

transmission/retarders-bus/voith-magnetarder-10466.html#. – Заголовок с екрана, доступ свободный, 20.11.2014.

4. Магнитная стихия. Журнал «Автопарк», № 5, 2012 [Электронный ресурс] // Режим доступа URL: <http://www.autotruck-press.ru/archive/number110/article1043>. – Заголовок с экрана, доступ свободный, 20.11.2014.

5. Вращающийся вихретоковый тормоз. Журнал «Железные дороги мира», № 06, 2005 [Электронный ресурс] // Режим доступа URL: <http://www.zdmira.com/arhiv/2005/zdm-2005-no-06#ГОС--4>. – Заголовок с экрана, доступ свободный, 20.11.2014.

6. Боряк К. Ф., Возний В. И., Мартиненко С. П. Електродинамічні гальма для рейкового

транспорту // Патент UA № 93284. Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 25.09.2014р. – Бюл. № 18.

7. Боряк К. Ф., Беліков В. Т., Возний В. И., Лисий О. В., Ленков С. В., Мартиненко С. П. Магнетардер // Патент UA № 96881. Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 25.02.2015р. – Бюл. № 4.

*Надійшла до редакції 14.03.2015*

**Рецензент:** д.т.н., с.н.с. Ваганов О. И., головний метролог, начальник центру стандартизації та метрології Одеської залізниці, м. Одеса.

**К. Ф. Боряк, д.т.н., В. И. Возний**

### **ВАРИАНТЫ ПРИМЕНЕНИЯ МАГНИТНЫХ ВИХРЕТОКОВИХ ТОРМОЗОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ УКРАИНЫ**

*Предлагается два варианта применения магнитного вихретокового вращающегося замедлителя в качестве дополнительного тормозного устройства для замедления движения железнодорожных колесных пар, эксплуатируемых на поездах со скоростью до 160 км/ч. Эксплуатация магнитного замедлителя в совокупности с основными колодочными фрикционными тормозами на обычных железнодорожных вагонах приведет к увеличению технического ресурса тормозных колодок.*

**Ключевые слова:** магниторельсовые вихретоковые фрикционные линейные тормоза, магниторельсовые вихретоковые вращающиеся тормоза, вихретоковый замедлитель, магнетардер, ретардер, технический ресурс тормозных колодок.

**К. F. Boryak, PhD, V. I. Vozniy**

### **APPLICATIONS OF MAGNETIC EDDY CURRENT BRAKES THE RAILWAYS OF UKRAINE**

*There are two options for the application of a magnetic rotating eddy current retarder as an additional braking device for slowing the movement of railway wheelsets operated trains at speeds up to 160 km/h. Operation of the magnetic retarder in conjunction with the main shoe friction brakes on conventional rail cars will increase the service life of brake pads.*

**Keywords:** magnetic eddy current rail friction linear brakes, magnetic rail brakes rotating eddy current, eddy current retarder, magnetic retarder, retarder, technical resources brake pads.

УДК 629.4

**К. Ф. Боряк, д.т.н., Н. О. Перетяка**

*Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса*

### **ТЕМПЕРАТУРНИЙ КОНТРОЛЬ ПРИ ВИПРОБУВАННЯХ РЕДУКТОРІВ РЕДУКТОРНО-КАРДАННОГО ПРИВОДУ ПІДВАГОНІХ ГЕНЕРАТОРІВ СТРУМУ**

*У статті проведено аналіз методу температурного контролю при випробуваннях відремонтованих редукторів від середньої вісі колісної пари пасажирського вагону типу МСВ, які використовуються у редукторно-карданному приводі підвагонних генераторів струму.*

**Ключові слова:** редуктор, температурний контроль, випробування, випробувальний стенд.

Характеристики редукторів повинні відповідати найрізноманітнішим вимогам, а надійність повинна робити можливою їх тривалу експлуатацію з мінімальними витратами на технічне обслуговування та ремонт. Вихід з ладу редуктора може вкрай негативно позначитися на роботі виробу. Уникнути цього допоможе проведення своєчасного технічного обслуговування, яке знизить втрати часу на ремонт обладнання, підвищить його надійність і дозволить досягти значної економії коштів у експлуатації [1].

