

ОБҐРУНТУВАННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПОКАЗНИКІВ ДВЗ, ОТРИМАНИХ
В СТАЛИХ РЕЖИМАХ РОБОТИ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ

Гутаревич Ю.Ф., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

Сирота О.В., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

JUSTIFICATION OF THE POSSIBILITIES OF USING INDICATORS ICE OBTAINED
IN THE STEADY STATE FOR THE CALCULATION OF TRANSIENTS

Gutarevich Y.F. Ph.D., Engineering (Dr.), National Transport University, Kyiv, Ukraine

Sirota A.V. Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine

ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДВС, ПОЛУЧЕННЫХ
В УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМАХ РАБОТЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

Гутаревич Ю.Ф., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Сирота А.В., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Вступ. Одним з ефективних методів покращення паливної економічності бензинових двигунів, для яких основними експлуатаційними режимами роботи є режими малих навантажень і холостий хід є перехід до комбінованого методу регулювання потужності, коли частина циліндрів відключають, а інші циліндри працюють з більшим навантаженням. В результаті цього покращуються показники його роботи. В умовах експлуатації більшість часу двигуни працюють в неусталених режимах при постійній зміні положення дросельної заслінки та зовнішнього навантаження, що викликає коливання потужності двигуна і частоти обертання. Для можливості розрахунковим методом досліджувати роботу двигуна в неусталених режимах необхідно визначити відповідність показників роботи двигуна в кожний момент розгону, або уповільнення з аналогічними режимами роботи в усталеному режимі при однакових частоті обертання колінчастого валу та навантаженні.

Аналіз попередніх досліджень і публікацій. В проведених раніше випробуваннях двигуна 6Ч 9,5/6,98 (Opel C30 LE) [1-4] було встановлено, що перехід до комбінованого методу регулювання потужності покращує паливну економічність бензинового двигуна. Були проведені експериментальні дослідження паливної економічності та екологічних показників двигуна в неусталених режимах при різних методах регулювання потужності [5,6] в результаті яких було визначено величину покращення паливної економічності при переході до комбінованого методу регулювання потужності в різних за інтенсивністю режимах розгону.

Постановка проблеми. Важливим питанням при розрахункових дослідженнях неусталених режимів є відповідність показників двигуна в усталених навантажувальних режимах роботи і в схожих неусталених режимах при однакових потужності і частоті обертання.

Мета дослідження. Щоб впевнитися у можливості застосування поліноміальних залежностей [7], отриманих з навантажувальних характеристик, для розрахунку показників роботи двигуна в неусталених режимах необхідно провести порівняльний аналіз показників робочого процесу двигуна в цих режимах.

Основна частина. Для визначення можливості використання показників роботи двигуна, отриманих з навантажувальних характеристик для описання роботи двигуна в неусталених режимах потрібно проаналізувати дані, отримані при індицируванні двигуна. Для цього достатньо порівняти параметри індикаторних діаграм при розгоні двигуна зі схожим режимом роботи двигуна в аналогічному сталому режимі.

Для порівняння було відібрано усереднену індикаторну діаграму усталеного режиму при $\varphi_{др}=9,7$ град та $n_d=1600$ хв⁻¹ та індикаторну діаграму при розгоні двигуна за аналогічних умов.

На рис. 1 показана осцилограма фрагменту розгону двигуна при сталому зовнішньому навантаженні (при положенні пластин реостата гальмівного стенду $\varphi_p=8,1$ град). Видно, що зміна

швидкісного режиму викликана збільшенням кута відкриття дросельної заслінки $\varphi_{др}$. При цьому розрідження у впускному трубопроводі Δp_k зменшується, а частота обертання n_d збільшується з 1500 хв^{-1} до 1800 хв^{-1} .

Для розрахунку відібрано індикаторна діаграма з максимальним тиском $p_{max}=18 \text{ бар}$ при $\varphi_{др}=9,7$ град та $n_d=1600 \text{ хв}^{-1}$ (позначена стрілкою).

