

2. Беликов С.Е. Нулевые выбросы в атмосферу / С.Е. Беликов, В.Р. Котлер // Теплоэнергетика. – 2004. – № 1. – С. 69-72.

3. Теплотехнический справочник. – М. : Изд-во "Энергия", 1976. – Т. 2. – 896 с.

4. Химическая технология древесины / А.К. Славянский, В.И. Шарков, А.А. Ливеровский. – М. : Изд-во ГОСЛЕСБУМИЗДАТ. – 1962. – 577 с.

Озаркив И.М. Перспективы использования древесной массы с целью переработки в газообразное топливо

Одним из мощнейших альтернативных источников энергии является биомасса, в частности древесное топливо. Существенным преимуществом древесного топлива является его экологическая чистота: древесина не содержит серы, хлора и других вредных для атмосферы элементов. При сгорании древесина выделяет такое же количество CO_2 , которое потребила в процессе роста, а значит он является CO_2 – нейтральным топливом. На сегодня известно немало способов переработки древесины и отходов из нее в энергию, но одним из самых перспективных является газификация.

Ozarkiv I.M. Perspectives of use wood mass for recycling in gaseous fuels

One of the most powerful alternative energy sources is biomass, including wood fuel. An essential advantage of wood fuel is its environmental cleanliness: wood does not contain sulfur, chlorine and other harmful elements for atmosphere. When burning wood allocates the same amount of CO_2 that consumed in the process of growth and therefore wood is CO_2 – neutral fuel. Today we know many ways to the wood recycling and its waste into energy, but one of the most perspective is gasification.

УДК [674:658.011.54/56]:674.214

Доц. Т.В. Іванишин, канд. техн. наук –
НЛТУ України, м. Львів

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ КОЕФІЦІЄНТА ВИКОРИСТАННЯ РОБОЧОГО ЧАСУ ДВОВЕРСТАТНИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ ЛІНІЙ З ЖОРСТКИМ АГРЕГАТУВАННЯМ ОБЛАДНАННЯ

Обґрунтовано необхідність розроблення методики оцінки ефективності завантаження автоматизованих ліній у виробничому процесі. Побудовано математичні залежності для розрахунку коефіцієнта використання та коефіцієнта втрат робочого часу двоверстатної системи, жорстко агрегатованої машинами з однаковими та різними продуктивностями.

Ключові слова: автоматизована лінія, математичні залежності, методика оцінки, ефективність завантаження, коефіцієнт використання робочого часу, коефіцієнт втрат робочого часу, двоверстатна система, жорстке агрегування.

Актуальність теми. Кожна автоматизована лінія в межах планового фонду робочого часу може знаходитися в кількох станах: 1) лінія працює, виконуючи заданий технологічний процес оброблення, контролювання чи збирання (час робочих ходів); 2) лінія працює, виконуючи допоміжні операції технологічного процесу (час неробочих ходів); 3) лінія працює, але продукція не відповідає технічним умовам, тобто фактично вона перебуває в стані простоювання, оскільки випускається брак; 4) лінія простоює через відмову механізмів та інструментів (час простоювання за власними причинами); 5) лінія простоює через зовнішні організаційно-технічні причини.

Згідно з основними положеннями теорії продуктивності машинних систем [1], продуктивним є той час, який витрачається на безпосередній технологічний вплив, тобто час робочих ходів. Решту часу з позиції технологічного процесу вважають втраченим, незалежно чи це неробочі ходи робочого

циклу, чи це позациклові простоювання з технічних і організаційних причин. Тому без розроблених методик аналізу ефективності використання робочого часу машинних систем неможливо проектувати та будувати оптимальні структури автоматизованих ліній і прогнозувати якісні показники їх функціонування.

Мета дослідження. Формалізація коефіцієнта використання автоматизованої лінії, агрегатованої двома верстатами з однаковими та різними продуктивностями.

