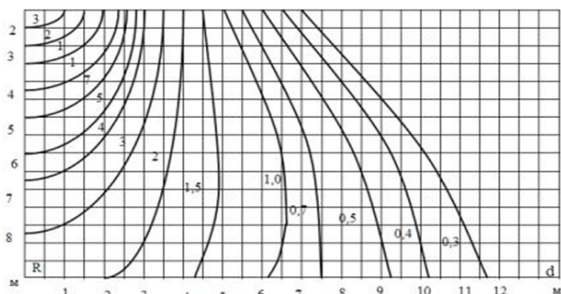


Рис. 1. Ізолюкси умовної освітленості

Для розрахунку освітлення точковим методом намалюємо схему розміщення світильників навчальної аудиторії для визначення геометричних співвідношень і кутів (рис 2).

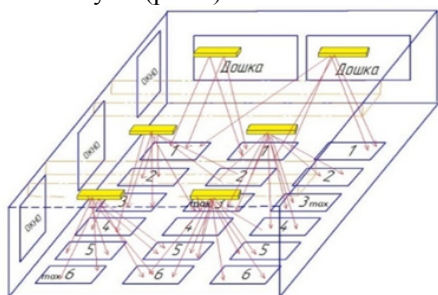


Рис. 2. Схема штучного освітлення навчальної аудиторії

Для розрахунку кута між нормаллю до робочої поверхні і напрямком сили світла до розрахункової

точки необхідно визначити декілька відстаней (рис.3).

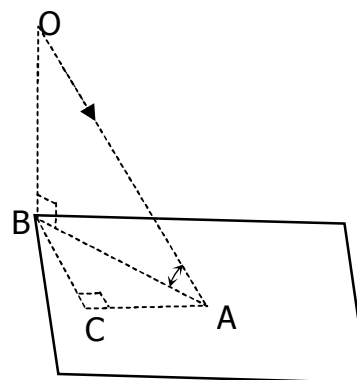


Рис. 3. Схема розрахунку кута між нормаллю і напрямком сили світла до розрахункової точки

Вимірювання відстані робочих місць до джерел світла проводилося в два етапи: Перший етап – вимірювали відстань АВ, де точка В – основа перпендикуляра, проведеного від світильника до умовної робочої поверхні, точка А – робоче місце студента, точка С – точка, в якій під прямим кутом перетинаються катети АС і ВС. Спочатку вимірювали довжину катетів АС і ВС, потім за теоремою Піфагора знаходили довжину відрізка АВ, яка є гіпотенузою трикутника АВС, і катетом трикутника АВО. На другому етапі – вимірювали висоту підвісу світильника (катет ОВ), потім розраховували тангенс кута α.

Результати розрахунку відстаней та кутів для робочих місць першого ряду та інших параметрів освітленості наведені в таблиці 1. Аналогічно зроблені розрахунки цих показників для робочих місць другого і третього рядів.

Таблиця 1

Результати розрахунку параметрів освітленості

	1 ряд 1 парты		1 ряд 2 парты		1 ряд 3 парты	
	1 місце	2 місце	1 місце	2 місце	1 місце	2 місце
AC, м	0,58	0,58	1,73	1,73	2,88	2,88
BC, м	1,075	0,475	1,075	0,475	1,075	0,475
AB, м	1,22	0,749	2,036	1,794	3,074	2,918
OB, м	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05
tg α	1,67	2,734	1,006	1,142	0,666	0,702
cos <sup>2</sup> α	0,13	0,041	0,350	0,285	0,575	0,548
кут α (рад)	1,033	1,220	0,788	0,851	0,588	0,612
кут α (градуси)	59,24	69,94	45,20	48,83	33,71	35,09
Сила світла I <sub>a</sub> (1000), кд	198	300	288	284	270	228
сила світла I <sub>a</sub> , кд	633,6	960,2	921,6	908,8	864	729,6
Освітленість E, лк	16,33	7,475	62,01	49,88	95,62	76,84

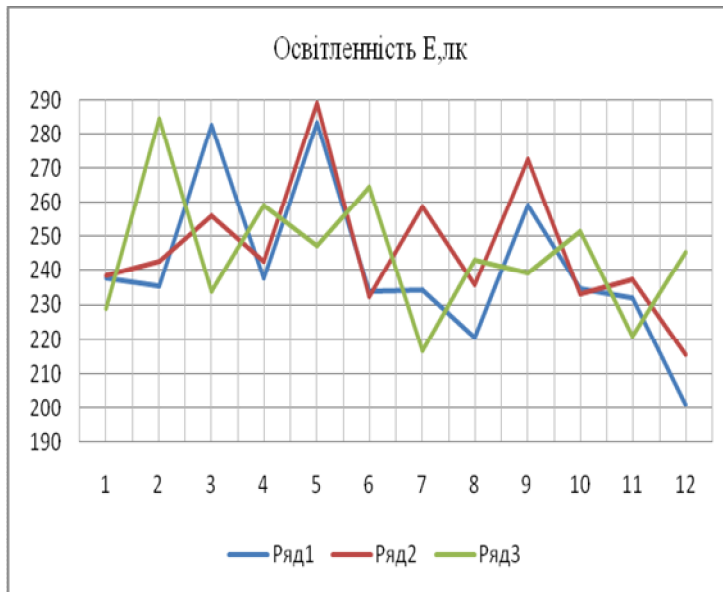
За допомогою кореляційно-регресійного аналізу отримано апроксимуючі функції залежності освітленості E від відстані робочої зони до джерела світла; за допомогою яких можна визначити

значення E для будь-якого робочого місця, а, значить, мати можливість визначити місця їх оптимального розташування згідно санітарним та гігієнічним нормам.