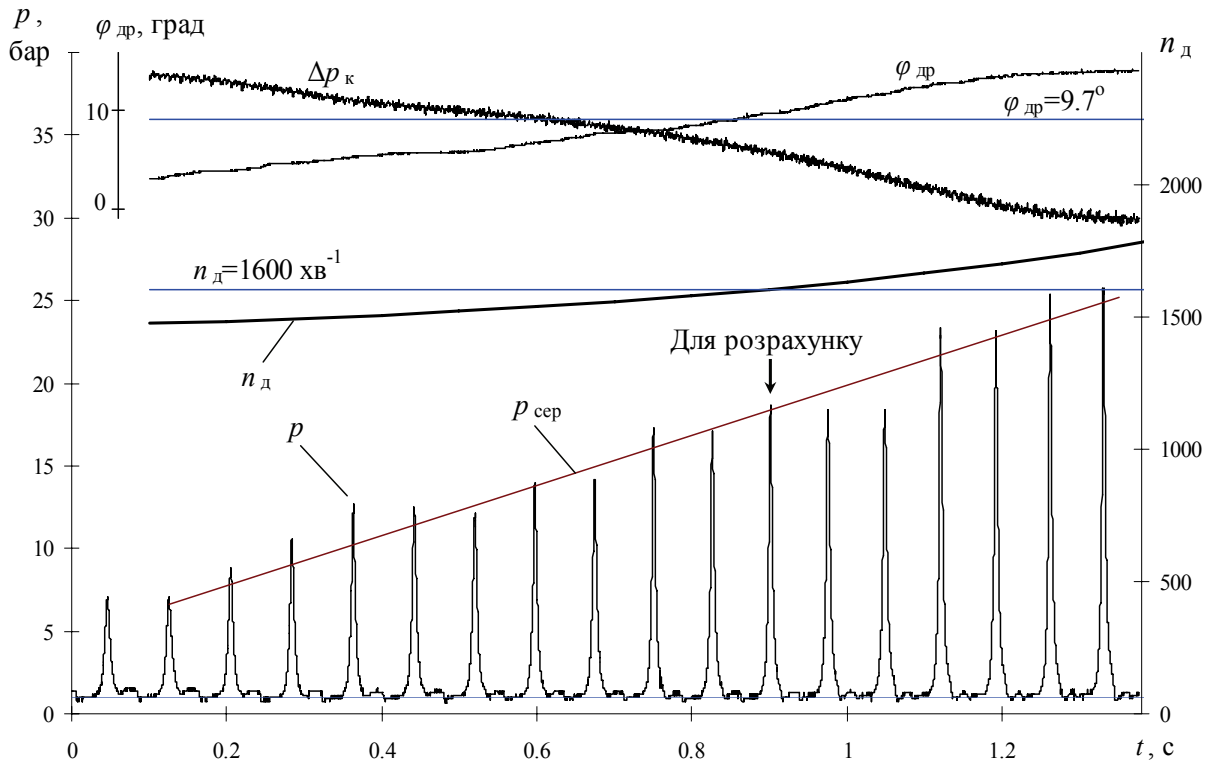


Рисунок 1 – Фрагмент осцилограми розгону двигуна 6Ч 9,5/6,98 при $\varphi_p=8,1$ град

Якщо названі індикаторні діаграми сумістити на спільній вісі часу (рис. 2) то видно, що діаграми майже співпадають.