Методика розв'язання задачі. Для розрахунку коефіцієнта використання робочого часу автоматизованої системи машин професор Г.А. Шаумян запропонував математичну модель, у якій функція відгуку визначається через відповідні показники вмонтованих у структуру лінії верстатів [1]:

$$\rho_n = \frac{1}{1 + (\sum t_i / T)} = \frac{1}{1 + \sum \frac{1 - \rho_i}{\rho_i}}, \quad (1)$$

де: $\sum t_i$ – сумарні власні позациклові втрати робочого часу верстатів; T – тривалість робочого циклу лінії; ρ_i – коефіцієнти використання робочого часу верстатів.

Але на практиці під час проектування ефективних структур автоматизованих ліній таку аналітичну залежність застосовувати досить проблематично, оскільки власні позациклові втрати та коефіцієнти використання робочого часу верстатів, зазвичай, наперед невідомі. Оскільки реальні значення параметрів t_i і ρ_i залежать від багатьох чинників, зокрема: впливу великої кількості стохастичних збурювальних факторів на процес оброблення; співвідношення продуктивностей обладнання; рівня механізації й автоматизації технологічних операцій; типу міжверстатних зв'язків у лінії; складного характеру суміжного взаємовпливу машин у технологічному потоці тощо, то їх можна визначити тільки експериментальним шляхом.

З іншого боку, процес функціонування автоматизованої лінії можна формалізувати за допомогою математичного апарату системи масового обслуговування (СМО), де тривалість обслуговування ділянок має показниковий розподіл імовірностей [2]. Тут за допомогою виконаних розрахунків можна визначити як імовірності фінальних станів і пропускну здатність машинної системи, так і ступінь завантаження та продуктивність самих верстатів. Але таке математичне моделювання не дає змоги обчислити коефіцієнт використання та втрати робочого часу лінії загалом.

Отже, з метою досягнення поставленої мети у формулі (1) виконаємо нескладні математичні перетворення:

$$\rho_n = \frac{1}{1 + \frac{1 - \rho_1}{\rho_1} + \frac{1 - \rho_2}{\rho_2}} = \frac{\rho_1 \rho_2}{\rho_1 \rho_2 + \rho_2 - \rho_1 \rho_2 + \rho_1 - \rho_1 \rho_2} = \frac{\rho_1 \rho_2}{\rho_2 + \rho_1 - \rho_1 \rho_2}. \quad (2)$$

Надалі, розділивши чисельник та знаменник залежності (1.2) на вираз $\rho_1 \rho_2$, отримаємо

$$\rho_l = \frac{1}{\frac{1}{\rho_2} + \frac{1}{\rho_1} - 1}. \quad (3)$$

Для двоверстатної автоматизованої лінії з жорстким міжагрегатним зв'язком (запас предметів оброблення відсутній), як двофазної одноканальної СМО з обмеженою чергою замовлень перед другою фазою, коефіцієнти використання робочого часу машин можна обчислити за формулами [3]:

$$\rho_1 = \frac{1 - \mu^2}{1 - \mu^3} \text{ і } \rho_2 = \mu \cdot \frac{1 - \mu^2}{1 - \mu^3}, \quad (4)$$

де $\mu = P_1/P_2$ – співвідношення продуктивностей верстатів у лінії.

Тоді, об'єднавши обидві залежності (1.3) і (1.4),

$$\begin{aligned} \rho_l &= \frac{1}{\frac{1}{\mu \frac{1 - \mu^2}{1 - \mu^3}} + \frac{1}{\frac{1 - \mu^2}{1 - \mu^3}} - 1} = \frac{1}{\frac{1 - \mu^3}{\mu(1 - \mu^2)} + \frac{1 - \mu^3}{(1 - \mu^2)} - 1} = \\ &= \frac{\mu(1 - \mu^2)}{(1 - \mu^3) + \mu(1 - \mu^3) - \mu(1 - \mu^2)} = \frac{\mu(1 - \mu^2)}{1 - \mu^3 + \mu - \mu^4 - \mu + \mu^3} = \\ &= \frac{\mu(1 - \mu^2)}{1 - \mu^4} = \frac{\mu(1 - \mu^2)}{(1 - \mu^2)(1 + \mu^2)}. \end{aligned} \quad (5)$$

