

**О. А. Саржанов**, к.т.н., доцент,  
**Б. О. Саржанов**, аспірант  
Сумський національний аграрний університет

*Представлені результати досліджень по визначенню структури шарів, сформованих оплавленням у вакуумі порошку зносостійкого матеріалу типу стеліт. Наведено результати порівняльних випробувань на зносостійкість зразків з різним покриттям.*

**Ключові слова:** центрифуга, шнек, осад, ремонт, відновлення, покриття.

**Постановка проблеми.** Розділення неоднорідних систем, що складаються з двох і більше фаз, виконується методом центрифугування, який оснований на дії силового відцентрового поля на неоднорідну систему. Машина для розділення неоднорідних систем в відцентровому полі називають центрифугами.

Промислові підприємства, що використовують в своєму виробничому процесі шнекові центрифуги, стикаються з необхідністю відновлення зношеної або пошкодженої захисної кромки гвинтової площини шнеків («перо шнека»).

Є достатньо багато способів захисту кромки «пера шнека». Серед них:

- газоплазмове напилення твердосплавними порошками;
- пайка твердосплавних пластин безпосередньо на «перо шнека»;
- полум'яне нанесення зносостійких порошкоподібних покриттів;
- кріплення твердосплавних елементів за допомогою різьбових з'єднань;
- приклеювання керамічних захисних елементів і ін.

Перераховані способи захисту кромки в разі ремонту шнека мають, кожен свої недоліки та переваги, тому вибір найбільш перспективного є актуальним і своєчасним.

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Одним із засобів поліпшення якості формованих покриттів є створення нових зносостійких електродних матеріалів для електроерозійного легування (ЭЭЛ)[1], що мають високу міцність, твердість, зносостійкість, високий коефіцієнт перенесення, а також задовільну електропровідність, дрібнозернистість і т.п. Матеріали, що відповідають усім цим вимогам, отримують спіканням порошкоподібної суміші, до складу якої входять, як правило, карбід вольфраму (основа), мідь, нікель, бор і т.д. у різних процентних співвідношеннях [2–7].

Відомий [8] металокерамічний твердий сплав, наприклад, для покриття на сталь, що містить карбід вольфраму, кобальт, хром та відрізняється тим, що з метою зниження температури спікання в нього введені нікель, кремній, бор. При цьому стійкість сталевих виробів з покриттям з пропонуваного сплаву завтовшки 0,6 мм проти

ерозійного зносу в 1,5 разів перевищує стійкість сталевих виробів без покриттів.

Відомий [9] металокерамічний матеріал на основі вольфраму, використовуваний, наприклад, як покриття для захисту поверхонь сталевих виробів, що містить нікель, хром, кобальт та відрізняється тим, що з метою підвищення зносостійкості, в нього введені бор, вуглець і кремній при наступному співвідношенні компонентів, вага %: нікель (6,5 - 7,5), хром (1,9 - 2,1), кремній (0,48 - 0,52), бор (0,48 - 0,52), кобальт (5,40 - 5,47), вуглець (4,94 - 5,09), вольфрам - решта.

Покриття [8, 9] наносяться шлікерним методом.

**Мета досліджень.** Підвищення довговічності шнека центрифуги шляхом удосконалення технології ремонту за рахунок вибору найбільш зносостійкого матеріалу покриття та методу його нанесення.

Для досягнення поставленої мети, при відновленні зношених поверхонь шнеків, нами було запропоновано в якості зносостійкого матеріалу використовувати сплав типу стеліт марки ВЗК, який наноситься шлікерним методом спіканням порошку з частин цього матеріалу у вакуумі. Слід відмітити, що цим методом можна отримувати покриття будь-якої товщини. Так як розміри камери вакуумної печі не дозволяють загрузити шнек повністю, то покриття наносяться на окремі сегменти які потім приварюються по шаблону до поверхонь шнека що зношуються. Сегменти як і шнек виконуються з нержавіючої корозійностійкої сталі 12Х18Н10Т.

**Методика досліджень.** З метою визначення структури шарів, сформованих оплавленням у вакуумі порошку зносостійкого матеріалу типу стеліту були проведені металографічні дослідження. Для спікання композиційного матеріалу типу стеліту виготовлялися спеціальні коробчоподібні зразки зі сталі 12Х18Н10Т, термооброблені на твердість 270-280 HV.