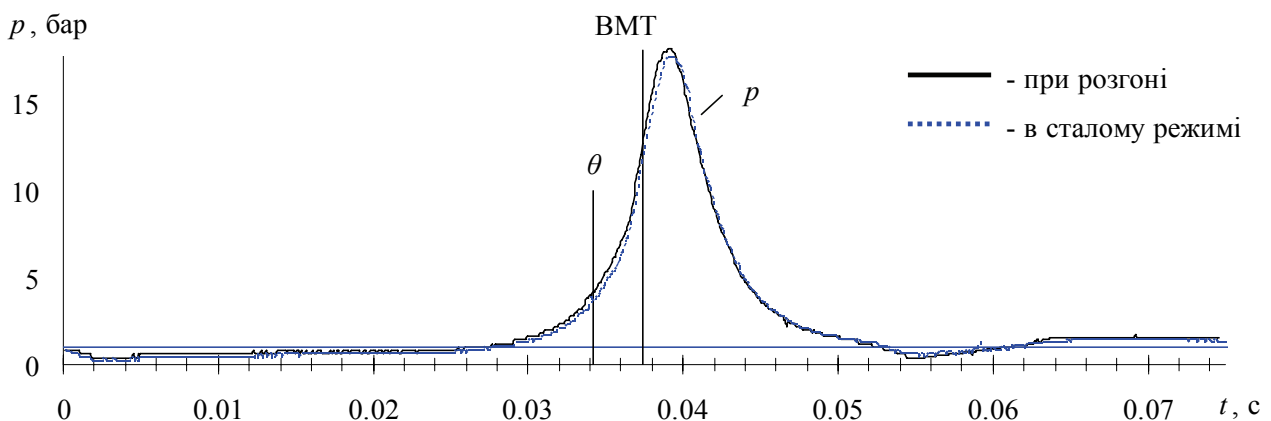


Рисунок 2 – Індикаторні діаграми двигуна 6Ч 9,5/6,98 за однакових параметрів усталеного і неусталеного режимів

Параметри індикаторних діаграм в схожих режимах, зведено в табл. 1.

Видно, що індикаторні показники робочого процесу в циліндрі при розгоні двигуна незначно відрізняються від індикаторних показників діаграми в схожому сталому режимі. Такі незначні відхилення не перевищують точності вимірювань приладів.

Таблиця 1 – Параметри індикаторних діаграм в схожих режимах при $\varphi_{др}=9,7$ град та $n_d=1600$ хв⁻¹

Параметр	При розгоні	Сталій режим
Момент іскри, мс	34227,5	34136,4
ВМТ, мс	37430,1	37640,1
Кількість точок	745	750
Інтервал часу між точками, мс	100,1	100,1
Тривалість циклу, мс	74574,5	75075
n_d точно	1609,1	1598,4
Крок розрахунку, град	0,966	0,96
θ , град	30,92	31,6

Для визначення показників робочого процесу двигуна з індикаторних діаграм методом чисельного інтегрування [8] була визначена корисна робота циклу, за виразом, H_m :

$$L_i = \int_{360}^{540} PdV - \int_{180}^{360} PdV + \int_0^{180} PdV - \int_{540}^{720} PdV . \quad (1)$$

де P – поточне значення тиску, бар;

dV - зміна об'єму робочого тіла, внаслідок переміщення поршня, м³.

Далі визначали середній індикаторний тиск в циліндрі, P_i :

$$P_i = \frac{L_i}{V_h} , \quad (2)$$

та індикаторну потужність, кВт:

$$N_i = \frac{L_i \cdot i \cdot n_d}{30 \cdot \tau} , \quad (3)$$

де i - кількість циліндрів; τ – тактність двигуна,

індикаторний к.к.д. двигуна знаходили за відомим виразом:

$$\eta_i = \frac{3600 \cdot N_i}{H_u \cdot G_{нал}} , \quad (4)$$

де $G_{нал}$ – годинна витрата палива, кг/год;

H_u – нижча теплота згоряння палива, Дж/кг. Для бензину $H_u = 44000$ Дж/кг.

Також з індикаторних діаграм визначались потужність механічних втрат N_m , механічний к.к.д. η_m та ефективний к.к.д. η_e .

Після розрахунку, отримуємо індикаторні показники робочого процесу в циліндрі в схожих режимах (табл. 2).

Відсутність суттєвих розбіжностей в індикаторних показниках схожих режимів також пояснюється технічною характеристикою системи живлення двигуна, згідно з якою у всьому діапазоні навантажень (крім повних), (в тому числі і в неусталених режимах) в двигуні підтримується стехіометричний склад паливоповітряної суміші. Відхилення коефіцієнта надміру повітря від одиниці можливо лише при різкому і швидкому відкритті дросельної заслінки, за рахунок чого пластина повітроміра на короткий час виходить за межі свого руху переміщення.

