

**О.О. Виноградов, д.т.н., проф.***Житомирський державний технологічний університет***В.О. Залога, д.т.н., проф.***Сумський державний університет***О.Д. Динник, к.т.н., доц.***Конотопський інститут СумДУ***Т.В. Яшина, аспір.***Сумський державний університет*

## **РОЗРОБКА МЕТОДУ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ВІДЛИВОК НА ПРИКЛАДІ ГІЛЪЗ ЦИЛІНДРІВ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ**

*Проаналізовано вимоги до якості продукції ливарного виробництва машинобудівного підприємства. Показано, що основні показники якості та надійності відповідальних деталей двигунів внутрішнього згорання (а саме – гільз циліндрів) значною мірою формуються в процесі отримання заготовки. Обґрунтовано необхідність управління якістю даної продукції на всіх етапах її життєвого циклу та доведено, що достовірна й своєчасна оцінка як технологічних процесів ливарного виробництва, так і його продукції дозволяє підвищити конкурентоспроможність продукції машинобудівного підприємства. Розроблена багаторівнева класифікація показників якості виливків гільз циліндрів двигунів внутрішнього згорання, охарактеризовані групи комплексних показників і розглянута можливість їх застосування для подальшої оцінки якості продукції ливарного виробництва. Запропоновано метод оцінки якості продукції ливарного виробництва машинобудівного підприємства на основі застосування функції бажаності та обґрунтовано доцільність його застосування на різних етапах життєвого циклу продукції.*

**Ключові слова:** *заготівельне виробництво; заготовка; якість продукції; показник якості; оцінювання якості; методи оцінювання якості; життєвий цикл продукції.*

**Вступ. Постановка проблеми.** Підвищення вимог світового ринку до якості продукції автомобільної промисловості змушує вітчизняних виробників створювати більш досконалі конструкції двигунів внутрішнього згорання і комплектуючих деталей. Аналіз надійності роботи двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) показує, що гільза блока циліндрів є найбільш відповідальною деталлю циліндропоршневої групи. Відомо, що багато показників якості гільзи блока циліндрів, зокрема хімічний склад і структура матеріалу, формуються в процесі отримання заготовки [1, с. 33]. Тобто технічні показники якості і технологічні властивості відливок можуть суттєво впливати на економічні показники виробництва через рівень браку.

Наприклад, аналіз браку, що пов'язаний з невідповідністю технічним вимогам структури і твердості металу при виготовленні гільз на вітчизняних підприємствах, зокрема на ТОВ «Мотордеталь-Конотоп», показав, що в його структурі переважає брак, виявлений ще в заготівельній фазі при виготовленні відливок [2, с. 41]. Таким чином, однією з найбільш актуальних проблем управління якістю продукції ливарного виробництва (ЛВ) є своєчасне і достовірне оцінювання як відливок, так і технологічних процесів даного виробництва.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Вирішенню цієї проблеми, зокрема питанням визначення різновидів дефектів у відливках, діагностики причин їх виникнення та методам усунення, сьогодні приділяється велика увага. Управлінням якістю продукції на промислових підприємствах займаються вітчизняні й зарубіжні вчені: Ю.П. Адлер, Р.А. Бичківський, А.Г. Гребінников, Ф.Йогансон, В.А. Лапидус, В.Є. Момот, Ю.Е. Полозов, С.Парк, В.М. Рябенко, І.І. Сахарцева, Р.О. Толпежников, А.К. Фейгенбаум, С.Е. Шепетова та інші.

Разом з тим, аналіз відомих інформаційних джерел свідчить про суттєву незавершеність наукових розробок щодо управління якістю продукції заготівельного виробництва, особливо ливарного. Тому вирішення науково-технічної проблеми з підвищення ефективності систем управління заготівельним виробництвом шляхом вдосконалення методів оцінювання процесів ливарного виробництва машинобудівного підприємства є актуальним завданням, що має об'єктивний характер і значну практичну цінність та перспективність.

**Метою роботи** є розробка методу оцінювання якості відливок гільз циліндрів двигунів внутрішнього згорання, а також практичних рекомендацій щодо його застосування на прикладі ливарного виробництва ВАТ «Мотордеталь-Конотоп».

**Викладення основного матеріалу.** На сьогодні однією з умов конкурентоспроможності будь-якого машинобудівного підприємства є управління якістю продукції, що випускається, на всіх етапах її життєвого циклу, в тому числі і в ливарному виробництві.

