

УДК 693.95(075.8)

РАЗРАБОТКА ВИБРОСМЕСИТЕЛЯ С ОСЦИЛЛИРУЮЩИМИ КОЛЕБАНИЯМИ СМЕСИТЕЛЬНОГО БАРАБАНА

Ю. С. Саленко, А.И. Елизаров

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, м. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: kmt@mail.ru

В современном производстве предъявляются повышенные требования к бетоносмесителям, которые должны иметь сравнительно простую конструкцию, высокую производительность, надежность, низкую энергоемкость и обеспечивать высокое качество приготовления пластичных, жестких и сверхжестких бетонных смесей. Для эффективной и надежной работы предлагаемых бетоносмесителей принудительного действия необходимо точно выбрать рациональные параметры перемешивающих рабочих органов, создающих при перемешивании новые эффекты в виде активной циркуляции и виброактивации бетонных смесей, а также обосновать рациональные скоростные режимы и режимы виброактивации смеси в процессе её перемешивания. Целью настоящих исследований является разработка новой конструкции бетоносмесителя с осциллирующими колебаниями смесительного барабана. В работе описаны конструкция и принцип действия вибромеханического бетоносмесителя принудительного действия, снабженного перемешивающим рабочим органом в виде лопастного вала и вибрационным устройством, генерирующим осциллирующие колебания смесительного барабана. На лопастном валу бетоносмесителя при помощи стоек закреплены центральные и периферийные лопасти, образующие прерывистые винтовые линии для перемещения смеси во взаимно противоположных направлениях: по периферии смесительного барабана и в его центральной части. На смесительном барабане, установленном на упругих амортизаторах, смонтирован вибровозбудитель крутильных колебаний, генерирующий осциллирующие колебания смесительного барабана относительно оси вращения лопастного вала. Составлены уравнения движения и определены законы осциллирующих (крутильных) колебаний смесительного барабана, позволяющие обосновать основные параметры бетоносмесителя и технологические режимы вибрационной обработки смеси в процессе её приготовления, найти мощность привода. Использование предлагаемого бетоносмесителя позволяет практически вдвое снизить установленную мощность электропривода и втрое уменьшить энергоемкость процесса приготовления бетонных смесей.

Ключевые слова: смеситель, лопасти, бетонные смеси, осциллирующие колебания.

РОЗРОБКА ВІБРОЗМІШУВАЧА З ОСЦІЛЮЮЧИМИ КОЛІВАННЯМИ ЗМІШУВАЛЬНОГО БАРАБАНА

Ю. С. Саленко, О. І. Єлізаров

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: kmt@mail.ru

У сучасному виробництві пред'являються підвищені вимоги до бетонозмішувачів, які повинні мати порівняно просту конструкцію, високу продуктивність, надійність, низьку енергоємність і забезпечувати високу якість приготування пластичних, жорстких і наджорстких бетонних сумішей. Для ефективної і надійної роботи пропонуваного бетонозмішувачів примусової дії необхідно точно вибрати раціональні параметри перемішувачих робочих органів, що створюють при перемішуванні нові ефекти у вигляді активної циркуляції і віброактивації бетонних сумішей, а також обґрунтувати раціональні швидкісні режими і режими віброактивації суміші в процесі її перемішування. Метою даних досліджень є розробка нової конструкції енергозберігаючого бетонозмішувача з осцилюючими коливаннями корпусу змішувального барабана. В роботі описані конструкція і принцип дії вибромеханічного бетонозмішувача примусової дії, забезпеченого перемішувачим робочим органом у вигляді лопатевого вала і вібраційним пристроєм, генеруючим осцилюючі коливання змішувального барабана. На лопатевому валу бетонозмішувача за допомогою стійок закріплені центральні і периферійні лопасти, які утворюють переривисті гвинтові лінії для переміщення суміші у взаємно протилежних напрямках: по периферії змішувального барабана і в його центральній частині. На змішувальному барабані, встановленому на пружних амортизаторах, змонтовано вібробуджувач крутильних коливань, що генерує осцилюючі коливання змішувального барабана відносно осі обертання лопатевого вала. Складено рівняння руху та визначено закони осцилюючих (крутильних) коливань змішувального барабана, що дозволяють обґрунтувати основні параметри бетонозмішувача і технологічні режими вібраційної обробки суміші в процесі її приготування, знайти потужність привода. Використання запропонованого бетонозмішувача дозволяє практично вдвічі знизити встановлену потужність електроприводу і втричі зменшити енергоємність процесу приготування бетонних сумішей.