Для цього редуктори при періодичному технічному обслуговуванні проходять випробування на спеціальних стендах. Редуктори випробовують на стендах із замкнутим контуром, гальмівних стендах і стендах періодичної дії. Метою випробувань редукторів є перевірка їх працездатності, довговічності та якості виготовлення [2].

Велике розмаїття стендів зумовлює можливість вибору оптимальних конструкцій для необхідних умов випробувань. Багато факторів, що впливають на контактну міцність, заїдання і знос передач, однакові. Це обумовлює і схожість методів випробувань і стендів.

Методи випробувань відрізняються режимами випробувань і критеріями оцінки втрати працездатності контактуючих поверхонь, а стенди – оснащенням їх різними вимірювальними пристроями та приладами.

Тривалість у часі випробування одного редуктора на спеціальному стенді залежить від типу редуктора та його призначення у трансмісії. Процес може тривати від 3 годин для залізничного транспорту (для редуктора від середньої частини вісі колісної пари) до 30000 годин в авіації (для редуктора головного приводу гвинта гвинтокрила). Зважаючи на відповідну потужність приводу на випробувальному стенді редукторів і тривалість у часі самих випробувань, витрати на електроенергію стають досить суттєви-

ми у кризовий період зростання цін на енергоносії. Тому вдосконалення методу випробування редукторів на існуючому спеціальному стенді, які допоможуть значно скоротити енерговитрати при процесі випробування, та підвищити якість діагностування технічного стану редукторів під час випробування, є дуже актуальним для транспортних підприємств України.

#### Аналіз останніх досягнень і публікацій.

Проведені авторами дослідження і публікації показали, що діагностика відремонтованих редукторів розділяється на три основних напрями: теоретичні розробки виявлення несправностей та їх реєстрації, методи та засоби технічної діагностики та оцінка технічного стану для призначення виду ремонту, та висновку щодо можливості подальшої експлуатації редуктора.

Відповідно до інструкції ЦЛ-0078 [3] обкатні випробування редукторів повинні проводитись на спеціальних стендах, що дозволяє проводити обкатку редукторів у діапазоні швидкостей від 0 об/хв до 900 об/хв порожнього вала під навантаженням від 26 кВт до 40 кВт із плавним регулювання швидкостей та навантаження.

Установлені два види випробувань редукторів:

- обкатні випробування редукторів після ремонту із заміною пари шестерень, підшипників порожнього вала, порожнього вала або корпусу редуктора, при другому об'ємі ремонту;
- обкатні випробування редукторів після першого виду ремонту.

Перед випробуванням картер редуктора повинен бути заповнений мастилом до максимального рівня.

Режим обкатки редукторів після другого об'єму ремонту із заміною конструктивних деталей і вузлів та режим обкатки редукторів після першого виду ремонту без заміни конструктивних деталей та вузлів наведений в таблиці 1.

Таблиця 1 – Режим обкатки редукторів після ремонту

Напрямок обертання порожнього вала або колісної пари	Швидкість обертання порожнього вала, об/хв	Навантаження на вихідний вал, кВт		Час обкатування редуктора після ремонту з заміною відповідальних елементів, хв	Час обкатування редуктора після ремонту без заміни конструктивних елементів, хв
		Редуктор типу EUK-160-1M	Редуктори типів ВБА 32/2, ЖДР-0002		
Правий	0-900	без навантаження		30	20
Лівий	0-900	без навантаження		30	20
Правий	0-900	35	40	60	40
Лівий	0-900	35	40	60	40
				Всього 3 год.	Всього 2 год.

Обкатка редукторів в обох режимах випробувань повинна проводитися з плавною зміною швидкості обертання порожнистого вала або колісної пари і навантаження в кожному напрямку руху.

При виявленні дефекту, що потребує розбирання редуктора, обкатку після усунення дефекту повторюють у повному обсязі згідно з табл. 1.

Після закінчення обкатки редуктора його промивають дизельним паливом або гасом, продувають стисненим повітрям і знову заливають в корпус редуктора свіже мастило (крім редукторів, що ремонтувалися з розпресуванням осі колісної пари). На кожний випробуваний редуктор складають протокол випробувань. Копія протоколу додається до паспорту редуктора.