Таблиця 2 – Індикаторні показники робочого процесу в циліндрі в схожих режимах при $\varphi_{др}=9,7$ град та $n_d=1600$ хв⁻¹

Параметр	Сталий режим при $n_d=1600$ хв ⁻¹	При розгоні при $n_d=1600$ хв ⁻¹	%
Індикаторна робота циклу L_i , Нм	153,301	154,668	0,88
Середній індикаторний тиск p_i , МПа	0,3099	0,3126	0,86
Індикаторна потужність N_i , кВт	12,252	12,444	1,54
Індикаторний к.к.д. η_i	0,276	0,286	3,47
Потужність механічних втрат N_m , кВт	3,873	4,065	4,72
Механічний к.к.д. η_m	0,67	0,673	0,45
Ефективний к.к.д. η_e	0,185	0,192	3,79

Відповідність індикаторних показників робочого процесу в циліндрі в режимах розгону та в схожих усталених режимах свідчить про можливість в подальшому використовувати дані індикаторних діаграм, отриманих в усталених режимах для розрахунку показників двигуна в неусталених режимах з різною інтенсивністю розгону.

Висновок. Таким чином, можна вважати доведеним що, при визначенні показників роботи двигуна неусталені режими роботи можна замінити квазістатичними.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гутаревич Ю.Ф. Забезпечення безударного відключення і включення групи циліндрів при регулюванні потужності двигуна з іскровим запалюванням комбінованим методом / Ю.Ф. Гутаревич, О.В. Сирота // Автошляховик України: Окремий випуск. Вісник Центрального наукового центру ТАУ. – К.: 2009. – Вип. 12. – С. 145–148.
2. Гутаревич Ю.Ф. Дослідження показників двигуна з системою впорскування бензину в процесах розгону при регулюванні потужності відключенням групи циліндрів / Ю.Ф. Гутаревич, О.В. Сирота // Проблеми транспорту: Збірник наукових праць. – К.: НТУ, 2009. – Вип. 6. – С. 159–164.
3. Гутаревич Ю.Ф. Комбінований метод регулювання потужності бензинових двигунів як напрям покращення паливної економічності / Ю.Ф. Гутаревич, О.В. Сирота, С.В. Карев // Міжвузівський збірник “Наукові нотатки”. – Луцьк, 2010. – Вип. 28. – С. 175–179.
4. Сирота О.В. Експериментальні дослідження двигуна з впорскуванням бензину і зворотним зв’язком при застосуванні комбінованого методу регулювання потужності / О.В. Сирота // Вісник НТУ. – К.: НТУ, 2008. – № 17. – С. 95–101.
5. Гутаревич Ю.Ф. Дослідження перехідних процесів включення і відключення групи циліндрів двигунів з системою впорскування бензину і зворотним зв’язком / Ю.Ф. Гутаревич, О.В. Сирота // Вісник Національного транспортного університету: В 2-х частинах: Ч. 1. – К.: НТУ, 2009. – Вип. 19. – С. 135–138.
6. Гутаревич Ю.Ф. Поліпшення показників багатоциліндрових бензинових двигунів застосуванням удосконаленого комбінованого методу регулювання потужності / Ю.Ф. Гутаревич, С.В. Карев, О.В. Сирота // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту. Науково-виробничий збірник. – ДВНЗ «ДонНТУ» АДІ. – Горлівка, 2011. № 1(12). – С. 47-51.
7. Гутаревич Ю.Ф. Математична модель двигуна за різних методів регулювання потужності / Ю.Ф. Гутаревич, О.В. Сирота // Materiały XXI konferencji międzynarodowej «Systemy i środki transportu samochodowego. Wybrane zagadnienia». – Seria: Transport № 1. – Rzeszów: Politechnika Rzeszowska, 2010. – С. 107-114.
8. Гутаревич Ю.Ф. До визначення показників бензинового двигуна за різних методів регулювання потужності / Ю.Ф. Гутаревич, О.В. Сирота // Вісник Національного транспортного університету. – К.: НТУ, 2010. – Вип. 20. – С. 15–18.