Достовірне оцінювання та аналіз за видами браку безпосередньо в ливарному цеху є одним з найважливіших у комплексі заходів з боротьби з ним. Чим раніше виявлений брак, тим меншими є втрати підприємства на усунення його причин і наслідків. Тобто, технічні показники якості відливок можуть впливати на економічні показники виробництва через рівень браку [3, с. 101].

На основі теоретичних досліджень, що пов'язані з розробкою класифікації показників якості відливок гільз циліндрів ДВЗ, розроблена багаторівнева ієрархія номенклатури показників якості, що дозволяє максимально врахувати їх при оцінюванні якості виливків гільз циліндрів ДВЗ.

Для визначення комплексних та одиничних показників, що найбільше впливають на відповідність якості відливок вимогам замовників та за якими доцільно здійснювати подальше оцінювання при аналізі структури ливарного браку на ТОВ «Мотордеталь-Конотоп», за допомогою статистичних методів контролю якості (зокрема побудови та аналізу контрольних карт) було проаналізовано вплив ливарних дефектів на рівень якості продукції ЛП, і, як наслідок, на ступінь виконання вимог як внутрішніх замовників до якості литва, так і зовнішніх замовників до якості кінцевої продукції підприємства (зокрема гільзи циліндрів ДВС) [4, с. 62–63].

За допомогою одного з «семи інструментів якості» АВС-аналізу в роботі було проаналізовано дефекти, що зустрічаються найчастіше і призводять до виникнення ливарного браку (невідповідність розмірів відливки, порушення мікроструктури та хімічного складу чавуна, гарячі та холодні тріщини, наявність раковин, порожнистостей та неметалевих включень, відбілу та ліквіації). Для проведення АВС-аналізу дефекти відливок, що біли виявлені під час контролю, розташовувалися у порядку зменшення їх кількості та визначалася їх частка у загальній кількості деталей. Всі групи дефектів залежно від їх впливу на рівень якості продукції ЛВ можна поділити на три групи [5, с. 124]:

- група А – дефекти, що найбільше впливають на якість заготовок та ліквідації яких необхідно приділити найбільшу увагу (кумулятивна частка – до 75 %);
- група В – дефекти, що менше впливають на якість (кумулятивна частка – до 95 %);
- група С – дефекти, що майже не впливають на якість (кумулятивна частка – до 100 %).

Результати аналізу комплексних показників якості продукції ЛВ наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

*Результати проведення АВС-аналізу причин браку продукції ливарного виробництва*

Причина браку	Кількість дефектів	Частка, %	Кумулятивна частка, %	Група згідно з АВС-аналізом
Невідповідність показників мікроструктури	58	23,67	23,67	А
Невідповідність хімічного складу	52	21,22	44,89	
Невідповідність механічних властивостей	35	14,29	59,18	
Невідповідність геометричних розмірів	26	10,61	69,79	
Невідповідність маси відливки	19	7,76	77,55	В
Нерівномірність припусків на механічну обробку	13	5,31	82,86	
Неоднорідність матеріалу	12	4,9	87,76	
Невідповідності макроструктури	10	4,08	91,84	
Невідповідність шорсткості поверхні технічній документації	7	2,86	94,7	С
Несуцільності в тілі відливки	5	2,04	96,74	
Наявність сторонніх включень	5	2,04	98,78	
Невідповідність класифікаційних показників	3	1,22	100	
Разом	245	100		

У ході проведеного аналізу і вивчення вимог замовників продукції підприємства, якість відливок гільз циліндра ДВЗ, отриманих методом відцентрового лиття, в роботі запропоновано оцінювати за наступними комплексними та одиничними показниками [6, с. 70–71].

*1. Мікроструктура чавуна:*

- тип структури – характер розподілу графіту; форма графіту; тип металевої основи; будова фосфідної евтектики; розподіл фосфідної евтектики;

- кількісні характеристики структури – довжина графітових включень; кількість графітових включень; кількість перліта.

*2. Хімічний склад чавуна* – вміст вуглецю, кремнію, марганцю, хрому, міді, нікелю, фосфору, сірки та інших легуючих елементів (за домовленістю із замовником).

*3. Механічні властивості чавуна* – твердість НВ; межа міцності на розтягування  $\sigma_b$ , МПа; границя міцності на вигин  $\sigma_{0,2}$ , МПа.

