

УКРАЇНА



# ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 125389

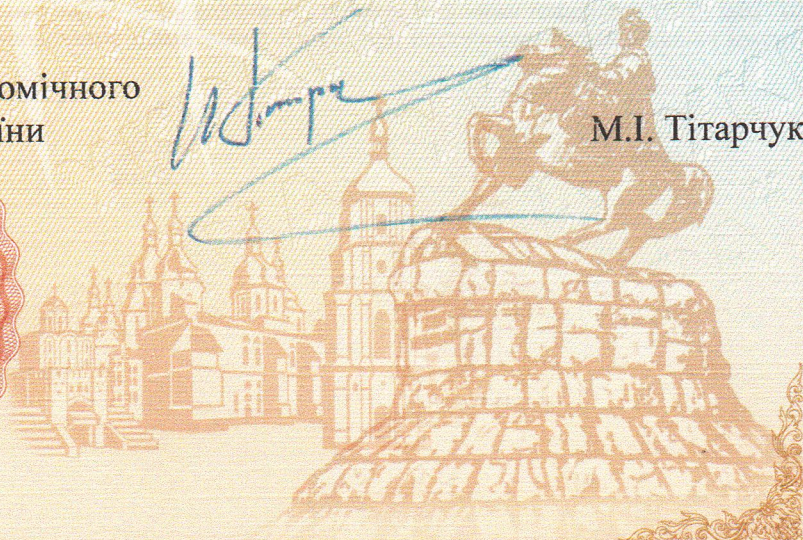
**ГРАДІЄНТНЕ ПОКРИТТЯ З ВИСОКОЮ  
ПРИПРАЦЬОВУВАНІСТЮ І ЗНОСОСТІЙКІСТЮ**

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі **10.05.2018.**

Заступник міністра економічного розвитку і торгівлі України

М.І. Тітарчук



(19) UA

(51) МПК (2018.01)  
C25D 5/12 (2006.01)  
B82Y 40/00

- (21) Номер заявки: **u 2017 11659**
- (22) Дата подання заявки: **29.11.2017**
- (24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **10.05.2018**
- (46) Дата публікації відомостей про видачу патенту та номер бюлетеня: **10.05.2018, Бюл. № 9**

(72) Винахідники:  
**Кіндрачук Мирослав Васильович, UA,**  
**Мнацаканов Рудольф Георгійович, UA,**  
**Гуменюк Ігор Анатолійович, UA,**  
**Духота Олександр Іванович, UA,**  
**Корнієнко Анатолій Олександрович, UA,**  
**Тісов Олександр Вікторович, UA,**  
**Харченко Володимир Володимирович, UA**

(73) Власник:  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,**  
 просп. Комарова, 1, м. Київ,  
 03058, UA

(54) Назва корисної моделі:

**ГРАДІЄНТНЕ ПОКРИТТЯ З ВИСОКОЮ ПРИПРАЦЬОВУВАНІСТЮ І ЗНОСОСТІЙКІСТЮ**

(57) Формула корисної моделі:

Градiєнтне покриття з високою припрацьовуванiстю i зносостiйкiстю, що мiстить як основу нiкель, виконане у виглядi нижнього шару покриття, нанесеного безпосередньо на поверхню виробу iз наночастинок SiC та гранул евтектичного сплаву дiаметром 140-200 мкм i верхнього шару покриття iз наночастинок SiC та гранул евтектичного сплаву дiаметром 20-100 мкм, яке **вiдрiзняється** тим, що для пiдвищення припрацьовуваностi та зносостiйкостi зовнiшня частина верхнього шару виконана у виглядi прошарку товщиною 10-15 мкм i мiстить наночастинки та гранули карбiду вольфраму дiаметром 1-5 мкм, при наступному спiввiдношеннi компонентiв електролiту, г/л:

хлорид нiкелю (або залiза, або кобальту)	45
320 борна кислота	
гранули карбiду вольфраму	20-30
наночастинки карбiду вольфраму	20-30.