Для вимірювання температури підшипникових вузлів редуктора від середньої частини осі колісної пари застосовують термоелектричний перетворювач або аналогічний за призначенням, який має межі вимірювань від 0 °С до 400 С, монтажну довжину від 10 мм до 20 мм, матеріал захисної апаратури – сталь марки ОХ13, звичайного виконання. Первинний прилад – датчик термоелектричний перетворювач – застосовують із вторинним фіксуєчим приладом.

У якості вторинного приладу використовують мілівольтметр пірометричний типу М64 або аналогічний за призначенням, що має межі вимірювань від 0 °С до 400 °С, опір зовнішньої лінії не більше 5 Ом, звичайного виконання.

Температуру нагріву підшипників визначають шляхом прикладання датчика приладу до місця установки підшипників у корпусі редуктора та до корпусу фланцевої втулки веденого вала редуктора за показанням мілівольтметра з витримкою датчика до заспокоєння стрілки.

Допускається для фіксації параметрів обкатки застосовувати записуючі пристрої та процеси.

**Постановка завдання.** Вдосконалення методу температурного контролю для технічного діагностування несправностей редукторів при стендових випробуваннях, який дозволить скоротити час на прийняття рішення стосовно якості технічного стану редуктора, підвищити продуктивність технологічного обладнання та суттєво (в 3 рази) знизити енерговитрати на сам процес випробування.

**Виклад основного матеріалу.** Вагонні депо є основними лінійними підприємствами вагонного господарства. Вони призначені для деповського та поточного ремонтів вантажних і пасажирських вагонів, ремонту та комплектування вузлів і деталей, обслуговування вагонів в ек-

плуатації. На основних ділянках і відділеннях виконуються виробничі операції з ремонту вагонів та їх частин. До таких ділянок відносяться вагоноремонтний, вазовий, ділянка з ремонту колісних пар і роликівих букс, ремонтно-комплектувальних, з ремонту електроустаткування пасажирських вагонів, з ремонту холодильних установок і кондиціонерів [4].

Повне розбирання редуктора зі зняттям його деталей з середньої частини осі виробляють при необхідності ремонту колісної пари зі зміною елементів або при виявленні в деталях несправностей, що вимагають їх заміни. Для визначення несправностей в деталях редуктора перед розбиранням колісну пару ставлять на стенд, з редуктора зливають масло і промивають дизельним паливом або гасом з додаванням 5-7 % масла. Далі деталі редуктор оглядають і перевіряють основні параметри. Результати перевірок заносять в журнал і визначають обсяг розбірних робіт. Після проведення ремонтних робіт редуктори, що відповідають вимогам, заповнюють маслом і обкатують на стенді [5].

З точки зору методики та умов проведення випробувань в практиці вагонобудування розрізняють такі випробування: стендові (стаціонарні) – при розрахункових або форсованих умовах; лінійні – в русі при розрахункових або спеціальних режимах навантаження; експлуатаційні - при реальних умовах і режимах навантаження. Стендові випробування дозволяють ретельно вивчити і перевірити роботу вагона, вузла, елемента при певному режимі навантаження, який можна створити на даній випробувальній установці. При стендових випробуваннях застосовують вимірювальну апаратуру і контролюють роботу досліджуваного об'єкта протягом усього періоду випробувань. Стендові випробування можна проводити в цілодобовому форсованому режимі, що прискорює процес виявлення недоліків конструкції або досягненні необхідного граничного стану [6].

Важливими критеріями високої якості деталей машин, механізмів, приладів є фізичні, геометричні та функціональні показники, а також технологічні ознаки якості, наприклад, відсутність неприпустимих дефектів; відповідність геометричних розмірів і чистоти обробки поверхні необхідним нормативам і т.п.

Широке застосування неруйнівних методів контролю, які не потребують вирізки зразків або руйнування готових виробів, дозволяє уникнути великих втрат часу і матеріальних витрат, забезпечити часткову або повну автоматизацію операцій контролю при одночасному значному підвищенні якості й надійності виробів.

Залежно від принципу роботи усі неруйнівні методи контролю діляться на акустичні; капілярні; магнітні; оптичні; радіаційні; радіохвильові; теплові; контроль течієюшуканням; електричні; електромагнітні або струмовихрові.

