

**ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО КІЛЬКІСНОГО
ОБ'ЄКТИВНОГО ОЦІНЮВАННЯ МОДЕЛЕЙ
ВОЛОКОННИХ ЛАЗЕРНИХ МОДУЛІВ**

Рудницький В.М.

Черкаський державний технологічний університет, завідувач кафедри інформаційної безпеки та комп'ютерної інженерії, доктор технічних наук, професор

Гардер Д.А.

Черкаський державний технологічний університет, пошукач кафедри робототехніки та спеціалізованих комп'ютерних систем

Зубко І.А.

Черкаський державний технологічний університет, старший викладач кафедри робототехніки та спеціалізованих комп'ютерних систем, кандидат технічних наук

Лукашенко А. Г.

Черкаський державний технологічний університет, с.н.с. кафедри робототехніки та спеціалізованих комп'ютерних систем, доктор технічних наук

Лукашенко В.М.

Черкаський державний технологічний університет, завідувач кафедри робототехніки та спеціалізованих комп'ютерних систем, доктор технічних наук, професор

***Abstract:** Increased efficiency of information technologies of automated laser technological complexes in the direction of multicriteria quantitative estimation, which characterizes technical indicators of models of fiber laser modules due to collection of this information on the basis of heuristics, created relational data model set of modern fiber according to the defined technical information of the model of the fiber laser module on the basis of quality criteria with unit weighting factors of priority.*

The best model of the laser module is confirmed by the result of calculation of the generalized criterion of efficiency.

***Key words:** fiber laser module, quality criteria, multicriteria quantitative estimation.*

Вступ. Розвиток і вдосконалення інформаційних технологій сьогодні займає одне з пріоритетних місць в стратегії науково-технічного розвитку лазерних технологій та автоматизованих лазерних технологічних комплексів (АЛТК), у яких волоконні лазерні модулі є одним з найважливіших компонентів [1-3].

Результати дослідження АЛТК, які зварюють тонкостінні конструкції з нержавіючих сталей показали, що якісні характеристики зварюваного шва (дрібнозернистість, міцність та ін.) у значній мірі залежать від параметрів волоконного лазерного модуля (потужності

споживання лазерного модуля, вихідної потужності лазера, нестабільності вихідної потужності лазера, діапазону робочої температури, дальності передачі лазерного випромінювання по оптоволоконному кабелю, тощо) [2]. Проблематика полягає у тому, що відбір найкращих волоконних лазерних модулів з великої множини існуючих за багатьма параметрами одночасно використовуючи інформаційні технології потребує багато часу.

Ряд робіт В.В. Долгова, С.А. Жукова, Г.І. Колесникова, В.Ф. Лазукіна, В.Ф. Майбороди, С.Л. Погорельського, А.Г. Шипунова, Г.П. Піхновської, М.А. Абрамова, А. Cartera, В. Samsona, К. Tankala, D. P. Machewirtha, V. Khitrova, U. H. Manyama, F. Gonthera та ін., присвячено питанням лазерних випромінювачів і АЛТК [3-9].

Однак, з практичної точки зору, існуючі теоретичні напрацювання в області інформаційних технологій, а саме, апаратного забезпечення відбору даних, через використання багатокритеріального кількісного оцінювання відповідного компонентів АЛТК одночасно за багатьма параметрами, у тому числі, і волоконних лазерних модулів з ваговими коефіцієнтами пріоритетності, що дорівнюють одиниці не є достатньо повним.

Мета та задача дослідження. Метою дослідження є підвищення ефективності інформаційних технологій автоматизованих лазерних технологічних комплексів в напрямку організації кількісного об'єктивного оцінювання компонентів системи збору даних і управління шляхом розробки методу багатокритеріального кількісного об'єктивного оцінювання моделей апаратного забезпечення збору інформаційних даних на прикладі волоконних лазерних модулів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- 1 – створити інформаційну множину технічних показників сучасних волоконних лазерних модулів та побудувати реляційну модель даних зі структуризацією за основними показниками;
- 2 – розробити метод багатокритеріального кількісного оцінювання моделей волоконних лазерних модулів через багатопараметричні критерії якості з ваговими коефіцієнтами пріоритетності, що дорівнюють одиниці;
- 3 – визначити найліпшу модель волоконного лазерного модуля через розрахунок узагальненого критерію ефективності лазерного модуля.

Вирішення проблемної задачі

Інформаційна технологія критеріального оцінювання технічних показників волоконних лазерних модулів є пріоритетним науковим напрямком.

На основі евристичного методу складено перелік типів сучасних лазерних модулів та їх основних технічних параметрів, таких як: вихідна потужність лазера, максимальна нестабільність вихідної потужності лазера, споживана потужність пристрою, максимальна

допустима робоча температура, мінімальна допустима робоча температура, дальність передачі променя по оптоволоконному кабелю.