Державне підприємство  
«Український інститут інтелектуальної власності»  
(Укрпатент)

Оригіналом цього документа є електронний документ з відповідними реквізитами, у тому числі з накладеним електронним цифровим підписом уповноваженої особи Міністерства економічного розвитку і торгівлі України та сформованою позначкою часу.

Ідентифікатор електронного документа 2222080518.

Для отримання оригіналу документа необхідно:

1. Зайти до ІДС «Стан діловодства за заявками на винаходи та корисні моделі», яка розташована на сторінці <http://base.uipv.org/searchInvStat/>.

2. Виконати пошук за номером заявки.

3. У розділі «Документи Укрпатенту» поруч з реєстраційним номером документа натиснути кнопку «Завантажити оригінал» та ввести ідентифікатор електронного документа.

Ідентичний за документарною інформацією та реквізитами паперовий примірник цього документа містить 2 арк., які пронумеровані та прошиті металевими люверсами.

Уповноважена особа Укрпатенту



І.Є. Матусевич

10.05.2018



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **125389** (13) **U**  
(51) МПК (2018.01)  
**C25D 5/12** (2006.01)  
B82Y 40/00

МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

<p>(21) Номер заявки: <b>u 2017 11659</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>29.11.2017</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>10.05.2018</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>10.05.2018, Бюл.№ 9</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Кіндрачук Мирослав Васильович (UA), Мнацаканов Рудольф Георгійович (UA), Гуменюк Ігор Анатолійович (UA), Духота Олександр Іванович (UA), Корнієнко Анатолій Олександрович (UA), Тісов Олександр Вікторович (UA), Харченко Володимир Володимирович (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и): <b>НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, просп. Комарова, 1, м. Київ, 03058 (UA)</b></p>
---	--

**(54) ГРАДІЄНТНЕ ПОКРИТТЯ З ВИСОКОЮ ПРИПРАЦЬОВУВАНІСТЮ І ЗНОСОСТІЙКІСТЮ**

(57) Реферат:

Градiєнтне покриття з високою припрацьовуванiстю i зносостiйкiстю мiстить як основу нiкель, виконане у виглядi нижнього шару покриття, нанесеного безпосередньо на поверхню виробу iз наночастинок SiC та гранул евтектичного сплаву дiаметром 140-200 мкм i верхнього шару покриття iз наночастинок SiC та гранул евтектичного сплаву дiаметром 20-100 мкм. Для пiдвищення припрацьовуваностi та зносостiйкостi зовнiшня частина верхнього шару виконана у виглядi прошарку товщиною 10-15 мкм i мiстить наночастинки та гранули карбiду вольфраму дiаметром 1-5 мкм.