Ключові слова: змішувач, лопасти, бетонні суміші, осцилюючі коливання.

АКТУАЛЬНОСТЬ РОБОТЫ. Бетоносмесители принудительного действия широко используются для приготовления бетонных смесей и растворов. Для этих целей используются роторные [1], одно-

вальные [2, 3] и двухвальные бетоносмесители принудительного действия [4]. Одновальные бетоносмесители принудительного действия [2], предназначены для приготовления пластичных и жестких

цементобетонних смесей, бетонов с легким заполнителем и строительных растворов. Эти смесители сочетает в себе высокую эффективность приготовления бетонных смесей и в сравнении с роторными [1] и двухвальными [4] бетоносмесителями отличаются простотой конструктивного исполнения. Имеют сравнительно небольшую металлоемкость. Энергоемкость разработанных одновальных бетоносмесителей принудительного действия [2] отвечает требованиям ГОСТ 16349-85 [5] и находится ниже уровня энергоемкости двухвальных бетоносмесителей принудительного действия на 30–40 %. Дальнейшего снижения энергоемкости и упрощения конструкции одновальных смесителей принудительного действия [2], предназначенных для приготовления жестких и сверхжестких смесей, можно достичь путем использования вибрационного воздействия на смесь в процессе её приготовления.

Современное производство требует создания машин и бетоносмесительного оборудования с малой энергоемкостью и высокой износостойкостью рабочих органов. Эти машины должны обеспечивать эффективное приготовление жестких бетонных смесей.

Снижения энергоемкости и повышения эффективности процесса приготовления можно достичь путем использования вибрационного воздействия на бетонную смесь в процессе её приготовления через корпус смесителя [6], в транспортирующем в зону перемешивания вибрлотке [7] или через встроенную в корпус смесителя вибрационную заслонку [8]. Эти вибросмесители снабжены вибровозбудителями направленных [6] или круговых колебаний [7, 8]. Они обеспечивают приготовление жестких бетонных смесей, но требуют надежной защиты электропривода от вредных вибрационных воздействий, передаваемых от вибрирующих механизмов.

Дальнейшего снижения энергоемкости и упрощения конструкции одновальных смесителей принудительного действия [2, 8], предназначенных для приготовления жестких и сверхжестких бетонных смесей можно достичь путем внедрения в технологический процесс перемешивания вибрационного воздействия на бетонную смесь, создаваемого осциллирующими колебаниями корпуса смесителя [9] внедрения в технологический процесс перемешивания вибрационного воздействия на бетонную смесь, создаваемого осциллирующими колебаниями смесительного барабана.

Целью настоящей работы является разработка нового типа вибросмесителя с крутильными (осциллирующими) колебаниями смесительного барабана, обеспечивающими высокоэффективное приготовление бетонных смесей с низкой энергоемкостью.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. На рис. 1 и 2 представлен общий вид вибромеханического бетоносмесителя с осциллирующими колебаниями смесительного барабана. Он состоит из

смесительного барабана 1 с загрузочным 2 люком и выгрузочным отверстием, закрытым заслонкой 3. Внутри смесительного барабана расположен лопастной вал 4, опирающийся на подшипниковые опоры 5, которые закреплены на внешних торцевых стенках барабана. Лопастной вал 4 снабжен периферийными и центральными лопастями. Периферийные лопасти состоят из стоек 6, на которых закреплены периферийные лопатки 7, а центральные лопасти состоят из стоек 8 и центральных лопаток 9.

Периферийные и центральные лопасти закреплены на лопастном валу резьбовым соединением 10. Рабочие поверхности периферийных лопаток 7 имеют наклон к плоскости, параллельной оси вала, равный $\alpha = 30 \dots 40^\circ$, а центральные лопатки 9 имеют наклон к плоскости, параллельной оси вала, равный $\beta = 120 \dots 130^\circ$.