Композиційний сплав типу стеліт наносився просоченням рідкою фазою порошкового матеріалу при нагріванні у вакуумі. Товщина шару не обмежена. До складу порошкового матеріалу входять: кобальт, хром, вольфрам, бор і кремній (рис.1).



Рис. 1. Композиційний сплав типу стеліт нанесений на основу зі сталі 12Х18Н10Т.

Суміш готувалася з тонко дисперсійних порошків кобальту, хрому, вольфраму, бору і кремнію, з розмірами часток не більш 40 мкм. Порошки просувалися в сушильних шафах при 150 - 200 °С, просівалися через сито 0,075, завантажувалася необхідна їх кількість відповідно до рецептури в спеціальний змішувач, і виконувалось механічне змішування протягом 24 год.

Для дослідження структури і виміру твердості поверхневого шару використовували шліфи зразків. Перед виготовленням шліфа для виключення крайового ефекту при легуванні торець зразка фрезерували на глибину не менше 2 мм. Для попередження сколювання шару чи завалів краю зразок кріпили з контр тілом у струбціні. Потім шліф піддавався хімічному травленню для виявлення структури в реактиві відповідно до матеріалу основи.

Шліфи досліджували на оптичному мікроскопі "Неофот-2", де проводилася оцінка якості шару, його суцільності, товщини і будови зони підшару. Одночасно проводився дюротричний аналіз на розподіл мікротвердості в поверхневому шарі і по глибині шліфа від поверхні. Заміри мікротвердості проводили на мікротвердомірі ПМТ-3 вдавненням алмазної піраміди під різними навантаженнями.

Для проведення якісного рентгенівського мікроаналізу найбільш характерних ділянок сформованого покриття і виявлення різних елементів його структури, зокрема включень, пор, тріщин, а також для ідентифікації основних елементів по глибині шару використали прямокутні зразки 10x8x8 мм.

Топографічний аналіз, перегляд і зйомка найбільш характерних ділянок покриття в площині перпендикулярній нанесеному шару здійснювалися за допомогою растрового електронного мікроскопа JOELJSM - 540, який дозволяє формувати зображення об'єкту шляхом сканування

його поверхні електронним зондом (діаметром до 5 - 10 нм) при різних збільшеннях.

Для дослідження розподілу елементів по глибині шару проводився рентгеноспектральний мікроаналіз, заснований на реєстрації характеристичного рентгенівського випромінювання, збудженого електронним пучком присутніх в мікроб'ємі хімічних елементів. При цьому використовувався електронний мікроскоп-мікроаналізатор ISIS 300 Oxford instruments.

До попадання в камеру мікроскопа зразки готувалися таким чином:

- для отримання розподілу елементів за профілем, перпендикулярним поверхні з нанесеним покриттям, готувався шліф з фіксацією кромки епоксидним компаундом "Аралдит". Поліровка робилася алмазною пастою САМ 2/1;
- зразки промивалися петролійним ефіром в ультразвуковому диспергаторі УЗДН- А, а шліф, щоб уникнути заряджання покривався шаром вуглецю завтовшки 250 ангстремів у вакуумній установці для наплення ВУП-5.

На рис. 2 зображена мікроструктура (а) поверхневого шару сформованого спіканням у вакуумі композиційного матеріалу типу стеліт і розподіл мікротвердості по глибині шару (б).

Розподіл мікротвердості в поверхневому шарі рівномірний. Мікротвердість коливається від 6890 до 7430 МПа. У перехідній зоні від покриття до основи мікротвердість трохи знижується і складає 4900 - 5080 МПа.

Таким чином, у результаті дослідження структури і розподілу мікротвердості в поверхневих шарах, сформованих на сталі 12Х18Н10Т, встановлено:

- товщина шарів підвищеної твердості коливається від 6900 до 7500 МПа;
- при формуванні покриття типу стеліт товщина шару не обмежена.