Теплові методи засновані на реєстрації змін теплових або температурних полів об'єкта контролю (ОК). Розрізняють пасивний (на об'єкти не впливають зовнішнім джерелом тепла) і активний (об'єкт нагрівають або охолоджують) методи. Вимірюваним інформативним параметром є температура або тепловий потік.

При пасивному методі вимірюють температурне поле працюючого об'єкта. Дефект визначається появою місць підвищеної (зниженої) температури. Вимірювання температури або теплових потоків виконують контактним або безконтактним способом. Найбільш ефективний засіб безконтактного спостереження – скануючий тепловізор [7].

Основним інформаційним параметром при температурному неруйнівному контролі є різниця температур між дефектною і бездефектною областю об'єкта контролю. Процес перенесення тепла в середовищі за рахунок теплопровідності і конвекції характеризується диференціальним рівнянням 1:

$$a^2 \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) - \left( W_x \frac{\partial T}{\partial x} + W_y \frac{\partial T}{\partial y} + W_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) - \frac{\partial T}{\partial \tau} + \frac{q}{c\rho} = 0, \quad (1)$$

де  $a$  – коефіцієнт супротиву теплопередачі,  $m^2 \cdot K / Wt$ ;

$$a = \frac{\lambda}{c\rho} \quad (2)$$

$c$  – теплоємність речовини, Дж/кг К;  
 $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м К);  
 $\rho$  – щільність речовини, кг/м<sup>3</sup>;  
 $T$  – час;

$x, y, z$  – координати температурного поля;

$W_x, W_y, W_z$  – складові швидкості руху компонентів системи за координатами  $x, y, z$ .

В результаті рішення рівняння з використанням граничних умов і умов безперервності потоку і збереження маси можна визначити розподіл температур на ОК в залежності від його форми, розмірів, наявності дефекту [8].

До засобів контролю температури відносяться термометри, термоіндикатори пірометри і тепловізори.

В даний час для температурного контролю розроблена автоматична система температурного неруйнівного контролю, функціональна схема якої представлена на рисунку 1.

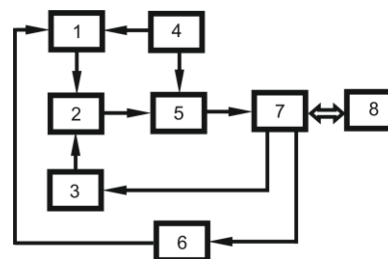


Рисунок 1 – Функціональна схема автоматичної системи температурного неруйнівного контролю: 1 – джерело температурного збудження; 2 – об'єкт контролю; 3 – дефектовідмітчик; 4 – скануючий пристрій; 5 – оптична система і приймач випромінювання; 6 – пристрій вибору оптимального часу реєстрації температури; 7 – електронний блок; 8 – ЕОМ

Рисунок 1 – Узагальнена функціональна схема автоматичної системи активного температурного неруйнівного контролю

При обробці результатів тепловізійних вимірювань [9] загальним критерієм порівняння різних процедур температурного контролю (ТК) є ставлення сигнал/шум (граничні параметри дефектів, що виявляються), яке визначають як

$$S = \frac{\bar{T}_d - \bar{T}_{nd}}{\delta_{nd}}, \quad (3)$$

де  $T_d$  – середня температура в дефектній зоні;

$T_{nd}$  – середня температура в бездефектній зоні;

$\delta_{nd}$  – стандартне відхилення в бездефектній області (дисперсія шуму), яке визначається як

$$\delta_{nd} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(T_{ndi} - \bar{T}_{nd})^2}{n-1}}. \quad (4)$$

Внутрішній дефект може бути надійно виявлений оператором або автоматичним пристроєм, якщо в момент спостереження зумовлений ним сигнал перевищує рівень шумів  $s > I$ .

Дисперсія шуму змінюється в часі, тому максимальне значення  $s$  настає в певний момент часу, в загальному випадку не збігається з максимумом охолодження  $\Delta T(\tau)$ , або  $C = \Delta(T\tau) / Tnd(\tau)$ .

В вагонному депо «Одеса-Головна» використовують стенд для випробування редукторів від середньої частини вісі колісної пари. Загальний вигляд стенду вказаний на рисунку 2.