В результате образовано две прерывистые винтовые линии: одна из периферийных лопаток 7 для перемещения смеси в зону выгрузки, а другая из центральных лопаток 9 для перемещения смеси обратном направлении.

Оси смежных лопастей одноименного направления винтовой линии расположены одна относительно другой под углом 90° . По ходу закручивания каждой прерывистой винтовой линии у торцов смесительного барабана 1 установлены отбойные лопатки 11 и 12, имеющие те же геометрические параметры, что и основные лопатки, и развернуты на угол 180° .

Вибромеханический бетоносмеситель с осциллирующими колебаниями дополнительно снабжен вибровозбудителем крутильных колебаний, дебалансный вал 13 которого смонтирован в подшипниковых опорах 14, установленных на кронштейнах 15, жестко закрепленных на торцевой стенке смесительного барабана симметрично относительно оси вращения лопастного вала 4, так что их опорные поверхности лежат в одной плоскости, а дебалансный вал 13 расположен перпендикулярно оси вращения лопастного вала, причем дебалансы 16 и 17 закреплены на выходных концах дебалансного вала 13 и повернуты один относительно другого на угол 180° , при этом смесительный барабан 1 установлен на опорной раме 18 при помощи плоских резинометаллических упругих амортизаторов 19. Лопастной вал 4 вибромеханического бетоносмесителя с осциллирующими колебаниями соединяется с редуктором 20 основного привода при помощи муфты 21. Редуктор 20 закреплен на опорной раме 18 и связан с электродвигателем при помощи клиноременной передачи (на рис. не показаны). Дебалансный вал 13 вибровозбудителя крутильных колебаний соединен с электродвигателем 22 при помощи соединительного вала 23 и упруго-компенсирующих муфт 24 и 25.

Вибромеханический смеситель с осциллирующими колебаниями работает следующим образом.

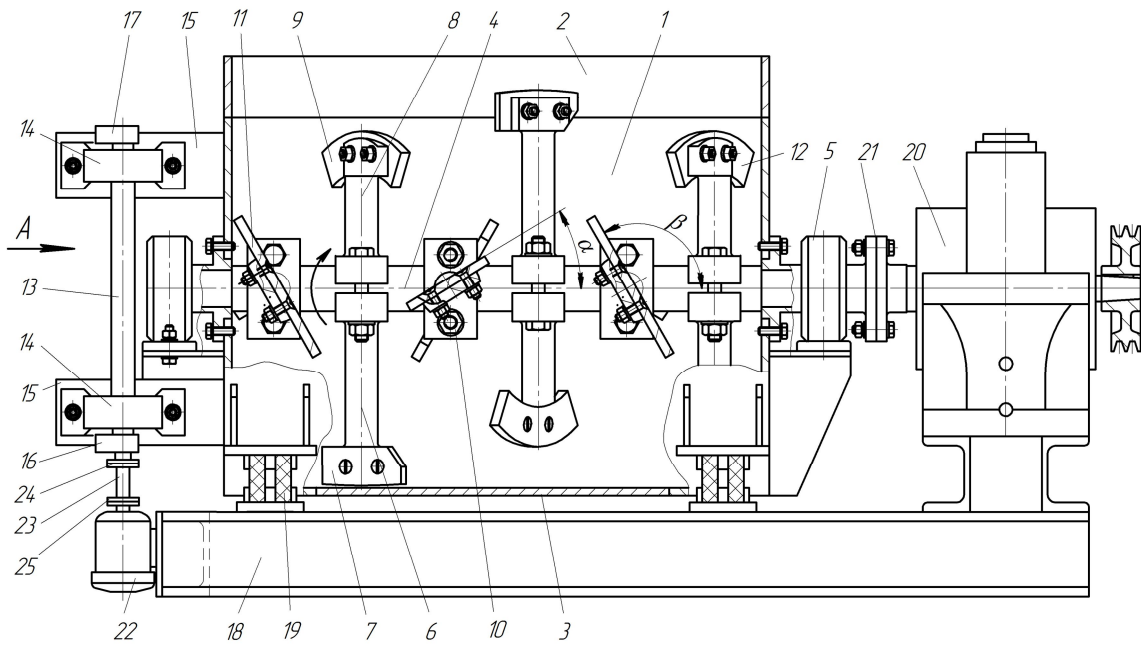


Рисунок 1 – Общий вид вибромеханического бетоносмесителя принудительного действия