#### 4. Габаритні розміри відливки у т. ч. товщини стінок.

Однією з найважливіших умов ефективного управління якістю продукції є своєчасна і достовірна оцінка виробництва, його продукції та технологічних процесів, зокрема шляхом вибору або розробки методу оцінювання якості заготовельного виробництва, що є важливим науково-практичним завданням, успішне вирішення якої дозволяє істотно підвищувати конкурентоспроможність продукції вітчизняних промислових підприємств.

Для оцінювання узагальненого показника якості продукції ЛВ пропонується використовувати метод Харрінгтона (метод «функції бажаності»), який був розглянутий в роботах [7–10]. Під бажаністю  $d$  розуміють той чи інший бажаний рівень показника якості відливки, величина якого може змінюватися від 0 до 1, відповідно до шкали бажаності (табл. 2).

Таблиця 2

Критерії оцінювання показників якості продукції ливарного виробництва за шкалою бажаності

Оцінка	Діапазон зміни значень показника якості
Дуже добре	1-0,80
Добре	0,80–0,63
Задовільно	0,63–0,37
Погано	0,37–0,20
Дуже погано	0,20–0

Перевагою запропонованого методу є те, що значення показників якості з різною розмірністю математично перетворюються в безрозмірні величини, що мають якісний зміст і дають кількісну оцінку рівня показника щодо гранично допустимих його значень. Користуючись величинами  $d$ , розрахованими для кожного показника, можна робити будь-які математичні операції для комплексної оцінки якості як продукції ЛВ, так і процесів цієї системи.

До недоліків методу належать:

- суб'єктивне встановлення номінального і кращого граничних значень рівня якості;
- складність урахування всієї сукупності натуральних значень показника, властивих розглянутому класу продукції, що може призвести до виникнення похибок під час оцінювання [8, с. 14].

При використанні функції бажаності значення кожного з показників якості виливки були переведені у відповідні безрозмірні бажаності  $d_i$ , після чого було сформовано узагальнену функцію бажаності  $D$  за формулою, що запропонована у [9, с. 83].

$$D = \sqrt[m]{\prod_{i=1}^m d_i}, \quad (1)$$

де  $m$  – кількість показників, що характеризують якість продукції ЛВ.

Розрахунок узагальненого показника якості продукції ЛП як геометричного середнього оцінок показників  $d_i$  пропонується застосовувати на підставі того, що якщо хоча б одне зі значень показників якості  $d_i = 0$ , то узагальнене значення  $D = 0$ . З іншого боку,  $D = 1$  лише тоді, коли всі  $d_i = 1$ . При цьому узагальнене значення якості  $D$  є суттєво чутливим до малих одиничних значень показників  $d_i$ .

Для оцінювання ступеня відповідності узагальненого показника якості продукції ЛП вимогам замовників в межах дослідження розроблена форма технологічного паспорта в середовищі Windows MS Excel, що дозволяє автоматизувати процес збору, обробки, зберігання статистичної інформації про рівень якості заготовок. При внесенні в цю форму значень комплексних показників якості відливки (хімічного складу, мікроструктури і механічних властивостей) проводиться автоматичний розрахунок функції бажаності за (1), а також оцінка відповідного показника за шкалою бажаності (табл. 2) і переклад значення бажаності у п'ятибальну шкалу (табл. 3).

Таблиця 3

Критерії оцінювання показників якості продукції ливарного виробництва

Рівень якості показника	Оцінка за п'ятибальною шкалою	Діапазон зміни значень показника якості за шкалою бажаності
-------------------------	-------------------------------	---

Дуже добре	5	1-0,80
Добре	4	0,80-0,63
Задовільно	3	0,63-0,37
Погано	2	0,37-0,20
Дуже погано	1	0,20-0

Таким чином, на основі аналізу даних технологічного паспорта вилівки як постачальник, так і замовник мають можливість об'єктивно оцінювати узагальнений показник якості продукції ЛВ.

**Висновки.** Таким чином, проблема підвищення якості та продуктивності виготовлення чавунних гільз циліндрів двигунів внутрішнього згорання в даний час продовжує залишатися досить актуальною у зв'язку з тим, що висока якість заготовок забезпечує не лише випуск конкурентоспроможної продукції, але й є резервом для зниження собівартості виготовлення продукції. В результаті проведеного дослідження було встановлено, що якість виливків характеризується безліччю різнопланових критеріїв.

У результаті проведеного аналізу встановлено, що успішне вирішення завдання підвищення якості продукції ЛВ можливе лише за умови забезпечення ефективного функціонування технологічної системи підприємства на всіх стадіях життєвого циклу продукції.