Звідси очевидно, що коли автоматизована лінія укомплектована різнопродуктивними верстатами ($P_1 \neq P_2$ і $\mu \neq 1$), то величина її коефіцієнта використання робочого часу дорівнює

$$\rho_l = \frac{\mu}{1 + \mu^2} = \frac{P_1 P_2}{P_1^2 + P_2^2}. \quad (6)$$

Тоді для такого випадку коефіцієнт втрат робочого часу машинної системи визначатиметься за формулою:

$$H_l = 1 - \rho_l = 1 - \frac{\mu}{1 + \mu^2} = \frac{1 - \mu + \mu^2}{1 + \mu^2} = \frac{P_1^2 - P_1 P_2 + P_2^2}{P_1^2 + P_2^2}. \quad (7)$$

Якщо ж продуктивності верстатів у лінії є однаковими – $P_1 = P_2$, то підставивши в рівняння (1.6) і (1.7) співвідношення продуктивностей $\mu = 1$, отримаємо:

$$\rho_l = H_l = \frac{1}{2}. \quad (8)$$

З (8) слідує, що якщо автоматизована лінія жорстко скомпонована рівнопродуктивними верстатами, то незалежно від величини їх пропускної здатності ефективність використання робочого часу машинної системи становитиме тільки 50 %. Решта 50 % можна вважати непродуктивними втратами її робочого часу.

З метою перевірки правильності отриманого співвідношення (8) ми змоделювали на ЕОМ процес роботи двоверстатної лінії. Отримані результати імітаційного моделювання, наведені в табл. 1, підтвердили, що коефіцієнт

використання робочого часу автоматизованої лінії $\rho_{\text{л}}$ для різних значень $P_1 = P_2$ залишається завжди незмінним і дорівнює $\rho_{\text{л}} \cong 0,5$.

Табл. 1. Результати імітаційного моделювання роботи лінії

Варіант лінії	Показники верстатів			Продуктивність лінії $P_{\text{л}}$	Коефіцієнт використання $\rho_{\text{л}}$		
	$P_1 = P_2$	ρ_1	ρ_2		за формулою	за імітаційною моделлю	відносна похибка
1	0,3	0,668	0,665	0,20	0,5	0,4998	0,04
2	0,5	0,666	0,666	0,33	0,5	0,4993	0,15
3	1,0	0,666	0,668	0,67	0,5	0,5004	-0,07
4	1,6	0,668	0,665	1,07	0,5	0,4998	0,04
5	2,0	0,666	0,667	1,33	0,5	0,4998	0,04

Також у такій структурно-компонувальній схемі лінії значення коефіцієнтів використання робочого часу двох верстатів ρ_1 і ρ_2 є не високими та, одночасно, однаковими між собою, але на 25 % вищими за показник $\rho_{\text{л}}$ для всієї машинної системи. Втрати робочого часу лінії сягають $H_i = 33\text{-}34\%$, а її продуктивність зростає в міру збільшення продуктивності двох верстатів.

Висновки. Побудовані математичні залежності дають адекватні результати обчислень, а зроблені висновки є справедливими для випадку, коли процес функціонування ліній описується показниковим законом розподілу ймовірностей [2, 3]. Тобто технологічний процес має бути випадковим, де стабільності (параметри Ерланга) всіх його операцій $K = 1$. У такому разі для будь-яких значень продуктивності верстатів P_1 і P_2 величина коефіцієнтів використання робочого часу машин ρ_1 і ρ_2 не перевищуватиме значення $\rho_1 \leq 0,67$, а коефіцієнт використання робочого часу лінії – $\rho_{\text{л}} \leq 0,5$.

Література

1. Шаумян Г.А. Комплексная автоматизация производственных процессов : учебник [для машиностр. спец. ВУЗов] / Г.А. Шаумян. – М. : Изд-во "Машиностроение". – 1973. – 639 с.
2. Вентцель Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология / Е.С. Вентцель. – М. : Изд-во "Наука", 1980. – 208 с.
3. Елементи теорії автоматичних ліній / Д.Л. Дудюк, Л.Д. Загвойська, В.М. Максимів, Л.М. Сорока. – Київ-Львів, 1998. – 190 с.