REFERENCES

1. Gutarevich Y.F., Sirota A.V. Ensuring the shockless detaching and attaching the group of cylinders by combined method in regulating power of engine with spark ignition. Avtoshlyahovyk Ukrainy: separate volume. Bulletin of the Central Scientific Center TAU. Kyiv: 2009. Vol. 12. P. 145-148. (Ukr)
2. Gutarevich Y.F., Sirota A.V. Research parameters of the engine with gasoline injection system during acceleration in adjusting the power by disconnecting cylinders. Transport problems: collection of scientific papers. Kyiv: National Transport University. 2009. Vol. 6. P. 159-164. (Ukr)
3. Gutarevich Y.F., Sirota A.V., Karev S.V. Combined method of power control gasoline engines as the direction to improve fuel economy. Interuniversity collection of «Scientific essays» Lutsk, 2010. Vol. 28. P. 175-179. (Ukr)
4. Sirota A.V. Experimental investigation of the engine with gasoline injection and feedback using the combining method for power control. Bulletin of NTU. Kyiv. National Transport University. 2008. № 17. P. 95-101. (Ukr)
5. Gutarevich Y.F., Sirota A.V. Research transitional process of detaching and attaching the group of cylinders for engine with gasoline injection system and feedback. Visnyk NTU: In 2 parts: Part 1. Kyiv. National Transport University, 2009. Vol. 19. P. 135-138. (Ukr)
6. Gutarevich Y.F., Karev S.V., Sirota A.V. Improvements parameters of multicylinder gasoline engines by combined method of power control. Visti Avtomobilno-dorozhnoho instytutu. Naukovovyrobnychy zbirnyk. DVNZ "DonNTU" ADI. Gorlivka, 2011. № 1 (12). S. 47-51. (Ukr)
7. Gutarevich Y.F., Sirota A.V. Mathematical model of the engine for different methods of power control. Materiały XXI konferencji międzynarodowej «Systemy i środki transportu samochodowego. Wybrane zagadnienia». Seria: Transport № 1. Rzeszów: Politechnika Rzeszowska, 2010. P. 107-114. (Ukr)
8. Gutarevich Y.F., Sirota A.V. For determination of the gasoline engine parameters at different power control methods. Visnyk NTU. Kyiv. National Transport University. 2010. Vol. 20. P. 15-18. (Ukr)

РЕФЕРАТ

Гутаревич Ю.Ф. Обґрунтування можливості використання показників ДВЗ, отриманих в сталих режимах роботи для розрахунку перехідних процесів / Ю.Ф. Гутаревич, О.В. Сирота // Вісник Національного транспортного університету. — К. : НТУ, 2013. — Вип. 28.

В роботі представлено методику порівняння показників індикаторних діаграм при розгоні двигуна зі схожим режимом роботи в аналогічному усталеному режимі.

Визначено, що для можливості застосування поліноміальних залежностей, отриманих з навантажувальних характеристик, для розрахунку показників роботи двигуна в неусталених режимах потрібно проаналізувати дані, отримані при індицируванні двигуна. Для цього треба порівняти параметри індикаторних діаграм при розгоні двигуна зі схожим режимом роботи двигуна в аналогічному сталому режимі.

Проведено порівняльний аналіз показників робочого процесу двигуна в режимах розгону та в схожих усталених режимах в результаті якого з'ясовано, що при розрахунках неусталені режими роботи можна замінити квазістатичними.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ДВИГУН, ІНДИЦИРУВАННЯ, ІНДИКАТОРНІ ПОКАЗНИКИ, СХОЖІ РЕЖИМИ, НЕУСТАЛЕНІ РЕЖИМИ

ABSTRACT

Gutarevich Y.F., Sirota A.V. Justification of the possibilities for using indicators obtained in the stationary operating condition for the calculation of transition process. Visnyk National Transport University. – Kyiv. National Transport University. 2013. – Vol. 28.