UA 125389 U

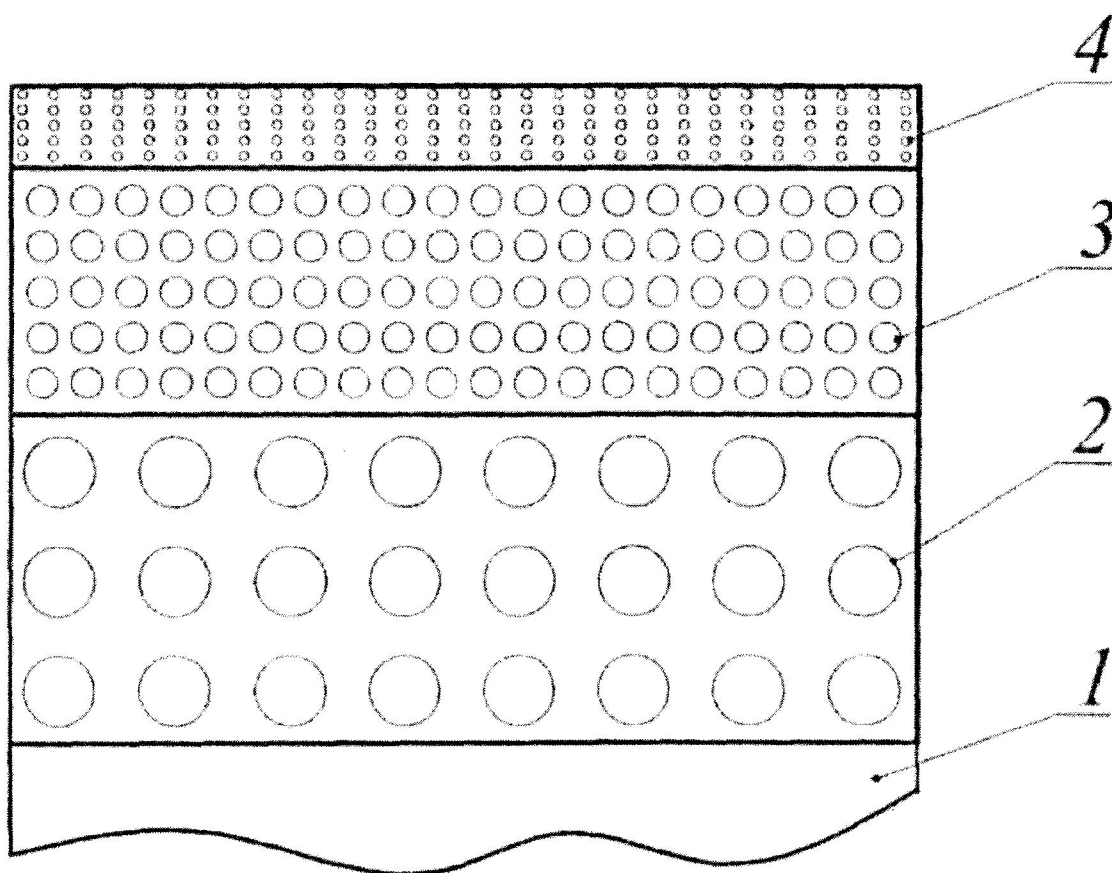


Fig. 1

Корисна модель належить до галузі електрометалургії, зокрема до нанесення композиційних покриттів триботехнічного призначення електролітичним способом та їх термообробки.

Відомий спосіб одержання покриття електролітичним осадженням нікелю з електроліту, що містить хлорид нікелю, борну кислоту і бор аморфний, гранули евтектичного жаростійкого сплаву сферичної форми заданого розміру і кількості діаметром 20-100 мкм, в кількості 10-35 г/л [1].

В даний електроліт вводили частинки бору для зміцнення матриці шляхом проведення термічної обробки за рахунок отримання боридів нікелю в нікелевій матриці. Проте проведення додаткової термічної обробки може бути небажаними, через необхідність нагрівання деталей з покриттям до високих температур 950-1150 °С (температура утворення евтектики) у вакуумі або з використанням безокисного середовища, що призводить до жолоблення та деформацій деталей та потребує додаткових енергозатрат. Разом з тим, частинки аморфного бору розміром 1-3 мкм, включені у покриття, зміцнюють матрицю і без термічної обробки у разі використання покриттів у вихідному стані за рахунок ефекту дисперсного зміцнення матриці. Але склад покриття розробляється для роботи при підвищених температурно-силових режимах експлуатації, і у разі використання частинок бору для дисперсного зміцнення матриці можлива неконтрольована взаємодія бору з нікелевою матрицею з утворенням боридів нікелю вже починаючи від 200 °С, що може негативно вплинути на стан поверхні тертя та зносостійкість покриття в цілому. Крім того, крупні макрочастинки евтектичного сплаву і їх низькі фізико-механічні властивості не забезпечують процес припрацювання покриття при терті.

Відомий спосіб електролітичного осадження нікелю з електроліту, що містить наночастинки карбіду кремнію замість частинок бору [2].

Введення в металеву матрицю композиційного електролітичного покриття (КЕП) одночасно частинок карбіду нанорозміру та евтектичного сплаву забезпечує підвищення зносостійкості покриття при температурах 400 °С без додаткової термічної обробки.

Недоліком згаданого способу є та обставина, що він не дозволяє одержувати покриття з високою припрацьовуваністю в умовах жорстокого трибосилового навантаження, що обумовлено несприятливим напружено-деформованим станом покриттів, розподілом напружень, їх демпфівувальними властивостями.