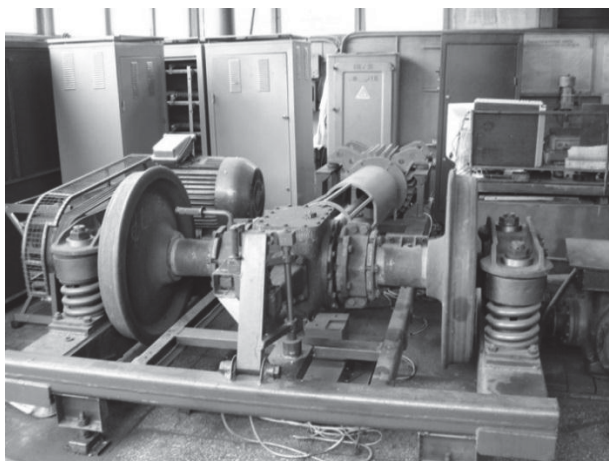


Рисунок 2 – Стенд для випробування редукторів від середньої частини вісі колісної пари після деповського ремонту у вагонному депо «Одеса-Головна»

Стенд включає в себе наступні основні структурні елементи: станину з приводом і елементами кріплення генератора; силову шафу для керування електроприводом; шафу навантаження генератора; шафу для управління системою датчиків виміру: температури, частоти обертання, струму, напруги, вібрації, шуму і т.д.; стендову апаратуру вимірювання, контролю та управління на базі персонального комп'ютера.

Проведений аналіз отриманих протоколів випробувань на вказаному стенді при випробуваннях редукторів від середньої частини вісі колісних пар після деповського ремонту дозволив сформувати напрямок по вдосконаленню методу температурного контролю за нагріванням підшипникових вузлів з позиції енергозбереження.

Було виявлено таку закономірність для всіх редукторів, які пройшли випробування на стенді, що незалежно від технічного стану підшипників – до моменту часу (23,5 хвилини) у залежності від технічного стану підшипників темп (градієнт) зростання температури у редукторів значно відрізняється друг від друга, а після цього моменту (23,5 хвилини) настає стабілізація процесу зростання температури, а саме величини температурного градієнту.

Це можна використати для вдосконалення методу температурного контролю для технічного діагностування несправностей редукторів при стендових випробуваннях в напрямку енергозбереження.

Для перевірки наукової гіпотези потрібно провести нові наукові експерименти, в ході яких можна бути встановити функціональну залежність величини температурного градієнта від параметрів технічного стану підшипників редуктора. А потім приступити до вдосконалення са-

мого методу випробування редукторів на вказаному стенді.

**Висновки.** Зважаючи на вищесказане можна зробити висновок, що величина температурного градієнту при проведенні випробувань редукторів на спеціальному стенді може стати об'єктивним вагомим критерієм для дефектації підшипників редукторів після деповського ремонту і у скороченні часу на проведення самого випробування. Прискорення часу проведення теплових випробувань дає можливість надати позитивний результат у напрямку енергозбереження.

### Список використаних джерел

1. Промышленные редукторы [Текст] : руководство по обслуживанию и ремонту / Henkel AG & Co. KgaA. – 2010. Loctite. At work №4.
2. Машины и стенды для испытания деталей / В. Л. Гадолин, Н. А. Дроздов, В. Н. Иванов [и др.] ; под ред. Д. Н. Решетова. – М.: Машиностроение. 1979. – 343 с.
3. Інструкція з ремонту редукторно-карданних приводів пасажирських вагонів. ЦДЛ-0078 [Текст] : Затв.: Наказ Укрзалізниці 31.03.09. № 219-С / Державна адміністрація залізничного транспорту України. Укрзалізниці. Головне пасажирське управління. – К., 2010. – 191 с.
4. Лукин В. В. Вагоны. Общий курс [Текст] : учебник для вузов ж.-д. трансп. / В. В. Лукин, П. С. Анисимов, Ю. П. Федосеев ; под ред. В. В. Лукина. – М: Маршрут, 2004. – 424 с.
5. Быков Б. В. Технология ремонта вагонов [Текст]: Учебник для средних специальных учебных заведений ж.-д. трансп. / Б. В. Быков, В. Е. Пигарев. – М.: Желдориздат, 2001. – 559 с.
6. Кузьмич Л. Д. Вагоны. Проектирование, устройство и методы испытаний [Текст] : / Л. Д. Кузьмич, А. В. Кузнецов [и др.] ; под ред. Л. Д. Кузьмича. – М.: Машиностроение, 1976. – 376 с.
7. Каневский И. Н. Неразрушающие методы контроля [Текст] : учеб. пособие / И. Н. Каневский, Е. Н. Сальникова. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007. – 243 с.
8. Криворудченко В. Ф. Современные методы технической диагностики и неразрушающего контроля деталей и узлов подвижного состава железнодорожного транспорта [Текст] : учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта / В. Ф. Криворудченко Р. А. Ахмеджанов ; под ред. В. Ф. Криворудченко. – М.: Маршрут, 2005. – 436 с.
9. Нестерук Д. А. Тепловой контроль и диагностика [Текст] : учебное пособие для подгото-