Электромеханический основной привод смесителя через муфту 21 вращает лопастной вал. Электродвигатель 23 через соединительный вал 24 и упруго-компенсирующие муфты 25 и 26 вращает вал вибровозбудителю колебаний, который сообщает смесительному барабану крутильные колебания. После включения основного привода и привода вибровозбудителя кругильных колебаний смесительный барабан загружается предварительно отдозированным минеральными материалами. Затем после сухого перемешивания, которое длится 6 – 10 с, внутрь смесительного барабана впрыскивают воду. При вращении вала по стрелке, указанной на рис. 1, лопасти интенсивно перемешивают многокомпонентную смесь, одновременно перемещая ее двумя противоположно направленными потоками: по центру смесительного барабана и по его периферии. Центральные лопатки 9 переводят смесь во взвешенное состояние и в виде центрального потока перемещают её в продольном направлении к задней торцевой стенке смесительного барабана. Периферийные лопатки 7 создают периферийный вращающийся поток смеси, который одновременно перемещается в продольном направлении к передней торцевой стенке смесительного барабана. При этом каждая частица испытывает вихревые движения и периодически перемещается из одного потока в другой, обеспечивая тем самым интенсивный массообмен.

Вибрационным воздействием со стороны обечайки смесительного барабана, совершающего крутильные колебания относительно оси вращения лопастного вала, в бетонной смеси создаются сдвиговые деформации. Перемешиваемая смесь переходит в тиксотропное состояние и уменьшается её коэффициент внутреннего трения. Разрушаются внутренние связи в бетонной смеси и одновременно интенсивно разрушаются агрегаты, состоящие

из слипшихся частиц цемента, покрытых водной пленкой.

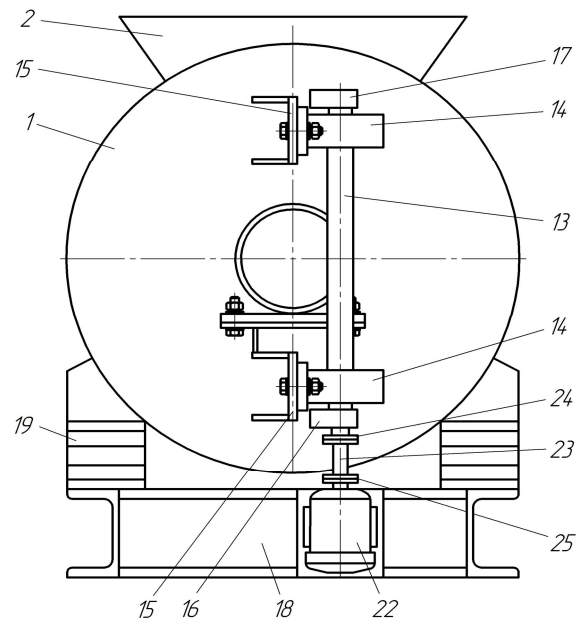


Рисунок 2 – Вид А на рис. 1.

Происходит виброактивация бетонной смеси. Ускоряется процесс обволакивания минеральных частиц вяжущим. В результате сокращается продолжительность перемешивания и образуется однородная качественная смесь. Применение вибрационного воздействия на бетонную смесь в виде крутильных колебаний обечайки смесительного барабана позволяет также значительно снизить силы сопротивления перемешиванию смеси и соответственно уменьшить мощность привода. Использование отбойных лопаток 11 и 12 обеспечивает непрерывный кругооборот смеси в корпусе и препятствует образованию застойных зон в смесителе.

На эффективность вибрационной обработки и активации цементобетонных смесей существенное влияние оказывает характер осциллирующего движения смесительного барабана, который зависит от момента инерции и массы смесительного барабана, жесткости упругих амортизаторов, частоты и амплитуды момента возмущающих сил вибровозбудителей колебаний, массы и физико-механических характеристик бетонной смеси. Поскольку частота и амплитуда осциллирующих колебаний смесительного барабана являются технологическими параметрами, от которых зависит качество приготовляемой цементобетонной смеси, то необходимо определить закон осциллирующего движения смесительного барабана, обеспечивающие получение необходимого технологического режима.