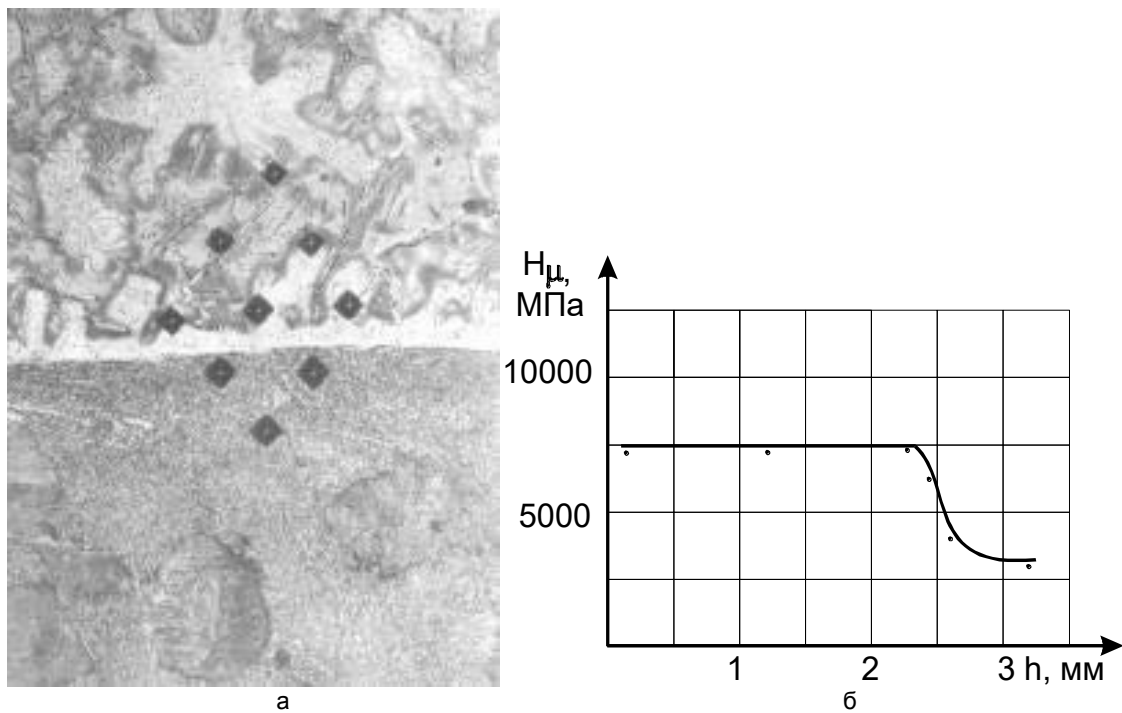


Рис. 2. Мікроструктура (а) і розподіл мікротвердості по глибині шару (б) композиційного сплаву типу стеліт.

Як відзначалося вище, спіканням у вакуумі композиційного матеріалу типу стеліт можна формувати покриття необмеженої товщини. На рис. 3 зображена структура ділянки покриття, сформованого спіканням у вакуумі композиційного матеріалу типу стеліт і розподіл елементів по

глибині створеного шару. Товщина шару, на цій ділянці, більше 2 мм. Дифузійна зона відсутня, про що свідчить різке зниження в перехідній зоні концентрації основного елемента основи - заліза і підвищення концентрації елементів покриття: кремнію, хрому, кобальту і нікелю.