Найбільш близьким за технічною суттю та запропонованим складом електроліту і способом одержання градієнтного покриття є спосіб електролітичного осадження нікелю з електроліту, що містить наночастинки карбіду кремнію і гранули евтектичного сплаву заданого розміру [3].

В основу корисної моделі поставлена задача створення способу нанесення КЕП з високою контактною втомною міцністю і зносостійкістю за рахунок формування його градієнтної структури: поверхневий шар зі складом та структурою з пониженим опором зсуву і глибинного підшару з більш крупними гранулами евтектичного сплаву.

Структура глибинного шару, де зосереджуються максимальні напруження тертя, забезпечує рівномірний розподіл навантаження в об'ємі покриття, чинить опір руйнуванню під дією тангенціально направлених сил тертя, демпфує їх, тобто слугує міцною основою для поверхневого шару, підвищує його працездатність у екстремальних умовах тертя, виключаючи продавлювання, викришування та відшарування. Це обумовлено також підвищенням контактної втомної міцності і створенням такого напружено деформованого стану, який забезпечує мінімальні напруження при терті, що встановлено аналітичними розрахунками, а також підтверджено експериментально.

Поставлена задача вирішується тим, що формування зносостійкого електролітичного покриття проводять з електроліту, що містить наночастинки карбіду кремнію та мікрочастинки евтектичного сплаву сферичної форми діаметром 20-100 мкм, та, згідно з корисною моделлю, попередньо наносять підшар з використанням електроліту, що містить наночастинки SiC та гранули евтектичного сплаву діаметром 140-200 мкм при наступному співвідношенні компонентів електроліту, г/л:

хлорид нікелю (або заліза, або кобальту)	300
борна кислота	40
евтектичний сплав	15-30
карбід кремнію	10-30.

До причин недостатньої зносостійкості покриття під час експлуатації, належить низька припрацьовуваність запропонованого складу його поверхневого шару. Це обумовлено, зокрема, поєднанням його недостатньої твердості з низькою пластичністю. Що пов'язано з крупною фракцією гранул (до 100 мкм) евтектичного сплаву і його низькими фізико-механічними властивостями (модуль пружності  $E=450$  ГПа, мікротвердість  $H_m=9,2$  ГПа). Разом з тим відомо,

що в процесі тертя покриття піддається структурній пристосовуваності. Вторинні структури, що утворюються на стані припрацювання на робочих поверхнях виробу значною мірою визначають його подальшу зносостійкість, тобто працездатність визначається як вихідною структурою матеріалу, так і станом контактних шарів, сформованих на початковому (припрацюванні) періоді експлуатації.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення способу нанесення КЕП з високою припрацьовуваністю і зносостійкістю за рахунок формування його градієнтної структури: нижнього і верхнього шарів зі складом та структурою найближчого аналога і зовнішньої частини верхнього шару з пониженим опором зсуву.

Поставлена задача вирішується тим, що формування нижнього і верхнього шарів зносостійкого електролітичного покриття проводять з електроліту, що містить наночастинки карбїду кремнію та гранули евтектичного сплаву заданого розміру і кількості, яке відрізняється тим, що зовнішня частина верхнього шару виконана у вигляді прошарку товщиною 10-15 мкм і містить наночастинки та гранули карбїду вольфраму (WC) діаметром 1-5 мкм при наступному співвідношенні компонентів електроліту, г/л:

хлорид нікелю (або заліза, або кобальту)	320
борна кислота	45
карбїд вольфраму (гранули)	20-30
карбїд вольфраму (наночастинки)	20-30.

У виробках з таким покриттям, що заявляється, технічний результат досягається завдяки градієнтній структурі покриття. Адже відомо, що умовою існування зовнішнього тертя (задовільне припрацювання і зносостійкість) є забезпечення правила градієнта зсувного опору, згідно з яким зсувний опір в зоні контакту твердих тіл повинен бути меншим, ніж на деякій глибині, тобто повинна дотримуватись  $\delta t / \delta z > 0$ .