Проблемою при проектуванні АЛТК є відсутність аналітичного виразу, залежності між визначеними багатьма параметрами моделей волоконних лазерних модулів (ВЛМ). Це створює великі труднощі визначення оптимальної моделі ВЛМ серед існуючої великої множини.

Для прискорення процесу багатокритеріального аналізу сучасних видів лазерних випромінювачів (ЛВ) пропонується алгоритм, що має наступні процедури [4]:

Результати аналізу вітчизняних та закордонних джерел інформації по існуючих сучасних типах лазерних модулів представлено в табл.1.

Таблиця 1. Реляційна модель даних різних типів волоконних лазерних модулів зі структуризацію за основними показниками

№ пп	Параметр Тип лазерного модуля	Вихідна потужність лазера, Р _л , кВт	Максимальна нестабільність вихідної потужності лазера, %	Потужність споживання лазерного модуля, кВт	Робоча температура, °С		Дальність передачі по оптоволоконному кабелю, м
					T _{min}	T _{max}	
1	YLR-700-MM-WC-Y14	0,7	3	2	10	50	5
2	ЛС-04	0,4	3	2	10	40	10
3	YLR-700-WC-Y14	0,7	3	2,1	10	50	5
4	YLR-1000-MM-WC-Y14	1	3	3	10	50	5
5	YLR-1000-WC-Y14	1	0,5	3,2	10	50	5
6	JK400FL	0,4	3	1,6	5	45	10
7	JK50FL	0,05	3	0,25	5	45	10
8	YLR-150/1500-QCW-AC-Y14	0.25	1	1,5	10	40	3
9	YLR-300/3000-QCW-MM-AC-Y14	0.3	1	3	10	35	5
10	YLS-600/6000-QCW-AC-Y15	0.6	2	6	10	35	5
11	YLS-2000-U-Y18	2	2	7	5	45	30
12	YLR-2000-MM-WC-Y18	2	3	5,2	10	50	5

За наведеними в табл. 1 параметрами створено узагальнену інформаційну модель (УІМ):

$$\Psi(P_L; P_M; N_P; T_{max}; T_{min}; f_i, f_{max}), \quad (1)$$

де P_L – вихідна потужність лазера;

P_M – потужність споживання лазерного модуля;

K_H – максимальна нестабільність вихідної потужності лазера;

T_{max}, T_{min} – значення робочої температури максимальне та мінімальне відповідно;

f_i, f_{max} – значення дальності передачі променя по оптоволоконному кабелю серед множини, що розглядається поточне та максимальне відповідно.

Аналіз множини складових УІМ (1) показав відсутність математичної залежності між наведеними параметрами моделей волоконних лазерних модулів, тому використовуючи інформаційну технологію та властивості умовного моделювання на базі яких створюються безрозмірні умовні критерії якості.

Критерії якості та їх фізичне тлумачення розроблені і приведені нижче:

$K_P = \frac{P_L}{P_M} \rightarrow 1$ величина, що характеризує енергетичні показники, а саме відношення потужності випромінювання лазера до потужності споживання пристрою, тобто ККД лазерного модуля;

K_H – величина максимальної нестабільності вихідної потужності, краще при $K_H \rightarrow 0$, але $\neq 0$;

$K_T = \frac{T_{max} - T_{min}}{T_{max}} \rightarrow 1$ величина, що характеризує діапазон робочих температур;

$K_D = \frac{f_{max}}{f_i} \rightarrow 1$ відносна величина, що характеризує дальність передачі променя по оптоволоконному кабелю.

Проведено розрахунок відповідних критеріїв якості, що наведені в табл. 2, для візуалізації побудовані гістограми (рис. 1).

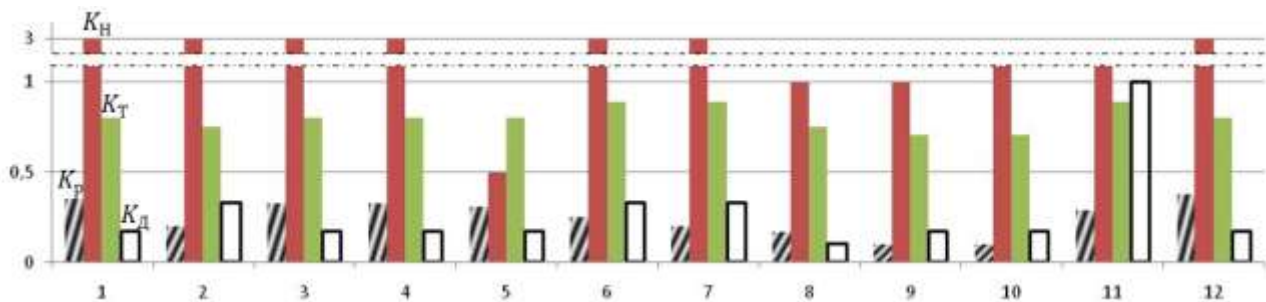


Рисунок 1. Гістограми критеріїв якості лазерних модулів.