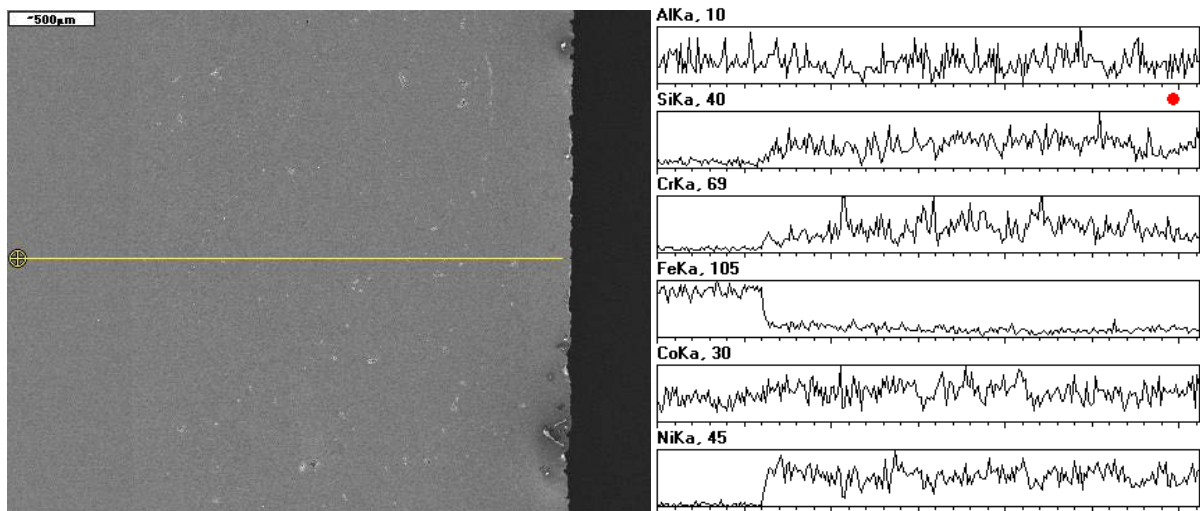


Рис. 3. Розподіл елементів по глибині поверхнього шару сталі 12X18H10T з покриттям типу стеліт. X 2000.

Якість структури сформованого покриття досить висока, про що свідчить відсутність пор і тріщин.

#### Проведення порівняльних випробувань.

З метою вибору покриття для захисту шнеків центрифуг від гідро-абразивного зношування проводилися лабораторні випробування покриттів різних типів на зразках розміром 100 x 50 x 6 мм, вирізаних з листової сталі 12X18H10T. Зразки випробували в піскоструминних камерах, що пра-

цюють від повітряної магістралі з тиском 600 кН/м<sup>2</sup>. Абразивом служив кварцовий пісок з діаметром часток 0,2 мм. Зразки встановлювалися перед соплом апарата на спеціальних підставках під кутами атаки 90 і 45°.

Як матеріали для покриття використовувалися:

- стеліт, який наплавлявся електродами;
- сормайт, який наплавлявся електродами;
- стеліт, який спікався у вакуумній печі.

Для порівняння випробували зразок з нанесеним покриттям (по три зразка на серію) і еталонний зразок зі сталі 12X18H10T без покриття. Зносостійкість зразків оцінювали по втраті

ваги. Випробування проводилися протягом 1 години зі зважуванням зразків через кожні 10 хв. Результати представлені у табл. 1 та зображені на рис. 4.

Таблиця 1. Результати порівняльних випробувань на зношення зразків зі сталі 12X18H10T з різними покриттями.

Матеріал покриття	Час, хв.						Кут атаки, градуси
	10	20	30	40	50	60	
Без покриття	4	10	16	23	33	51	45°
Без покриття	3	8	12	18	26	38	90°
Наплавлений стеліт	3	6,5	11	16	22	29	45°
Наплавлений стеліт	2	4	8	11	15	21	90°
Наплавлений сормайт	2	4,7	8,2	12,4	18	27	45°
Наплавлений сормайт	2	4	6	9	13	20	90°
Стеліт, нанесений у вакуумі	1	2	3,5	6,8	11	16	45°
Стеліт, нанесений у вакуумі	0.5	1	4	6	9	11	90°