Співвідношення, склад і розмір компонентів у верхньому (зовнішньому) підшарі забезпечує менший зсувний опір завдяки підвищеній пластичності порівняно з нижнім основним підшаром. Більша дисперсність (1-3 мкм) гранул WC забезпечує пластичність, а їх вища мікротвердість (13 ГПа) порівняно з гранулами евтектичного сплаву-зносостійкість.

Зовнішній прошарок товщиною 10-15 мкм за час припрацювання утворює специфічні вторинні структури з високою стійкістю до температурно-силових впливів контактного фрикційного процесу і створює оптимальні умови для роботи основного матеріалу покриття, виключаючи його тріщиноутворення та крихке руйнування при терті.

Суть корисної моделі пояснює креслення.

Приклад. Виріб з покриттям містить сталюю основу 1 і нанесене на неї електролітичне покриття, що складається з нижнього 2 і верхнього шарів з двома підшарами: нижнього 3 і верхнього зовнішнього 4 (Фіг. 1).

Для одержання підшару даного складу градієнтного КЕП процес електрохімічного осадження гальванічного металу та порошків наповнювача, що знаходяться в електроліті, здійснюють на попередньо нанесене електролітичне покриття за найближчим аналогом на сталевих зразках (сплавах титану) зі стандартного хлористого електроліту нікелювання, що містить  $320 \text{ кг/м}^3$  хлористого нікелю,  $45 \text{ кг/м}^3$  борної кислоти ( $100 \text{ кг/м}^3$  хлористого водню).

Процес проводять за температур від 40 до 60 °С, рН від 3+4 (або рН 0,8+1,2), катодної густини струму від 2 до 20 А/дм<sup>2</sup> при постійному перемішуванні електроліту стисненим повітрям. Вміст в електроліті наночастинок карбїду вольфраму задавали в межах від 20 до 30 кг/м<sup>3</sup>, а гранул карбїду вольфраму евтектичного сплаву від 20 до 30 кг/м<sup>3</sup>. Отримані покриття за даними хімічного аналізу містять від 19,2 до 25,4 мас. % карбїду вольфраму.

У разі відхилення від оптимальних параметрів ведення процесу електролізу, складу електроліту в інтервалі концентрацій, що рекомендуються, густини струму та часу витримки в бік зменшення або збільшення, одержання композиційних покриттів заданого складу, структури й властивостей не забезпечується.

Випробування на тертя та знос за схемою односпрямованого тертя ковзання без мастила проводили на установці М-22 в наступних умовах: температура 273 К, навантаження 3 МПа, швидкість ковзання - 0,1 м/с, контр тіло загартована сталь 45 НRC 43-48.

Підвищення зносостійкості градієнтного покриття у порівнянні з найближчим аналогом (див. табл.), обумовлено підвищенням твердості і пластичності поверхневого прошарку за рахунок більш твердого і дисперсного наповнювача карбїду вольфрама та мінімізацією напружень при терті.

Максимальну зносостійкість мають градієнтні покриття, що містять у зовнішній частині верхнього шару гранули WC діаметром 1-5 мкм. При зменшенні розміру гранул до 0,5 мкм зникає ефект макрозміцнення покриття.

Таблиця 1

Зносостійкість градієнтного КЕП, нанесеного на сталь 12 x 18Н10Т, в залежності від розміру та вмісту гранул карбіду вольфраму в зовнішньому прошарку (P=3 МПа, V=0,1 м/с, T=293 К)

Покриття	Діаметр гранул наповнювача, мкм	Вміст гранул наповнювача, мас. %	Знос, мг/см <sup>2</sup> за 10 <sup>3</sup> м
Найближчий аналог: наповнювач SiC	30	7,0	42,9
Корисна модель: наповнювач WC	0,1	27,8	30,3
	0,5	27,0	29,5
	1,0	25,4	20,1
	5,0	19,0	22,3
	10,0	12,5	29,5
	15	11,9	34,0
	20	9,2	37,2
	25	8,1	39,1
	30	7,5	40,8

5

Збільшення розміру гранул порошку WC зверху 5 мкм також знижує зносостійкість, що обумовлено зменшенням вмісту включень в підшарі, зниженням його механічних властивостей, зокрема пластичності.