вки спеціалістів I, II, III рівня / Д. А. Нестерук, В. П. Вавилов. – Томск: Томський політехнічний університет, 2007. – 104 с.

Надійшла до редакції 20.05.2015

**Рецензент:** к.т.н. Мординський В. П.,  
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса.

**К. Ф. Боряк, д.т.н., Н. А. Перетяка**

### ТЕМПЕРАТУРНЫЙ КОНТРОЛЬ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ РЕДУКТОРОВ РЕДУКТОРНО-КАРДАННОГО ПРИВОДА ПОДВАГОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ТОКА

*В статье проведен анализ метода температурного контроля при испытаниях отремонтированных редукторов от средней оси колесной пары пассажирского вагона типа МСВ, которые используются в редукторно-карданном приводе подвагонных генераторов тока.*

**Ключевые слова:** редуктор, тепловой контроль, испытания, испытательный стенд.

**K. F. Boriak, DSc, N A. Peretyaka**

### TEMPERATURE CONTROL AT TEST GEAR REDUCERS, ROLLERS PIDVAHONYH ON THE CURRENT GENERATORS

*The article analyzes the method of temperature control during testing of repaired gears of the average wheelset axle passenger wagon type MCV used in the gear-drive rollers pidvahonyh current generators.*

**Keywords:** gear, thermal control, test, test bench.

УДК 621.315

**О. С. Корчевський, Л. В. Коломієць, д.т.н., О. І. Ваганов, д.т.н.**

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

### ВИЗНАЧЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ОПТИЧНОГО ВОЛОКНА

*У статті проводиться аналіз методів виготовлення заготовок для виробництва оптичного волокна (ОВ) та виробництва ОВ, особливостей оптичних кабелів, а також стандартів, в яких наведені метрологічні показники, що характеризують якість виготовлення ОВ. За результатами аналізу обрані основні параметри, які слід визначати в процесі виготовлення ОВ.*

**Ключові слова:** оптичне волокно, оптичний кабель, заготовка для виробництва оптичного волокна, випробування оптичного волокна, метрологічні показники.

#### Вступ

Оптичні волокна (ОВ) використовуються в мережах передачі даних замість металевих проводів, оскільки сигнали проходять по них з меншими втратами та на них практично не впливають зовнішні електромагнітні випромінювання; вони також мають меншу вагу і вартість в еквівалентному інформаційному застосуванні [1]. Оптичні волокна можуть використовуватись для локального освітлення; зібрані в пучки і упаковані у вигляді багатоволоконних світловодів можуть використовуватись для передачі зображення, дозволяючи розглядати, фотографувати або передавати оптичне зображення з важкодоступних об'єктів.

#### Аналіз проблеми

Процеси виробництва заготовок для вигото-

влення ОВ та виготовлення самого ОВ є достатньо складні й потребують постійного контролю за показниками якості та точності. В Україні існують стандарти, в яких наведено сукупність метрологічних показників, що визначаються при виготовленні ОВ. Серед них, оптичні та передавальні параметри, конструктивні параметри, механічні параметри, електричні й кліматичні параметри та ін.

Слід зазначити, що в Україні на нормативному рівні не затверджена процедура метрологічного забезпечення процесу виробництва ОК, у зв'язку з чим виробник сам вибирає параметри, які він хоче контролювати.

**Мета статті:** провести аналіз процесу виробництва заготовок для виготовлення ОВ і виготовлення ОВ, метрологічних показників, норма-