Иванишин Т.В. Методика расчета коэффициента использования рабочего времени двухстаночных автоматизированных линий с жестким агрегатированием оборудования

Обоснована необходимость разработки методики оценки эффективности загрузки автоматизированных линий в производственном процессе. Построены математические зависимости для расчета коэффициента использования рабочего времени и коэффициента потерь двухстаночной системы, жестко агрегатированной равно- и разнопроизводительными машинами.

Ключевые слова: автоматизированная линия, математические зависимости, методика оценки, эффективность загрузки, коэффициент использования рабочего времени, коэффициент потерь рабочего времени, двухстаночная система, жесткое агрегатирование.

Ivanyshyn T.V. Methods of calculation the coefficient of using the work time of automated lines which consist of two machine-tools with hard connection of equipment

The necessity of elaborating the methods of valuation of charge efficiency of automated lines in production process is substantiated. Mathematical dependences for calculation of the coefficient of using and coefficient of the waste of time by the system that consists of two machine-tools and by the hardly connected machines with the same and different productivities are built.

Keywords: automated line, mathematical dependences, methods of valuation, efficiency of charge, coefficient of using work time, the system with two machine-tools, hard connection.

УДК 674:621.928.93

Викл. А.В. Ляшеник¹, канд. техн. наук;
доц. Л.О. Тисовський², канд. фіз.-мат. наук; викл. Л.М. Дорундяк¹;
ст. викл. Ю.Р. Дадак², канд. техн. наук; викл. В.М. Крупа¹

ПРО ВПЛИВ ГЕОМЕТРИЧНИХ РОЗМІРІВ ЦИКЛОНА НА ЙОГО ГІДРАВЛІЧНИЙ ОПІР

Досліджено вплив геометричних розмірів окремих частин циклона на гідравлічний опір апарата. Проаналізовано результати, отримані внаслідок математичного моделювання руху повітряного потоку в сепараторі. Визначено рекомендовані відношення параметрів окремих елементів циклона.

Аеродинамічні процеси, що відбуваються у циклонах, досліджує багато науковців. Однак питанням впливу геометричних розмірів окремих частин циклона на його гідравлічний опір у літературі приділено мало уваги. Це пов'язано з тим, що існуючі донедавна підходи до математичного моделювання не давали змоги точно описати процес руху запилених потоків, а експериментальні дослідження є дорогими. У цій роботі зроблено спробу здійснити аналіз впливу зміни геометричних розмірів окремих частин циклона на його гідравлічний опір.

Побудова математичної моделі. Аналіз руху повітряних потоків у циклоні будемо проводити на основі такого підходу [1]. Припустимо, що запилена газова суміш у циклоні є гомогенним середовищем, поведінку якого можна описати моделлю в'язкої стискуваної рідини (газу). Тоді повна система рівнянь для аналізу аеродинамічних процесів у сепараторі складається з рівнянь Нав'є-Стокса, рівняння нерозривності, рівнянь стану і рівняння балансу тепла, які можна представити таким чином.

1. Рівняння Нав'є-Стокса є основним рівнянням динаміки в'язкого газу й у векторному записі має такий вигляд:

$$\rho \frac{d\vec{V}}{dt} = \rho \vec{F} - \text{grad}(p + \frac{2}{3} \mu \text{div} \vec{V}) + 2 \text{Div}(\mu \dot{S}), \quad (1)$$

де: $\vec{V}$ – вектор швидкості точки суцільного середовища з координатами x, y, z у момент часу t (змінні Ейлера); ρ – густина середовища в точці з координатами (x, y, z) у момент часу t ; $\vec{F}$ – вектор густини масової сили; $\text{div} \vec{V}$ – дивергенція вектора швидкості $\vec{V}$; μ – динамічний коефіцієнт в'язкості; $\dot{S}$ – тензор швидкості деформації;

¹ Коломийський політехнічний коледж;

² НЛТУ України, м. Львів