Примітка: Цифри 1-12 відповідають лазерним модулям відповідно до їх порядкових номерів з табл. 1, 2.

Таблиця 2. Критерії якості для визначених типів сучасних лазерних модулів

№ пп	Критерій якості Тип лазерного модуля	K_p	K_H	K_T	K_d
1	YLR-700-MM-WC-Y14	0,35	3	0,8	0,17
2	ЛС-04	0,20	3	0,75	0,33
3	YLR-700-WC-Y14	0,33	3	0,8	0,17
4	YLR-1000-MM-WC-Y14	0,33	3	0,8	0,17
5	YLR-1000-WC-Y14	0,31	0,5	0,8	0,17
6	JK400FL	0,25	3	0,89	0,33
7	JK50FL	0,20	3	0,89	0,33
8	YLR-150/1500-QCW-AC-Y14	0,17	1	0,75	0,1
9	YLR-300/3000-QCW-MM-AC-Y14	0,10	1	0,71	0,17
10	YLS-600/6000-QCW-AC-Y15	0,10	2	0,71	0,17
11	YLS-2000-U-Y18	0,29	2	0,89	1
12	YLR-2000-MM-WC-Y18	0,38	3	0,8	0,17

Найліпша модель волоконного лазерного модуля визначається через розрахунок узагальненого критерію ефективності [5] лазерного модуля за формулою (2)

$$K_{узаг} = \sum_{l=1}^L \left\{ \left(\sum_{i=1}^k K_{ij} + \sum_{j=k+1}^m \frac{1}{N} K_{ij} \right)^T \right\} \rightarrow \max \quad (2)$$

де T – тип компонента; L – кількість компонентів; N – порядковий номер у табл. 2

Аналіз отриманих даних показав, що найкращими параметрами володіє випромінювач YLR-1000-WC-Y14 за № 6 через мале значення критерію K_H та велику величину, що характеризує ККД.

Отже, найліпшою моделлю серед визначеної множини типів волоконних лазерних модулів є № 6, що підтверджує результат розрахунку узагальненого критерію ефективності лазерного модуля, який дорівнює $K_{узаг} = 3,28$

Висновки. Підвищена ефективність інформаційних технологій автоматизованих лазерних технологічних комплексів в напрямку багатокритеріального кількісного оцінювання, що характеризує технічні показники моделей волоконних лазерних модулів за рахунок збору цієї інформації на основі евристики, створено реляційна модель даних множини сучасних

волоконних лазерних модулів на базі реляційної алгебри, розроблено метод багатокритеріального кількісного оцінювання за визначеною технічною інформацією моделі волоконного лазерного модуля на основі критеріїв якості з одиничними ваговими коефіцієнтами пріоритетності.

Розрахунком узагальненого критерію ефективності підтверджено, що найліпшою моделлю волоконного лазерного модуля є модель YLR-1000-WC-Y14.

Литература:

1. Васильев О. С., Горный С. Г. (2016). Технология создания поверхностных микроструктур на листовых материалах с использованием волоконного лазера. Научно-производственный журнал "Металлообработка", 3 (93).
2. Д. А. Лукашенко, В. Ю. Хаскин, А. Г. Лукашенко, А. В. Сиора, А. В. Бернацкий (2011). Сварка тонколистовой нержавеющей стали волоконным лазером. Вестник ДНУ. Ракетно-космическая техника, т. 19, №4: 121-129.
3. A. Nobuyuki, F. Yoshinori, I. Takashi, T. Masahiro (2005). Micro Welding of Thin Stainless Steel Foil with a Direct Diode Laser. Transactions of JWRI. – Vol. 34. №1.: 19-23.
4. А. Г. Лукашенко, В. М. Лукашенко, С. А. Міценко та ін. (2010). Основні характерні особливості сучасних лазерів. VI Міжнародна научна практична конференція Т. 23.: 9–12.
5. А. Г. Лукашенко (2014). Математична модель узагальненого показника якості компонентів лазерного технологічного обладнання. Вісник Хмельницького національного університету, № 4: 31-36.
6. T. Gottwald et al. (2012). Recent disk laser development at TRUMPF. Proc. SPIE 8547, High-Power Lasers 2012: Technology and Systems, 85470C.
7. Y. Peng et al (2013). Near fundamental mode 1.1 kW Yb:YAG thin-disk laser. Opt. Lett. 38: 1709-1711.
8. A. Carter, B. Samson, K. Tankala, D. P. Machewirth, V. Khitrov, U. H. Manyam, F. Gonthier, F. Seguin. Damage Mechanisms in Components for Fibre Lasers and Amplifiers», Proc. of SPIE Vol. 5647.
9. Mazurets A.V. (2015). Features of using of the information technology of automated definition of terms in educational materials. Materials of the IV International Scientific Conference «Information-Management Systems and Technologies» 22th – 24th September: C.62.