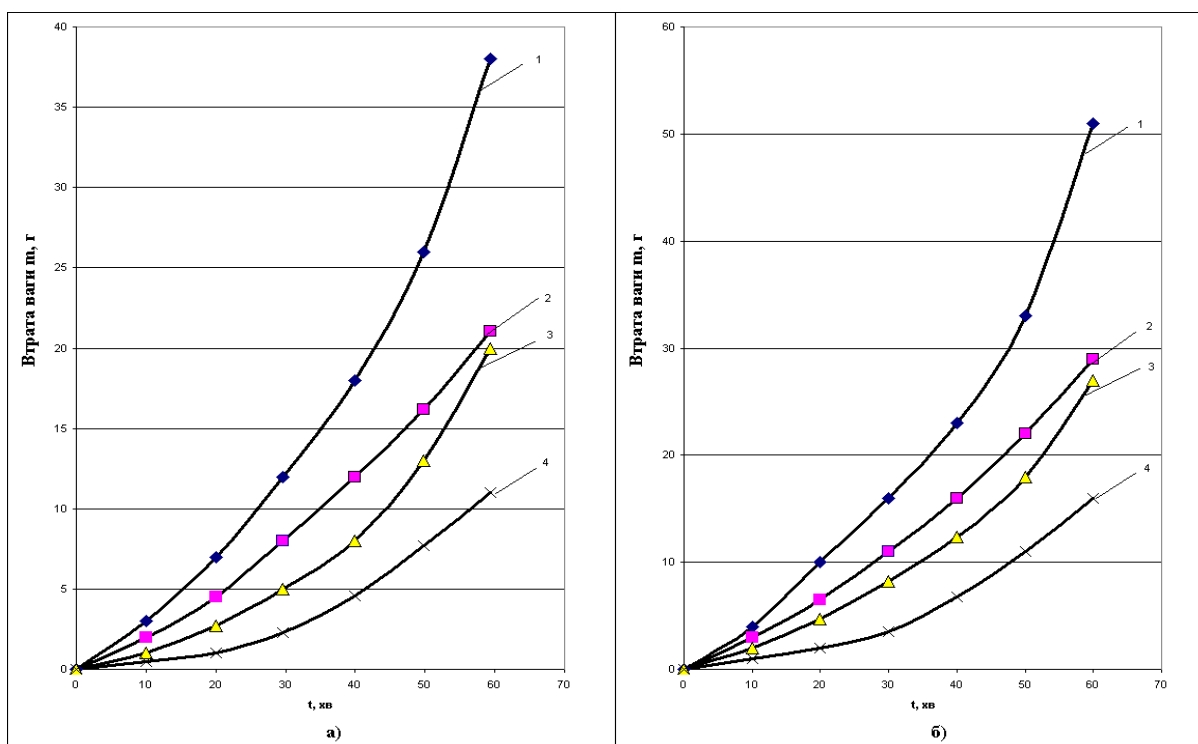


Рис. 4. Знос зразків сталі 12X18H10T: а - кут атаки 45°, б - кут атаки 90°; 1 - без зміцнення, 2 – зміцнених наплавленням сормайтом, 3 – зміцнених наплавленням стелітом, 4 – зміцнених наплавленням стелітом у вакуумі.

### Висновки.

Таким чином, на основі аналізу проведених випробувань можна зробити наступні висновки:

- при формуванні покриття типу стеліт товщина шару необмежена;
- в покритті відсутні пори та мікротріщини, товщина шарів підвищеної твердості коливається від 6900 до 7500 МПа;
- стійкість зразків зі сталі 12X18H10T проти ерозійного зносу з покриттям стелітом, який наносився у вакуумі, в 3,2 рази вище ніж без пок-

риття у стані термообробки й, відповідно, в 1,9 та 1,7 разів вище ніж у зразків, зміцнених наплавленням електродами сормайту та стеліту;

- зносостійкість зразків, розташованих під кутом 90°, вище ніж у зразків, розташованих під кутом 45°;
- слід відмітити, що не дивлячись на значні переваги, перед іншими методами відновлення поверхонь шнека, технологія нанесення в вакуумі композиційного матеріалу типу стеліт складна і потребує значних затрат.

### Список використаної літератури:

1. Підвищення стійкості різального інструменту технологічними методами: навч. посібник / В.Б. Тарельник, Є.В. Коноплянченко, В.С. Марцинковський [та ін.]. - Суми: Університетська книга, 2011. - 189с.
2. Матеріал електрода для електроискрового легирования: А. с. 806338 СССР, МКИ 23 Р 1/12 /

И.М. Муха, А.Д. Верхотуров, С.В. Гнедова, Л.И. Щербакова (СССР).- № 2768954/25-08; Заявлено 21.05.79; Опубл. 23. 02. 81, Бюл. № 7.- 2 с.

3. Материал электрода для электроискрового легирования: А. с. 833418 СССР, МКИ 23 Р 1/18 / С.Д. Таран, Д.С. Элинсон, В.В. Ситников, Ю.К. Горев, В.Ф. Лифанов (СССР).- № 2684240/25-08; Заявлено 10.11.78; Опубл. 30. 05. 81, Бюл. № 20.- 2 с.

4. Материал электрода для электроискрового легирования: А. с. 1106623 СССР, МКИ 23 Р 1/12 / И.М. Муха, С.В. Гнедова, А.Д. Верхотуров (СССР).- № 3470863/25-08; Заявлено 16.07.82; Опубл. 07. 08. 84, Бюл. № 29.- 3 с.