За результатами досліджень побудовано графіки освітленості при різних кутах падіння світла на робочих місцях трьох рядів (рис. 4). Для розрахунків застосовано програмний пакет Excel.

Аналіз графіків дозволяє зробити висновок, що найбільш освітленими є третя партя та п'ята партя (робочі місця ліворуч), де показники освітленості у 1,13 та 1,04 разів перевищують норму відповідно. Перша, третя, п'ята, парті першого та другого,

третього рядів мають практично однаковий показник освітленості, що свідчить про відносну рівномірність освітлення по горизонталі. Найбільша різниця в показниках третьої парті складає 49,12 лк (19,6 %), найменша першої, другої парті – 2,2 лк (0,8 %). Друга, четверта, шоста парті першого та другого рядів мають невелику різницю (в межах 5-15 лк, тобто 2-6 %).



Освітленість		
1 ряд	2 ряд	3 ряд
237,890	238,376	228,792
235,410	242,943	284,469
242,632	256,284	233,783
237,810	242,798	259,250
283,240	288,905	247,287
234,120	232,272	264,619
234,360	249,842	216,627
220,660	235,763	243,322
259,320	272,566	249,151
234,570	233,295	251,488
232,040	237,573	220,974
200,840	215,451	245,532

Рис.4. Показники освітленості на робочих місцях

- Таким чином, нами отримані такі результати:
- середній показник освітленості робочих місць першого ряду найменший і складає 241,07 лк; другого ряду – найбільший 246,26 лк; третього ряду – 244,61 лк. Фактична максимальна освітленість на другій та третій парті першого ряду, на третій – другого ряду та першій парті третього ряду перевищує нормовану (250 лк) на 11,3 %, що є у допустимих межах;
  - освітленість робочих місць зліва першого та другого рядів в напрямку дошки більша в 1,05...1,21 рази (2-35 лк) в порівнянні з правосторонніми, що пояснюється їх ближчим розташуванням до додаткового джерела світла (вікна). На партях третього ряду показники освітленості мають протилежну залежність, що пояснюється розташуванням в найменш освітленій частині (біля стіни, протилежної вікну), відстань до джерел світла однакова, але сила світла, визначена за допомогою ізолюкс, а також стіна між вікнами зменшують показники освітлення третього ряду;
  - визначено коефіцієнт детермінації (80,6 %), який характеризує високу ступінь варіації показника освітленості. Це пояснюється різними рівнями освітленості робочих місць, що є негативним наслідком;
  - для оптимального освітлення робочих місць потрібно зменшити відстань останніх парт до світильників.

**Висновки з дослідження і перспективи подальших розробок.** За результатами досліджень визначено мінімальний та максимальний кути між нормаллю до робочої поверхні та напрямком сили світла до робочого місця, показники освітлення при штучному освітленні; проаналізовано кількість робочих місць, які мають найбільші та найменші показники освітленості; зроблено порівняльну характеристику рівнів освітленості за розташуванням робочих місць та побудовано їх графіки. Застосування точкового методу дозволило визначити відповідність освітленості робочих місць державним санітарним правилам і нормам.

Метою подальших досліджень в цьому напрямку є визначення залежностей освітлення навчальних приміщень від однорідності освітлення, мерехтіння світла, яскравості тощо.

**СПИСОК ДЖЕРЕЛ**

- 1.ДБН В.2.2-3-97 Будинки та споруди навчальних закладів. URL: [https://dnaop.com/html/34170/doc-ДБН\\_В.2.2-3-97](https://dnaop.com/html/34170/doc-ДБН_В.2.2-3-97) (дата звернення 05.03.2019)
- 2.ДБН В.2.5-28-2006 Природне і штучне освітлення. URL: <http://www.gorsvet.kiev.ua/wp-content/uploads/2016/08/ДБН-В.2.5-28-006.pdf> (дата звернення 05.03.2019).
- 3.ДСанПіН 5.5.2.008-01 Державні санітарні правила і норми влаштування, утримання загальноосвітніх навчальних закладів. URL: <https://pon.org.ua/novyny/5768-derzhavn-santarn-pravila-normi-dlya-zagalnoosvtinh->

navchalnih-zakladv.html file:///D:/Downloads/derz-stan.pdf (дата звернення 05.03.2019).

4.Зеленков І. А., Мисюк Ю. П. Динаміка зорової працездатності студентів в умовах динамічного штучного освітлення. *Електроніка та системи управління*. 2006. № 4(10). С.159–164.