Осциллирующие колебания смесительного барабана можно описать дифференциальным уравнением:

$$J \frac{d^2 \theta_x}{dt^2} + n \frac{d\theta_x}{dt} + k\theta_x = M \sin \omega t, \quad (1)$$

где θ_x – угловые перемещения смесительного барабана относительно координатной оси X , направленной вдоль оси лопастного вала; J – момент инерции масс смесительного барабана относительно координатной оси X ; k – крутильная жесткость упругих амортизаторов; n – коэффициент неупругого сопротивления амортизаторов относительно координатной оси X ; M – амплитуда возмущающего момента сил, $M = Q \cdot r$; Q – амплитуда возмущающей силы одного дебаланса вибровозбудителя колебаний; r – расстояние между дебалансами вибровозбудителя колебаний; ω – угловая частота вынужденных колебаний; t – время.

Решение уравнения (1) для стационарных крутильных колебаний смесительного барабана, найдем в следующем виде:

$$\theta_x(t) = \Theta_x \sin(\omega t - \xi); \quad (2)$$

где Θ_x – амплитуда крутильных колебаний смесительного барабана относительно оси X ; ξ – угол сдвига фаз между амплитудой момента возмущающих сил и амплитудой вынужденных крутильных колебаний смесительного барабана;

$$\Theta_x = \frac{Q \cdot r}{\sqrt{(k - J\omega^2)^2 + n^2 \omega^2}}; \quad (3)$$

$$\xi = \arctg[n\omega / (k - J\omega^2)]. \quad (4)$$

Используя зависимости (2 – 4), определим линейные перемещения по окружности внутренней цилиндрической поверхности смесительного барабана, взаимодействующей с бетонной смесью:

$$u(t) = \Theta R \sin(\omega t - \xi), \quad (5)$$

где R – радиус обечайки барабана.

Полученные выражения (3)–(5) позволяют установить закон движения внутренней цилиндрической поверхности смесительного барабана, взаимодействующей с цементобетонной смесью, а также обосновать рациональный технологический режим вибрационной обработки и виброактивации цементобетонной смеси, определить основные параметры предлагаемого вибросмесителя.

ВЫВОДЫ. Предложенный принцип создания вибромеханических рабочих перемешивающих органов может быть использован в конструкциях бетоносмесителей периодического и непрерывного действия. Эти бетоносмесители могут использоваться как для приготовления жестких, так и пластичных бетонных смесей. Предложенная конструкция бетоносмесителей позволяет повысить производительность, уменьшить металлоемкость и установленную мощность электропривода, снизить энергоемкость процесса приготовления смесей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богомолов А.А. Совершенствование конструкции смесительных машин // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сбор. науч. трудов. – Харьков: ХНАДУ, 2005. – Вып. 29. – С. 217–220.
2. Саленко Ю.С. Горизонтальные бетоносмесители принудительного действия. – Кременчук: ТОВ «Кременчуцька міська друкарня», 2013. – 218 с.
3. Одновальный бетоносмеситель [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://zzbo.satu.kz/g282759-odnovalnye-betnosmesiteli-zzbo>.
4. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций / В.А. Бауман, Б.В. Клушанцев, В.Д. Мартынов. – М.: Машиностроение, 1981. – 384 с.
5. ГОСТ 16349–85. Смесители циклические для строительных материалов. Технические условия.
6. Берник М.П. Варіанти конструктивного виконання віброзмішувачів // Вибрації в техніці та технології. – 1998. – № 1 (15). – С. 12–13.
7. Вибрационные машины и процессы в дорожном строительстве / А.Г. Маслов, В.М. Пономарь. – К.: Будівельник, 1985. – 128 с.
8. Вибрационные машины для приготовления и уплотнения бетонных смесей: монография / А.Г. Маслов, А.Ф. Иткин, Ю.С. Саленко. – Кременчук: ЧП Щербатых А.В., 2014. – 324 с.
9. Пат. 63258 Україна, МПК (2011.01) В28С 5/00. Вібромеханічний спосіб приготування цементобетонної суміші / Маслов О.Г., Саленко Ю.С.; заявник і патентовласник Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського. – № u201015761; заявл. 27.12.10; опубл. 10.10.11, Бюл. № 19.