У ході дослідження проаналізовано та систематизовано чинники, що впливають на якість продукції ЛВ МП, що дозволило зробити висновок про безпосередній вплив цієї системи на якість машинобудівної продукції, а також розробити багаторівневу ієрархію показників якості, що дозволяє максимально врахувати їх при оцінюванні якості виливків гільз циліндрів ДВЗ.

На основі проведених досліджень запропоновано метод оцінювання якості продукції ЛВ на основі функції бажаності, що дозволяє математично перетворювати значення показників якості з різною в безрозмірні величини, що мають якісний зміст і дають кількісну оцінку рівня показника щодо граничнодопустимих його значень.

#### Список використаної літератури:

1. *Азгальдов Г.Г.* Теория и практика оценки качества товаров (основы квалиметрии) / *Г.Г. Азгальдов.* – М. : Экономика, 1982. – 256 с.
2. *Евсеев В.И.* Проблемы литейного производства и автопром / *В.И. Евсеев, А.А. Ищенко* // Промышленный вестник. – 2009. – № 10. – С. 40–43.
3. *Ткачук Л.М.* Сучасні тенденції управління якістю на підприємствах України / *Л.М. Ткачук* // Вісник Київського нац. ун-ту ім. Т.Г. Шевченка / Серія : Економіка. – 2003. – Вип. 65. – С. 101–102.
4. *Крайняк Д.В.* Аналіз впливу ливарних дефектів на якість продукції ливарного виробництва / *Д.В. Крайняк, О.Д. Динник* // Науково-метод. конф. викладачів, співробітників і студентів : тези доповідей. – Суми : СумДУ, 2009. – Ч. 1. – С. 62–63.
5. *Горбашко Е.А.* Управление качеством : учеб. пособие / *Е.А. Горбашко.* – СПб. : Питер, 2008. – 384 с.
6. *Залогова В.А.* Анализ методов оценки качества продукции литейного производства на примере гильз блока цилиндров / *В.А. Залогова, О.Д. Динник, А.В. Ивченко* // Тези доповідей 8-ої Всеукр. науково-тех. конф. «Машинобудування України очима молодих: прогресивні ідеї–наука–виробництво». – Луцьк : ЛНТУ, 2008. – С. 70–71.
7. *Зеленский В.Н.* Производство отливок ответственного назначения / *В.Н. Зеленский, Н.Ф. Перепечко* // Литейное производство. – 2002. – № 10. – С. 33–34.
8. *Евко Л.С.* Оценка уровня показателей качества компрессоров : Обзорная информация / *Л.С. Евко.* – М. : ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, 1981. – 25 с.
9. *Ивченко А.В.* Управление качеством инструментальной подготовки производства многономенклатурного машиностроительного предприятия : дис. ... канд. техн. наук : 05.01.02 / *Ивченко Александр Владимирович* ; КНУТД. – Сумы : СумГУ, 2009. – 278 с.
10. *Кане М.М.* Системы, методы и инструменты менеджмента качества : учебное пособие / *М.М. Кане, Б.В. Иванов, В.Н. Корешков.* – СПб. : Питер, 2008. – 560 с.

**ВИНОГРАДОВ** Олександр Олександрович – доктор технічних наук, професор кафедри металорізальних верстатів та систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- обробка важкооброблюваних матеріалів;
- надтверді матеріали.

ЗАЛОГА Вільям Олександрович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри ТМВІ Сумського державного університету.

Наукові інтереси:

- удосконалення технологічних процесів механообробного виробництва;
- технічне регулювання;
- конкурентоспроможність підприємств;
- сучасні системи управління.

Тел.: (050)307-09-71.

E-mail: zalogav@gmail.com

ДИННИК Оксана Дмитрівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри ФЗНД Конотопського інституту СумДУ.

Наукові інтереси:

- якість продукції ливарного виробництва;
- система управління якістю заготівельного виробництва;
- інтегровані системи управління.

Тел.: (096)797-39-10.

E-mail: odkonotop@mail.ru

ЯШИНА Тетяна Вікторівна – аспірант Сумського державного університету.

Наукові інтереси:

- системи управління якістю машинобудівного підприємства;
- системи автоматизованого управління.

Тел.: (097)330-02-01.

E-mail: t\_yashyna@ukr.net

Стаття надійшла до редакції 23.10.2015.