5. Спеченный электродный материал на основе карбида вольфрама: А. с. 1488142 СССР, МКИ В 23 Н 1/06 / В.П. Нестеренко, А.Н.Кваша, Ф.П. Санин, В.И. Калиниченко, И.А. Стороженко, А.В. Дробот (СССР).- № 4269691/31-02; Заявлено 29.06.87; Опубл. 23. 06. 89, Бюл. № 23.- 2 с.

6. Электродный материал на основе карбида вольфрама для получения покрытия электроискровым легированием: А. с. 1488338 СССР, МКИ В 23 Н 1/06 / А.Д. Верхотуров, И.А. Подчерняева, В.А. Гордиенко, В.В. Виноградов, Н.С. Столярова (СССР).- № 4320898/31-02; Заявлено 21.08.87; Опубл. 23. 06. 89, Бюл. № 23.- 3 с.

7. Материал электрода для электроискрового легирования: А. с. 1098740 СССР, МКИ 23 Р 1/18 / В.П. Нестеренко, В.И. Калиниченко, В.И. Жура, В.Я.Нерода (СССР).- № 3545053/25-08; Заявлено 31.01.83; Опубл. 23. 06. 84, Бюл. № 23.- 3 с.

8. Металлокерамический твердый сплав: А. с. 412274 СССР, МКИ С 22с 29/00 / Л.А. Иванов, Г.П. Пархоменко, М.М. Егоров, В.В. Архипов (СССР).- №1753832/22-1; Заявлено 28.11.72; Опубл. 25. 01. 74, Бюл. № 3.- 1 с.

9. Металлокерамический материал на основе вольфрама: А. с. 377387 СССР, МКИ С 22с 27/00 / Л.А. Иванов, Г.П. Пархоменко, П.М. Несвит, В.Н. Радзиевский, Ю.Н. Бузовский, А.А. Аппен, Е.А. Антонова (СССР).- №1679948/22-1; Заявлено 12.07.71; Опубл. 17. 04. 73, Бюл. № 18.- 2 с.

### **Саржанов А.А., Саржанов Б.А. АНАЛИЗ МЕТОДОВ РЕМОНТА ОТВЕТСТВЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ ЦЕНТРИФУГ ДЛЯ СТОЧНЫХ ВОД**

*Представлены результаты исследований по определению структуры слоев, сформированных оплавлением в вакууме порошка износостойкого материала типа стеллит. Приведены результаты сравнительных испытаний на износостойкость образцов с различным покрытием.*

**Ключевые слова:** центрифуга, шнек, осадок, ремонт, восстановление, покрытие.

### **Sarzhanov A.A., Sarzhanov B.A. ANALYSIS METHODS OF REPAIR CRITICAL PARTS OF CENTRIFUGES FOR SEWAGE**

*The results of investigations to determine the structure of layers formed in a vacuum melting material such as wear powder stellite. The results of comparative tests on samples with different wear coating.*

*Industrial companies that use in their production process screw centrifuges, faced with the need to restore worn or damaged protective edge plane screw augers.*

*There are many ways to protect the working surface auger. However, each method has its advantages and disadvantages, so choose the most promising is relevant and timely.*

*One means of improving the quality of coating is formed of new wear-resistant electrode materials for electrical doping [1].*

*Such materials are sintered powder mixture, which consists usually of tungsten carbide (base), copper, nickel, boron, etc. in different percentages [2 - 7].*

*When restoring the worn surfaces of screws, we proposed as a wear-resistant material used stellite alloy type B3K brand, which is produced by sintering the powder of the material in a vacuum.*

*To select cover to protect screw centrifuges from hydro-abrasive wear conducted laboratory tests of various types of coatings.*

*As a material used to cover:*

- *stellite, which was applied electrodes;*
- *sormayt, which was applied electrodes;*
- *stellite, which went down in a vacuum furnace.*

*Studies indicate that the stability of steel samples 12X18H10T against erosive wear coated stellite, which was applied in a vacuum, 3.2 times higher than uncoated condition in heat treatment and, respectively, 1.9 and 1.7 times higher than in samples, reinforced welding electrodes sormaytu and stellite*

**Keywords:** centrifuge, screw, pellet, repair, restoration, coating.

Стаття надійшла в редакцію: 05.10.2016

Рецензент: д.т.н., проф. Гецович Є.М.