5.Овчинников С. С., Серобаба А. А. Оценка эффективности влияния световой среды на организм человека. *Світлотехніка та електроенергетика: міжнарод. наук.-тех. журнал*. 2008. № 4. С.4–10.

6.Сокот О. Є., Сосницька Н. Л., Іщенко О. А. Аналіз показників освітлення при організації освітнього процесу. *Збірник наукових праць студентів і молодих науковців. Фізика. Технології. Навчання*. 2018. Вип. 16. С. 48–58.

7.Навчальні матеріали онлайн. URL: [https://pidruchniki.com/2008120238289/bzhd/proektuvannya\\_sistem\\_shtuchnogo\\_osvitlennya](https://pidruchniki.com/2008120238289/bzhd/proektuvannya_sistem_shtuchnogo_osvitlennya) (дата звернення 05.03.2019).

#### REFERENCES

1.DBN V.2.2–3–97 Budynky ta sporudy navchalnykh zakladiv [Buildings and facilities of educational establishments], available at: [https://dnaop.com/html/34170/doc-ДБН\\_В.2.2.2-3-97](https://dnaop.com/html/34170/doc-ДБН_В.2.2.2-3-97) (accessed 5 March 2019).

2.DBN V.2.5–28–2006 Pryrodne i shtychnе osvittlennia [Natural and artificial lighting], available at: <http://www.gorsvet.kiev.ua/wp-content/uploads/2016/08/ДБН-В.2.5-28-2006.pdf> (accessed 5 March 2019).

3.DSANiP 5.5.2.008-01 Derzhavni sanitarni pravyla i normy vlashtuvannia, utrymannia zahalnoosvitnikh navchalnykh zakladiv [State sanitary rules and norms of placement, maintenance of general educational institutions], available at: <https://pon.org.ua/novyny/5768-derzhavnsantarn-pravila-normi-dlya-zagalnoosvitnih-navchalnih-zakladv.html> file:///D:/Downloads/derz-stan.pdf (accessed 5 March 2019).

4.Zelenkov I. A. and Mysiuk Yu. P., (2006). Dynamika zorovoi pratsездatnosti studentiv v umovakh dynamichnoho shtuchnogo osvittlennia. [Dynamics of visual efficiency of students in conditions of dynamic artificial lighting]. *Електроніка та системи управління*, № 4(10), 159–164.

5.Ovchinnikov, S. S. and Serobaba A. A. (2010). Otsenka effektivnosti vlianiia svetovoi sredy na organism cheloveka [Evaluation of the effectiveness of the impact of the light environment on the human body]. *Mizhnarodnyi naukovо – tekhnichniy zhurnal «Svitlotekhnika ta elektroenerhetyka»*, № 4-10, 21–29.

6.Sokot, O. Ye., Sosnytska, N. L. and Ishchenko, O. A. (2018). Analiz pokaznykiv osvittlennia pry organizatsii robochoho protsesy [Analysis of indicators of lighting in the organization of educational process]. *Zbirnyk naukovykh prats studentiv I molodykh naukovtsiv Fizyka. Tekhnolohii. Navchannia*. №16, 48–58.

7.Navchalni material online [Online teaching materials]. URL: [https://pidruchniki.com/2008120238289/bzhd/proektuvannya\\_sistem\\_shtuchnogo\\_osvitlennya](https://pidruchniki.com/2008120238289/bzhd/proektuvannya_sistem_shtuchnogo_osvitlennya) (accessed 5 March 2019).

#### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**СОСНИЦЬКА Наталя Леонідівна** – доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри вищої математики і фізики Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного.

*Наукові інтереси:* моделювання змісту фізико-математичної освіти вищої та середньої школи, актуальні проблеми професійної освіти.

**ІЩЕНКО Ольга Анатоліївна** – старший викладач кафедри вищої математики і фізики Таврійського державного агротехнологічного університету імені Д. Моторного.

*Наукові інтереси:* дослідження та математичне моделювання технічних та технологічних процесів аграрної сфери діяльності

**СОКОТ Олександр Євгенович** – студент 2 курсу факультету агротехнологій та екології Таврійського державного агротехнологічного університету імені Д. Моторного

*Наукові інтереси:* математичне моделювання технологічних процесів.

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**SOSNYTSKA Natalya Leonidovna** – doctor of pedagogical sciences, professor, manager of department of higher mathematics and physics of the Dmitry Motorny Tavria State Agrotechnological University.

*Circle of research interests:* modeling of the content of physical and mathematical education of higher and secondary schools, modern problems of professional education.

**ISHCHENKO Olga Anatolievna** – Senior Lecturer of department of higher mathematics and physics of the Dmitry Motorny Tavria State Agrotechnological University.

*Circle of research interests:* research and mathematical modeling of technical and technological processes in the agricultural sector.

**SOKOT Alexander Evgenievich** – 2nd year student of the agricultural technologies and ecology faculty of the Dmitry Motorny Tavria State Agrotechnological University.

*Circle of research interests:* mathematical modeling of technological processes.

*Дата надходження рукопису 29.03.2019р.*