DEVELOPMENT OF A VIBRATION MIXER WITH OSCILLATING VIBRATIONS MIXING DRUM**Yu. Salenko, A. Elizarov**

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: kmto@mail.ru

In the modern workplace are increased requirements to the mixers, which should have a relatively simple construction, high performance, reliability, low power consumption and to ensure high quality preparation of plastic, hard and ultra hard) concrete mixes. For efficient and reliable operation of the proposed mixers and enforcement actions necessary to accurately choose rational parameters of mixing of the working bodies, creating a stirring new effects in the form of active circulation and vibroactivity concrete mixes, as well as to justify a rational speed modes and the modes vibroactivity mixture during mixing. The purpose of this research is to develop new design energy saving mixer with oscillating vibrations. This paper describes the design and principle of operation vibromechanical of forced action mixer, equipped with stirrer working body in the form of a blade shaft and a vibrating device for generating an oscillating oscillations of the mixing drum. On a blade shaft of a mixer with the help of racks secured to the Central and peripheral blades, forming a discontinuous helix to move the mixture in opposite directions: on the periphery of the mixing drum and in its Central part. On the mixing drum mounted on elastic shock absorbers, vibration exciter mounted torsional vibration generating oscillating oscillation mixing drum about the axis of rotation of the impeller shaft. The equations of motion and determined the laws oscillating (torsional) oscillations of the mixing drum at idle and in operation of concrete mixing, allowing to prove the main parameters of concrete mixer and technological modes of vibration of processing the mixture in the course of its preparation, to find the capacity of the drive. The use of the proposed mixer was almost halved the installed capacity of the electric drive and three times to reduce the energy intensity of the process of preparation of concrete mixes.

Key words: mixer, shovels, concrete mix, oscillating vibrations.

REFERENCES

1. Bogomolov, A.A. (2005), "Improving the design of mixing machines", *Bulletin of Kharkov National Automobile and Highway University. Coll. Scientific*, vol. 29, pp. 217–220.
2. Salenko, Yu.S. (2013), *Gorizontalnye betonosmesi-teli prinuditelnogo deystviya: monografiya* [Horizontal compulsory mixer: monograph], LLC "Kremenchutska miska Drukarnya", Kremenchug, Ukraine.
3. Single-shaft mixer [Electronic resource], mode of access: <http://zzbo.satu.kz/g282759-odnovalnye-betonosmesiteli-zzbo>.
4. Bauman, V.A., Klushantsev, B.V., Martynov, V.D. (1981), *Mehanicheskoe oborudovanie predpriyatij stroitelnykh materialov, izdeliy i konstruksiy* [Mechanical equipment of enterprises of building materials, components and structures], Engineering, Moscow, USSR.
5. GOST 16349–85. Smesiteli tsiklichnyie dlya stroitelnykh materialov. Tehnicheskie usloviya [Mixers cyclical for building materials. Technical conditions].
6. Bernik, M.P. (1998), "Variants of constructive execution of mixers vibrating", *Vibrations in engineering and technology*, no. 1 (15), pp. 12–13.
7. Maslov, A.G., Ponomar, V.M. (1985), *Vibratsionnyie mashiny i protsessyi v dorozhnom stroitelstve* [Vibrating machines and processes in road construction], Budivel'nik, Kyev, USSR.
8. Maslov, A.G., Itkin, A.F., Salenko, Yu.S. (2014), *Vibratsionnyie mashiny dlya prigotovleniya i uplotneniya betonnykh smesey: monografiya* [Vibrating machine for the preparation and compaction of concrete mixtures: Monograph], PP Cherbatiykh A.V., Kremenchug, Ukraine.
9. Pat. Ukraine 63258, IPC (2011.01) V28S 5/00. Vibromehanichny sposib prigotovannya tsementobetonnoi sumishi, Maslov, A.G., Salenko, Y.S.; no. u201015761; appl. 27.12.10; publ. 10.10.11, Bul. no. 19.

Стаття надійшла 12.04.2015.