The paper presents the method of comparing the indicator diagram of the engine during acceleration with a similar mode of operation in the same stationary mode.

Defined, that for the abilities of application the polynomial dependence obtained from load characteristics for calculation of indicators work in the unstable regime of engine necessary to analyze the performance obtained during tests of engine indicators. To do this, compare the parameters of the indicator diagrams during acceleration with the same performance at steady state

A comparative analysis of the workflow engine is similar in acceleration and steady state in which it was found that in the calculation of unstable modes can be replaced by quasi-static.

KEYWORDS: ENGINE, INDICATOR STATEMENTS, STATIONERY OPERATING CONDITION, TRANSIENT MODE.

РЕФЕРАТ

Гутаревич Ю.Ф. Обоснование возможности использования показателей ДВС, полученных в установившихся режимах работы для расчета переходных процессов / Ю.Ф. Гутаревич, А.В. Сирота // Вестник Национального транспортного университета. — К. : НТУ, 2013. — Вып. 28.

В работе представлена методика сравнения показателей индикаторных диаграмм при разгоне двигателя со сходственным режимом работы в аналогичном установившемся режиме.

Определено, что для возможности применения полиномиальных зависимостей, полученных с нагрузочных характеристик, для расчета показателей работы двигателя в неустановившихся режимах нужно проанализировать данные, полученные при индицировании двигателя. Для этого нужно сравнить параметры индикаторных диаграмм при разгоне двигателя с сходственным режимом работы двигателя в аналогичном установившемся режиме.

Проведен сравнительный анализ показателей рабочего процесса двигателя в режимах разгона и в сходственных установившихся режимах в результате которого установлено, что при расчетах неустановившиеся режимы работы можно заменять квазистатическими.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ДВИГАТЕЛЬ, ИНДИЦИРОВАНИЕ, ИНДИКАТОРНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ, СХОДСТВЕННЫЕ РЕЖИМЫ, НЕУСТАНОВИВШИЕСЯ РЕЖИМЫ

АВТОРИ:

Гутаревич Юрій Феодосійович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідуючий кафедрою “Двигуни і теплотехніка”, e-mail: katedradvz.ntu@gmail.com, тел. +380442804716, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 302.

Сирота Олександр Вадимович, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, доцент кафедри “Двигуни і теплотехніка”, e-mail: katedradvz.ntu@gmail.com, тел. +380442804716, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 303.

AUTHOR:

Gutarevich Yurii F. Ph.D., Engineering (Dr.), professor, National Transport University, head of the department "Engines and Heating", e-mail: katedradvz.ntu@gmail.com, tel. +380442804716, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str.1, of 302.

Sirota Alexandr V. Ph.D., National Transport University, associate professor department "Engines and Heating", e-mail: katedradvz.ntu@gmail.com, tel. +380442804716, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str.1, of 303.

АВТОРЫ:

Гутаревич Юрий Феодосиевич, доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, заведующий кафедрой "Двигатели и теплотехника", e-mail: katedradvz.ntu@gmail.com, тел. +380442804716, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 302.

Сирота Александр Вадимович, кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, доцент кафедры "Двигатели и теплотехника", e-mail: katedradvz.ntu@gmail.com, тел. +380442804716, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 303.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Назаренко І.І., доктор технічних наук, професор, Київський національний університет будівництва і архітектури, завідуючий кафедрою машин і обладнання технологічних процесів, Київ, Україна.

Посвятенко Е.К., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри “ Виробництво, ремонт та матеріалознавство”, Київ, Україна.

REVIEWER:

Nazarenko, I.I., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, Kyiv National University of Construction and Architecture, head of the department of machinery and equipment manufacturing processes, Kyiv, Ukraine.

Posvyatenko E.K., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, National Transport University, professor, department of " Manufacture, Repair and Materials ", Kyiv, Ukraine.