10 Приклад реалізації способу. Спосіб використовується для зміцнення поверхні валів турбокомпресорів газоперекачувальних агрегатів (матеріал вала-40X, покриття - електролітичне градієнтне нашарування з поверхневим прошарком, що містив гранули карбіду вольфраму діаметром 5 мкм в кількості 19,5 мас. %). Коефіцієнт підвищення зносостійкості становив 2,4. Наведений приклад підтверджує досягнення технічного результату при здійсненні заявленого способу.

15 Джерела інформації:

1. Пат. 49210 України МПК (2009) C25D 15/00 /Склад для одержання зносостійких композиційних електролітичних покриттів на основі нікелю/ Кіндрачук М.В., Лучка М.В., Корнієнко А.О., Федорчук С.В., Білик Ю.М. - № 200910246; Заявл. 09.10.2009; опубл. 26.04.2010, Бюл. № 8. - 4с.

20 2. Пат. 65018 України МПК (2011.01) C25D 15/00 / Склад для одержання зносостійких композиційних електролітичних покриттів на основі нікелю для роботи при підвищених температурах/ Кіндрачук М.В., Корнієнко А.О., Федорчук С.В., Лучка М.В., Перро Д.М., Подлесний В.В. № u201105006; Заявл. 20.04.2011; опубл. 25.11.2011, Бюл. № 22. - 4с.

25 3. Пат. 94257 України. Спосіб одержання зносостійких градієнтних покриттів з підвищеним опором втомному руйнуванню /Кіндрачук М.В., Корнієнко А.О., Федорчук С.В., Духота О.І., Корбут С.В., Нечипорук В.В., Костюк Є.П., Харченко В.В., Лобурак В.Я.; № u201404080; Заявл. 16.04.2014; опубл. 10.11.2014, Бюл. № 21. - 4с.

#### 30 ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

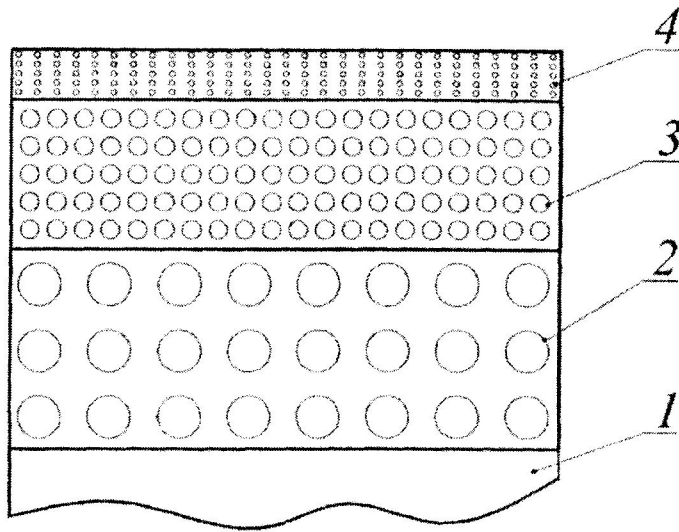
30

Градієнтне покриття з високою припрацьовуваністю і зносостійкістю, що містить як основу нікель, виконане у вигляді нижнього шару покриття, нанесеного безпосередньо на поверхню виробу із наночастинок SiC та гранул евтектичного сплаву діаметром 140-200 мкм і верхнього шару покриття із наночастинок SiC та гранул евтектичного сплаву діаметром 20-100 мкм, яке відрізняється тим, що для підвищення припрацьовуваності та зносостійкості зовнішня частина верхнього шару виконана у вигляді прошарку товщиною 10-15 мкм і містить наночастинок та гранули карбіду вольфраму діаметром 1-5 мкм, при наступному співвідношенні компонентів електроліту, г/л:

35

хлорид нікелю (або заліза, або 45  
кобальту) 320 борна кислота  
гранули карбіду вольфраму 20-30  
наночастинок карбіду вольфраму 20-30.





---

Комп'ютерна верстка Л. Бурлак

---

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

---

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601